

~~No. 6107~~

2072  
No. 12737. 310424

~~No. 91.349.~~

ELEMENTE  
DE  
**F I S I C A**

DE  
E. BACALOGLO  
PROFESOR LA UNIVERSITATEA BUCURESCI

118



PENTRU USUL SCOLELORU SECUNDARE SI SUPERIORE  
DONATIONE  
SI PENTRU STUDIU PARTICULARU

7707

BIBLIOTECA CENTRALA  
UNIVERSITARA  
BUCURESTI



BUCURESCI  
TYPOGRAPHIA CURTHI (LUCRATORII ASOCIATI)  
12, PASSAGIULU ROMANU, 18  
1870

53(075.2)

u. 17

## PREFACIA

Lips'a totala de ua carte de fisica si intrebarile ce mi se facu in tote dillele, deca nu imprimu cursulu predatu la universitatea noastra, me au indemnatu sa procedu la acesta lucrare, nu ensa fara ore-care sfiela. In adeveru sciu ce differintia este intre a face unu cursu si a lu aterne pre chartia, sciu catu este de greu de a scrie ua carte seriosa si de a si esprime ideile cu vorbe proprii, era nu cu vorbele altuia, fara chiaru a le intiellege; si in acesta privintia catu de severa critica merita cererile facute necontenitu professoriloru scoleloru secundare si cari iau chiaru caracterulu, ce nu pote fi justificatu prin nemica, de impunere, ca sa si prelucredie cursurile si sa le dea publicitati. Ua carte, mai alesu care tratedia despre ua sciintia experimentală, nu pote fi scrisa cu unu ore-care successu, decatu deca autorulu a avutu ocasiune sa meditedie anni multi asupra materii, sa urmaresca continuu progressulu sciintiei, sa o predea in mai multe ronduri, in fine sa essecute ellu ensusi tote incercarile cerute la

studiulu a cellei sciintie; si totu si nu pote sa dea cartea publicului decatu cu reserua.

Elementele presinte de fisica suntu destinate atatu pentru unu studiu privatu, catu si pentru scole secundare, precum si pentru studiulu academicu. Unu imprimatu mai micu deosebese partile a cellei cari potu fi si trebuescu lassate la unu anteu studiu a acestei sciintie. Professorele intelliginte va sci, dupre desvoltarea intellectuala a eleviloru sei, sa mai lasse cate ceva, seu sa desvolte mai multu alte parti. In aceste elemente s'a datu ua desvoltare aprope ecala teoriei si practicei, tratandu-se differitele applicatiuni alle vaporulu, a electricitatei si alte. Se intiellege de sine co nu am admissu nici decum aceea sistema, intrebuintiata multu in carti si scoli francese, mai allesu in privintia matematice si a fisice, dupre care se espune pucina teoria si apoi se cumuledia multime de probleme, seu mai bine cestiuni capritiose de copii, cu pretentiune co elle essercita spiritulu eleviloru si cari in realitate nu tindu catre nimica altu, decatu catre unu studiu superfecialu allu sciintiei,

In privintia terminologiei difficu'tatile suntu mari; nu este nemica mai ridiculu decatu a serie ua carte romana cu vorbe francese. Nu am conservatu termeni streini decatu numai unde acestia au fostu consecrati prin limb'a poporului seu, de nevoia, unde nu mi a

fostu cu potintia de a gassi pene acum, seu a crea unu termenul propriu, nici chiaru dupre consultarea barbarilor litterati ; dera in acestu casu am preferitu sa conservu termenulu nescambatu. Astu feliu termenii ca *travalu, raliu, movimentu, vissa, vitessa* si alti cari suna totu asia de barbaru ca si ridiculu suntu esclusi ; m'am servitu de vorb'a *siurupu, sina* cari asemenea nu suna prea bine, dera cellu pucinu suntu introduse in limb'a poporului si nu vedu nevoia de a le inlocui prin alte si mai streine. Argumentulu co sciinti'a trebue vorbita cu ua limba speciala si neintiellesa multimei este demnu de secolii trecuti de intunerecu si de barbaria si nu aru putea servi astadi decatu ca sa acopere sub velulu misterului nesciintia acellui care cauta sa predea ua sciintia despre care pote nu are de catu idei confuse.

Terminu esprimendu dorinti'a ca acesta carte sa pota fi junimei nostre de vre ua utilitate si sa servesca ca precursoru la alte carti mai perfecte.

BACALOGLO.



## LITTERATURA

DAGUIN, *Traité de physique* 4 vol.

JAMIN, *Leçons de physique* 3 vol.

LAMÉ, *Cours de physique* 2 vol.

BIOT, *Traité de physique* 4 vol.

Aceste duoe din urma suntu mai vechi, ensa classice.

MUELLER, *Lehrbuch der Physik*, 2 Bände.

WUELLNER, *Experimentalphysik*, 2 Bände. — Mai multu teoret.

BEER, *die höhere Optik*, 1 Band. — si in traductiune francesca.

BILLET, *l'optique physique*, 2 vol.

HERSCHEL, *On light*, 1 vol. — si in traductiune francesca si germ.

GEHLER, *physik. Wörterbuch*, 23 Bände.

POGGENDORFF, *Annalen der Physik u. Chemie*.

RÉGNAULT, BOUSSINGAULT etc. *Annales de physique et de Chim.*

Aceste din urma duoe apparu in fascicule lunare.

JAHRESBERICHT DER PHYSIK, Berlin, unu volumu pre fia-care annu

etc. etc. etc.

# ELEMENTE DE FISICA

---

## INTRODUCTIUNE

---

### § 1. FENOMENE FISICE

Studiulu naturei este unulu din celle mai importante pentru desvoltarea intellectuala si materiala a omului ; totu de ua data este si unulu din celle mai intinse si nu potemu ajunge la ua cunnoscintia catusi de pucinu satisfacetore a naturei de catu numai studiandu-o din differite puncturi de vedere, in differite directiuni si successivu in differitele parti alle ei.

Natur'a in genere o potemu studia seu sub punctulu de vedere allu simplei descriptiuni a objecteloru ce se afla intr'ensa, si sciinti'a ce se ocupa cu acesta s'a numitu *Istoria naturala* care cuprinde negresitu si Geografi'a fisica, Geologi'a etc. ; seu ne potemu propune sa cunnoscemu fenomenele ce se petrecu in natura si legatur'a causala a loru, ceea ce constitue *Sciintile naturale* propriu disse, seu *Filosofi'a naturala* care si acesta se subdivide in mai multe ramuri din cari celle mai principale suntu : Mecanic'a, Astronomi'a, Fisic'a, Chimi'a, Fisiologi'a etc.

Dupre acesta se vede co *Fisic'a* face parte din sciintiele naturale seu din *Filosofi'a naturala*. *Ea se ocupa cu proprie-*

*tatile generale alle corporiloru seu alle materiei si cu fenomenele generale intru catu acestea nu altera intr'unu modu permanentu natur'a corporiloru, ceea ce ar constitui atunci objectulu chimiei.*

Ca sa ajungem la cunoscinti'a profunda a fenomenelor, a legiloru la cari elle sntu supuse, a legaturei causale ce essista intre elle, trebue sa *observamu* conditiunile si inpregiurarile la cari se producu; trebue sa imitamu acelle conditiuni si sa reproducemu in micu ceea ce natur'a produce in mare, adico sa *experimentamu*. *Observatiunea si experimentarea*, introduse in sciinti'a moderna de catre *Baco Verulam* si *Galileo*, acum aproape 300 de anni, suntu basele pre cari s'a fundatu fisic'a si ingenere sciintiele naturale. Inantea acelei epoci, tote sciintiele essacte ereau enca in leganulu loru, din lips'a metodei de observatiune si de experimentare.

Observandu unu fenomenu in mai multe ronduri, precum si mai multe fenomene de aceeași ordine, ajungem la cunoscinti'a legei la care elle suntu supuse; ensa totu nu potemu cunosce caus'a primitiva. Acesta ne remane ascunsa si nu potemu sa facemu decat unu numai ore cari *hypotese* seu *teorii*. Acestea suntu cu atata mai probabile cu atata mai admissibile, cu catu satisfac la esplicarea unui mai mare numeru de fapte; suntu ensa immediatu resturnate, seu cellu pucinu, ceru ua modificare, indata ce se voru presinta fapte necompatibile cu elle. Unu essemplu ne'da teori'a seu hypotes'a emanatiuniloru a lui *Newton* care a trebuit sa fia parasita, candu au fostu descoperite fenomene luminoase in contradictiune cu principiile acelei teorii.

Importanti'a teoriiloru si a hypoteselor nu constá numai intru a reduce la unu singuru principiu fenomene diverse pro-

duse la diferite circumstantii si a le uni intr'unu corpu de doctrina servindu-le de basa communa; dera enca, na teoria buna, stabilita pre base solide, ne da mediulu de a deduce ca nisce consecintie alle ei si intr'unu modu teoreticu nu numai faptele pre cari ea se basedia, ceea ce ar fi ua proba pentru bunetatea ei, dera enca ne predice si ua multime de fenomene noui cari au scapatu observatiunei, si pre cari acesta le confirma la urma. Essemple despre acesta gassimu mai la fia-care pasu in fisic'a, astronomi'a etc. Acesta deductiune ena a fenomeneloru fizice din teorii stabilite nu se pote face in genere commodu, si la celle mai multe casuri este impossibila, fara ajutorulu calcululu matematicu si combinatiunea acesta a matematicei cu fisica a formatu na ramura distincta de creatiune noua a acestei din urma sciintie, *fisic'a matematica*, fundamentele carei au fostu puse de *Newton* si care si-a priimitu desvoltarea ei cea mare in secolulu de facia prin lucrurile lui *Gauss*, *Neumann*, *Fourrier*, *Fresnel*, *Cauchy*, *Mac-Cullagh*, *Kirchhoff* si a altora.

Fenomenele fizice le potemu divide in mai multe classe pre cari le vomu studia in parte in sectiuni deosebite. Aceste suntu :

I. Fenomene de *gravitate*, produse prin attractiunea pamentului care negresitu facu numai unu casu specialu allu attractiunei universale intre corpurile ceresci.

II. Fenomene *moleculare* cari stau in legatura intima cu *starea de aggregatiune* particulara a corpuriloru seu a materiei.

III. Fenomene *electrice* pre cari le potemu subdivide in *magnetice*, *electrostatice* si *electrodinamice*.

IV, V si VI. Fenomene *calorice*, *luminose* seu optice si *sonore* seu acustice.



## § 2. PROPRIETATI GENERALE ALLE MATERIEI

Fia-care corpu cere pentru essistenti'a sea 1<sup>o</sup> sa ocupe unu spatiu determinatu, adico sa aiba *intindere* si allu 2<sup>o</sup> sa ocupe singuru acellu spatiu, era nu totu de ua data impreuna si cu unu altu corpu, adico se cere sa fia *nepenetrabilu*. Fara aceste duoe proprietati nu ne potemu figurà essistenti'a corpuriloru si a materiei. Deosebitu de acestea elle posseda si alte proprietati generale si commune la tota materi'a, ori care va fi natur'a si form'a sub care ea ni se presinta, precum suntu : *gravitatea, inerti'a, compresibilitatea, dilatabilitatea, porositatea, elasticitatea, cohesiunea, adhesiunea, divisibilitatea.*

*Gravitatea*, numita si *gravitate universală* seu *attractiune universală*, este ua proprietate ce au corpurile de a se atrage intre elle. Gravitate se numesce enca si puterea aceea nevisibila care produce acesta attractiune. Legile dupre cari se face acesta attractiune universală au fostu descoperite de catre englesulu *Newton*; studiulu loru appartine mecanicei. In ceea ce privesce gravitatea corpuriloru pre pamentu, vomu studia intr'ua sectiune cate-va din fenomenele celle mai principale produse de densa.

*Inerti'a* este ua proprietate ce are materi'a si corpurile de a nu si potea scamba positiunea si starea in care se afla, fara influintia unei poteri streine. In virtutea inertiei unu corpu persista in form'a si in starea de aggregatiune a lui si numai prin effectulu caldurei seu allu unei alte poteri pote fi modificatu. In virtutea inertiei unu corpu persista in repausu si nu pote fi miscatu de catu numai sub influintia unei poteri streine. Unu effectu allu inertiei este co unu glontiu care isbesce cu rapeditiune mare intr'ua tabla de sticla o gauresce, era nu o farima; pentru co partile sticlei vecine de gaura persista in

positiunea lor, pre candu partile din gaura luanduse cu mare rapedinne nu au avutu timpul necessariu ca sa communique miscarea partiloru vecine si sa invinga inerti'a lor. Inerti'a face ca unu corpu in miscare sa nu se pota opri decatu prin actiunea unoru poteri esteriore, de ess. a unei pedece, a freca-rei, a resistentiei aerului etc. Inerti'a intretine corpurile ceresci in miscarile lor, dupre ce elle au priimitu ua data impulsu-nea de a se misca. Inerti'a, adico tendinti'a corpului de a con-tinua miscarea inceputa, ne face sa cademu inante, candu ne impedicamu de ua petra, candu sarimu dintr'ua trasura care fuge, candu standu intr'ua luntre, acesta se lovesce de malu etc., etc. Italianulu *Galileo* a dotatu sciinti'a cu adeverat'a notiune a inertiei, care este de ua asia mare importantia in mecanica.

*Compressibilitatea si dilatabilitatea* suntu asemenea duoe proprietati ce posseda tote corpurile mai multu seu mai pucinu. De aci resulta ua a trea proprietate a corpuriloru, *porositatea*; adico, materi'a nu ample intr'unu modu continuu spatiulu oc-cupatu de unu corpu ei lasa intervale gole, numeroase si mici, invisibile chiaru la ochiulu armatu cu microscope, care se ma-rescu seu se micusioradia, candu corpu se dilata seu se con-tracta. Nu trebue ensa sa confundamu aceste intervale de ua micusiorime estrema, numite *pори*, cu porii fisici sea gauri ce observamu la multe corpuri mai multu seu mai pucinu porose, ca buretii si alte.

*Elasticitatea* este aceea proprietate a corpuriloru. care le face sa tinda a si relua form'a loru primitiva, candu prin influ-inti'a unei poteri streine au fostu mai multu seu mai pucinu desformate. Se intiellege co aceea forma primitiva nu pote re-veni decatu dupre ce a incetatu actiunea poterei esteriore. E-

lasticitatea unui corp poate fi dezvoltată în patru feluri și anume prin *flessiune*, *torsiune*, *tractiune* și *pressiune*. Numai corpurile solide pot avea cele patru feluri de elasticitate; elasticitatea de presiune este comună la toate corpurile, deși lichidele nu posedă nici pe acesta decât într-un grad mai cu totul nesimțibil.

*Cohesiunea* și *adhesiunea* sunt și ele atracțiuni exercitate între moleculele sau între particulele vecine ale corpurilor. Cohesiunea ne face să întâmpinăm o anumită dificultate, când vrem să tăiem sau să rupem un lemn, o fier etc. Adhesiunea face să se lipească două foi de hârtie, două table de sticlă, asiduate una pe alta. Adhesiunea între două solide se poate arăta între altele și cu două table de sticlă bine lucrate, numite *plannuri de Magdeburg*, pe care aplicându-le una pe alta, nu le putem despărți decât întrebunțându-le cu o mare forță. Adhesiunea între solide și lichide, precum și cohesiunea lichidelor, se poate vedea, când ridicăm o tablă de sticlă de pe un lichid; atunci aceasta se ridică urmându-și sticlă.

*Divisibilitatea* este asemenea o proprietate generală a materiei, de multe ori cauza imperfecțiunii instrumentelor noastre mecanice ne împiedică să trecem cu divisibilitatea corpurilor peste o anumită limită. Când cu o picătură a unei tincturi colorăm un vas plin cu apă de exemplu, atunci divisibilitatea este mult mai mare decât aceea la care putem ajunge prin mijlocul mecanic.

După aceste proprietăți generale ale materiei și pe baza de diferite considerațiuni chimice, fizice au fost conduse să admitem că corpurile sunt formate din particule mici, numite *atome*, departate între ele cu o anumită distanță (porii) și ținute în stare aceasta prin acțiunea forțelor moleculare. Aceste a-

tome se numescu enca si *molecule*, cu tote co prin molecule intiellegemu mai specialu ua grupa de atome. Aceste atome ni le inchipuimu nedivisibile, adico co la differite scambari, combinari chimice alle corporiloru, elle remanu nescambate si numai distantiele loru se potu modifica.

### § 3. NOTIUNI DESPRE MISCARE

Corpurile se potu muta de la unu locu la altu adico potu fi puse in miscare si acesta se face intr'unu timpu mai lungu seu mai scurtu, adico cu ua *iutiela* seu *celeritate* mai mica seu mai mare.

Miscarea unui corpu se numesce *uniforma*, candu ella percurge spatiuri ecale in timpuri ecale, ceea ce va sa dica co in acesta miscare *spatiulu este proportionalu cu timpulu*. Spatiulu parcursu in unitatea de timpu, ori care va fi acesta, secund'a seu minutulu etc., se numesce *iutiela* seu *celeritate* si caracterulu miscare $\bar{r}$  uniforme este co iutiel'a remane constanta in totu timpulu miscarei. Deca insemuamu cu  $C$  celeritatea adico spatiulu parcursu in unimea de timpu, spatiulu  $s$  parcursu in timpulu  $t$  va fi esprimatu dupre natur'a acestei miscari prin ecalitatea :  $s = Ct$ .  $C = \frac{s}{t}$

Candu unu corpu in ~~urma unei~~ impulsioni ce a priimitu s'a pusu in miscare intr'ua directiune si cu ua iutiela determinata, ella nu si pote scamba de sine din caus'a inertiei nici iutiel'a nici directiunea lui; pentru acesta se cere ua putere noua care, deca lucredia intr'unu modu continuu, ia numele de *putere acceleratrice*. In acestu casu miscarea nu mai este uniforma, spatiurile parcurse in timpuri ecale nu mai remanu ecale intre elle, adico nu mai suntu proportionale cu timpulu, si iutiela nu mai remane constanta, ci se scamba la fia-care momentu. Ua

asemenea miscare se numesce *acceleratu* sau *intardieta*, dupre cum iutiel'a merge crescendu sau descrescendu. Acesta scambare, adico acceleratiunea sau intardierea, se pote face dupre legi determinate. se pote face chiaru *cu uniformitate*, adico astu-feliu ca iutiel'a ensa-si sa creasca sau sa descresca constantu cu catimi ecale in timpuri ecale. In acestu casu, iutiel'a cascigata dupre unitatea anteia a timpului se numesce *acceleratiune*, se insemnedia obicinuitu cu litter'a *g* si da ua messura pentru intensitatea poterei acceleratrice.

#### § 4. NOTIUNI DESPRE POTERI

Prin poteri intiellegemu causele nevisibile alle scambariloru continue ce priimesce materi'a si alle differiteloru fenomene. Ori ce potere ne o potemu inchipui ca intrebuintiata ca sa produca ua miscare.

Duoe poteri se numescu ecale, candu lucrandu asupra aceluasi puntu materialu si liberu, pre aceeași dreapta si in directiuni oppuse, nu producu nici unu effectu asupra lui, adico nu lu potu misca din locu.

Ua potere este caracterisata prin *puntulu ei de applicatiune* asupra carui lucredia, prin *directiunea* in care lucredia si prin marimea sau *intensitatea* ei. Ua potere se areta in figuri si constructiuni grafice prin drepte de marime si directiune determinata; era in calculu prin littere, ca si ori ce alta catime.

Puntulu de applicatiune allu unei poteri pote fi transportatu pre directiunea in care lucredia, fara nici ua scambare in effectu, deca nouulu puntu de applicatiune remane legatu rigidu cu cellu d'anteiu.

Intensitatea poteriloru se messora prin effectele loru. La

acesta servescu si instrumente speciale, numite dinamometre, (intrebuintate in practica si ca cantare) de diferite constructiuni. Unu dinamometru forte comunu este acella din fig. 1, care nu are trebuintia de nici ua explicatiune.

Potemu admite ca axiome :

1° co duoe poteri suntu proportionale cu masele corpuriloru, cadora ele comunica iutieli ecale ;

2° duoe poteri suntu proportionale cu iutieliile date la duoe corpuri de aceeași massa. De aci resulta teorem'a urmatore :

3° duoe poteri suntu proportionale cu productele masselor cu iutieliile corpuriloru puse in miscare.

Ca sa probamu acesta sa insemnamu cu  $P, p$  duoe poteri,  $M, m$  masele celloru duoe corpuri puse in miscare,  $C, c$  iutieliile lor si sa consideramu ua a treea potere  $Q$  care lucrandu asupra corpului de massa  $M$  i da iutieli'a  $c$ . Attunci vomu avea, dupre celle duoe axiome de mai susu, proportiunile urmatore :

$$P : Q = C : c,$$

$$Q : p = M : m.$$

Immultindu intre elle aceste duoe proportiuni si lepadandu factorulu comunu  $Q$ , vine :

$$P : p = MC : mc,$$

ceea ce esprima teorem'a de mai susu.

Deca consideramu ca *unime de poteri* aceea potere care comunica unimea de iutieliu corpului a carui massa este unimea, attunci, facendu  $m = 1, c = 1$ , va fi si  $p = 1$  si prin urmare  $P = MC$ . Acestu productu  $MC$  se numesce *cantitate de miscare* si messoru intensitatea poterei correspondente. Vomu vedea mai tardiu medii de a pretiui lucrulu unei poteri.

## § 5. COMPOSITIUNEA POTERILORU SI A MISCARILORU

Candu duoe seu mai multe poteri lucrudia la unu si acellasi punctu, elle nu potu aduce decatu unu effectu unicu, resul-

tandu din combinatiunea lor. Actiunea acelloru poteri este ecivalenta cu aceea a unei alte poteri care singura ar aduce acellasi effectu. Acesta din urma potere s'a numitu *resultant'a* celloru d'anteiu, era acestea *componente*. Compositiunea a duoe poteri, adico aflarea resultantei lor, se face dupre regul'a urmatore, numita *legea parallelogrammului* seu a lui *Galileo* : Ca sa gassimu resultant'a a duoe poteri, aretate in marime si directiune prin dreptele  $AP$ ,  $AQ$  (fig. 2) formamu pre elle unu parallelogrammu, ducemu diagonal'a  $AR$  care va represinta in marime si directiune resultant'a poteriloru  $P$  si  $Q$ .

Compositiunea a duoe miscari se face in tocmu dupre aceasi regula, miscarile fiindu, dupre ceea ce s'a disu in § 4 ax. 2, proportionale cu poteri si potendu si elle fi represintate prin acelleasi drepte  $AP$  si  $AQ$ .

Teorem'a de mai susu a parallelogrammului are mai multu caracterulu unei axiome, verificate in totu momentu prin observatiunea celloru ce se petrecu in natura. Unu vasu ce merge pro apa sub actiunea ventului si a currentului; ua luntre trasa catre malu cu ua funia si impinsa totu de ua data de currentu, ne dau esemple de compositiune a poteriloru. In cursuri de mecanica se cauta a se da differite probe pentru legea parallelogrammului, cari ensa totu nu o probedia intr'unu modu riguros.

Ca sa aflamu resultant'a a mai multoru poteri, aflamu mai anteiu pre aceea a duoe dintre elle, apoi resultant'a acestia si a unei a treea si asia mai inante.

Ua potere data pote asemenea fi descompusa in duoe seu chiaru in mai multe componente. Acesta se face totu dupre legea parallelogrammului. Poterea  $AR$  de ess. (fig. 2) pote fi descompusa in duoe dupre directiunile date  $AX$ ,  $AY$ , du-

cendu din punctulu R dreptele RP si RQ respective paralele cu AY si AX; AP si AQ voru fi componentele cerute.

Candu componentele unei poteri suntu rectangulare intre elle, atunci fia-care din elle este *projectiunea* poterei date. Dupre teoreme cunnoscute din trigonometria, projectiunea unei poteri este ecala cu acesta imultita cu sinulu anghiului de projectiune. Astu-feliu poterea fiindu P, celle dooe projectiuni alle selle pre dooe axe rectangulare  $x$  si  $y$  si anghiurile respective  $\alpha$  si  $\beta$ , va fi

$$x = P \cos \alpha \quad \text{si} \quad y = P \cos \beta.$$

#### § 6. POTERI PARALLELE

Compositiunea poteriloru nu se mai pote face immediatu prin applicatiunea legei paralelogrammului, candu poterile suntu paralele intre elle, avendu aceeaasi directiune seu directiuni contrarii, precum suntu P si Q in fig. 3 si 4. In acestu casu compositiunea se face dupre regul'a urmetore :

Resultant'a a dooe poteri paralele si indreptate in acellasi sensu (respective in sensuri contrarii) este ecala cu summa (resp. differenti'a) loru ;

Resultant'a este paralela cu componentele si indreptata in acellasi sensu (resp. in sensulu celei mai mari din componente).

Puntulu de applicatiune a resultantei se afla pre drept'a punturiloru de applicatiune a componentelor, departatu de aceste cu distantie inversu proportionale cu marimea lor, astu-feliu ca :  $CA : CB = Q : P$ . (Fig. 3 si 4.)

Ca sa demonstramu acesta sa consideramu dooe poteri P si Q, paralele intre elle, lucrandu la extremitatile linii rigide AB. Effectulu lor nu se scamba, deca vomu introduce enca dooe poteri  $AM = BN$  indreptate in sensuri directu oppuse. Compositiunea acestoru patru poteri cate dooe, dupre legea paralelogrammului, ne va da sistem'a celloru dooe poteri AD, BE ecivalentu cu poterile date P si Q.



Prelungindu dreptele DA si EB pene la intalnirea lor in O si inchiuindu-ne punctul O legatu rigidu cu A si B, vomu putea transporta poterile AD si BE la OD' si OE' si acestea voru fi era ecivalente cu P si Q. Sa ducemu prin O dreptele OR (prelungita pene in C si P' fig. 4) si M'N' paralele la AP, BQ si la AB; sa descompunemu totu dupre legea paralelogrammului, poterea OD' in OM' si OP', si poterea OE' in ON' si OQ'. Aceste patru poteri OM' si OP', ON' si OQ' suntn era ecivalente cu poterile date P si Q. Acum observandu co paralelogrammele MP si M'P', NQ si N'Q' suntu ecale intre elle, vomu avea si poterile OM'=ON', cari fiindu pre langa acesta si directu oppuse intre elle se nemicescu si remanu singurele poteri OP'=P, OQ'=Q. Aceste duoe poteri OP' si OQ', cari lucreadia amonduoe pre aceeasi dreapta, le potemu aduna seu scadea si vomu gassi resultant'a pre care o potemu enca transporta cu punctulu seu de applicatiune la C, astu-feliu in catu  $CR = \begin{cases} P+Q \\ P-Q \end{cases}$  va fi resultant'a cerutacare este paralela cu poterile date P, Q si ecala cu summ'a seu differentia loru.

Ca sa determinamu positiunea punctului de applicatiune C a acestei resultante, sa observamu co  $\Delta OAC \sim \Delta OD'P'$  si  $\Delta OBC \sim \Delta OE'Q'$ , de unde resulta proportiunile

$$OC : OP' = AE : D'P' \text{ si } OC : OQ' = BC : E'Q',$$

$$\text{seu } OP' \times AC = OC \times D'P' \text{ si } OQ' \times BC = OC \times E'Q'.$$

Observandu co  $OP' = AP = P$ ,  $OQ' = BQ = Q$ ,

$$D'P' = DP = AM, \text{ E}'Q' = BN = AM,$$

va fi:  $P \times AC = OC \times AM$  si  $Q \times BC = OC \times AM$

si prin urmare:  $P \times AC = Q \times BC$ , seu  $AC : BC = Q : P$ ,

ceea ce demonstra teorem'a de mai susu.

Candu poterile P si Q suntu ecale intre elle si de sensu contrariu, compositiunea nu se mai pote face si elle formedia ceea ce s'a numitu na *pereche de poteri*, avendu de effectu rotatiunea corpuriloru asupra carora lucreadia.

Punctulu de applicatiune alu resultantei a duoe (seu si a mai multora) poteri paralele s'a numitu *centrul poteriloru pa-*

*rallele* si fiindu-co positiunea lui, dupre proportiunea seu ecalitatea de mai susu  $P \times AC = Q \times BC$ , unde  $AC = AB - BC$ , nu depinde de catu de raportulu poteriloru  $P$ ,  $Q$ , urme-dia co ellu nu se scamba, ori care va fi directiunea acestoru din urma; numai directiunea resultantei se scamba.

Deca vomu introduce la centru  $C$  ua a treea potere  $CR' = CR$  si directu oppusa, seu deca fissamu intr'unu modu ore care puntulu  $C$ , atunci effectulu resultantei  $R$ , prin urmare si a componenteloru  $P$  si  $Q$ , va fi nimicitu si poterile  $P$ ,  $Q$  voru sta in *ecilibru*; conditiunea ceruta pentru acesta este ca productele  $P \times AC$  si  $Q \times BC$  sa fia ecale intre elle. Aceste producte s'au numitu *momente statice* alle poteriloru  $P$  si  $Q$ .

Ua drepta rigida  $AB$  (fig. 3 si 4) sustinuta la unu punctu  $C$  si la alle carei duoe puncturi  $A$ ,  $B$  lucrea duoe poteri  $P$ ,  $Q$  se numesce ua *parghie*; distantiele  $AC$  si  $BC$  suntu *braciele parghiei*. Deca poterile satisfac conditiunei de mai susu, elle voru fi in *ecilibru*; in casulu contrariu, parghi'a se va misca in sensulu poterei cellei mai mari. Dupre ecalitatea  $P \times AC = Q \times BC$  se vede co poterea  $P$  va fi cu atata mai mica, cu catu lucrea la unu braci de parghie  $AC$  mai lungu.

Este lesne de intiellesu co la ua parghie fisica nu se cere ca puncturile  $A$ ,  $B$ ,  $C$  sa fia unite printr'ua drepta, destulu ca elle sa fia legate prin linii materiale rigide, ori care va fi form'a loru. Asemenea poterile  $P$  si  $Q$  pote sa nu fia paralele intre elle, potu lucra in tote directiunile possibile despre parghi'a  $AB$ , numai maximum effectului va fi, candu elle lucrea perpendicularu pre  $AB$ ; in celle alte casuri va trebui sa le descompunemu si componentele loru in prelungirea parghiei suntu perdute pentru lucrulu acesteia.

Aplicatiunile parghiei suntu nenumerate; la fia-care pasu

intalnimu cate ua parghie. Mai tote organele alle machineloru de la celle mai simple pene la celle mai complicate, membrii corpului nostru, cantarulu etc. suntu parghii. La ori-ce parghie ne propunemu ca cu ua potere data sa invingemu ua alta potere pre care adessea o numimu *resistentia* seu *potere passiva*. Ua parghie se pote deosebi de alta prin positiunea relativa a puntului *fissu* si a punturilor de applicatiune a poterei *active* si a *resistentiei*.

#### § 7. POTERI CENTRALE

Poteri centrale se numescu poteri indreptate constantu catre unu centru fissu; elle cauta seu sa apropia puntulu de applicatiune de centru fissu si se numescu *centripetale*, seu din contra sa lu departedie de centru si atunci se numescu *centrifugale*. Aceste poteri se manifesta totu d'auna la miscarile de rotatiune si in genere la ori ce miscare curbiliniara. Olandesulu *Huyghens* a fundatu teori'a poteriloru centrale studiulu carei appartine mecanice.

Candu unu corpu se afla in miscare de rotatiune, ua prascia, ua rota etc., ellu este suppusu la actiunea acestoru duoe poteri: a cellei centripetale care cauta sa lu apropia de centru si a cellei centrifugale care cauta sa lu departedie. Aceste duoe poteri suntu ecale intre elle si directu oppuse un'a alteia. Ca sa demonstramu acesta, sa consideramu unu puntu materialu *A* (fig. 5) care suppusu impulsiei *AT* (poterea tangentiala) si poterei centripetale *AP* (lucrandu constantu catre centrulu fissu *C*) se misca, dupre legea paralelogrammului, pre diagonal'a *AE*. Poterea efectiva *AE* este ecivalenta cu sistem'a poteriloru *AE* si *AT*. Pre acesta din urma, *AT*, o potemu descompune, cu ajutorulu paralelogrammului *FE*, in duoe com-

ponente  $AE$  și  $AF$  și adăugându și puterea  $AP$ , vomu avea sistem'a celoru trei puteri  $AP$ ,  $AF$  și  $AE$ , ecivalentă cu sistem'a  $AP$  și  $AT$ , seu și cu unic'a putere  $AE$ . Dera  $AF$  nu este altu ceva decatu puterea centrifugala și se vede după construcțiune că  $AF = TE = AP$ ; ceea ce erea de demonstratu.

Aci damu cele trei legi principale alle puteriloru centrale fara demonstratiune, lassandu această pentru cursuri speciale de mecanica : Puterea centripetala (respectiv centrifugala) este 1<sup>o</sup> proportionala cu mass'a corpului in miscare; 2<sup>o</sup> proportionala cu patratulu intielei de rotatiune; 3<sup>o</sup> inversu proportionala cu distanti'a de la centru fissu seu cu radi'a cercului de rotatiune.

Machin'a centrifugala (fig. 6) este unu apparatusu destinatu mai multu sa arete cate-va fenomene alle puterei centrifugale, decatu sa probe die cu rigurositate legile de mai susu. Ea consta intr'unu axu  $A$  pusu in miscare rapede de rotatiune cu ajutorulu unei rote mari  $R$ . Pre acellu axu se asiedia differitele bucati  $B$ ,  $C$ ,  $D$  și se supunu rotatiunei.  $C$  similedia turtirea pamentului.  $D$  este unu ballonu de sticla in care se pune apa pene la mediatate ce se inalti'a prin rotatiune la peretii ballonului pene susu, și asia inante cu alte differite accesorii analoge cu acestea.



# SECTIUNEA I.

## GRAVITATE

### § 1. GREUTATEA SI ECILIBRULU CORPURILORU

Tote corpurile libere cadu pre suprafacia pamentului in urma poterei de attractiune ce se essercita intre tote corpurile materiale ; acesta proprietate a corpuriloru amu numitu-o *gravitate*.

Candu unu corpu este impedecatu in caderea lui, adico sustinutu, atunci ellu essercita ua pressiune asupra sprijinei selle si marimea acestei pressiuni se numesce *greutatea* corpului.

*Mass'a* unui corpu se numesce cantitatea de materia ce cuprinde ; ea este proportionala cu greutatea lui.

Tote corpurile nu cuprindu sub acellasi volumenu aceeași massa, prin urmare nu au nici aceeași greutate. Acesta differentia de greutate, seu greutatea relativa a corpuriloru s'a numitu *densitatea* seu *greutatea specifica* a loru si s'a luatu *ap'a destillata si rece la 4<sup>o</sup> C.* ca termenu de comparatiune a greutatiloru. *Greutatea specifica* seu *densitatea* unui corpu este raportulu intre greutatea lui si greutatea unui volumenu

ecalu de apa (destillata si la temperatur'a  $4^{\circ}$  C.). Vomu cunoșce mai tardiu medii pentru a determina densitatile.

Directiunea in care cadu corpurile libere pre suprafece'a pamentului s'a numitu *verticala*; ua dreapta seu ua suprafecea perpendiculara pre verticala s'a numitu *orizontala*.

Actiunea gravitati se essercita asupra fia-caria molecule a unui corpu in directiunea verticalei; summ'a acestoru poteri elementare, paralele si de aceeași directiune, seu resultant'alu, represinta gravitatea corpului care lu face sa cadia. Ca sa nemicimu acestu effectu allu ei, ajunge dupre cum amu veditu (Introductiune § 6) sa fissamu, seu sa sprijinimu punctulu de applicatiune a acelei resultante pre care lu amu numitu centrulu poteriloru paralele. Acestu punctu in teori'a gravitati ia numele de *centru de gravitate* si prin acesta intiellegemu punctulu pre care singuru sprijinindu-lu, oprimu corpu de a cadea, ori care va fi positiunea lui. Attunci dicemu co corpu se afla in *ecilibru* si este claru co lu potemu realisa, sprijinindu seu aterrandu corpu la unu punctu care sa se afle pre vertical'a centrului de gravitate si sa fia legatu rigidu cu acesta.

Ecilibrulu unui corpu pote presinta ua stabilitate mai mare seu mai mica, adico corpu pote manifesta ua resistentia mai mare seu mai mica la ua potere esteriora care ar cauta sa lu scota din ecilibru. Dupre acesta deosebimu trei feliuri de ecilibru: *stabilu*, *nestabilu* seu momentanu si *indifferentu*.

Unu corpu se afla in ecilibru *indifferentu*, candu sta in ori ce positiune va fi pusu, de ess. unu cilindru, ua butia culcata pre unu planu orizontalu, unu cercu suspensu la centrulu seu, se afla in ecilibru indifferentu. Conditieua acestui ecilibru este ca corpu sa fia sustinutu seu suspensu la centru de

17707.



gravitate; candu corpulu este asediatu pre unu planu, ajunge ca distantia de la centru la punctulu sustinutu sa remana nescambatu in ori ce positiune a corpului.

Ecilibrulu este *stabilu*, candu corpulu (fig. 7) scosu din positiunea lui, tinde a reveni la acesta. Conditiuinea pentru corpurile suspense este ca centrulu de gravitate sa fia sub punctulu de suspensiune; attunci puterea gravitatiei intorce corpulu in positiunea primitiva a lui.

Pentru corpurile sustinute se cere ca vertical'a centrului de gravitate sa fia cuprinsa in bas'a corpului (fig. 8). Cu catu bas'a este mai larga, cu catu centrulu de gravitate este mai josu, cu atatu ecilibrulu este mai stabilu. Candu ducemu ua greutate cu ua mana, inclinamu corpulu in partea oppusa, ca sa aducemu vertical'a centrului de gravitate in bas'a formata de picioarele nostre. Acrobatii porta ua varga cu duoe greutati mari la extremitati, ca sa scobore centrulu de gravitate allu loru catu mai josu.

Ecilibrulu este *nestabilu* seu *momentanu*, candu unu corpu departatu de positiunea lui tinde a se departa si mai multu,

Corpurile suspense la unu puntu S (fig. 9) sub centrulu de gravitate C, corpurile sustinute la unu singuru puntu S (fig. 10), se afla in ecilibru nestabilu; puterea gravitatiei G le restorna. In acesta miscare centrulu de gravitate C descrie unu arcu, corpulu nu ajunge in ecilibru stabilu decat candu centrulu de gravitate s'a stabilitu catu se pote mai josu si acesta se face pre calea ceea mai scurta pre care centrulu pote sa ajunga josu. Pre aceste principii se basedia differite experimente curiose de ess. conuri, cilindre cari se urca la delu, figuri cari se dau preste capu pre ua scara si alte asemenea objecte de distractiune.

## § 2. CANTARULU

Cantarulu si bilanci'a (cantaru cu duos tallere) suntu applicatiuni alle parghiiloru pentru a messora greutatea corpuriloru. Pentru acesta s'a allesu na unitate de greutate care variedia dupre tierri; ua asemenea unitate este *grammulu* seu greutatea unui centimetru cubicu de apa destillata la temperatur'a de  $4^{\circ}$  C.; apoi *kilogrammulu* = 1000 gr. si *milligrammulu* = 0,001 gr. etc.

Bilanciele ordinare si acelle de precisiune suntu parghii cu *bracie ecate*, seu *drugi* de metallu, la extremitatile carora aterna discuri pentru a priimi greutatele si objectele de cantaritu. Suspensiunea se face la bilancie bune prin prisme triangulare seu *cutite* de ocielu, asiediate pre placi mici de achatu; era printr'unu mecanismu redicamu drugulu de pre placi, candu nu ne servimu de bilancia, ca sa conservamu cutitele.

La ua bilancia buna trebue  $1^{\circ}$  ca centrulu de gravitate *C* (fig. 11) sa fia catu se pote mai aprope de puntulu de suspensiune *S*, remanendu ensa sub acesta, pentru a avea unu ecilibru stabilu. In aderveru candu intr'ua parte este ua mica greutate mai multu, centrulu de gravitate allu greutatiloru *P* si  $P + p$  fiindu la *C'*, acella allu sistemei intregi va fi undeva la *M* (Introducere § 6) si este claru co acestu puntu *M* va merge in susu spre *M'*, candu vomu muta puntulu *C* ensusi in susu spre *S*. Dera atunci si anghiulu *CSM'* va fi mai mare, oscillatiunea bilanciei care va aduce centrulu de gravitate *M* la vertical'a puntului de suspensiune *S* va fi mai larga, prin urmare si bilanci'a mai simtitoare la differentie de greutate forte mici. Bucat'a *D* servesce spre a redica seu lassa in josu centrulu *C*.

$2^{\circ}$  Ca drugulu sa fia catu se pote mai lungu. Pentru co atunci si puntulu *C'* se va muta in acellasi rapportu spre *C''*, asemenea si puntulu *M* la *M''* si era anghiulu de oscillatiune *CSM''* va fi mai mare.



3° Ca drugulu sa fa catu se pote mai usiure. Pentru co atunci, dupre teori'a compositiunei poteriloru paralele, centrulu M va inainta spre C' cu atatu mai multu, cu catu greutatea drugului care lucrea la C va fi mai mica; anghiulu de oscillatiune va cresce era si bilanci'a va fi mai simtitore.

Lungimea si usurimea drugului nu potu trece preste limite cari aru influinta asupra rigiditatii lui.

Pentru cantariri precise punemu obiectele totu d'auna pre acellasi discu, obicinuitu la stanga. Candu banuimu vre ua neperfectiune a bilancei, potemu procede, precum urmedia, ca sa avemu totu d'auna rezultate essacte. Punemu obiectulu intr'unulu din discurile bilancei si in cellu-altu punemu granate ca sa ecilibramu. Apoi luandu obiectulu lu inlocuimu cu greutatea pene a stabili din nou ecilibru. Aceste greutati voru areta essactu greutatea corpului, ori cum va fi bilanci'a.

La cantarulu decimalu care este forte communu, unulu din braciele drugului este de 10 ori mai lungu de catu cellu-altu. Principiulu acestoru cantare se vede in fig. 12. AE este drugulu; la D si E aterna vergele de feru. Greutatea  $p + q$  se pune pre scandur'a  $pq$ , sustinuta de verg'a D si de cutitul G. Acesta ensusi siede pre drugulu HF, purtatu de verg'a E si de cutitul F. Greutatile se punu la A. La constructiunea aparatului se observa 1° ca  $AC$  sa fia  $= 10 \times CD$  si allu 2° ca  $CD : CE = FG : FH$ . Cu aceste conditiuni, ori in ce parte a scandurei  $pq$  se va pune obiectulu, ellu va cantari de 10 ori mai multu de catu greutatile puse in A, ca sa ecilibredie cantarulu, ceea ce se cunnosce dupre verfurile din B.

Greutatea corpului ne o potemu inchipui impartita in duoe parti:  $p$  care aterna directu la braciulu de parghia CD si  $q$  care apesa pre cutitul G. Partea  $q$ , lucrandu asupra parghiei FH la braciulu FG,

ecivaledia cu ua potere  $x$  lucrandu la  $H$  cu braciulu  $FH$  si determinata prin ecalitatea momenteloru statice  $x \cdot FH = q \cdot FG$ . Acesta potere seu greutate  $x$  care lucredia la  $E$  cu braciulu de parghia  $CE$ , ecivaledia cu ua potere  $y$  lucrandu la  $D$  cu braciulu  $CD$  si determinata prin ecalitatea momenteloru statice  $y \cdot CD = x \cdot CE$ . Substituindu aici valoarea lui  $x$  vine  $y = q \cdot \frac{CE \cdot FG}{CD \cdot FH}$  si fiindu-co, dupre conditiunea de mai susu a acestui cantaru :  $CE \cdot FG = CD \cdot FH$ , urmedia  $y = q$ ; adico, greutatea  $p + q$  a corpului de cantaritu aterna tota la braciulu de parghia  $CD$  care este  $= \frac{1}{10} CA$ .

### § 3. CADEREA CORPURILORU PRE PAMENTU

Gravitata face ca tote corpurile sa cadia. Ea este ua potere de ua intensitate constanta la unu puntu allu suprafecei pamentului si lucredia continuu asupra corpuriloru , prin urmare le face sa cadia cu ua miscare accelerata.

Fia care molecula a unui corpu priimesce impulsuinea aceste poteri si resultant'a acestora face ca corpulu sa cadia. Acesta resultanta va fi mai mare la unu corpu greu, adico de ua massa mare, de catu la unulu usiure, dera si mass'a cellui d'anteiu pussa in miscare va fi totu in acellasi rapportu mai mare decatu mass'a cellui d'allu duoilea, astu-feliu in catu amenduoe voru cadea cu iutieli ecale, ceea ce a recunoscut-o Newton. Caus'a care face ensa ca corpurile sa nu cadia in realitate cu aceeași celeritate este resistenti'a aerului care, lucrandu cu ua intensitate constanta asupra corpului usiure si a cellui greu, influentiedia pre acesta mai pucinu de catu pre cellu nsiure. Deca caderea s'ar face in golu, amu vedea tote corpurile cadiendu cu aceeași iutiela. Acesta se pote realiza cu unu tubu lungu de stiela (fig. 13) in care se afla introduse diferite corpuru, grelle si usiure, bucatiele de metallu, de char-

tia etc. Candu cu medii ce vomu cunosce mai tardiu scotemu aerulu dintr'ensu prin canao'a A, atunci tote corpurile dintr'ensu cadu impreuna. Fig. 14 represinta unu apparatusu destinatu sa arete asemenea unu effectu allu caderei corpuriloru in golu; ea represinta unu astu-feliu numitu *ciocanu de apa*, formatu de unu tubu micu de sticla care s'a topitu in A dupre ce a fostu gonitu aerulu dintr'ensu prin ferberea apei ce cuprinde. Candu intorcemu tubulu acesta, ap'a cade ca ua massa si isbindu sticl'a, produce sunetulu unui corpu solidu, unei petre de esemplu.

Studiulu caderei libere a corpuriloru a condusu pre *Galileo* la descoperirea legiloru urmetore :

1<sup>o</sup> *Iutiel'a unui corpu in cadere este proportionala cu timpulu*, adico  $c = gt$ , unde  $c$  insemnedia celeritatea la timpulu  $t$  socotitu (in secunde) de la momentulu plecarii corpului, era  $g$  ua constanta. Candu  $t = 1^s$  atunci  $c = g$ , adico  $g$  represinta iutiel'a cascigata de unu corpu dupre caderea de ua secunda; acesta catime  $g$  s'a numitu *acceleratiune* seu *intensitatea gravitatiei* pre care o messora; mai tardiu vomu cunosce valorea numerica a lui  $g$ .

2<sup>o</sup> *Spatiulu percursu de unu corpu in cadere este proportionalu cu patratulu timpului* in care a fostu percursu acellu spatiu, socotindu timpulu (in secunde) din momentulu la care s'a inceputu caderea. Insemnandu acellu spatiu cu  $s$  va fi  $s = kt^2$ , unde  $k$  represinta ua constanta; se demonstra in mecanica ca  $k = \frac{1}{2}g$ . Attunci va fi  $s = \frac{1}{2}gt^2$  si deca  $t = 1^s$  va fi  $s = \frac{1}{2}g$ ; adico : spatiulu percursu de unu corpu in secund'a antea a caderei selle este ecalu cu mediutatea acceleratiunei  $g$ .

3<sup>o</sup> *Spatiele percorse de unu corpu in differitele secunde alle caderei selle suntu proportionale cu numerile imparii 1:3:5:7:...*

Legea a doua si a treia nu formedia in realitate duce legi distincte, ci un'a deriva de la cealalta. De ess. deca, dupre legea a 3-a spatiile percorse in :

secund'a	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	....
suntu proportionale cu	1	3	5	7	9	....

adunandu numerile din seri'a a doua vomu gassi spatiile percorse in *una, duoc, trei, patru, cinci* etc. secunde ; aceste voru fi ecale cu :

$$1, 1+3=4, 4+5=9, 9+7=16, 16+9=25 \text{ etc.}$$

si vede ori cine co aceste spatii 1, 4, 9, 16, 25 etc. suntu patratele timpurilor de 1, 2, 3, 4, 5 etc. secunde.

Aceste legi resulta din teori'a miscarilor accelerate despre cari tratadia mecanic'a. Aici vomu espune numai metodele esperimentale prin cari au fostu constatate.

Galileo simtindu difficultatea de a observa unu corpu in caderea lui verticala, din caus'a rapediciunii selle cellei mari, s'a ganditu sa lu lasse sa cadia pre unu *planu inclinat*. In acestu casu natur'a generala a miscarei nu se modifica, numai acceleratiunea devine ua parte alicota a lui  $g$ , precum se vede in fig. 15, unde numai component'a  $CA$  a acceleratiunii  $Cg$  lucredia asupra corpului  $C$  si lu misca pre planulu inclinat. Dera trianghiulu dreptanghiulu  $gCA$  da  $CA=Cg \cos gCA$  seu  $CA=gsin\alpha$ . Miscarea facendu-se astu-feliu mai incetu, Galileo a potutu constata legile de mai susu, negrositu' ensa numai aprossimative din caus'a neperfectiunii aparatului, a frecarei pre planu etc.

Unu instrumentu multu mai essactu este aparatulu englesului *Atwood* care se face in diferite forme mai simple seu mai complicate. Principiulu este acellasi ca si la planu inclinat, adico de a face

sa cadia unu corpu mai incetu sub influinti'a unei parti alicote a acceleratiunei. Pre unu stalpu solidu (fig. 16) se afla ua rota, invarindu-se cu catu se pote mai pucina frecare, preste care trece unu sinuru cu duoe greutati absolutu ecale  $p, p'$ . Greutatea  $p$  siede pre ua parghia rectangulara  $A$ , oprita de a cadea prin cod'a unui pendulu  $P$  care reguledia unu mecanismu simplu de orologiu ce bate secundele. Deoa adaogamu ua greutate mica  $\pi$  d'asupra lui  $p$ , sistem'a  $p + p' + \pi$  seu  $\approx p + \pi$  va tinde sa cadia si acceleratiunea va fi micusiorata in raportu  $= \approx p + \pi : \pi$  adico puterea acceleratrice care lucreaia asupra acestei sisteme va fi  $= \frac{\pi}{\approx p + \pi} g$ . Dera caderea nu va incepe, pene candu nu vomu libera parghia  $A$  prin miscarea pendulului, ceea ce ne da mediulu de a determina cu precisiune momentulu pornirei. Unu allu doilea stalpu, purtandu divisiuni si duoe discuri mobili, servece pentru messur'a distantieloru.

Ca sa constatamu acum legea I-a, punemu disculu plinu  $E$  (scotiendu pre cellu gauritu  $D$ ) la ua inaltime, determinata prin mai multe incercari, astu-feliu ca sistem'a  $p + p' + \pi$  sa lu ajunga in timpu de ua secunda, ceea ce cinnoscemu prin simultaneitatea lovirei pre discu si a bataei secunde. Apoi asiediamu disculu  $D$  intocmai in loculu ce occupà pene acum  $E$ , era pre acesta lu damu mai josu. Asiediamu era  $p + \pi$  pre parghi'a  $A$ , o liberamu din nou si mutamu disculu  $E$  pene candu caderea pre  $E$  sa coincide cu a duoa secunda. Miscarea pene la  $D$  a fostu accelerata in timpu de  $1^{\circ}$ ; era la  $D$ , oprindu-se din cauza forme greutatea aditionala  $\pi$ , miscarea se continua in secund'a a 2-a numai in virtutea inertiei, prin urmare este uniforma si iutieli'a (adico spatiulu  $DE$ ) este aceea cascigata dupre caderea de  $1^{\circ}$ . Repe-timu acesta esperientia totu in acellasi modu, asiediu disculu gauritu  $D$  la distantie percorse in 2, 3, 4 secunde, mutandu aseme-nea disculu  $E$  la distantie correspundietore. Comparatiunea acestoru distantie ne da confirmatiunea legei I-a

Ca sa constatamu legea a II-a, scotemu cu totulu disculu gauritu  $D$  si messoramu directu distantiele la cari trebue sa mutamu disculu  $E$ , ca sistem'a  $p + p' + \pi$  sa lu isbesca dupre 1, 2, 3 secunde. Aceste spatii le vomu gassi prin esperientia aproape proportionale cu pa-

tratele acelloru numere adico  $= 1 : 4 : 9$  etc. — Legea a treea se gasesce messorandu differentiele intre aceste spatii.

Unu mediu graficu, dera mai pucinu essactu, ne da aparatulu generalului francesu *Morin*. In acesta, greutatea  $p$  porta unu verfu ce scrie pre ua chartia lipita pre unu cilindru verticalu invertindu-se inaintea verfului printr'unu mecanismu de orologiu. Form'a linii descrise de acellu verfu, care este ua parabola, ne conduce la cunoscenti'a acelloru legi.

Esperimentarea a datu pentru spatiile percorse valori ceva mai mici de catu acelle cerute dupre legile de mai susu, ceea ce provine din caus'a resistentiei aerului, care intardiedia caderea corpuriloru.

Corpurile in caderea loru suntu enca influentiate si de rotatiunea pamentului in giurulu ossiei selle, care se face de la apusu la resaritu si le deviedia in acellasi sensu, astu-feliu in catu unu corpu cadiendu de la ua inaltime de  $100^m$  de ess. cade cu vre ua  $10-15^{mm}$  spre E de vertical'a lui. Acestu faptu descoperitu de *Newton* a fostu confirmatu prin esperientia de *Benzenberg* la Hamburg si de *Reich* la Freiberg in Saxonia. Corpulu aflatu la inaltimea de  $100^m$  ar descrie de la W la E in 24 ore unu cercu mai mare de catu piciorulu verticalei selle pre suprafeci'a pamentului; prin urmare se misca cu ua iutiela mai mare si cadiendu, ajunge mai inainte spre E de catu punctulu correspundietoru dupre pamentu. Se intiellege co ua deviatune asia mica este nemicita obicuinuitu prin alte influentie cari contribuescu a lu devia chiaru in sensu contrariu.

Unu corpu aruncatu in susu cu ua iutiela initiala  $C$  perde continuu din acesta prin actiunea gravitatiei si essecuta ua miscare intardieta, pene candu, ajungendu la ua inaltime determinata, se opresce si atunci cade liberu pre pamentu.

Unu corpu aruncatu intr'ua directiune oblica 'si scamba la fia-care momentu directiunea si iutiel'a lui sub influinti'a gravitati si descrie ua linia curba care in golu ar fi ua parabola. Mecanic'a ne da mediile pentru a determina legile acestoru diferite miscari in golu seu chiaru sub influinti'a aerului.

## § 4. PENDULU SIMPLU

*Pendulu simplu* se numesce unu puntu materialu aternatu la extremitatea libera unui firu nematerialu, rigidu si inestensibilu, fissatu la ceca alta extremitate. De si unu asemenea pendulu nu pote fi realizatu, vomu vedea ensa co miscarea unui pendulu fisicu se face dupre legile acellui simplu seu matematicu.

Deca departamu puntulu materialu  $M$  de vertical'a  $SM$ , pene la  $A$  de ess. (fig. 17), gravitatea lu trage inderetu si i comunica ua miscare accelerata, astu-feliu in catu, venindu in positiunea de ecilibru la  $SM$ , nu se opresce, ci trece inante cu iutieli'a cascigata pene aci. De aci inante gravitatea lucre dia in sensu contrariu producendu ua miscare intardieta, pene candu lu opresce de totu la ua inaltime  $MB=MA$ . De aici pendululu se intorce inderetu spre  $A$  si era spre  $B$  si astu-feliu oscilla inante. Inaltimea pene la care se redica se micusiore dia cate pucinu si in sine oscillatiunea incetedia, din caus'a resistentiei aerului si a frecarei ce se produce la puntulu de suspensiune  $S$ .

$SM$  se numesce *lungimea* pendulului, anghiulu  $ASB$  intre duoe positiuni estreme se numesce *amplitudinea* oscillatiunei.

Dupre celle dise se intiellege co pendululu represinta unu corpu care cade, ensa mai incetu de catu la caderea libera, din causa co poterea acceleratrice aici nu este gravitatea intrega  $g$ , ci numai component'a  $CD$ , perpendiculara pre  $SC$  care scamba la fia-care momentu intensitatea si directiunea. Pendululu dera pote servi pentru studiulu legiloru caderei corpuriloru, ceea ce s'a si facutu, precum si la alte aplicatiuni. La aceste differite usuri alle pendulului nu consideramu in ge-

nera de catu numai *oscillatiuni mici* de cate va grade  $2^0 - 4^0$ , ceea ce permite mai multe simplificari.

Galileo a descoperitu ceea d'anteiu proprietate a pendulului, *isochronismulu*, adico co *oscillatiunile celle mici suntu independente de amplitudine*. Unu si acellasi pendulu face oscillatiunile selle in acellasi timpu, oscillatiunile potendu avea amplitudinea de  $2^0$ ,  $3^0$ ,  $5^0$ , numai sa remana mici. Dera pendululu nu a devenitu unu instrumentu importantu, de catu dupre ce *Huyghens* a descoperitu celle alte proprietati alle lui, a fundatu teori'a intrega a pendulului simplu si compusu si lu a aplicatu la m $\acute{e}$ ssur'a timpului.

Teori'a matematica a pendulului appartine mecanicei. Aici ne vomu margini a espune enca duoe proprietati alle lui : *timpulu in care se facu oscillatiunile mici alle unui pendulu este proportionalu cu radicin'a patrata din lungimea lui*. Acesta se pote proba experimentalu cu mai multe pendule formate din globuri de fildesiu seu de metallu, aternate la fire subtiri alle carora lungimi sa fia de ess. precum  $1 : 4 : 9$ ; atunci timpurile in cari se facu oscillatiunile suntu precum  $1 : 2 : 3$ .

Ua a treea proprietate a pendulului este co *timpulu in care se facu oscillatiunile celle mici este inversu proportionalu cu radicin'a patrata intensitatici gravitati* seu in genere a puterei acceleratrice, ori care va fi acesta.

Aceste trei proprietati alle pendulului simplu potu fi exprimate prin formul'a

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

care este independente de amplitudinea  $\alpha = \text{ASB}$  si se aplica numai la oscillatiuni mici;  $t$  insemnedia timpulu in care se essecuta ua oscillatiune,  $\pi$  numerulu cunoscutu 3,1415. . .

Deca insemnamu cu  $n$ ,  $n'$  numerulu oscillatiunilor ce facu duoe pendule intr'unu timpu ore care, de ess. intr'unu minutu, cu  $t$ ,  $t'$



tiimpulu de oscillatiune respectivu, este invederatu co va fi  $n : n' = t' : t$ , pentru co cu catu tiimpulu este mai scurtu, cu atatu mai iute se facu oscillatiunile si cu atata mai mare va fi numerulu loru intr'unu tiimpu

datu. Dera, fiindu co  $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ , urmedia :

$$n^2 : n'^2 = l' : l \text{ si } n^2 : n'^2 = g : g'$$

Adico I-iu patratele numeriloru de oscillatiune a duoe pendule, oscillandu sub actiunea acelliasi poteri acceleratrice, suntu inversu proportionale cu lungimile loru si II-ea patratele numeriloru de oscillatiune a unni pendulu, oscillandu successive sub actiunea a duoe poteri acceleratrice diferite, suntu proportionale cu inteusitatile acestoru poteri.

#### § 5. PENDULU FISICU SEU COMPUSU

Pendululu fisicu seu materialu, singurululu ce potemu reali-sa, este compusu de na multime de punturi materiale, aflate la diferite distantie de la puntulu de suspensiune si cari aru oscilla cu iutieli diferite, deca n'aru fi fostu legate intre elle prin cohesiunea substantiei din care este facutu pendululu. Suspensiunea la aceste pendule se face obicinnitu prin prismie ascutite, ca la bilancie, a carora ascutisiulu presinta na dreapta perpendiculara pre planulu de oscillatiune a pendulului, numita *axu de suspensiune* (fig. 18). Este invederatu co unu punctu A din apropierea axului de suspensiune S, fiindu isolatu, ar oscilla cu mare iutiela, precandu puntulu B, departe de acellu axu, ar oscilla forte incetu, dupre legile din § 4. Nici unulu ensa, nici cellu altu nu se voru misca in voi'a loru, din caus'a legaturei in care se afla si care nu permite de catu na singura iutiela; A va fi silitu sa merga mai incetu, B mai iute si intre elle va fi unu punctu m care, miscanduse mai iute de

catu A, mai incetu de catu B, va avea miscarea pendulului intregu si nu va fi influentiatu prin aceste legaturi, intocmai pare ca ar oscilla isolatu, formandu unu pendulu simplu SM. Acestu pendulu simplu, care face oscillatiunile selle in același timpu cu pendulu compusu SB, se numesce pendulu *synchronu* cu acesta. Prin lungimea unui pendulu materialu nu intiellegemu lungimea fisica a lui, ci lungimea pendulului simplu, *synchronu* cu ellu. Ua drepta, perpendiculara pre planulu de oscillatiune trecendu prin punctulu *m* intiel'a carui nu este modificata, se numesce *axu de oscillatiune*. Este claru, dupre celle espuse, ca axulu de oscillatiune este paralelu cu acella de suspensiune si ca distanti'a intre elle messoru lungimea pendulului simplu, *synchronu* cu cellu compusu.

Axulu de oscillatiune si acella de suspensiune suntu *reciproce* intre elle, adico timpulu in care oscilla unu pendulu compusu nu se scamba, deca lu aternamu resturnatu prin axulu de oscillatiune, devenindu atunci axulu de suspensiune de pene acum unu axu de oscillatiune. Acesta proprietate, descoperita de *Huyghens*, se demonstra prin calculu. *Bohnenberger* si englesulu *Kater* au avutu idei'a si au essecutatu unu pendulu, numitu *reversibilu*, cu duoe cutite inverse si mobile in lungulu vergelei pendulului (fig. 19) prin care se pote demonstra acesta si experimentalu.

*Bessel* si *Poisson* au descoperitu si calculatu influenti'a aerului asupra miscarei pendulului; ea intardiedia miscarea. Pentru a micușora resistenti'a aerului se da obicinuitu corpului greu aternatu la verg'a pendulului form'a lenticulara.

Formul'a pendulului simplu  $t = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  se applica si la pendule compuse, numai aici luamu pentru lungimea *l* valoarea defnita mai susu, adico lungimea pendulului *synchronu*.

Astronomulu germanu *Bohnenberger* a demonstratu pe la 1811

co planulu de oscillatiune unui pendulu si in genere planulu in care se face na rotatiune ore-care este *nevariabilu*. Observatiunea miscariloru pre pamentu (sfarledi, giroscope etc.) si a corpuriloru ceresci au probatu-o necontestatu. La 1851 ensa francesulu *Foucault* a facutu vestita esperienti'a a pendulului. Unu pendulu lungu oscillandu intr'unu timpu mai lungu si a invartitu planulu de oscillatiune in sensulu unui minutaru (de la E la W) pentru unu observatoru asediatu d'asupra pendulului. Acesta miscare este numai aparinte, provine din rotatiunea pamentului si o demonstra pre acesta. Fig. 20 ne da sema despre acestu fenomenu. Fia NS axulu pamentului; NAS, NBS, duoi meridiani sub cari trece succesivu unu puntu A in miscarea diurna a pamentului de la W la E. Unu pendulu asediatu in planulu meridianului NA va persiste in planulu pp paralelu cu NA, candu punctulu A, in urm'a rotatiunei pamentului va veni la B; meridianulu ensa acum va fi BN si va face unu anghiu cu pp, astu-feliu in catu unu observatoru la O va vedea planulu pendulului miscandu-se in sensulu sagetei. Acesta miscare se face la poli in 24 ore; la latitudini geografice mai mice se cere unu timpu din ce in ce mai lungu, precum se demonstra prin formulele mecanice.

Applicatiunea ceea mai importanta a pendulului este aceea la orologii, inventata de Huyghens. Fara pendulu nu avemu nici unu mediu pentru a messora timpulu cu precisiune si scimu de ce mare importantia este cunoscinti'a timpului pentru vietia sociala, pentru navigatiune, astronomia etc. Ua rota R, pusa in miscare de rotatiune printr'unu arcu de ocielu seu printr'ua greutate ce cade, ar avea ua miscare neregulata si accelerata. Deca ensa are dinti si este supusa unui pendulu S care porta in susu duoe carlige (fig. 21), atunci la fia-care oscillatiune a pendulului in sensulu sagetei S va scapa cate unu dinte si aculu M purtatu de rota va merge inante. Nu remane de catu a regula lungimea pendulului, ca sa bata secund'a, ceea ce se face prin medii astronomice.

## § 6. INTENSITATEA GRAVITATI PRE PAMENTU

Cunoscinti'a acceleratiunei  $g$  seu a intensitati gravitati, presinta unu interessu sciintificu mare si *Huyghens* a avutu ideii'a de a determina acesta catime cu ajutorulu pendulului. In adeveru, deca in formul'a  $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  cunoscemu prin messuri directe si observatiune catimile  $t$  si  $l$ , vomu putea lesne afla si pre  $g$ . Obicinuitu se ia  $t=1s$ , adico  $1 = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ , de unde  $g = \pi^2 l$ ; tota esperienti'a constá atunci intru a determina *lungimea pendulului simplu care bate secundele*. Acesta lungime s'a gasitu la Paris =  $0^m9939$ , de unde :  $g = 9^m8096$ . Trebuie sa observamu co aceste valori, determinate mai anteu de *Borda*, *Biot* si alti, au fostu correse si reduce la golu de catre astronomulu germanu *Bessel*.

Intensitatea gravitatiei  $g$  nu este ua catime constanta ; ea se scamba cu inaltimea d'asupra suprafecei pamentului si cu latitudinea geografica. Dupre legile lui Newton relative la attractiunea corpurilor este lesne sa vedemu, co cu catu ne redicamu d'asupra fecei pamentului, departandune de centrulu seu, trebuie ca attractiunea, adico intensitatea gravitatiei  $g$ , sa scadia. Dera totu Newton, basanduse pre legile selle si pre teorii de mecanica, a predisu co gravitatea  $g$  variedia si cu latitudine si scade de la cei duoi poli spre ecatoru. Acesta scambare a observatu-o in realitate francesulu *Richer* in annulu 1672. *Richer*, transportandu-se la Cayenne, langa ecatoru, cu unu pendulu de chronometru care batea secundele la Paris, a observatu co remanea inderetu la Cayenne si a trebuitu sa lu scurte die cu vre-ua  $3^m$  ca sa bata din nou secundele. Acesta crea ua proba pentru slabirea gravitatiei care la ecatoru nu mai putea accelera pendululu cu aceeași intensitate ca la Paris la latitudinea de  $48^o 50'$ . De atunci incoce differiti observatori au cautatu sa determine la differite puncturi alle pamentului lungimea pendulului simplu care bate secundele. Ecce cate-va rezultate reduce la golu :

OBSERVATORELE	STATIUNE	LATITUDINE	l
Sabine	Spitzberg	79° 49' 58" bor.	0 <sup>m</sup> 99613.
Bessel	Königsberg	54 42 12 >	0. 99441.
Freycinet	Ecatoru	0 1 34 mer.	0. 99113.
Foster	Cap Horn	55 51 20 >	0. 99462.
Foster	Niew Shetland	62 56 11 >	0. 99523.

Causele cari aducu acesta scambare in intensitatea gravitatiei sunt duoe : *rotatiunea* pamentului in giurulu ossiei selle si *form'a* turtita a lui ; dera totu ua data aceea variatiune a gravitatiei, recunoscuta prin esperientia, ne da ua proba atatu pentru rotatiunea, catu si pentru form'a turtita a pamentului. Desvoltari intinse nu se potu face fara calculu si appartinu unui cursu de mecanica ; aici vomu da numai cateva idei despre aceste fenomene.

a) Prin rotatiunea pamentului nasce ua potere centrifugala care tinde a micusiora effectulu gravitatiei. Effectulu poterei centrifugale ensa este mai mare la ecatoru de catu la unu paralelu ore-care A (fig. 22), 1-iu pentru co ecatorulu fiindu cellu mai mare dintre tote paralele, urmedia ca si iutiel'a de rotatiune pre densu sa fia mai mare de catu pre paralele si prin urmare, dupre legile poteriloru centrale, si poterea centrifugala va fi asemenea mai mare ; 2-lea pentru co poterea centrifugala la ecatoru este directu oppusa gravitatiei EO, pre candu la paralelu A nu lucrea decat u numai component'a ei AC, oppusa gravitatiei AO. Poterea centrifugala tinde dera a micusiora effectulu gravitatiei mai multu la ecatoru de catu la ori care paralelu si cu atata mai multu cu catu acestu din urma va fi mai micu si mai departe de centru, adico mai langa poli.

b) Form'a turtita a pamentului la poli, descoperita de Newton si Huyghens, face ca unu puntu de langa poli sa fia mai apropietu de centru de catu unu puntu allu ecatorului, prin urmare gravitatea va avea la cellu d'anteiu ua intensitate mai mare decat u la cellu din urma. Cestionea formeii si a dimensiuniloru pamentului a ocupatu multu pre fisicii si astronomii cari au cautatu sa le determine prin messuri directe, devenite vestite in istoria sciintieloru. Celle mai insemnate dintre elle suntu acelle essecutate de :

francesii *La Condamine* si *Bouguer* la *Quitto* in America ;

*Délambre* si *Méchain*, *Biot* si *Arago* in Francia si Spania ;  
 englesii *Lambton*, *Everest* in India ;  
 germanii *Gauss* si *Schumacher* in nordulu Germaniei si in Dane-  
 marca ;

germanii *Struve* si *Tenner* in lungulu Rusiei pene preste marea  
 Neagra si acesta constitue un'a din celle mai intinse si mai exacte  
 messoratori ; si de alti.

Aceste messoratori au fostu essecutate dupre metoda *triangulati-  
 uneii*, descoperita pe la 1615 de Ollandesulu *Willebrord Snellius*,  
 si au avutu de scopu sa determine in stanjeni (toises de Paris) lun-  
 gimea 1° de meridianu la diferite latitudini geografice. Resultatulu  
 loru a fostu co lungimea arcului de 1° pre meridianu scade de la poli  
 spre ecatoru ; de ess. in Laponia arcu 1° = 57196 stanjeni, la Perou  
 = 56736 stanj. De aici conchidemu indata co form'a pamentului nu  
 este nici de cum ua sfera exacta ; dera remane mecaniceii sa deduca  
 din aceste date form'a si dimensiunile exacte.

Pre langa acestea au cautatu sa messoro si grade pre diferite pa-  
 rallele. Aici mentionamu numai messoratorea facuta in nordulu Ita-  
 liei de catre *Plana*, *Brousseau* si alti pre paralellulu de la Marenes  
 langa Marsillia pene la Fium.

Ceea mai mare ensa de catu tote messoratorile este aceea *Euro-  
 peana* care se afla astadi in lucrare de cati-va anni sub directiunea  
 generalului si astronomului prussianu *Bayer* care lucrase si mai  
 inante impreuna cu marele astronomu Bessel de la Koenigsberg. Tre-  
 bue sa observamu co asemenea operatiuni tinu mai multi anni si  
 chiaru dieci de anni.

Din tote acestea resulta co pamentulu este unu sferoidu turtitu la  
 poli, formatu prin rotatiunea unei ellipse in giurulu axului cellui  
 micu care a devenitu axu polaru. pre candu acellu mare formedia a-  
 xulu ecatorialu. Differenti'a acestoru duoe axe, esprimata in parti  
 alle acellui ecatorialu, seu  $\epsilon = \frac{a - b}{a}$ , s'a numitu *turtirea* pamentu-  
 lui.

Aci damu cate-va rezultate numerice alle calculiloru lui Bessel  
 esprimate in metre :

circumferenti'a unui meridianu	=	40003424 <sup>m</sup>
» eculatorului	=	40070376.
axulu polaru	=	6356080.
» ectorialu	=	6377398.
turtirea pamentului	=	$\frac{1}{299.133}$
suprafeci'a pamentului	=	510000000 Km. $\square$
volumulu »	=	1082841000000 Km. cub.
Intensitatea gravitatiei la ecatoru	cu	$\frac{1}{289}$ mai mica de catu la poli.

Terminamu cu observatiunea co, dupre aceste rezultate, metrulu ne mai fiudu  $\frac{1}{40000000}$  parte essacta a unui meridianu, precum din erore s'a crediutu candu a fostu introdusu in Francia, perde caracterulu ce au vrutu sa i dea la inceputu, adico acella a unei messure aretate de natura seu cellu pucinu care sta in rapportu simplu si bevariabilu cu dimensiunile globului nostru. Metrulu remane pentru sine ua unitate de lungime ca tote celle-alte si totu asia de arbitraru ca si acestea.

#### § 7. MASS'A SI DENSITATEA MEDIA A PAMENTULUI

Pendululu pote enca servi pentru a determina mass'a pamentului. In adeveru Newton a predisu si Bouguer a observatu co unu pendulu in apropierea unui munte este devietu de verticala prin effectulu attractiunei ce essercita muntele asupra lui. Englesulu *Maskelyne* a constatau acesta din nouu si a facutu pre la annulu 1774 lucrarile cuvenite asupra unui munte catu se pote mai omogenu din Scotia, muntele *Shehallian*, ca sa determine mass'a lui, centrulu seu de gravitate si distanti'a acestui centru de la puntulu din apropierea muntelui, unde erea asiediatu pendululu. Apoi a comparatu actiunea essercitata asupra pendulului cu aceea ce pendululu priimesce de catre pamentu allu carui mass'a este necunoscuta era distanti'a dela pendulu este ecala cu radi'a pamentului si astu-feliu a ajunsu la cunoscenti'a masei pamentului.

In acesta privintia se potu obtine rezultate mai essacte si intr'unu modu mai commodu prin dispositiunea, astu-feliu numita *bilanci'a lui Cavendish* inventata de *John Mitshell* si essecutata de Cavendish pe la 1798. Experimentele celle mai precise cu acestu apparatus, perfectionatu in multe privintie, au fostu essecutate la 1837 de catre Reich la Freiberg in Saxonia si de catre englesulu Bailly la 1842. Fig. 23 areta dispositiunile generale alle acestui apparatus. La tavanulu unei camere solide si libere de vibratiuni se aterna cu vergele rigide duoe globuri grele  $m$  de plumbu, ca de 150—200 Kg. fiecare. Cu ajutorulu unei rote  $R$  si a unei sfere potemu sa invertimu aceste globuri, fara a intra in camera care remane inchisa, pentru a evita currentii de aeru, si le potemu apropiia seu departa de nisce alte globuletie mici  $\mu$  ca de  $\frac{1}{2}$  Kg. aternate asemenea intr'ua cutia inchisa  $CC$ . Acesta cutia siede cu patru siurupuri pre patru stalpi solidi  $S$ . Verg'a de suspensiune  $V$  porta la capu ua rota dintiata  $B$ , pusa in miscare de afara printr'ua verga  $A$  care se termina cu unu siurupu ce apuca in rot'a dintiata  $B$ . Sistem'a globu etieloru  $\mu, \mu$  represinta unu pendulu, liberu de actiunea pamentulu si care nu pote oscilla de catu intr'unu planu orizontalu sub influinti'a globurilor  $m, m$ , candu ii vomu apropiia de  $\mu, \mu$ . Cuti'a de lemnu  $CC$  porta la  $T$  crepaturi inchise cu table de sticla in dreptulu ochianeloru cu fire verticale  $O$ . Lampile  $L$  luminedia la  $T$ .

Dupre ce prin verg'a  $A$  amu adusu pendulele  $\mu, \mu$  in dreptulu fireloru verticale din ochianele  $O, O$  si le amu lasatu sa se liniscesca, apropiemu  $m, m$  de  $\mu, \mu$ ; acestea voru intra in oscillatiune sub influinti'a masseloru  $m, m$  si vomu potea cu ochianele  $O$  sa observamu oscillatiunile si sa le numeramu. Asemenea vomu messora distanti'a intre centrele globurilor  $m$  si  $\mu$ . Fia  $m$  mass'a unui globu mare,  $\lambda$  distanti'a intre  $\mu, \mu$ , seu  $\lambda$  lungimea pendulu de la  $\mu$  pene la axulu verticalu  $V$ ,  $d$  distanti'a intre centrele globurilor  $\mu$  si  $M$ .  $t$  timpulu in care pendulu  $\mu$  essecuta oscillatiunile selle;  $\gamma$  acceleratiunea essercitata de mass'a  $m$  pre pendulu  $\mu$ ;  $l$  lungimea unui pendulu synchronu cu  $\mu$  oscillandu sub influinti'a pamentulu;  $M$  mass'a necunoscuta si  $R$  radi'a aceslui din urma. Dupre legile penduluului vomu avea :



$$t = \pi \sqrt{\frac{\lambda}{\gamma}} \text{ si } t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}};$$

de unde resulta proportiunea :

$$\gamma : g = \lambda : l.$$

Dera dupre legile de attractiune alle materiei, descoperite de Newton :

$$\gamma = \frac{m}{d^2} \text{ si } g = \frac{M}{R^2};$$

prin urmare :

$$\frac{m}{d^2} : \frac{M}{R^2} = \lambda : l;$$

de unde prin deslegarea acestei egalitati :

$$M = m \frac{lR^2}{\lambda d^2}.$$

**B** si **g** sunt cunoscute ; **d**,  $\lambda$  si **t** se observa la experientia balantei ;

**l** se calculeaza atunci prin formul'a de mai susu  $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  ; prin urmare vom putea afla si masa necunoscuta **M** a pamentului.

Deca consideram materi'a ce compune pamentul ca impartita uniformu preste tot'a intindere a lui, astu-feliu ca sa formedia ua massa omogena, si comparamu acesta massa cu aceea a unui volumu ecalu de apa destillata si la temperatur'a de 4° C, raportulu intre aceste duoe masse ne va da (§ 1) *densitatea media* a pamentului. Acesta densitate media seu  $D = \frac{M}{V}$  s'a gasitu prin aceste operatiuni cuprinsa intre 5.<sup>o</sup> si 5.<sup>o</sup>, va sa dica aproape 5.<sup>ss</sup>.

*Newton* si *Laplace* au determinatu si ei acesta densitate prin consideratiuni teoretice si au gasitu-o asemenea cuprinsa intre 5 si 6.

## SECTIUNEA II.

### CELLE TREI STARI DE AGGREGATIUNE ALLE CORPURILORU

#### § 1. PROPRIETATILE PRINCIPALE ALLE SOLIDELORU

Moleculile corpuriloru solide au ua cohesiune insemnata, mai mare seu mai mica. Ua consecintia acestei cohesiuni este ca solidele au unu volumu si ua forma propria a loru care nu se scamba, de catu intrebuintiandu ua putere esteriora destulu de mare.

Formele solideloru suntu seu neregulate si atunci elle se numescu *amorfe*; seu regulate, adico terminate cu fecie naturale plane, si atunci le numimu *cristalle*, dicemu ca corpurile suntu cristallisate. Unu studiu specialu allu formelor cristalline appartine *Cristallografiei*.

Cristallisatiunea unui corpu se pote face in duoe moduri : 1-iu prin *fusiune*; topindu pre focu corpu lu uscatu si lasandulu apoi sa recesca ellu se solidifica, affectandu ua forma regulata. 2-ea prin *solutiune*; solvendu unu corpu intr'unu li-

cidu, evaporandu partialu si lasandu la unu locu rece. Cristallele se facu cu atata mai mari, cu catu recel'a se face mai incetu si mai liniscitu.

*Elasticitatea* este ua proprietate ce au tote corpurile solide mai multu seu mai pucinu si pene la ua limita determinata.

Deca desformamu unu corpu solidu, prin tractiune, torsiune, flessiune seu compressiune, preste aceea limita, variabila cu natur'a corpului, acesta remane desformatu intr'unu modu permanentu. Intre alti, germanulu *Wertheim*, stabilitu la Paris de la 1848 — 1861, a studiatu experimentalu fenomenele principale ale elasticitatei solideloru.

*Tenacitatea* este aceea proprietate a unui solidu in virtutea carei ellu resista la ruptura, candu lu tragemu in sensulu lungimei selle. Dintre metalle ferulu si platin'a, din lemne stejarulu in sensulu fibreloru, presinta ceea mai mare tenacitate. Ca sa comparamu tenacitatea diferiteloru corpuri, le taiamu in forma de vergele prismatice seu cilindrice de aceeaasi grosime seu sectiuna, le fissamu in positiune verticala la unu capu si la capulu cellu-altu aternamu greutatea pene sa se rupa.

*Resistentia relativa* se numesce proprietatea ce au solidele de a resiste la roptur'a prin flessiune. Esperienti'a a aretatu co resistenti'a relativa unei grindi este proportionala cu latime, cu patratulu grosimei, era sta in raportu inversu cu lungime. Prin urmare grindi, druguri de feru etc., libere la unu capu, se facu aici mai subtiri, ca sa fia mai usiuri si sa presinte totu aceeaasi resistentia ca si la radicina. Calcululu areta co form'a unei asemenea grindi este aceea parabolica. — Galileo a aretatu co din duoe grindi de aceeaasi massa, aceea este mai solida care este gola in interioru; structur'a oseloru ne areta ua aplicatiune a acestui principiu facutu chiaru de natura.

*Ductilitatea* si *malleabilitatea* suntu proprietati analoge ce posedea multe din solide, mai alesu din metalle, intr'unu gradu forte mare. Unu corpu ce se pote trage in sarme subtiri se numesce *ductilu*, precum este platin'a, ferulu, cuprulu, argintulu, aurulu, alam'a etc. ; chiaru stiel'a pote fi trasa in fire forte subtiri. Unu corpu care pote fi intinsu in foi subtiri, sub lovituri de ciocanu seu sub presiuni mari, se numesce *malleabilu*. Ferulu, cuprulu, plumbulu, zinculu suntu corpuri malleabile ; dera celle mai malleabile suntu cositorulu, argintulu si mai alesu aurulu.

Prin *taria* unui corpu, mai alesu in mineralogia, intielle-gemu resistenti'a ce presinta unu corpu la sgarietura. In felulu esta diamantul este cellu mai tare, pentru co sgaria pre tote celle alte corpuri, fara ca ellu sa pota fi sgariatu de nici unu. Diamantul nu se pote sgaria si lucra de catu totu prin ellu ensusi, adico cu pulvere de diamantu.

Aceste diferite proprietati alle solideloru depindu de dispositiunea particulara a moleculeloru loru, de *structur'a* loru. Acesta pote fi modificata mai multu seu mai pucinu prin diferite actiuni mecanice, intre alte prin operatiunea calitului (trempe). Corpuri, ca ocielu, sticla etc., incaldite tare si apoi recite rapede, devinu de na *taria* mare care ensa este numai la suprafecia si nu se intinde la ua adencime mare sub acesta ; de aceea corpuri calite tare se rupu, se farina mai lesne. Ocielulu calitu tare se rupe si trebue sa fia pucinu inmuaiatu, ca sa capete elasticitate. Stiel'a calita nu este buna de nimicu. *Lacrimile*, astu-feliu numite *batavice*, suutu picaturi de sticla topita, calite in apa rece ; elle presinta la suprafecia ua *taria* forte mare, indata ensa ce s'a farimatu verfulu, disparu intr'ua pulvere nepalpabila. Caus'a este ce corpulu dilatatu

prin caldura, apoi recitu rapede, nu a avutu timpulu de ajunsu ca sa se contracte pene in interioru si moleculele din interioru au remasu enca departate intre elle si fara cohesiune.

## § 2. PROPRIETATI GENERALE ALLE LICIDELORU

Studiulu licideloru se pote face seu sub punctulu de vedere allu ecilibrului, seu considerandule in miscare. In casulu anteu, acellu studiu porta numele de *hydrostatica* alle carei principii fundamentale au fostu puse de *Archimede*; in casulu allu duoilea, se numesce *hydrodynamica* si acesta a fostu creata de *Galileo*. Ua ramura speciala a hydrodynamiceii care se occupa cu applicatiunile plactice alle miscarei licideloru ia numele de *hydraulica*.

Licidele au ca si solidele unu volumu propriu allu loru, pre care nu lu potemu scamba de catu intrebuintandu poteri esteriore mai mari seu mai mici. Elle au ensa ua cohesiune mica si nu au nici de cum ua forma propria a loru, ci iau pre aceea a vaseloru in cari se afla. Ceea ce caracteriza mai cu deosebire licidele, este absenti'a aproape totala de compressibilitate si de elasticitate (de compressiune), pentru care causa licidele suntu numite si *fluide neelastice* seu *necompressibile*. Englesulu *John Canton* a aretatu cellu d'anteiu, pre la 1761, si apoi *Perkins*, pre la 1819, co licidele totusi poseda ua compressibilitate, de si mica de totu, care pentru acesta scapa obicinuitu observatiunei. Dera erea rezervatu danesului *Oersted*, pre la 1823, nu numai sa probediu intr'unu modu necontestabilu si liberu de ori-ce objectiune compressibilitatea licideloru, dera enca sa si o messore, catu este ea de mica, Apparaturu intrebuintiatu de fisiculu danesu s'a numitu *pitometru* si se face in diferite forme. De atunci incoce dif-

feriti alti fisici servinduse de dispositiuni analoge au messoratu asemenea compressibilitatea licideloru; între alti, francesii *Despretz* si *Régnauld*, elvetianii *Sturm* si *Colladon*, *Wertheim* si *Grassi*.

Piezometrulu lui Oersted, intr'un'a din formele celle mai comune, se compune de unu cilindru solidu de sticla **A** (fig. 24), avendu in partea superioara ua pompa **P** cu care potemu comprima ap'a din cilindru. La **S** este unu siurupu cu induoitu canalu, precum se vede in figura; in positiunea **I** se afla stabilita comunicatiunea cu unu paharu lateralu **C**, de unde se pote aspira ap'a cu pompa, tragendu pistonulu in susu; apoi intorcemu siurupulu cu  $180^\circ$ , ca sa vina in positiunea **II**, intrerupemu prin urmare comunicatiunea cu paharulu **C** si dandu pistonulu in josu, comprimemu ap'a in cilindru **A**. In acesta se afla, asiediate pre ua tabla, ua besica de sticla **B** cu gutu lungu, capillaru si gradatu si unu *manometru* **M**. Besic'a **B** este adeveratulu piezometru; intr'ensa se afla licidulu, compressibilitatea carni voimu sa determinamu, despartitu de licidulu din cilindru printr'unu indice micu de mercuriu **I**. Candu apesamu ap'a din cilindru **A**, acesta apa comprima licidulu din besica, redicandu indicele **I** in susu, ceea ce areta si messora compressibilitatea ei. *Manometrulu* **M**, formatu de unu tubu gra-latu de sticla ce cuprinde aeru atmosfericu, servece spre a messora pressiunea essercitata asupra licidului, pentru co, dupre cum vomu vedea mai tardiu, cu catu pressiunea cresce, cu atata volumulu aerului din manometru se micusioredia. Besic'a **B** priimindu ua pressiune ecala din antru si din afara, conserva volumulu ei nescambatu.

Licidulu se introduce in besic'a **B** prin metode particulare, aretate in cursuri practice de chimia. Besic'a **B**, tinuta incliuatu cu gur'a tievei intr'ua capsula cu licidu, se incaldesce pucinu cu ua lampa, ca sa iasa aerulu dintr'ensa; apoi departandu lamp'a, atmosfer'a apesa pre licidulu din capsula si lu introduce in besica. Ca sa aflamu capacitatea ei o cantarimu anteu gola, apoi plina cu apa pene la ua divisiune, ceea ce ne va da cantitatea de apa dintr'ensa; dupre aceea

o mai cantarimu plina cu cate-va divisiuni mai inainte, ca sa aflamu prin diferentia cantitatea apei ce ocupa aceste divisiuni. Rapportulu intre rezultatulu anteu si cellu din urma da capacitatea vasului, adico ne areta cate divisiuni suntu cuprinse in besica.

Ca resultatu principalu allu experimenteloru s'a gasitu co compressibilitatea licideloru este proportionala cu presiune, cellu pucitu pene la ua presiune de diece atmosfere.

Aici urmedia cate-va cifre aretandu compressibilitatea unoru licide in parti alle volumului primitivu si la presiune de ua atmosfera :

mercuriu.....	0,000003.
apa.....	0,000050.
alcoolu.....	0,000084.

Compressibilitatea licideloru pare co variedia cu temperatura si cresce cu acesta.

### § 3. ECILIBRULU LICIDELORU INDEPENDENTU DE GRAVITATE

Candu unu licidu se afla in ecilibru, fia-care molecula din interiorulu lui priimesce presiuni ecale din tote partile. Acesta a fostu recunoscutu de catre *Archimede* si este lesne de intiellu co ua molecula licida, priimindu presiuni diferite in diferite directiuni, s'ar misca sub influinti'a presiunei celei mai tari si licidulu n'ar mai sta in ecilibru.

Ua presiune essercitata la ua parte unui licidu se transmite in tote partile lui, in tote directiunile si cu aceeași intensitate pretutindeni. Acesta proprietate a fostu recunoscuta de *Pascal* si porta numele de *principiulu lui Pascal* seu allu *ecalei presiuni*. Ea se pote demonstra intre alte si printr'unu ballonu de sticla (fig. 25) purtandu mai multe gauri din cari cisnesco ap'a, candu comprimemu cu unu pistonu.

De aici resulta co presiunea este proportionala cu sectiune,

adico apesandu dopulu A (fig. 26) cu ua potere de  $m$  kilograme, dopulu B, sectiunea carui fia de  $x$  ori mai mare de catu aceea a lui A, va merge in susu sub ua pressiune de  $x \times m$  kilograme si ca sa i oprimu miscarea va trebui sa punemu pre densu ua greutate de  $x \times m$  kilograme. Acesta o intiellegemu lesne, deca observamu co sectiunea B ecivalendia cu  $x$  sectiuni A si co, dupre principiulu lui Pascal, fiacare din elle priimesce ua pressiune ecala cu  $m$  kilograme, essercitata pre A; pressiunea va fi dera in totalu ecala cu  $x \times m$  kg.

Pre aceste principii se basedia constructiunea *pressei hydraulice* care ne da mediulu ca cu ua potere mica sa essercitamu pressiuni colossale. Acesta machina o datorimu de pre la finele secolului trecutu mecanicului englesu *Bramah*. Ea se compune de unu vasu solidu de feru V (fig. 27, tab. III) in care se misca unu dopu de metallu D, frecanduse intr'unu discu gauritu de pele p. Cu ajutorulu unei pompe P aspiramu apa dintr'unu rezervoriu R si o gonimu prin canalulu C in vasulu V sub pistonulu D, asupra carui essercitandu pressiunea, la redicamu in susu si comprimemu objectele la tabl'a solida T, sustinuta prin stalpii de feru S. Ventilele v, u cari se deschidu in susu mediulocescu trecerea apei in susu spre canalulu C si nu o lasa sa se intorca inderetu. Diametrulu pistonului D fiindu de ess. de 20 ori mai mare decatu acell'a a lui P, sectiunea cellui d'anteiu va fi de  $20^2$  seu de 400 ori mai mare decatu aceea a lui P. Deca admittemu co braciule de parghie  $ZX : ZY = 10 : 1$ , lucrandu la X cu ua potere de 10 kg., vomu essercita la P ua pressiune de 100 kg., care la D va deveni de  $400 \times 100$  seu de 40000 kg. Se intiellege ensa co effectulu realu va fi mai micu, din caus'a frecariloru.



Trebuie enca sa observam ca in acesta machina, ca si in tote celle alte, nu se creedia potere din nimica, adico sa nu credem ca din poterea de 10 kg. nasce aceea de 40000 kg., fara alta cheltuiala. In genere la machine nu se creedia poteri si ceea ce cascigam in potere, perdem in timpu seu spatiu. In adeveru deca punctulu **X** alla parghie<sup>i</sup> percurge unu spatiu de 20<sup>cm</sup> punctulu **Y** percurge numai 2<sup>cm</sup> si pistonulu cellu mare **D** abia inaintedia cu  $\frac{1}{400}$  din 2<sup>cm</sup> adico cu 0.<sup>cm</sup>005, si va trebui sa facem 200 lovituri alle pompei **P**, ca sa inaintedia pistonulu **D** cu 1<sup>cm</sup>.

#### § 4. ECILIBRULU LICIDELORU SUB INFLUINTIA GRAVITATIEI.

I. Suprafeci'a libera unui licidu in ecilibru se asiedia perpendicularu pre directiunea gravitatiei, adico orizontalu; pentru co altu-feliu, moleculele licide din acesta suprafecia, aflanduse pre unu planu inclinat, s'aru misca sub influinti'a gravitatiei si licidulu n'ar mai fi in ecilibru.

II. Tote partile unui stratu licidu orizontalu in ecilibru suntu supuse la aceeași presiune; coci presiunea fiindu mai mare la unu punctu decat la altu s'ar produce ua miscare. De aici resulta co *duoe licide omogene*, adico de aceeași densitate, ce se afla in duoe vase cari comunica intre elle, se inaltia pene la același nivelu, adico au inaltimi ecale in amenduo vase; pentru co duoe colone ecale *SA* si *SB* (fig. 28) de aceeași sec-tiune essercita prin greutatea loru presiuni ecale pre stratulu orizontalu *SS*. Din contra, *duoe licide eterogene*, adico de densitati diferite, au inaltimi diferite in duoe vase cari comunica. In adeveru, plecandu de la stratulu orizontalu *SS* (fig. 29) care desparte celle duoe licide, colonele *SA* si *SB* a acestoru

licide eterogene va trebui sa apese sub sectiuni egale cu aceeasi greutate pe stratul SS; dera greutatile lor sunt proportionale cu mass'a, adica cu densitatea lor. Prin urmare inaltimea colonei **SB** a ligidului celui mai densu va trebui sa fie cu atatu mai mica, cu catu densitatea lui este mai mare de catu aceea a ligidului **SA**; de unde resulta ca *inaltimele a duoe licide eterogene in duoe vase cari comunica stau in raportu inversu cu densitatea lor.*

III. Pressiunea unui ligidu pe fundulu unui vasu este independenta de form'a acestui si proportionala cu inaltimea colonei licide cuprinse in vasu. Olandesulu *Stevin* a descoperitu acestu principiu de hydrostatica pe la 1585, despre care ne potemu da sema precum urmedia. In vasulu din fig. 30 fundulu **AB** priimesce pressiunea colonei **CD**, pe candu ligidulu versatu in partea superioara mai larga apesa pe peretii laterali ai vasului. — In fig. 31 fundulu **AB** se afla imediatu sub pressiunea colonei **ED**, era pe densa apesa colon'a **CD**, pressiunea carei se transmite inante intr'unu modu egal dupre principiulu lui *Pascal* si astu-feliu bas'a priimesce totu pressiunea **CD + DE** seu **CE**.

Esperimentalu se pote demonstra acestu principiu cu aparatulu lui *Haldat* si mai cu sema cu acoll'a a lui *Masson*. Acestu din urma se compune din mai multe vase de sticla **A**, **B**, **C** (fig. 32, tab. III) de diferite forme, onsa de acellasi fundu care este deschisu. Aceste vase se insinurupedia succesivu pe unu picioru **P**, aflatu intr'unu vasu de sticla mai largu si se astupa la fundulu deschisu printr'unu discu **D** ce aterna printr'ua atia la na bilancia. Amplemu succesiva vasele cu apa pone la acellasi nivelu, aretatu printr'unu verfu mobilu **V**, si vomu vedea ca disculu **D** va fi sustinutu cu acelleasi greu-

tati  $G$ , ori care va fi form'a vasului, numai colon'a licida sa conserve aceeasi inaltime.

IV. Pressiunea laterala unui licidu pre ua portiune din pe-  
retele vasului este ecala cu suprafeci'a acestei portiuni, im-  
multita cu inaltimea colonei licide, seu cu distantia de la cen-  
trulu portiunii pene la nivelulu licidului, precum se vede in  
fig. 33. Trebuie sa observamu co punctulu de applicatiune allu  
pressiunii totale, essercitate pre portiunea  $ab$ , nu coincide cu  
centrulu figurei  $c$ , ci este ceva mai josu, pentru co pressiunile  
hydrostatice cresc cu adencime de la  $a$  spre  $b$  si, dupre teo-  
ri'a compositiunii poteriloru paralele (vedi Introductiune § 6),  
centrulu lor se afla mai aproape de poterea ceea mai mare.  
Punctulu  $p$  se numesce *centru de pressiune*.

V. Unu stratu orizontalu in interiorulu unui licidu se afla  
supusu la duoe pressiuni ecale si de directiune contraria, una  
de susu in josu care depinde de inaltimea nivelului (vedi mai  
susu III); si alta de josu in susu care provine, precum se vede  
in fig. 34, totu din pressiunile vecine de susu in josu, trans-  
misse dupre principiulu lui Pascal si de josu in susu. Espe-  
rimentalu se pote demonstra acesta (fig. 35) printr'unu cilin-  
dru de sticla  $C$  deschisu la amenduoe extremitati, astupatu in  
partea inferiora cu unu discu  $D$ , care este sustinutu de pres-  
siunea de josu in susu si nu cade, chiaru deca turnamu apa in  
cilindru, de catu numai candu nivelulu apei va ajunge sa fia  
ecalu cu acellu esterioru, adico candu pressiunea interiora de  
susu in josu va fi ecala cu aceea essercitata din afara de josu  
in susu.

VI. Pre acesta se basedia principiulu hydrostaticu numitu  
allu lui *Archimede*, adico co unu corpu cufundatu intr'unu li-  
cidu perde din greutatea lui ua parte ecala cu greutatea vo-

lumului ecalu de licidu. Ca sa intielligemu acesta, sa consideram mai anteu in mediulu unui licidu unu cilindru **ab** (fig. 36) de acellasi licidu. Pre bas'a superiora acestui cilindru a-pesa pressiunea **p**, era pre bas'a inferiora pressiunea **P**. Pressiunea **P** fiindu mai mare de catu **p**, differinti'a **P - p** va represinta ua potere care tinde a impinge in susu cilindrulu **ab**. Pre de alta parte greutatea **g** a acestui cilindru licidu **ab** represinta ua potere care tinde a lu da in josu; si fiindu-co cilindrulu **ab** sta in ecilibru, urmedia co aceste duoe poteri suntu ecale si de directiuni contrarii, adico **P - p = g**. De unde se vede co differinti'a de pressiune **P - p** care lucredia pre bas'a inferiora a cilindrulu **ab** are de messura greutatea acestui cilindru licidu. Deca consideram acum unu corpu ore-care **AB** (fig. 37) cu greutatea **G**, vomu avea era differinti'a de pressiune pre celle duoe base alle lui **P - p** care lu impinge in susu si va micusiora effectulu greutatiei lui **G**; si fiindu-co, dupre cum amu vedutu mai susu, **P - p = g**, greutatea **G** va fi scadiuta cu catimea **g**, adico cu greutatea licidulu respinsu ce represinta unu volumu ecalu cu allu corpu lu cufundatu.

Acestu principiu pote fi demonstratu si experimentalu cu ajutorulu bilancei. Numele ce se da acestei, de bilancia hydrostatica, nu este tocmai caracteristicu, pentru co bilancia cu care se face esperienti'a nu este de catu ua bilancia ordinara de ua precisiune mai mare seu mai mica. La unulu din braciele unei bilance (fig. 38) se aterna duoi cilindri, unulu **g** golu in antra si cellu altu **p** massivu si care intra essactu in cilindrulu **g**. Se ecilibredia bilancia cu greutati si apoi se cufunda cilindrulu massivu **p** intr'unu licidu, de ess. in apa. Bilancia se va inclina din partea greutatiloru, coea ce ne areta co cilindrulu **p** a perdutu din greutatea lui. Se torna a-

tunci apa în  $g$  și bilanț'a va fi era în ecilibru, cându  $g$  va fi plinu, adică cându s'a adaogatu greutatea volumului de apă ecalu cu acela alu corpului  $p$ .

Pre acestu principiu se basedia plutirea corpuriloru în licide, în apă de ess. Unu corpu mai greu de catu volumulu ecalu de apă perde numai ua parte din greutatea lui și prin urmăre se cufunda; unu corpu mai ușure de catu apă se va cufunda numai atatu, pene cându volumulu de apă respinsu (mai micu de catu alu seu propriu) va represinta ua greutate ecala cu a corpului întregu. Corpulu omului este ecalu seu prea pucinu mai greu de catu apă de mare și nu i trebuie de catu să essercite ua mica presiune, ca să se tina d'asupra apei prin reacțiunea ei. Unu corpu mortu care la începutu se cufunda în apă, ese mai tardiu la suprafecia, pentru că umflându-se de gaze ce se produceu în interiorulu lui prin putrefacțiune, respinge acum unu volumu mai mare de apă care represinta ua greutate mai mare de catu a sea propria.

*Innotatorulu lui Descartes* (fig. 39) este ua figura mica de sticlă cu o besică la capu gaurita în partea inferioră; ea se cufunda într'unu vasu plinu cu apă legatu la gura cu ua membrana. Dece apesamu cu degetu pre membrana, presiunea se transmite apei care intra în besică de sticlă comprimendu pucinu aerulu dintr'ensa și figur'a, devenindu mai grea prin intrarea apei, se cufunda. Cându amu încetatu cu presiune, aerulu din besică gonesce apă prin elasticitatea lui, figur'a se ușurează și se redică în susu.

Duoc seu mai multe licide, cari nu se amosteca între velle, puse unulu pre altu se asiedia după greutatea lor, cellu mai greu la fundu și successivu mai susu pene la cellu mai ușure;

pentru ce dupre principiulu de mai susu, ligidulu cellu mai greu redica in susu pre celle mai usiure.

#### §5. DETERMINAREA DENSITATIEI CORPURILORU

Bilanci'a si principiulu lui Archimede ne dau mediulu de a determina densitatea corpurilor. Pentru *solide* procedemu precum urmodia. Cantarimu corpulu aternatu cu unu firu de peru la unulu din braciele bilanciei; fia  $p$  greutatea lui. Apoi aducemu sub corpu unu paharelu cu apa destillata si la maximum densitatiei (la  $4^{\circ}$  C.) in care lu lasamu sa se cufunde. Corpulu va cantari atunci mai pucinu; fia  $p'$  greutatea lui actuala. Differenti'a  $p-p'$  represinta, dupre principiulu lui Archimede, greutatea unui volumu de apa ecalu cu allu corpulu si prin urmare  $\frac{p}{p-p'}$  ne va da densitatea lui.

Pentru determinarea densitatiei solideloru pote enca servi si *areometrulu* englesulu *Nicholson*. Acestu instrumentu se compune de unu cilindru **T** inchisu si голу in antru, care pote sa fia de tonekea seu de stiela (fig. 40); la partea superiara se afla unu discu **D** si ua marca fissa **m**; la partea inferiara unu cosiuletlu **C**. Corpulu, densitatea carui se cere, se pune antoiu pre discu **D**, aparatulu se cufunda intr'unu paharu cu apa si se adaoga greutati (nisipu seu granate) pene ce marc'a **m** sa vina la nivelulu apei. Apoi se ia corpulu dupre discu si se pune in cosiuletlu **C**. Aparatulu va fi acum mai usiure si va trebui sa punemu greutati pre discu, ca sa lu confundam era pene la marc'a **m**. Aceste greutati ne areta perderea de greutate a corpulu cufundatu in apa, adico greutatea unui volumu ecalu de apa; cunoscendu si greutatea corpulu onsusivomuu areta densitatea lui.

$\frac{p}{p-p'}$

Densitatea *licideloru* se pote determina cu ajutorulu unui *picnometru*, adico a unui flaconu cu dopu de sticla bine potri-vitu; lu cantarimu successivu plinu cu licidu si cu apa, sca-demu tarao'a lui, si impartimu remasitiile intre elle, ceea ce ne da densitatea licidului.

Pentru ua determinare mai espeditiva, ensa si mai pucinu precisa, a densitatiei licideloru servescu enca si *areometrele* seu *densimetrele*, inventate de *Homborg*, cari au ua *greutate constanta* si porta differite numiri dupre scar'a si destinatiunea loru, de ess. *alcoholometre*, *lactometre*, *volumenometre*, *Beau-mé*, *Tralles*, *Rousseau*, *Fahrenheit* etc. Unu areometru este formatu de unu tubu de sticla (fig. 41) avendu ua besica gola **B**, ca sa pota pluti pre apa, si ua alta **C** cu greutatea intr'ensa ca sa stea in positiune verticala, candu plutesce. Divisiunile dupre tubu areta seu immediatu densitatile, seu volumele, seu greutatele (in procente) a substantieloru de valoare aflate in li-cide, de ess. cantitatea de zaharu dintr'unu siropu, procentele de alcoolu dintr'unu spiritu allu commerciului etc.

Densitatea unui *gazu* se determina cantarindu unu ballonu mare de sticla anteiu golu, apoi plinu cu aeru uscatu si in fine plinu cu gazulu in cestiune. Densitatile gazelor se areta in raportu cu aerulu atmosfericu (sub pressiunea normala si la temperatur'a 0° C.). Densitatea aerului ensusi este  $\frac{1}{7}$  de catu aceea a apei.

Aici urmedia unu tabelu cu densitatile unora din corpurile celle mai comune.

Platina	22	Cupru	8.9	Aluminu	2.7
Auru	19.2	Feru	7.8	Potassiu	0.86
Plumbu	11.3	Cossitoru	7.3	Iodu	4.9
Argintu	10.5	Zincu	6.8	Diamantu	3.5

Grafitu	2.5	Nucu	0.62
Sulfu	2.1	Mercuriu	13.6
Antracitu	1.8	SO <sub>2</sub> conc.	1.84
Rubinu	4.3	NO <sub>2</sub> conc.	1.45
Marmora	2.8	Lapte	1.03
Granitu	2.7	Vinu	0.99
Giatiu	0.93	Alcoolu abs.	0.79
Stejaru	1.17		

} la temper. 0° C.

Aeru uscatu la 0° si 760<sup>mm</sup> dens.  $1 = \frac{1}{770}$  a apei

Azotu . . . . .	0.97
Oxygenu . . . . .	1.11
Acidu carbonicu . . . . .	1.53
Hydrogenu . . . . .	0.07
Cloru . . . . .	2.47
Oxidul de carbune . . . . .	0.96
Protocarburu de hydrogenu . . . . .	0.55
Bicarburu de hydrogenu . . . . .	0.98.

### § 6. ACTIUNI MOLECULARE LA LICIDE

Intre moleculele unui licidu si ale unui solidu in contactu cu ellu se exercita attractiuni cari iau unu caracteru specialu, candu se produc inu unu licidu si peretii vasului in care se afla, mai alesu deca vasulu este de unu diametru micu; fenomenele produse in asemenea casuri se numescu *capillare*, ereau cunoscute enca pre la 1650 de *Borelli* si *Vossius*, dera *Newton* a fostu acela care a datu adeverat'a loru explicatiune, basata pre simpl'a attractiune. Acesta fenomene constau mai cu seama in form'a concava seu convexa ce iau licidele (apa, mercuriu) la suprafeci'a loru pre langa peretii vaselor in cari se afla, seu in inaltarea loru, respective depressiune, in tuburi inguste, numite *capillare*, si alte asemenea.



Fia  $AB$  (fig. 42) peretele verticalu unui vasu in care se afla unu lcidu cu suprafeci'a libera  $CD$ . Molecul'a  $C$  din suprafeci'a lcidului de langa peretele  $AB$  este supusa la celle trei poteri urmetore :

1. Resultant'a  $Q$  a poteriloru moleculare de cohesiune a lcidului din cadrantulu  $BCD$ , formandu cu  $CD$  si  $CB$  anghiuri de  $45^\circ$ ; component'a verticala a acestei poteri in directiunea  $CB$  se adaoga gravitatiei dandu resultant'a  $B$ , era aceea orizontala  $CD = Q \cos 45^\circ$  tinde a trage molecul'a  $C$  spre  $D$ ;

2. Resultant'a  $P$  a poteriloru de attractiune essercitate intre molecul'a lcidica  $C$  si moleculele peretelui din cadrantulu  $BCE$ , facendu anghiuri de  $45^\circ$  cu  $CB$  si  $CE$ ;

3. Resultant'a  $P' = P$  din cadrantulu  $ACE$ . Componentele verticale alle acestoru duoe din urma poteri, fiindu ecale si directu oppuse intre elle, se annuledia. Componentele orizontale se adaoga si dau poterea resultanta  $CE = 2P \cos 45^\circ$  care lucreadia in directiunea oppusa poterei  $CD = Q \cos 45^\circ$ . Aceste duoe poteri:  $2P \cos 45^\circ$  si  $Q \cos 45^\circ$  se scadu un'a din ceea alta si dau ua resultanta

$$K = (2P - Q) \cos 45^\circ,$$

indreptata spre  $K$  (fig. 43) seu  $K'$  (fig. 44), dupre cum  $2P > Q$  seu  $2P < Q$ , adico dupre cum adhesiunea lcidului pentru solidu va fi mai mare seu mai mica de catu cohesiunea lcidului ensusi. Poterea  $K$  seu  $K'$  se combina cu poterea  $B$  (resultandu din actiunea gravitatiei si din component'a verticala a poterei  $Q$  fig. 42) si da ua resultanta definitiva  $S$  (fig. 43) seu  $T$  (fig. 44). Dera dupre principiulu I din § 4 generalisatu, suprafeci'a libera unui lcidu sta perpendicularu pre directiunea poterei (gravitatiei seu altei poteri) care lucreadia asupra lui; prin urmare lcidulu va lua pre langa perete form'a din fig. 43, seu pre aceea din fig. 44, normala pre resultant'a  $S$  seu  $T$ . De aici resulta in casulu fig. 43 ua *ascensiune* a lcidului pre langa peretii, era in casulu fig. 44 ua *depressiune*. Astu-teliu intre apa si sticla se produce ascensiune, intre mercuriu si sticla depressiune.

Ascensiunea lcideloru, respective depressiunea loru, este cu atata mai mare cu catu peretii suntu mai apropieti, precum se vede in tu-

huri forte anguste, numite capillare; ea sta in raportu inversu cu diametrulu acestoru tuburi.

Duoe licide puse in contactu intre elle se amesteca in virtutea attractiunei moleculeloru loru si acesta se numesce *diffusiuue*; dera elle se amesteca si fara ca sa fia in contactu immediatu, fiindu despartite printr'unu corpu poros, de ess. printr'ua membrana. Acestu din urma fenomenu s'a numitu *endosmosa*, seu mai bine *diosmosa*, si se pote observa de ess. printr'ua dispositiune, numita *endosmometru* lui *Dutrochet*. Unu flaconu micu F (fig. 45) fara fundu, legatu in partea inferioara cu ua membrana si terminatu cu unu tubu angustu in partea superioara, cuprinde unu licidu, alcoolu de ess.; acestu flaconu se pune intr'unu vasu mai mare V cu apa si preste catu-va timpu apa trece in antrulu flaconului si alcoolu ese din flaconu. Acestu scambu se face prin porii capillari ai membranei printr'unu effectu de attractiune moleculara. Trebuie sa observamu ce aparatulu lui *Dutrochet* nu pote servi pentru a messora essactu cantitatile licideloru asupra carora s'a produsu diosmos'a.

## § 7. MISCAREA LICIDELORU

I. Iutiel'a cu care ese unu licidu dintr'ua gaura facuta la peretelu unui vasu este proportionala cu radicin'a patrata din adencimea gaurei sub nivelulu superioru allu licidului. Acestu principiu a fostu enunciatu de *Toricelli* si se pote demonstra experimentalu printr'unu vasu de form'a fig. 46, seu alte analoge intre carii si acell'a numitu allu lui *Venturi*.

II. Form'a venei licide ce curge printr'unu orificiu din peretelu verticalu unui vasu (fig. 46) este ua parabola cu atatu mai intinsa, cu catu gaur'a de scurgere se afla mai adencu sub nivelulu licidului.

III. Ua vena licida presinta fenomenulu *contractiunei*, adico se strange la ua distantia de la gaura, apoi presinta *pulsatiuni* (fig. 46). Aceste fenomene, observate de *Newton*, se

explica prin impregiurarea ce portiunea ligidului care ese din orificiu primesco nu numai pressiunea sträteloru de preste ea, dera enca si pressiuni laterale in directiuni oppuse din partea ligidului ce se rapede din laturi, ca sa ample golulu ce lasa ligidulu esindu din gaura.

IV. Canale adaptate la gauri modifica curgerea ligidului in genere. Ua canà in form'a venei contractate nu scamba de locu scurgerea; ua canà conica, deschisa in afara, udata de ligidu face sa cresca cantitatea de ligidu ce curge, ensa i micusiore-dia iutiel'a de curgere. (fig. 47.)

V. Ligidulu curgendu in tievi lungi perde din iutiela prin frecare; asemenea si pressiunea este impucinata, precum se vede in fig. 48.

VI. Unu ligidu care curge printr'ua ganra intorsa in susu (fig. 46) tinde a se inaltia la acellasi nivelu cu ligidulu din rezervoriu, ensa diu caus'a resistentiei aerului remane totu d'auna ceva mai josu. Putiurile, astu-feliu numite *artesiane*, ne dau esemple de cisnituri naturale de apa care venindu de la inaltimi mari curge intr'unu stratu permeabilu (de ess. de nisipu) d'asupra unui stratu nepermeabilu (de argilu).

VII. Ligidulu dintr'unu vasu essercita la duoe punturi diametralu oppuse a unei drepte orizontale pressiuni ecale si oppuse cari se annuledia. Candu ensa deschidemu ua gaura la unolu din aceste duoe punturi, ligidulu curgendu, un'a din acelle duoe pressiuni dispare, remanendu ceea alta care produce fenomenulu *reactiunei* ligideloru care pune vasulu intregu in miscare in sensulu oppusu la acell'a a curgeri ligideloru (fig. 49). Asemenea dispositiuni se numescu rote a lui *Segner* seu de *reactiune* seu *turbine* si facu acellasi serviciu ca si morile ordinare.

## § 8 PROPRIETATI PRINCIPALE ALLE GAZELORU

Gazele suntu nisce corpuri cari nu au cohesiune, nici volumu si forma propria a loru. Elle suntu din contra caracterisate printr'na mobilitate mare a moleculeloru loru si prin *expansibilitate*, adico tendinti'a moleculeloru loru de a se departa intre elle si prin urmare de a ocupa unu spatiu totu d'auna mai mare. Acesta se pote demonstra inchidendu pucinu gazu, de ess. aeru, intr'na besica B (fig. 50) pusa pe tallerulu T a machinei pneumatice (vedi mai la vale § 11) sub unu clopotu de sticla C; scotiendu aerulu din clopotu C cu ajutorulu acestei machine, gazulu din besica se intinde si acesta se umfla.

Gazele posseda enca ua *compressibilitate* mare; elle suntu corporile celle mai compressibile. Elle au enca si *elasticitate* seu *potere elastica*, *tensiune*, adico essercita ua pressiune pre peretii vaseloru in cari se afla; de aceea se numescu si fluide elastice. Acesta se pote vedea comprimendu aerulu de ess. jutr'unu cilindru solidu (fig. 51) cu unu pistonu; indata cum inctamu, aerulu comprimatu se destinde si redica pistonulu.

Gazele suntu si elle corpuri grele. Acesta se pote proba cantarindu unu ballonu mare, de sticla de ess., cu unu siurupu la gura, ca sa se pota inchide si deschide dupre voia, plinu cu unu gazu seu cu aeru; apoi scotiendu aerulu cu ajutorulu machinei pneumatice, ballonulu va cantari mai pucinu si differenti'a va areta greutatea gazului care a fostu in balonu.

Gazele si aerulu fiindu grele, urmedia co corporile cufundate intr'ense perdu din greutatea loru, conformu principiu-lui lui Archimede relativu la licide. Acesta se pote vedea cu ajutorulu *baroscopului* fig. 52, tab. IV) care este unu feliu

de bilancia ecilibrata cu duos globuri de metallu, unulu micu si massivu, era cellu-altu mare si golu in antru. Asiediendu instrumentulu sub clopotulu unei machine pneumatice si scotiendu aerulu, bilanci'a va aterna in partea globului cellui mare, ceea ce areta ce acesta perdea in aeru mai multu de catu acellu micu, potrivitu cu volumulu cellu mare allu lui.

Corpurile solide au proprietatea de a condensa pre suprafecia loru cantitati mai mari seu mai mici de diferite gaze. Cantitatea gazului condensatu va fi cu atata mai mare, cu catu corpulu este mai poros, adico cu catu ellu presinta ua suprafecia mai mare. Astu-feliu prafulu de carbuni (de la erbarii) condensa oxigenulu din aeru si se pote aprinde atunci mai lesne, ceea ce cate ua data a causatu si incendiuri.

Licidele absorba asemenea gazele si cantitatea gazului absorbitu cresce cu pressiunea esteriora, essercitata pre suprafeci'a ligidului. Astu-feliu avemu ape gazoze, vinuri mussose, ape amoniacale etc., preparate prin saturatiunea ligidului cu diferite gaze.

Dera si gazele se amesteca totu d'auna intre elle si dau fenomenulu *diffusiunei*, care constitue un'a din principalele proprietati alle gazelor.

#### § 9. AERULU ATMOSFERICU

Dintre tote gazele aerulu atmofericu este cellu mai importantu, atatu prin cantitatea lui, catu si prin diferite actiuni alle lui. Acesta este greu si essercita ua pressiune mare, precum au aretat-o *Otto de Guericke* si *Galileo*. Deca intindemu ua besica pre unu cilindru deschisu la amenduoae base si asiediatu pre disculu machinei pneumatice, scotiendu aerulu de

sub besica, acesta se lasa in jos sub presiunea aerului, pene candu chiaru se rupe (fig. 53).

Deca potrivimu duos emisfere (fig. 54), numite *de Magdeburg*, unde au fostu inventate de Otto de Guericke, si estragemu dintr'ensele aerulu, apoi nu mai vomu putea sa le despartimu de catu intrebuintiandu ua potere mare, ca sa invingemu presiunea atmosferei care le tine strense de afara.

Sa punemu ceva mercuriu pre unu discu de lemnu seu de pele aa (fig. 55) bine potrivitu intr'unu cilindru de sticla; mercuriulu nu va trece in josu. Deca ensa scotemu aerulu de sub disculu aa, atunci mercuriulu, silitu de presiunea atmosferica, va trece prin porii lemnului seu ai pelei in forma de ploia subtire.

Inaltiarea licideloru in tuburi gole si inchise in partea loru superiora ne da enca ua proba pentru presiunea atmosferei. In adeveru presiunea colonei licide din tubu (fig. 56) cere spre ecilibrarea ei ua presiune esteriora cellu pucinu ecala cu densa.

Aerulu atmosfericu este o amestecatura de duos gaze, de oxigenu descoperitu de englesulu *Priestley* si de azotu, descoperitu de scotianulu *Rutherford*. *Lavoisier* cellu d'anteiu si apoi *Humboldt* si *Gay-Lussac*, *Brunner* din Elvelia, *Dumas* si *Boussingault*, *Biot*, *Arago*, *Régnauld* si alti au facutu analis'a si au determinatu elementele atmosferei, densitatea ei etc. Dupre aceste studii, atmosfer'a cuprinde in volumu 20,9 parti oxigenu si 79,1 azotu, era in greutate 23,1 oxigenu si 76,9 azotu. Deosebitu de acestea, atmosfer'a mai cuprinde enca si 0,0004 pene la 0,0006 acidu carbonicu, cantitati variabile de vapori de apa pe la 0.008 si in fine cantitati forte mici si variandu cu localitate de ammoniacu, iodu,

cate ua data azotatu de ammoniacu, differite hydrocarbure organice, formandu miasmele, si alte.

Atmosfer'a fiindu unu fluidu versatu pre suprafeci'a pamentului, forn'a ei este analoga cu a pamentului, adico ellipsoidala.

Determinarea inaltimei atmosferei a preocupatu multu pre fisici si pre astronomi; din lipsa ensa de date positive pentru solutiunea acesteia probleme, rezultatele aflate differa multu intre elle. Resultatulu cellu mai probabilu si basatu pre datele celle mai positive este acell'a aflu de *G. G. Schmidt* de la Giesen, dupre care inaltimea atmosferei ar fi de vre ua 210 kilometre; obicinuitu ensa se ia ca inaltimea ei cifra de 75 km. pentru co stratele superioare din caus'a marei loru raritati nu mai potu essercita vre ua influentia simtitore nici prin greutatea loru si enca mai pucinu asupra fenomenelor lumineuse alle atmosferei.

#### § 10. BAROMETRULU

Italiannulu *Toricelli* a attribuitu cellu d'anteiu inaltiarea licideloru in tuburi gole pressiunei essercitate de catre atmosfera pre suprafeci'a libera a loru; si candu, la extractiunea apei de la unu putiu prin canalulu unei pompe, ap'a a refusatu de a se inaltia mai susu de vre ua 10 metre, *Toricelli* a recunoscutu co inaltiarea apei si a licideloru in genere in tuburi gole nu numai co da ua proba pentru pressiunea atmosferei, dera enca pote servi si pentru a messora marimea acesteia pressiuni si astu-feliu a inventatu *barometrulu*.

Barometrele se facu in differite forme; dintre celle mai simple suntu acelle represintate in fig. 57, numite alle lui *Toricelli*. Elle se compunu de unu rezervoriu *A* si ua tieva de

sticla **B**, inchisa in partea superioara, amenduoae pline cu mercuriu. Differenti'a intre celle duoe niveluri **A** si **B**, seu colon'a mercuriala **AB**, messora pressiunea atmosferei. Mercuriulu trebuie sa fia cellu mai curatu possibilu, coci altu-feliu densitatea lui variedia si mercuriulu adhera mai multu seu mai pucinu la peretii tubului. Asemenea spatiulu **B** d'asupra colonei de mercuriu trebuie sa fia absoluta golu, coci presenti'a cellei mai mici cantitati de aeru ar apesa colon'a **B** in josu si aretarile aru fi neessacte. Acestu spatiu golu se numesce *camera barometrica* seu *golu lui Toricelli*.

Barometrulu numitu allu lui *Fortin* este totu unu barometru Toricelli in care ensa mercuriulu din rezervoriu se pote aduce totu d'anna la acellasi nivelu aretatu printr'unu verfu de fildesiu (fig. 58). Rezervoriulu de sticla are fundulu de pele **p** ce se pote redica seu lasa in josu printr'unu siurupu **s**.

Barometrulu lui *Gay-Lussac* seu cu *sifonu* (fig. 59) este formatu de unu tubu de sticla induoitu in partea inferioara in forma de sifonu si avendu aici ua gaura capillara **s** prin care se pote transmite pressiunea atmosferica, fara ca sa pota esi mercuriulu afara la diferite miscari cu barometru.

*Bunten* a adusu ua perfectionare de ceea mai mare importantia la barometrulu *Gay-Lussac*, terminandu tubulu cellu lungu cu unu verfu capillaru **v** (fig. 60). Acesta are de scopu sa opresca aerulu de a intra in camera barometrica la diferite miscari si inclinari ce potemu face cu barometru.

Barometrele de observatiune se transporta si se conserva obicinuitu in positiune inversa, ca sa nu se bata mercuriulu in sticla si ca sa nu intre aeru in camera barometrica. Candu voimu sa observamu, le punemu in positiune drepta, aternandule verticalu intr'unu modu ore-care. Barometrulu se cu-



nosce deca este golu de aeru, dupre sunetulu ce da mercuriulu levindu stiel'a, candu inclinamu pucinu tabulu.

Barometrulu cu *cadranu* seu de salonu (fig. 61) este totu unu barometru Gay-Lussac in care variatiunile nivelului mercurialu suntu transmise unui acu ce se misca inantea unui cadranu. Aculu este fissatu la centrulu unui scripete pro care este infasiorata ua atia cu duoe greutati, una de sticla  $p$  plutindu in mercuriu, ceea alta  $p'$ , mai mica de catu  $p$ , servindu ca sa tina atia totu d'auna intinsa.

Barometrele *metallice* seu *aneroide* seu *holosterice* etc., unelo numite si *Bourdon*, suntu barometre in cari mercuriulu se afla inlocuitu prin lame elastice de metallu. Unulu din elle (fig. 62) este formatu de unu tubu metallicu de sectiune circulara in form'a unui inelul  $A$ , golu in antru, care lucreadia cu extremitatile selle prin articulatiuni asupra parghiei  $pp$  legate invariabilu cu sectorulu dintiatu  $s$ , care pote misca ua rota asemenea dintiata  $r$  ce porta unu acu  $a$  mobilu inantea unui cadranu. Pressiunea atmosferica crescendu strengu innelulu metallicu si acesta miscare se transmite acului  $a$ ; candu pressiunea atmosferica scade, innelulu se redeschide prin elasticitatea lui si transmite acului miscarea inversa.

Divisiunile la ori ce barometru se areta in *linii* seu in *millimetre*. Barometrele cu cadranu si acelle metallice se gradedia dupre unu barometru cu mercuriu cu indicatiuni directe.

Areterile barometrului au trebuintia de duoe corectiuni *un'a* relativa la dilatiunea prin caldura, *a duoa* relativa la actiunea capilaritatiei.

1) Column'a de mercuriu a barometrului se dilata la caldura, se contracta la frigu, si prin urmare trebuie micusiorata, respective marita, cu aa catime care se pote calcula dupre formulele ce vomu

da la teori'a caldurei. *Winkler* a calculatu tabelle dupre acelle formule din cari s'au estrassu rezultatele inscrise mai la vale. Acestea suntu exprimate in parti de millimetru si se scadu la temperature superioare de  $0^{\circ}$ , era se adaoga la temperature inferioare de  $0^{\circ}$ . Fiindu-co ensa totu de ua data se dilata seu se contracta si scar'a, care este obicinuitu de alama, trebue ca correctiunea din tabella sa fia mai anteu modificata, adico micusiorata aprope cu a  $\frac{1}{10}$  parte, caci dilatatiunea mercuriului fiindu  $\frac{1}{3350}$ , aceea a alamei este  $\frac{1}{32118}$ . Astu-feliu barometrulu aretandu  $760^{\text{mm}}$  si temperatur'a fiindu de  $15^{\circ}$  C, gasimu in tabella cifr'a  $2^{\text{mm}}05$ ; acesta se micusioradia cu  $\frac{1}{10}$  parte adico  $2,05 - 0,20 = 1,85$  si inaltimea barometrului va fi  $= 760 - 1,85 = 758,15$ . Temperatur'a fiindu de  $-15^{\circ}$  amu avea pentru inaltimea adeverata a barometrului  $760 + 1,85 = 761,85$ .

mm	$1^{\circ}$	$5^{\circ}$	$10^{\circ}$	$15^{\circ}$	$20^{\circ}$	$25^{\circ}$	$30^{\circ}$ C.
700	0.13	0.63	1.26	1.89	2.52	3.15	3.78
720	0.13	0.65	1.30	1.95	2.60	3.24	3.88
740	0.13	0.68	1.33	2.00	2.67	3.30	4.00
760	0.14	0.69	1.38	2.05	2.74	3.37	4.11
780	0.14	0.70	1.40	2.11	2.81	3.51	4.22

Correctiunea relativa la capillaritate este mai greu de determinatu din cauza ce depressiunea capilara depinde de diametrulu tubului barometricu, de meniscu, de curatieni'a mercuriului, de temperatura si de alte. Aici damu cate-va rezultate relative la unu barometru cu meniscu de  $1^{\text{mm}}$  :

DIAMETRULU TUBULUI	DEPRESSIUNEA IN MILLIM.
2 <sup>mm</sup>	2.34
3	1.97
4	0.87
5	0.39

aceste catimi se adaoga  
la inaltimea observata.

Barometrulu ne da mediulu de a calcula greutatea si presiunea ce essercita atmosfer'a pre ua suprafeci'a data. Astu-

feliu deca consideramu ua columna de mercuriu cu sectiune de  $1\text{cm}$  patratu, inaltimea fiindu de  $76\text{cm}$ , volumulu va fi de  $1 \times 76$  seu  $76\text{cm}$  cubice; acesta cifra immultita cu densitatea mercuriului =  $13,6$  ne va da greutatea si prin urmare presiunea unei colonne de atmosfera pre ua suprafecia de  $1\text{cm}$  patratu, exprimata in kilograme si =  $76 \times 13,6$  seu =  $1\text{kg}.034$ ; de aici urmedia co presiunea atmosferei pre unu metru patratu este de  $10000 \times 1.034$  seu =  $10340$  kilograme.

Presiunea atmosferica, prin urmare si inaltimea barometrica, nu remane constanta la unu si acellasi locu, ci este supusa la variatiuni continue, parte periodice, parte accidentale. Astu-feliu in cursulu unei dille barometrulu presinta duce maxima, diminetia pre la 9 ore si sera totu la aceeaasi ora, si duce minima, pre la 4 ore dupre amedi si la 4 ore diminetia. Observandu barometrulu pre fia-care ora, si facendu medi'a, vomu avea medi'a dillei care se cufunda cu inaltimea barometrica pre la 12-1 ora din di. Ca *inaltime normala* a barometrului se socotesce aceea observata la suprafaci'a marei intr'unu timpn seninu si la temperatur'a  $0^{\circ}\text{C}$ . Acesta inaltime normala la ecatoru este =  $760.\text{mm}_2$ , variedia ensa cu latitudinea geografica, astu-feliu incatn in Bucuresci la nivelulu marei ar fi =  $762.\text{s}$ .

Variatiunile accidentale alle barometrului nu suntu supuse la legi fisse, seu cellu pucinu aceste legi nu ne suntu onca cunoscutu; elle ne areta numai turburari in ecilibrulu atmosferei de la cari potu resulta ploi, ventu, furtuna etc; elle nu potu predice scambarile timpului de cata intr'unu modu empiricu si numai atunci cu ore care certitudine, caudu consultamu totu de ua data si alte fenomene meteorologice, precum temperatur'a, starea hygrometrica etc. In genere ua scadere rapede a barometrului areta co s'a intamplat u turburare vio-

linte in atmosfera, de la care ar putea resulta ua ploia rapede, unu ventu tare etc. ; ua scadere continua in cursu de cate-va dille predice cu ore care siguritate sosirea unei ploii linistite si mai lungi ; la ua redicare continua a barometrului ne potemu accepta la indreptarea timpului ; era candu barometrulu remane stationaru , acesta nu este totu d'auna semnu de bunetatea timpului. In genere conclusiunile nostre din aretarile barometrului nu au valoare , decatu numai candu lu observamu continuu si in scambarile selle, era nu cate ua data si candu remane stationaru.

Inaltimea barometrului scade cu catu ne redicamu mai susu d'asupra suprafecii pamentului. Cu catu ne redicamu mai susu, cu atatu lasamu sub noi strate de atmosfera mai dense si prin urmare mai grele cari nu mai apesa pe barometru. Ua columna de atmosfera de la ua inaltime ore-care in susu, la care lipsescu partile inferioare celle grele si dense , nu pote redica column'a de mercuriu din barometru la aceeasi inaltime ca la suprafeci'a pamentului. Astu-feliu pre unu munte, intr'unu aerostatu , barometrulu areta mai pucinu decatu 760<sup>mm</sup>, pote 700, 650, 600<sup>mm</sup> etc., dupre cum inaltimea d'asupra nivelului mariloru va fi mai mica seu mai mare.

Scaderea barometrului d'asupra pamentului ne da mediulu de a messora inaltimi de munti, de aerostate etc., fara altu instrumentu de catu barometrulu. Mai multi fisici au stabilitu formule pentru a calcula aceste inaltimi ; ceea mai simpla este aceea a astronomului englesu *Halley*. Sa consideramu duoe statiuni B si b (fig. 63) intre cari voimu sa aflamu differentia de nivelu  $Bb = I$ . Fia inaltimile barometrice observate, simultaneu la aceste duoe statiuni respectivu B si b. Sa ne inchipuimu atmosfer'a de la B pene la b inpartita in n strate de aceeasi grosime g, astu-feliu in catu  $n \times g = I$ . Sa insem-

namu cu  $B_1, B_2, B_3, \dots, B_{n-2}, B_{n-1}$  inaltimile barometrice la aceste diferite strate, cu  $d, d_1$ , densitatile acestoru din urma. Greutatea unei colone de aeru din stratulu cu sectiunea = 1 cm. patratu va fi =  $dg$ ; dera totu aceeași greutate o potemu areta si prin differentia  $B - B_1$  a presiunilor atmosferice la cele duoe fecie alle stratului 1; prin urmare

$$B - B_1 = dg, \text{ seu } B = B_1 + dg.$$

Dera dupre legea lui *Boyle-Mariotte* (vedi § 11) densitatea unui gasu este proportiouala cu presiunea sub care se afla, adico insemnandu cu  $c$  ua constanta, va fi  $d = cB_1$ , si prin urmare

$$B = B_1 + cgB_1, \text{ seu } B = B_1(1 + cg).$$

Applicandu acesta formula la cele alte strate : 2, 3, ...,  $n-1$  si  $n$  si observandu co  $c$  si  $g$  suntu constante pentru tote stratele, vomu avea :

$$B = B_1(1 + cg)$$

$$B_1 = B_2(1 + cg)$$

$$B_2 = B_3(1 + cg)$$

$$\vdots$$

$$B_{n-2} = B_{n-1}(1 + cg)$$

$$B_{n-1} = b(1 + cg)$$

Immultipandu tote aceste egalitati intre elle vine :

$$B = b(1 + cg)^n.$$

Luandu logaritmi la ambii membri :

$$\log. \frac{B}{b} = n \log. (1 + cg).$$

Desvoltandu membrulu allu duoilea in seria dupre formul'a cunos-

cuta  $\log. (1 + x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \frac{x^5}{5} - \dots$  vine :

$$\log. \frac{B}{b} = n \left( cg - \frac{c^2g^2}{2} + \frac{c^3g^3}{3} - \dots \right)$$

$$= ncg \left( 1 - \frac{cg}{2} + \frac{c^2g^2}{3} - \dots \right)$$

$$= cl \left( 1 - \frac{cg}{2} + \frac{c^2g^2}{3} - \dots \right)$$

Cu catu numerulu strateloru n este mai mare cu atata grosimea loru g devine mai mica si la limita tinde a deveni = 0. Atunci ecalitatea din urma se reduce la

$$\log. \frac{B}{b} = cI \quad \text{seu} \quad I = \frac{1}{c} (\lg B - \lg b).$$

care este formul'a lui Halley.

Applicaandu acesta metoda la inaltimi cunoscuta **J**, vomu putea determina factorulu constantu  $\frac{1}{c}$ ; acesta este = 18394, variedia ensa pucinu cu latitudinea geografica si cu temperatura.

### § 11. COMPRESIUNEA SI DILATATIUNEA GAZELORU.

Proprietatea cea mai importanta a gazeloru este dilatabilitatea si compressibilitatea, prin urmare presiunea seu tensiunea loru. Unu gazu se pote dilata catu de multu; compressibilitatea ensa este limitata prin impregiurarea, co celle mai multe gaze comprimate mai multu seu mai pucinu devinu licide. Gaze *permanente* suntu forte pucine de ess. oxigenulu, hidrogenulu, azotulu si enca vre na duoe gaze compuse.

Presiunea seu tensiunea unui gazu sta cu volumulu seu intr'na legatura care porta obicinuitu numele de *legea lui Mariotte*, de si ea a fostu descoperita multu mai inainte (la 1662) de englesulu *Boyle*. Acesta lege se pote enuncia astu-feliu : *volumulu unui gazu sta in raportu inversu cu presiunea seu tensiunea lui.*

Acesta lege se pote demonstra experimentalu prin aparatele din fig. 64 si 65. In fig. 64 unu tubu lungu de sticla AC comunica cu unu allu duoilea scurtu ac ce se pote inchide in partea superioara cu unu siurupu c; se torna prin palnia D ceva mercuriu, astu-feliu ca nivelulu sa fia acellasi **Aa** in amenduoe tievile; atunci avemu in ac unu volumu de

aeru inchisu sub presiunea unei atmosfere ce apesa la **A**. Apoi mai turnamu mercuriu, pene candu nivelulu sa se urce la **b** de ess., pene candu volumulu de gazu sa se reduca la mediatate; atunci nivelulu in tiev'a din stanga va sta la **C** de ess., astu-feliu ca colon'a mercuriala **BC** sa represinte ua inaltime barometrica. De unde se vede, co volumulu fiindu redus la mediatate, presiunea s'a induoitu. Astu-feliu potemu merge inante, reducendu volumulu la a treea, a patra parte si colon'a de mercuriu, socotindu si presiunea atmosferica, va cresce in acellasi raportu.

Dispositiunea fig. 65 ne da mediulu de a constata acesta lege si candu presiunea va fi mai mica decatu ua atmosfera. Se pune mercuriu pene la **Aa**, se inchide siurupulu **d** si prin urmare unu volumu de aeru **da** sub presiunea unei atmosfere ce apesa la **A**. Apoi deschidemu canao'a **E** si lasamu sa curga mercuriu, pene sa scadia nivelulu la **b** de ess.; atunci nivelulu in tubulu deschisu va scadea mai multu, pene la **C**, astu-feliu ca colon'a **bc** sa fia de  $\frac{1}{2}$  atmosfera, ceea ce areta co presiunea aerului din spatiulu induoitu **db** s'a redus la mediatate.

*Dulong* si *Arago* au constatatua acesta lege la presiuni inalte, pene la 27 atmosfere, servinduse de ua dispositiune despre care ne da ua idee fig. 66. La **A** este ua caldare solida continendu mercuriu si d'asupra untu de lemnu pre care comprimemu cu ajutorulu unui siurupu tare cu pistonu. La dreapta, mercuriulu este gonitu intr'unu tubu solidu de stiela **B**, inchisu susu, unde comprimua aerulu si i reduce volumu la  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  etc. La **C**, mercuriulu se urca liberu in tuburi deschise de stiela **c**, potrivite unulu pre cellu altu, cu atata mai multu, cu catu comprimemu mai tare la **A**; astu-feliu avemua mes-

sura pentru presiunea sub care se afla inchis aerul in B.

*Régnault* a constatat in anii din urma ca legea lui *Mariotte* prezinta mici deviatii la presiuni foarte inalte; aceste deviatii ensa nu sunt de nici ua importantia in practica, ca fiindu neperceptibile pentru presiuni de unu numeru micu de atmosfere.

*Oersted* si *Schwendsen* la 1826 si mai tardiu *Despretz* si *Pouillet* au aretat ca diferitele gaze au si diferite compressibilitati. Caus'a este impregiurarea ca gazele la ua presiune mai mare seu mai mica devinu licide. Cu catu ensa unu gazu se transforma mai greu in licidu si cu catu este mai departe de condensatiunea ceruta pentru acesta, cu atatu compressibilitatea lui se apropie mai multu de legea lui *Mariotte*.

Gradulu de condensatiune seu de raritate a unui gazu, respective puterea lui elastica, se constata cu ajutorulu instrumeteloru numite *manometre*. Manometrulu cu *aeru liberu* se compune de unu tubu lungu de sticla **T** (fig. 67) fissatu la unu rezervoriu **R** cu mercuriu. Unu canalu **C** pune manometrulu in comunicatiune cu spatiulu unde se afla gazulu seu vaporele alle carora tensiune voim sa cunosemu. Acestea apesandu pre mercuriu lu redica la inaltimea de una, duoe etc. colone barometrice, la cari trebuie sa adaogamu enca presiunea atmosferica.

Manometrulu cu *aeru comprimat* (fig. 68) se compune de unu tubu de sticla, scurtu si forte solidu, resturnatu intr'unu paharelu **P** cu mercuriu inchisu intr'unu cilindru de alama **C** care comunica cu spatiulu unde se afla gazulu seu vaporele. Sub presiunea acestoru din urma, mercuriulu se inaltia in tubulu si comprima aerulu intr'ensu, reducendui volumu dupre



legea lui Mariotte la  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  din volumu primitiv, ceea ce ne areta na presiune de 2, 3, 4 atmosfere.

Manometrulu *metallicu* (fig. 69), cellu mai practic cu decatu tote, este formatu de ua cutia in care se afla unu tubu solidu de alama, incovrigatu, inchisu la unu capu si comunicandu in partea cea alta cu spatiulu gazosu. Acestu tubu este liberu in partea inchisa si pote misca unu acu mobilu. Candu unu gazu cu ua presiune inalta intra in tubu, lu deschide si aculu se misca intr'unu sensu, la stanga de ess. Candu presiunea interiora a incepatu, tubulu in virtutea elasticitatii revine la forma primitiva si aculu se intorce indereta. Divisiunile se facu in paralelu cu unulu din manometrele precedente.

Studiulu differiteloru proprietati ale gazeloru, dilatatiunea si compressiunea lor, se facu cu aparate descoperite de germanulu *Otto de Guericke* din Magdeburg pe la 1650, numite la inceputu *pompe germane*, apoi pompe seu *machine pneumatice*. Aceste se facu astadi in diferite forme si dupre diferite sisteme. Pomp'a mica de mana se compune de unu cilindru de alama **C** (fig. 70). In partea inferora a lui se afla unu canalu inchisu printr'unu *ventilu* simplu **V**, formatu de ua membrana care se redica pueinu si da drumu aerului, ca sa merga in susu. In cilindru se misca unu pistonu **P**, avendu asemenea unu canalu inchisu printr'unu *ventilu* **U** totu de membrana. Candu tragemu pistonulu in susu, se face golu sub densu, ventilulu **U** sta inchisu sub presiunea atmosferei, ventilulu **V** se deschide pueinu si aerulu din afara se repede sub pistonu; candu apoi damu pistonulu in josu, ventilulu **V** sta inchisu, **U** se deschide si aerulu de sub densu pote esi afara.

Pompele seu machinele pneumatice collo mari se compun obicinuitu din duoi cilindri mari de sticla seu de metallu

(fig. 71 si 72), asiodiati pre ua tabla de metallu *T* si fissati prin duoi stalpi *S, S'* si ua tabla ce se afla d'asupra loru. Interiorulu cilindrilor de sticla comunica prin duos gauri *g g'* si canalulu *r* cu colon'a gaurita *p* ce porta unu talleru cu facia de sticla *t*, pre care se punu vasele destinate a fi golite de aeru. In interiorulu cilindrilor de sticla se afla duos pistone seu dopuri *P, P'* puse in miscare prin codele loru dintiato, prin rot'a dintiata *R* si manivel'a *dd*. Pistonele (fig. 73, tab. VI) suntu formate dintr'unu cilindru gauritu de metallu incongiuratu de discuri de pele strense intre duos cercuri de metallu. Gaur'a pistonului este inchisa prin ventile metallice *v*, imbracate cu pele si indesate prin spirale elastice cari nu permittu ventileloru de a se deschide decatu numai in susu, candu priimescu de josu ua pressiune. Vergele de metallu *V, V'* (fig. 71, 72, 73; tabula *V* si *VI*) aluneca in sila mare in gauri facute in discurile de pele alle pistoneloru, au ua miscare marginita prin pedecole *I, I'* si astupa prin dopuri conice de pele alternative gaurile *g, g'*. Unu siurupu gauritu *u* servesco ca sa stabileasca seu sa intrerupa dupre voia comunicatiunile.

Dupre acesta discripline a aparatului este lesne sa intilegemu modulu in care functiunedia machin'a. Candu pistonulu *P* merge in susu, verg'a *V* se redica pucinu si lasa gaur'a *g* deschisa; ventilulu din *P* remane inchisu si ua portiune de aeru din recipientulu pusu pre talleru *t* se rapede in spatiulu golu de sub pistonulu *P*. La miscarea contraria care se succede dupre ceea d'anteiu, pistonulu *P'* merge in susu si ua a duoa portiune de aeru se rapede sub acesta; pistonulu *P* merge acum in josu, gaura *g* se astupa si portiunea anteia de aeru comprimata sub pistonulu *P*, casciga ua tensiune destulu de mare ca sa redice ventilulu dintr'ensu si sa iasa afara. Totu

astu-feliu se procede si cu pistonulu  $P'$ , apoi cu  $P$  si asia in-  
ante.

Golirea aerului dintr'unu recipientu nu se pote face nici ua  
data completu din caus'a co aerulu nu ese dintr'ensu nici ua  
data de totu, ci se imparte in recipientu si in cilindru pom-  
pei si astu-feliu remane totu d'auna unu restu nescosu. Apoi  
dupre unu gradu ore-care de rarefactiune care depinde de per-  
fectiunea machinei, diferitele incheeturi alle machinei nu potu  
resiste la pressiunea esteriora a atmosferei si celle din urma  
portiuni de aeru scose prin miscarea pistoneloru suntu puse  
la locu prin pressiunea atmosferei. In fine pistonele nu se potu  
applica essactu pre basele loru si remane sub densele unu spa-  
tiu cu aeru numitu *vatematoru*, pre candu pre de alta parte  
aerulu de sub pistone, ajunsu la unu gradu mare de rarefacti-  
une, nu mai pote deschide ventilulu  $V$  ca sa iasa afara.

Acestu din urma reu a fostu inlaturatu pene la unu gradu  
prin diferite dispositiuni, intre alte prin dispositiunea parti-  
culara data siurupului  $U$  de catre francesulu *Babinet*. Acesta  
dispositiune se vede in fig. 74 si 75. Siurupulu are unu ca-  
nalu longitudinalu  $l$  si unulu transversalu  $s$  care in functiunea  
normala a machinei are positiunea din fig. 74 comunicandu  
cu gaurile  $g g'$ . Dera acestu siurupu mai are enca duoe cana-  
luri  $t$  si  $m$  perpendiculare pre  $s$  si din cari  $m$  ajunge numai  
pene la axu si la canalu  $l$ , era  $t$  nu comunica de locu cu  $l$ .  
Intorcendu siurupulu cu  $90^\circ$ , precum se vede in fig. 75, re-  
mane gaura  $g$  si prin urmare numai unulu din cilindrii ma-  
chinei in comunicatiune cu recipientu. Acestu cilindru mai  
are la fundulu seu enca ua gaura  $e$  care prin canalulu  $t$  se afla  
acum pusu in comunicatiune cu gaur'a  $g'$  din cellu-altu ci-  
lindru. In acesta positiune a siurupului (fig. 75) se continua

cu lucrarea pistonelor ca și mai înainte, însă acum aerul este scos numai prin gaura *g* și împinsu prin *e* în cellu alu cilindru. Astu-feliu aerul se cumuledia în acestu din urma și ajunge la unu gradu de tensiune, în catu să deschidia ventilulu și să iasă.

Pentru a cunosce gradulu de rarefacțiune alu aerului în machina și în recipientu se anuexedia la machine dispozițiuni particulare, feluri de manometre, sau barometre scurtate, numite și *probe barometrice*. În fig. 71 se vede una din aceste dispozițiuni la *r*. Unu tubu de sticlă induoită, închisă la ua extremitate, cuprinde mercuriu care sta redicatu sub presiunea atmosferică și se afla pus sub unu clopotu de sticlă în comunicatiune cu canalulu care duce la recipientu. Cându se face golu, presiunea pre mercuriu micșioranduse, acesta cade în braciulu închis și colonele de mercuriu tindu a deveni ecale în amenduoë braciile cu atatu mai multu cu catu înaintedia gradulu de rarefacțiune.

Miscarea manivelei *dd* (fig. 72) fiindu ostenitoare, se facu astadi machine pneumatice cu *miscare de rotațiune*. Machin'a este aceeași, numai manivel'a *dd* este înlocuită printr'ua sistema de rote dintiate, astu-feliu încatu printr'ua miscare continuă de rotațiune se produce miscarea alternativă proprie a rotei *R*.

S'au construitu machine cu *induoitu effectu*, adică cu unu singuru cilindru de sticlă care scote aerulu prin amenduoë base alle lui și aduce effectulu a duoi cilindri.

Se facu în annii din urma machine în cari pistonulu se misca în cilindru fără frecare, lasandu unu spațiu forțe micu între densu și peretii cilindrului; se întiellege că cu acestă machine nu se pote atinge unu gradu forțe mare de rarefacțiune.

În fine germanulu *Geissler* a construitu machine de sticla cu mercuriu cari facu golu absolutu seu golu barometricu ; elle suntu basate pre principiulu dupre care se face golulu in camera barometrica.

*Machinele de compressiune* suntu analoge cu acelle de dilatatiune descrise pene acum, numai ventilele au na dispositiune inversa, adico se deschidu in'antru, pre candu la machine de dilatatiune elle se deschidu, precum s'a aretatu mai susu, in afara. Cu modulu acesta se introduce aeru seu veri unu altu gazu in recipientu, fara ca sa mai pota esi afara. Se intiellege co aceste machine fiindu supuse la pressiuni mari trebue sa presinte na soliditate mare de constructiune.

#### § 12. DIFFERITE APPLICATIUNI ALLE PRESSIONEI GAZELORU

*Heron* din Alexandria a intrebuintiatu pressiunea gazeloru (a aerului atmosfericu) ca sa puna in miscare ap'a. Dupre principiulu lui se facu aparate de diferite forme, numite *ballone* seu *fontane lui Heron*. Fig. 76 si 77 represinta asemenea vase. Fig. 76 se compune de unu vasu solidu de metallu plinu pene la  $\frac{2}{3}$  cu apa. In acesta se comprima aerulu prin tiev'a *t* cu ua pompa de compressiune ; apoi aerulu apesa pre apa si o gonesce afara, candu deschidemu siurupulu *s*.

Fig. 77 represinta unu apparatusu compusu din duoe ballone de sticla si unu bassin *B*, unite prin trei tievi de diferite lungimi. Se ample mai anteu cu apa rezervoriulu *R* si bassinulu *B* ; apoi destupandu tiev'a *a*, ap'a curge in ballonulu *S*, gonesce aerul in *R* prin tiev'a *b*, care apesa pre ap'a din *R* si o gonesce afara prin tiev'a *c*.

Fontan'a intermittenta este unu apparatusu mai multu curiosu

de catu importantu ce se areta adesea la cursuri de fisica. Ap'a curge din rezervoriulu **R** (fig. 78) prin mai multe tievi inguste intr'unu bassin **B**, gauritu la **B**, astu-feliu in catu ap'a ese afara, ensa forte incetu. Cavitatea de la **B** remanendu unu momentu plina cu apa astupa gaur'a inferioara a tievei **t** si pressiunea atmosferica ne mai potondu fi transmissa apei din rezervoriulu **R**, curgerea incetedia la **a** si **b**, pene candu prin esirea apei din cavitatea **B**, destupenduse tiev'a **t**, ua besica de aeru patrunde in **R** si curgerea reincepe la **a** si **b**.

*Pompele* suntu apparate destinate ca sa redico licide, mai alesu apa, la differite inaltimi; elle se basedia pre pressiunea atmosferice, a gazeloru in genere, unele si pre necompressibilitatea licideloru. Fig. 79 represinta ua pompa astu-feliu numita *aspiratore* care redica ap'a numai cu ajutorulu pressiunei atmosferice si prin urmare nu o pote redica de catu pene la ua inaltimo massimala de vre ua 10 metre. Ea este formata de ua tieva lunga **t** astupata in partea superioara cu unu ventilu ce se deschide in susu si ajungendu pene in rezervoriulu de apa. In partea superioara a tievei este fissata pomp'a, adico unu cilindru **C** de unu calibru mai mare in care se misca cu ajutorulu manivelei **m** unu pistonu cu ventilu. Candu acestu pistonu merge in susu, se face голу sub densu si atmosfer'a apesandu pre ap'a din rezervoriu o redica in tieva; candu pistonulu merge in josu, ventilulu **a** se inchide, **b** se deschide si ap'a trece d'asupra pistonului si curge la **D**.

Fig. 80 represinta ua pompa care *aspira* si *respinge* ap'a. Pistonulu este massivu si fara ventilu. Ap'a aspirata in spatiulu **S** este respinsa prin deschiderea ventilului **b** in tiev'a de scurgere **c**. Acesta pompa este mai practica de catu cea-alta, pentru ce in cea din fig. 79 suntemu siliti sa redicamu ap'a

d'asupra pistonului, ceea ce face lucrarea multu mai grea. Se in-  
 tiellege de sine comanivel'a pote fi inlocuita printr'ua rotasi mis-  
 carea transformata intr'ua miscare de rotatiune ceea ce inlesnesce  
 operatiunea fara a scambanatur'a hydrostatica a pompelor.

Pompele de focu suntu combinatiuni alle fontanei lui He-  
 ron cu pomp'a care aspira si respinge. Elle suntu in genere cu  
 induoitu effectu, adico cu aceeaasi manivela se punu duoe pom-  
 pe in miscare, ca la machina pneumatica. Intr'unu rezervoriu  
 mare cu apa suntu fissate pompele **p, p** (fig. 81), pistonele ca-  
 rora se misca prin manivel'a **m**. Ap'a este respinsa in *cuti'a*  
*de ventu C* (ballonulu lui Heron) si de aici prin tiev'a si tu-  
 bulu de cautschuc **t** asverlita afara prin effectulu compres-  
 siunei aerului in partea superioara a cutiei **C**.

*Berbecele hydraulicu* servesce asemenea spre a redica apa  
 la inaltime. Ap'a venindu de la unu rezervoriu ceva mai inaltu  
 (fig. 82) curge intr'ua tieva **T** si ese printr'ua gaura ce se a-  
 fla in regiunea **S**. Intiel'a apei crescendu, ap'a redica venti-  
 lulu **S** si inchidienduse gaur'a de scurgere se produce ua lo-  
 vitura asupra peretiloru interiori ai vasului, in urma carei se  
 deschidu ventilele **a, a** si ap'a patrunde in cuti'a de ventu **C**,  
 de unde cu ajutorulu pressiunei aerului inchisu intr'ensa se  
 redica in tiev'a **D** la ua inaltime superioara acei hydrostatice si  
 proportionala cu puterea loviturei produse prin inchiderea ven-  
 tilulu **S** si cu compressiunea aerului din **C**.

Pressiunea atmosferica seu a aerului comprimat a fostu  
 enca intrebuintiata ca motoru la drumuri de feru numite *at-*  
*mosferice*. Unu canalu de dimensiuni mai mari seu mai mici,  
 inchisu intr'unu modu hermeticu, unesce celle duoe statinni  
 intre cari are sa se misce waggonulu. In acestu canalu se pote  
 misca unu pistonu in duoe moduri : seu l-iu facendu голу la

un'a din statii cu pompe pneumatice mari miscate prin poterea vaporelor si atunci presiunea atmosferei apesa pe feci'a oppusa a pistonului si lu impinge inante, imprenna cu waggonulu aternatu de densu, catre statiunea unde se face golu; seu allu 2-lea comprimendu la un'a din statii aerulu care cascigandu ua presiune mai mare de catu aceea atmosferica, apesa pe pistonu si lu impinge inante catre a duoa statiune. Aternarea waggonului de pistonu presinta difficultati. Waggonulu pusu afara de canalu este legatu cu pistonu printr'ua verga solida si rigida de feru; era canalulu porta in tota lungimea lui ua crepatura inchisa printr'anu ventilu de pele apesatu prin arcure de ociealu care se deschide numai la trecerea acelei vergele si se inchide indata dupre verga prin poterea arcurilor elastice de feru. Pentru serviciulu postalu in orasie (Londra) waggonulu se face mai micu de catu pistonu, se aterna dupre densu si se transporta in interiorulu canalului.

*Aerostatele* in fine suntu basate pe principiile hydrostatice applicate la aeru atmosfericu. Dupre mai multe propuneri facute mai inante se pare co fratii *Mongolfer* au inaltiatu cellu d'anteiu ballonu la 1782. Dupre principiile hydrostatice si aerostatice se scie co, ca sa se inaltie unu ballonu in aeru trebue sa cantaresca mai pucinu de catu unu volumu ecalu de aeru, adico ca ballonulu sa cuprindia unu gazu mai usiure de catu aerulu atmosfericu, astu-feliu in catu gazulu dintr'ensu, materi'a ballonului si cu totu ce aterna de densu sa fia mai usiure de catu aerulu atmosfericu respinsu. Ballonulu trebue sa fia impermeabilu, de ess. de pendia ceruita, si gazulu dintr'ensu este seu hydrogenu, seu vre unu hydrocarburu usiure, de ess. gazulu de luminatu, seu in fine simplu aeru atmosfericu



incaldu ; in acestu din urma casu ballonulu este deschisu in partea inferiora si se arde sub densu pae , astu-feliu in catu aerulu din interioru incaldinduse se dilata, ese ua parte diutru'ensu afara si ballonulu devenindu mai usiure se inaltia. De ballonu se pote aternà unu cosiu de dimensiuni si de ua soliditate convenabile, in catu sa se puna intr'ensu aeronautii.

Directiunea ballonului in mediuloculu aerulu presinta difficultati neinvinse pene acum, astu-feliu in catu ballonulu nu pote enca servi ca mediu de locomotiune si nu servesce astadi de catu ca unu objectu de distractiune, seu cellu multu pentru ascensiuni aeriene locale cu intentiune de a face diferite studii sciintifice in regiunile inalte alle atmosferei. Differiti inventiati, *Biot* si *Humboldt*, *Bixii* si alti, au facutu asemenea ascensiuni la inaltimi de vre ua 7000 metre, englesulu *Glaisher* la 10000 metre. La aceste inaltimi temperatur'a este cu  $30^{\circ}$  —  $40^{\circ}$  inferiora de catu la suprafeci'a pamentului, colon'a barometrica este redusa la medietate seu la a treea parte , si in urma acestei micusiorari enorme a presiunei atmosferice, pulsulu este rapede, se producu hemorrhagii, vocea slabesce si se aude greu, etc.



## SECTIUNEA III.

### MAGNETISMU

#### § 1. CARACTERELE MAGNETILORU

Se gasesce in natura unu mineralu de feru, compusu din trei ecivalente de feru si patru de oxigenu, numitu *feru magneticu*, care are proprietatea de a atrage pulbere si farimaturi de feru. Acesta proprietate a fostu cunoscuta si de cei vechi, carii au numitu mineralulu *magnetu*, dupre orasiula Magnesia langa care s'au gasitu celle d'anteiu esemplare. Ensa nu tote esemplarele acestui oxydu de feru magneticu au immediatu proprietatea de a atrage ferulu; multe din elle o casciga numai dupre ce au fostu supuse la operatiuni pre cari le vomu cunoce sub nume de metode de magnetizare.

Acesti magneti se numescu enca *naturali*, spre a ii deosebi de *magnetii artificiali* cari au intocmai acelleasi proprietati cu ei si se potu face din ocielu calitu, dupre cum vomu vedea mai tardiu.

Magnetii, naturali seu artificiali, ossercita actiunea loru nu numai asupra ferului, dera enca si asupra unoru alte metalle, precum cobaltulu, nickelulu, manganulu si in genere, deca suntu destuln de tari, asupra tutuloru corpuriloru, precum se va areta mai tardiu la diamagnetismu.

Acesta putere magnetica nu este distribuita intr'unu modu ecalu preste tota intinderea a magnetului, ci este ingramedita catre duos puncturi, diametralu opuse, numite *poli magnetici*, cari se afla in apropierea extremitatiloru, fara ca sa coincida cu acestea. Acesta se pote vedea punendu unu magnetu in pulbere de feru care se ingramodesce catre poli, era nu adhera mai de locu la spatiulu mediulociu dintre poli, care s'a numitu *lini'a* seu *regiunea neutra*.

Cei duoi poli ai unui magnetu suntu departe de a fi de acellasi feliu. Deca aternamu unu acu magneticu *ns* (Fig. 83) in positiune orizontala, in catu sa fia mobilu in giurulu verticalei, si apropiemu de extremitatea *n* de ess. polulu *N* a unui magnetu, acesta o va respinge; apropiendu ensa polulu *S* de aceeaasi extremitate *n*, o va atrage. Ceea ce areta co polii *N*, *S*, essercitandu actiuni contrarii, suntu *contrarii* intre ei. Totu asemenea si polii *n*, *s* a magnetului cellui micu *ns* suntu contrarii intre ei. Totu din acesta experientia resulta teoren'a co *polii de acellasi feliu (n cu N, seu s cu S) se respingu intre ei, era polii de feliu contrariu (n cu S, seu s cu N) se atragu*.

Unu magnetu suspinsu liberu in positiune orizontala si potenduse inverti in giurulu unui axu verticalu nu sta in ecilibru in ori ce positiune, ci se indreptedia cu unu polu, si totu de una cu acellasi polu, catre nordu si cu cellu altu catre sudu. Acesta ne areta co pamentulu ensusi are magnetismu, ca unulu ce produce efecte magnetice. Polulu unui magnetu care areta catre nordulu geograficu se numesce *polu nordu seu borealu*; era acella care areta catre sudu, *polu sudu seu australu*. Lini'a poliloru magnetici se numesce *meridiana magnetica* si in genere nu coincide exactu cu meridian'a geografica.

## § 2. METODE DE MAGNETISARE

Materialul întrebuințat pentru a face magneti artificiali este fierul în formă de oțel. Și fierul moale se poate magnetiza, însă nu conservă magnetismul decât numai câtă vreme este în contact cu un magnet sau sub influența vreunei alte puteri magnetizatoare de esență electrică. Oțelul din contră, magnetizat într-un mod ori-care, conservă magnetismul, se dice că oțelul posedă o *putere coercitivă* care rezistă la revenirea moleculelor în starea lor primitivă, după ce una dată au fost modificate prin magnetizare. Această împrejurare a făcut să se deosebească *magnetii permanenți* (naturali sau artificiali) care conservă magnetismul lor și *magnetii temporari* care au caracterul magnetilor numai pe câtă vreme stau sub influența exterioară. Exemple simple de magnetizare prin influența ne da o bucată de fier moale *a* (fig. 84) care ține fierul *b* numai pe câtă vreme este în contact cu magnetul *NS*, o lasă însă să cadă, îndată cum se departează magnetul *NS*. Asemenea figurile magnetice (fig. 85), formate din pulbere de fier împresorată cu o setă pe o tablă de sticlă sau foaie de hartă asediată pe un magnet, ne arată magnetizarea prin influență; particulele de fier de lângă poli magnetizându-se atrag unele pe lângă unele și astfel se înscriu particulele de fier în linii curbe începând de la cei doi poli.

Englezii *Knight*, *Mitchell*, *Canton*, francezul *Lemair* și alții au arătat metode pentru a magnetiza bucată de oțel. Toate aceste metode constau în *fricțiuni* simple sau îndoită. Ca să obținem maximum efectului prin fricțiune, asiedăm un vergă de oțel *NS* (fig. 86) cu voimă să magnetizăm pe doi magneti calzi dispuși în poli contrarii pe o masă; a-

poi luandu cu amenduoe manele duoi magneti, era ecali, inclinati pre verg'a NS cu vre ua 25—30 grade si cu poli precum se vede in figura, frecamu verg'a NS de la mediulocu spre extremitati de mai multe ori si intorcendu-o cu feci'a ceea-alta in susu frecamu si pre densa totu de atatea ori. Astu-feliu s'a formatu magnetulu NS cu polii N si S. Deca frecarea nu a fostu regulata, seu de multe ori se pote face si din adensu, precumu se vede in fig. 87, magnetulu se face cu mai multi poli intermediu numiti si *punturi consecinte*.

Prin metodele de frictiune nu potemu forma de catu magneti de dimensiuni mice. Indata ce bucat'a de ocielu, destinata magnetisarei, va fi ceva mai mare, nu o potemu magnetisa de catu cu mari difficultati si enca nu potemu, numai prin frictiune, sa i damu maximum magnetismului, seu, dupre cum se dice, sa lu magnetisamu pene la *saturatiune*. Vomu cunosce mai tardiu co cu ajutorulu *electricitatiei* potemu produce magneti permanenti de ori-ce dimensiune si prin urmare de ua putere magnetica catu de mare; sa nu uitamu ensa co ori-ce magnetu, ori catu de mare va fi, are unu puntu de saturatiune, adica ua limita, preste care nu mai pote fi magnetisatu.

Englesulu *Gilbert* si ollandesulu *Oepinus* au aretatu co potemu face unu magnetu sub influinti'a pamentului ensusi. Deca tinemu unu betiu de feru in meridianulu magneticu, inclinat cu polu nordu spre orizontu (in emisfer'a australa cu polu sudu) cu unu anghiu variabilu dupre localitati si pre care lu vomu cunosce mai tardiu sub nume de anghiu de inclinatiune, acellu betiu in positiunea actuala manifesta tote caracterele magnetiloru. Deca acellu betiu este de ocielu, seu deca in aceasta positiune i damu cate-va lovituri cu unu ciocanu greu,

candă ar fi de feru mole, atunci ellu va conserva magnetismulu in permanentia.

### § 3. POTEREA MAGNETILORU

Poterea unui magnetu este mai mare pre suprafecia de catu in interiorulu lui. Acesta se pote vedea cu unu magnetu in form'a unui tubu cilindricu seu prismaticu', care in interioru areta unu magnetismu mai slabu de catu pre suprafeci'a esteriora.

Poterea magnetica cresce, candu unimu mai multi magneti, formandu ua legatura de magneti, astu-feliu ca polii sa fia treptatu mai lungi din afara spre acellu de mediulocu, precum se vede la N, S (fig. 88); seu enca impreunandu mai multi magneti cu duoe bucati de feru mole a si b, numite *armature*. Se intiellege de sine co magnetii impreunati in legature seu cu armature se asedia cu polii de acellasi feliu la fia-care estremitate, coci altu-feliu unulu aru nemici effectulu cellui altu.

Poterea cu care unu magnetu atrage ua bucata de feru cresce cu multu peste induoitu, candu magnetulu lucredia de ua data cu amenduoi poli, adico candu are form'a unei potcove (fig. 89). In acestu casu magnetisarea bucatiei de contactu B este multu mai puternica; magnetismii de feliu contrariu respinsi catre estremitati se cumuledia aici in proportiuni mari, de unde urmedia co si attractiunea între magnetu si contactu este mai tare. Dera enca form'a si dimensiunile bucatiei de contactu au ua influentia insemnata asupra poterei cu care ea este tinuta de catre magnetu. Ua bucata de contactu prea mica presinta pucina adhesionu la magnetu si intr'ua bucata prea mare nu pote fi dezvoltatu destulu magnetismu sub influenti'a unui magnetu relativu micu.

Poterea unui magnetu cresce si pote ajunge la saturatiune, tinendulu armatu cu unu contactu de feru molo si aternandu la acesta greutati din ce in ce mai mari in intervale de timpu mai scurte seu mai lungi.

Caldur'a essercita ua influentia vatematore asupra magnetiloru. Unu magnetu incalditu la temperature din ce in ce mai inalte perde cate pucinu magnetismulu lui; la temperatura alba lu perde de totu. Lumin'a din contra nu essercita nici ua influentia asupra magnetismulu, precum este astadi constatatu prin esperientiele celle mai decisive, cu tote co s'a pretinsu de catre *Morichini* si *Lady Sommerville*, co unu acu de ociealu s'ar potea magnetisa in cate-va ore sub influenti'a radieloru sorelui.

Unu magnetu slabesco enca si prin actiuni mecanice violinti, de ess. prin lovituri tari.

#### § 4. ACTIUNEA MUTUALA A DUOI MAGNETI

Magnetii essercita intre ei ua actiune, attractiune seu repulsiune, care depinde de masele magnetice, adico de poterea magnetiloru, si de distantia. Legile la carii suntu supuse aceste actiuni, identice cu acelle newtoniane alle attractiunei universale, de si cunoscute mai multu seu mai pucinu si mai inante, au fostu ensa enunciate si probate mai lamuritu pentru prim'a ora de catre francesulu *Coulomb* printr'unu apparatusu numitu *bilancia de torsiune* (fig. 90). Ecce aceste legi: Attractiunea, respective repulsiunea, a duoi magneti este proportionala cu mass'a loru, adico cu poterea loru magnetica, era sta in rapportu inversu cu patratulu distantiei. Aceste legi se potu demonstra cu bilanci'a de torsiune a lui *Coulomb* (fig. 90). Unu magnetu **P**, aternatu orizontalu intr'unu anclu de cartonu seu de cupru cu unu firu netorsu si indreptatu pre meridian'a magnetica, este respinsu de catre unu allu duoilea magnetu **Q**, introdusu de susu in positiune verticala. Poterea cu care acesti magneti se respingu se mes-

sora prin torsiunea firului. Operandu cu magneti induoitu, intreitu de tari se va gasi ua repulsiune proportionala, ceea ce probedia partea antea a legeri. Ca sa probamu si pre a duoa, apropiemu magnetulu respinsu  $P$  de acellu fissu  $Q$ , sucindu firulu cu ajutorulu bucatiei  $R$ , pene candu distanti'a intre cei duoi magneti sa devina diumeta-tea, a treea parte etc. din ceea primitiva. Torsiunea firului va fi acum mare; ea tinendu magnetii in ecilibru messora poterea de repulsiune a loru si esperienti'a a aretatu co anghiurile de torsiune crescu in acellasi rapportu, redicatu la patratu, incare se micusioradia distanti'a intre cei duoi magneti.

Acesta din urma lege, adico co actiunea a duoi magneti este inversu proportionala cu patratulu distantiei, nu este adeverata riguros de catu numai pentru duoe elemente magnetice, era nu pentru duoi magneti intregi. Esperienti'a ensasi nu da rezultatulu acesta de catu numai cu approssimatiune si candu operamu in conditiuni speciale, adico candu magnetulu  $Q$  este destulu de lungu, in catu polulu superioru allu lui sa nu pota modifica, din caus'a distantiei cellei mari, actiunea cellui-altu polu asupra magnetului  $P$ . Candu acesta conditiune nu se afla implinita, rezultatele suntu cu totul alte. Acum vre ua patru dieci de anni marele astronomu germanu *Gauss* a supusu teori'a magnetismului la unu studiu intinsu, atatu teoreticu catu si experimentalu, si acesta lucrare formedia un'a din ilustratiunile alle acestui geniu. Intre alte multe *Gauss* a aretatu, co actiunea totala a duoi magneti, candu distanti'a d'intre ei este destulu de mare despre dimensiunile loru, sta in rapportu inversu cu cubulu acestei distantie. Instrumentulu de care s'a servitu *Gauss* este simplu, se compune de unu betiu magneticu de dimensiuni forte mari, aternatu de tavanulu casei cu una seu duoe legaturi de fire de metase netorza si s'a numitu *magnetometru unifilaru seu bifilaru*. La unu capu allu magnetului  $m$  (fig. 91) seu d'asupra anelului care lu porta, se afla ua oglinda mica  $o$  in care se pote vedea imagin'a unei scari cu divisiuni  $s$ , fissate d'asupra objectivului allu ochianului  $e$ , cese afla la ua distantia destulu de mare. Magnetulu  $p$  allu carui cautamu actiunea asupra lui  $m$  se afla asiediatu departe la ua camera alaturata perpendicularu pre magnetulu  $m$  si in acellasi planu orizontalu cu acesta-



Apropiendu progressivum magnetulu  $p$  de  $m$ , observamu cu ochianu oscillatiunile seu deviatiunea acestui diu urma din meridianulu magneticu, de unde potemu conchide legea actiunei totale a duoi magneti, precum ne va areta calcululu urmetoru.

Fia  $ns, vs$  (fig. 92) duoe elemente magnetice, unulu  $vs$  asediatu perpendicularu pre meridian'a magnetica  $NS$ , cellu-altu  $ns$  deviatu de acesta cu anghiulu  $\varphi$ ; fia distantia ab mediolocuriloru loru  $=R$ ; fia enca  $an = as = a, bv = bs = b$ ; sa insemnamu cu  $+m$  si  $-m$  magnetismulu nordu si sudu cumalatu pre fia-care diumetate  $an$  seu  $as$  a elementului  $ns$ , era cu  $+p$  si  $-p$  magnetismii nordu si sudu a elementului  $vs$ . Acum vomu applica la aceste duoe elemente legile de mai susu si vomu gasi pre de ua parte expresiunea pentru actiunea totala a duoi magneti inversu proportionala cu cubulu distantiei, era pre de alta parte rezultate cari potendu fi constatate prin observatiune cu ceea mai mare precisiune, probedia totu de ua data bunetatea legiloru pre cari se basedia.

Patru poteri, opuse cate duoe, lucredia la punturile  $n$  si  $s$  a elementului mobilu  $ns$ , ensa numai componentele loru perpendicularare pre  $ns$  aducu unu effectu de miscare, adico producu deviatiunea  $\varphi$ . Aceste patru componente suntu :

$$\begin{aligned} \text{la puntulu } n \dots\dots\dots & \left\{ \begin{aligned} nA &= \frac{m \cdot p}{n^3} \cos GnA, \\ nB &= - \frac{m \cdot p}{n^3} \cos Bn\sigma, \end{aligned} \right. \\ \text{la puntulu } s \dots\dots\dots & \left\{ \begin{aligned} sC &= \frac{m \cdot p}{s^3} \cos vsC, \\ sD &= - \frac{m \cdot p}{s^3} \cos DsF. \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

Effectulu acestoru poteri se mesora prin *momentulu staticu*, adico, prin productulu loru cu braciele respective de parghie  $an$  si  $as$ , ceea ce ne da celle patru momente urmetore :

$$\begin{aligned} \text{momentu } A &= \frac{amp^2}{n^3} \cos GnA = \frac{amp^2}{n^3} \sin an\sigma, \\ & \text{ } B = - \frac{amp^2}{n^3} \cos Bn\sigma = - \frac{amp^2}{n^3} \sin an\sigma, \end{aligned}$$

$$\text{momentu } C = \frac{am^{\mu}}{s_{\nu}^2} \cos_{\nu} sC = \frac{am^{\mu}}{s_{\nu}^2} \sin_{\alpha} s_{\nu}$$

$$D = -\frac{am^{\mu}}{s_{\sigma}^2} \cos Ds_{\sigma} = -\frac{am^{\mu}}{s_{\sigma}^2} \sin_{\alpha} s_{\sigma}$$

$$\text{Trianghiulu } an_{\nu} \text{ da : } \sin an_{\nu} = \frac{a_{\nu} \sin na_{\nu}}{n_{\nu}} = \frac{a_{\nu} \sin \alpha}{n_{\nu}} \text{ si prin ur-}$$

$$\text{mare } \sin an_{\nu} = \frac{(R-b) \cos \tau}{n_{\nu}}; \text{ era pre de alta parte totu acestu}$$

trianghiu da dupre teoreme cunoscute din trigonometria :

$$n_{\nu}^2 = a^2 + au^2 + 2a \cdot an \cdot \cos \alpha$$

$$\text{seu } n_{\nu}^2 = (R-b)^2 + a^2 + 2a(R-b) \sin \tau$$

Substituindu aceste valori in momentul A vine :

$$\text{momentu } A = \frac{am^{\mu} (R-b) \cos \tau}{n_{\nu}^2} = \frac{am^{\mu} (R-b) \cos \tau}{[(R-b)^2 + a^2 + 2a(R-b) \sin \tau]^{\frac{1}{2}}}$$

Totu asemenea trianghiulu  $an_{\sigma}$  da :

$$\sin an_{\sigma} = \frac{a_{\sigma} \sin \alpha}{n_{\sigma}} = \frac{(R+b) \cos \tau}{n_{\sigma}}$$

$$n_{\sigma}^2 = (R+b)^2 + a^2 + 2a(R+b) \sin \tau;$$

si prin urmare

$$\text{momentu } B = -\frac{am^{\mu} (R+b) \cos \tau}{[(R+b)^2 + a^2 + 2a(R+b) \sin \tau]^{\frac{1}{2}}}$$

Trianghiulu  $as_{\nu}$  da

$$\sin as_{\nu} = \frac{a_{\nu} \sin \alpha}{s_{\nu}} = \frac{(R-b) \cos \tau}{s_{\nu}}$$

$$s_{\nu}^2 = (R-b)^2 + a^2 - 2a(R-b) \sin \tau;$$

si prin urmare

$$\text{momentu } C = \frac{am^{\mu} (R-b) \cos \tau}{[(R-b)^2 + a^2 - 2a(R-b) \sin \tau]^{\frac{1}{2}}}$$

In fine trianghiulu  $as_{\sigma}$  da :

$$\sin as_{\sigma} = \frac{a_{\sigma} \sin \alpha}{s_{\sigma}} = \frac{(R+b) \cos \tau}{s_{\sigma}}$$

$$s_{\sigma}^2 = (R+b)^2 + a^2 - 2a(R+b) \sin \tau;$$

si prin urmare

$$\text{momentu } D = - \frac{\text{amp} \mu (R + b) \cos \varphi}{\left[ (R + b)^2 + a^2 - 2a(R + b) \sin \varphi \right]^{\frac{3}{2}}}$$

Momentulu totalu de rotatiune va fi  $A + C - B - D$  seu adunandu cele patru expresiuni de mai susu.

$$\begin{aligned} \text{amp} \mu \cos \varphi & \left\{ \frac{R - b}{\left[ (R - b)^2 + a^2 + 2a(R - b) \sin \varphi \right]^{\frac{3}{2}}} \right. \\ & + \frac{R - b}{\left[ (R - b)^2 + a^2 - 2a(R - b) \sin \varphi \right]^{\frac{3}{2}}} \\ & - \frac{(R + b)}{\left[ (R + b)^2 + a^2 + 2a(R + b) \sin \varphi \right]^{\frac{3}{2}}} \\ & \left. - \frac{(R + b)}{\left[ (R + b)^2 + a^2 - 2a(R + b) \sin \varphi \right]^{\frac{3}{2}}} \right\} \end{aligned}$$

Simplificandu cele patru fractiuni prin impartire cu factorii comuni  $R - b$  si  $R + b$ , vine :

$$\text{amp} \mu \cos \varphi \left\{ \frac{1}{(R - b)^2 (1 + t)^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{(R - b)^2 (1 + x)^{\frac{3}{2}}} \right. \\ \left. - \frac{1}{(R + b)^2 (1 + y)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{(R + b)^2 (1 + z)^{\frac{3}{2}}} \right\}$$

unde s'a insemnatu pentru prescurtare :

$$\begin{aligned} t &= \frac{a^2 + 2a(R - b) \sin \varphi}{(R - b)^2}, & x &= \frac{a^2 - 2a(R - b) \sin \varphi}{(R - b)^2}, \\ y &= \frac{a^2 + 2a(R + b) \sin \varphi}{(R + b)^2}, & z &= \frac{a^2 - 2a(R + b) \sin \varphi}{(R + b)^2}. \end{aligned}$$

Desvoltandu erpresiiunile

$$\frac{1}{(1 + t)^{\frac{3}{2}}}, \frac{1}{(1 + x)^{\frac{3}{2}}}, \frac{1}{(1 + y)^{\frac{3}{2}}}, \frac{1}{(1 + z)^{\frac{3}{2}}},$$

seu

$$(1 + t)^{-\frac{3}{2}}, (1 + x)^{-\frac{3}{2}}, (1 + y)^{-\frac{3}{2}}, (1 + z)^{-\frac{3}{2}},$$

dupre legea binomului lui Newton si lepadandu termenii cari cuprindu poteri alle lui  $t, x, y, z$ , superioare de catu antea, ceea ce este per-

misu, pentru ca aceste catimi sunt nise fractiuni forte mici pentru valori ceva mai mari ale lui  $R$ , expresiunea de mai sus se transforma in ceea urmetore :

$$am^{\mu} \cos \varphi \left\{ \frac{1 - \frac{2}{3}t}{(R-b)^2} + \frac{1 - \frac{2}{3}x}{(R-b)^2} - \frac{1 - \frac{2}{3}y}{(R+b)^2} - \frac{1 - \frac{2}{3}z}{(R+b)^2} \right\},$$

seu scotiendu ca numitoru comunu pre  $R^2$  :

$$\frac{am^{\mu} \cos \varphi}{R^2} \left\{ \frac{1 - \frac{2}{3}t}{\left(1 - \frac{b}{R}\right)^2} + \frac{1 - \frac{2}{3}x}{\left(1 - \frac{b}{R}\right)^2} - \frac{1 - \frac{2}{3}y}{\left(1 + \frac{b}{R}\right)^2} - \frac{1 - \frac{2}{3}z}{\left(1 - \frac{b}{R}\right)^2} \right\}$$

seu, aplicandu era binomulu lui Newton :

$$\frac{am^{\mu} \cos \varphi}{R^2} \left\{ \left(1 - \frac{2}{3}t - \frac{2}{3}x\right) \left(1 + \frac{2b}{R}\right) - \left(1 - \frac{2}{3}y - \frac{2}{3}z\right) \left(1 - \frac{2b}{R}\right) \right\};$$

desvoltandu parentesele si lepedand productele  $tb$ ,  $xb$  etc. cari sunt mici de ordinulu allu duoilea, vine :

$$\frac{am^{\mu} \cos \varphi}{R^2} \left[ \frac{4b}{R} - \frac{2}{3}(t+x) + \frac{2}{3}(y+z) \right];$$

substituindu valorile lui  $t$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $z$  si facendu reductiunile curenite, vine :

$$\frac{8abm^{\mu} \cos \varphi}{R^3} \left( 1 - \frac{2}{3} \frac{a^2}{R^2} + \dots \right),$$

oprinduse si aici numai la cellu d'ateiu termen, in vedere ca cei-alti cari au la numitoru  $R^2$ ,  $R^4$ ,  $R^6$  etc. sunt forte mici, remane ca expresiune pentru momentulu staticu de rotatiune a elementulu magneticu  $sn$  (fig. 92) valoarea :

$$\frac{8abm^{\mu} \cos \varphi}{R^3}$$

Aplicandu acesta expresiune la tote elementele a duoi magneti fisisi va fi momentulu staticu totalu

$$\frac{2 \cdot \sum am \cdot \sum b \mu \cdot \cos \varphi}{R^3}$$

si momentulu cu care tinde a fi devietu unu capu allu magnetulu mobilu va fi pre diametate, adico :

$$\frac{\sum am \cdot \sum b \mu \cdot \cos \varphi}{R^3}$$

seu, punendu  $\Sigma_2 a_m = M$ ,  $\Sigma_2 b_m = M'$  si numindu aceste expresiuni *momente magnetice* a fia-carui magnetu :

$$\frac{M M' \cos \varphi}{R^3},$$

ceea ce probedia co actiunea totala a duoi magneti sta in raportu inversu cu cubulu distantiei  $R$ , candu acesta este destulu de mare in comparatiune cu dimensiunile  $a$  si  $b$  a magnetiloru.

Acestu resultatu ne conduce ensa la unu altu si mai importantu, adico co tangent'a anghiului de deviatiune  $\varphi$  este inversu proportionala cu cubulu distantiei  $R$ . Anghiulu de deviatiune  $\varphi$  fiindu unu elementu ce se pote messora cu ceea mai mare precisiune; mai alesu cu magnetometrulu lui Gauss descriu mai susu, ne da mediulocu de a verifica legile de attractiune seu repulsiune elementara a magnetiloru, pre cari se basedia acellu resultatu.

In adeveru magnetulu devietu  $sn$  (fig. 92 si 93) sub influinti'a magnetului  $sv$  sta in acesta positiune sub actiunea a duoe poteri *ecale* si de directiune contraria : un'a  $nk$ , represintandu momentulu totalu de rotatiune essercitatu la unu capu allu magnetului mobilu  $ns$  si care s'a gasitu mai susu  $= \frac{M M' \cos \varphi}{R^3}$ ; ceea alta  $nU$ , component'a poterei  $nT$ , seu momentulu totalu de rotatiune essercitatu la acellasi capu allu magnetului mobilu  $ns$  de catre pamentulu intregu care lucredia ca unu magnetu mare la ua distantia pre care o potemu considera  $= 1$ . Deca insemnamu cu  $T$  momentulu magneticu allu pamentului la acesta distantia, momentulu totalu  $nU$  va fi  $= TM \sin \varphi$  si dupre ceea ce s'a disu :

$$TM \sin \varphi = \frac{M M' \cos \varphi}{R^3},$$

de unde

$$\tan \varphi = \frac{M'}{T} \cdot \frac{1}{R^3}.$$

$M'$  si  $T$  fiindu constante se vede co  $\tan \varphi$  nu depinde de catu de  $R$  si co este inversu proportionala cu  $R^3$ . Mesuri directe facute de Gauss au confirmatu acestu resultatu pentru diferite valori alle lui  $R$ .

## § 5. MAGNETISMULU PAMENTULUI

S'a disu mai susu co pamentula essercita asupra ferului si a magnetiloru ua actiune identica cu aceea a unoru magneti mari, ceea ce ne conduce a considera pamentulu ensusi ca pre unu magnetu mare. Natur'a magnetica a pamentului se manifesta intre alte si prin faptulul co unu magnetu suspensu in positiune orizontala ia sub influinti'a pamentului da directiune determinata pre care anu numitu-o *meridiana magnetica* si care se apropie de meridian'a geografica, fara sa coincide in genere cu acesta. Anghiulu dintre meridian'a magnetica si aceea geografica se numesce *declinatiune magnetica* si acesta deviatune a acului magneticu de meridian'a geografica a fostu observata pentru prima ora de catre *Columb* in caletori'a sea pentru descoperirea Americei. Declinatiunea magnetica variedia dupre localitati si chiaru intr'unu si acellasi locu se scamba in cursulu anniloru. Acesta din urma scambare este seculara si represinta unu periodu de vre o trei sute anni. Deca de ess. intr'unu locu si intr'unu annu datu aculu magneticu coincide cu meridianu geografica, in annii urmatori aculu va devia cate pucinu spre W. de ess., declinatiunea occidentala va ajunge la unu maximum de vre o  $22^{\circ} - 23^{\circ}$  grade in cursu de vre 150 anni, apoi in annii urmatori declinatiunea scade, preste alti 150 anni devine nulla, era de aici inante aculu areta spre resaritu si preste 150 anni ajunge la maximum declinatiunei *orientale* de vre o  $22^{\circ} - 23^{\circ}$  grade, de unde era se intorce spre westu. De ess.

la Paris in annulu 1663 declinatiunea a fostu =  $0^{\circ}$

›	›	1700	›	›	= $8^{\circ} 10'$ W.
›	›	1780	›	›	= $19^{\circ} 55'$ —

la Paris in annulu 1814	declinatiunea a fostu	=	22° 34' W.
> > 1828	>	>	= 22° 5' —
> > 1852	>	>	= 20° 25' —

Declinatiunea magnetica este supusa enca la ua variatiune periodica diurna de vre o 10'—15' minute. Deosebitu de acesta aculu este supusu la perturbatiuni sub influinti'a furtuneloru, descarcariloru si a meteoareloru electrice.

Intr'unu momentu datu declinatiunea magnetica nu este aceeaasi in tote locurile pre pamentu; in une locuri este occidentala, in alte orientala, mai mica seu mai mare. Mai in tota Europa declinatiunea este astadi occidentala. Deca ne inchiuim pre ua charta geografica tote locurile cari au aceeaasi declinatiune unite printr'ua linia continua, acesta se numesce *linia isogona*; liniile isogone fiindu indreptate mai multu seu mai pucinu in sensulu nordu-sudu, presinta ua analogia cu meridiani geografici.

Ca sa observamu directiunea meridianei magnetice si prin urmare ca sa mesoramu declinatiunea, ne servimu de instrumente, numite *bussole de declinatiune*. Magnetometrele lui Gauss, mentionate mai susu, suntu celle mai bune instrumente de felulu acesta. Bussol'a obicinuita se compune de ua cutie acoperita cu ua tabla de stiela; fundulu cutiei are divisiuni in grade si porta la centru unu verfu ascutitu pre care se pote inverti unu acu magneticu intr'unu planu orizontalu. Alte bussole au cuti'a asediata pre trei picioare si porta unu ochianu, paralelu cu diametrulu 0°—180°, ce se pote misca intr'unu planu verticalu (fig. 94). Se intiellege co asiediendu ochianulu si prin urmare si diametrulu 0°—180° in directiunea meridianei geografice, anghiulu dintre acestu diametru si aculu va mesora declinatiunea.

Bussol'a marina este ua bussola ordinara fara ochianu si care printr'ua suspensiune speciala a cutiei dupre sistem'a Cardan, remane orizontala in permanentia.

Actiunea magnetica a pamentului se manifesta enca si prin faptulul co unu magnetu sustinutu la centrulu seu de gravitate, astu-feliu in catu sa fia mobilu intr'unu planu verticalu, se inclina sub orizontu cu extremitatea care areta la cellu mai apropietu polu allu pamentului. Astu-feliu in emisfera boreala magnetulu se inclina cu polu nordu, era in aceea australa cu polu sudu. Anghiulu cu care se inclina magnetulu sub orizontu se scamba dupre azimutu; acestu anghiu este dreptu candu magnetulu se afla intr'unu planu verticalu, perpendicularu pre meridianu magneticu, cu alte cuvinte in acestu azimutu magnetulu sta verticalu cu polu nordu in giosu in emisfera nostra. De aici inante, magnetulu face cu orizontu anghiuri mai mice de catu  $90^\circ$ , cari scadu cu catu magnetulu se apropie de meridianu, unde anghiulu este minimum; acestu anghiu minimum ce face magnetulu cu orizontu candu se afla in planulu meridianului magneticu, se numesce *inclinatiune magnetica* care a fostu descoperita pe la 1576 de englesulu *Normann*.

Inclinatiunea magnetica variedia sub influentie locale, in cursulu anniloru si in fine de la unu locu la altu. Pre langa ecatoru geograficu inclinatiunea este nulla; de aici merge crescendu spre amenduoi poli ai pamentului; in apropierea poli-loru magnetulu sta verticalu. Deca ne inchipuimu si aici pre ua charta geografica tote punturile cu aceeaasi inclinatiune unite printr'ua linia continua, acesta se numesce linia *isoclina*. Linile isocline presinta analogii cu paralleli geografici. Iso-



clin'a de pre langa ecatoru geograficu pre care inclinatiunea este nula s'a numitu ecatoru magneticu.

Spre a observa inclinatiunea ne servimu de bussole de inclinatiune (fig. 95). Aceste suntu formate obicinuitu de ua cutia verticala de sticla in care se afla unu magnetu mobilu in giurulu unui axu orizontalu. Cuti'a se pote misca in tote azimuturile pre unu cercu orizontalu ce este gradatu.

Fenomenulu declinatiunei si allu inclinatiunei magnetice ne areta co pamentulu este unu magnetu mare, avendu'si poli in apropierea poliloru geografici, dera nu ne da enca ua idee despre intensitatea magnetismului pamentului. *Graham* cellu d'antéiu, apoi *Borda*, *Humboldt*, si in celle din urma *Gauss* si *Weber*, s'au ocupatu cu determinarea acestei intensitatiei, observandu numerulu oscillatiuniloru ce face unu si acellasi magnetu la diferite locuri alle pamentului. Dupre legile pendulului, cuprinse in formul'a  $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ , se vede co

numerulu oscillatiuniloru este proportionalu cu radicin'a patrata poterei acceleratrice, in casulu nostru a poterei magnetice, sub a caria influintia oscilla magnetulu. Este de observatu co la asemenea experientie se intrebuintiedia aculu de declinatiune, candu atunci nu lucredia intregulu magnetismu allu pamentului, ci numai component'a orizontala  $U = T \cos i$  (fig. 96), unde  $i$  insemnedia inclinatiunea. Astu-feliu observandu aughirile de inclinatiune la diferite statiuini pre suprafeci'a pamentului, precum si numerulu oscillatiuniloru ce face unu si acellasi acu magneticu la acelle statiuini, vomu potea calcula intensitatea relativa a magnetismului pamentului la diferitele punturi alle lui. *Gauss* a formatu ua *uniune magnetica* la care astadi iau parte tote tierrile civilisate si

a stabilitu observatorii magnetice la diferite puncturi pene chiaru in fundulu Siberiei, la cari se observa elementele magnetice in tote dillele si la ore determinate. Intensitatea magnetica a pamentului, mai slaba pre langa ecatoru, merge crescendu cotre poli; din contra ea descresce la unu puntu allu pamentului cu inaltimea d'asupra suprafeci lui. Deca ne inchipuimu era unite printr'ua linia continua tote punturile pre suprafeci'a pamentului la carii intensitatea magnetica este aceeaasi, acea linia se numesce *isodinamica*.



## SECTIUNEA IV.

### ELECTRICITATE STATICA

#### § 1. PRODUCTIUNEA SI NATUR'A ELECTRICITATIEI

Sunt corpuri cari frecate casciga proprietatea de a atrage corpuri usiore, precum bucatiele de chartia, fulgi si alte. Asemenea corpuri suntu intre alte si sticl'a, chihlibarulu, resinele in genere si alte. *Thales* din anticitate cunoscea cu 600 anni a. Chr. acesta proprietate, dera numai pentru chihlibaru, a crediutu co acesta proprietate este speciala a lui si a numitu-o electricitate' (din numele ellenu allu chihlibarului  $\tau\lambda\epsilon\tau\rho\nu$ ). Au trecutu de atunci 2300 anni si cunoscintiele asupra electricitatiei nu au facutu nici unu progressu, pene la 1700 du pre Chr., candu englesulu *Gilbert* a creatu, potemu dice, sciinti'a electricitatiei; de atunci incoce, mai alesu in secolulu de facia, electricitatea a ajunsu la ua desvoltare de care pu cine sciintie se bucura.

Esperienti'a de mai susu o potemu face frecandu unu bastonu de sticla seu de resina, de ess. de cera rosie, cu ua bucata de lana, de flanela, de pele de pisica etc. si apropiendu-lu de ua teva in care se afla globuletie mici de meduva de socu si alte corpuri usiore; enca la ua distantia mai mare aceste globuletie saru in susu catre bastonulu frecatu.

Unu mare numern de corpuri casciga *prin frecare* proprietatea acesta; suntu ensa si corpuri, mai alesu metalele, cari in apparintia nu o casciga, cari catu voru fi frecate, totu nu potu trage nimica. Englesulu *Gray* a aretatu co aceste corpuri conducu electricitatea, adico o transmite din molecula in molecula de la ua extremitate la alta si astu-feliu o perdu. Francesulu *Dufay* a aretatu co tote corpurile fara esceptiune potu fi electrificate, fiindu isolate, adico despartite de pamentu prin nisce corpuri speciale ca sticl'a, resin'a. In adeveru deca apropiemu unu cilindru de metallu A (fig. 97), asiediatu pre unu picioru de sticla, de ua machina astu-feliu numita electrica, destinata, precum vomu vedea mai tardiu, ca sa dea cantitati mai mari de electricitate, ellu devine electricu, adico manifesta proprietatea de a atrage corpuri usiore, intocmai ca unu bastonu de sticla seu de resina care a fostu frecatu.

Dupre acestea s'au impartitu tote corpurile in duoe classe mari: in corpuri *isolate*, seu *conductori rei* ai electricitatiei, numite mai inante si corpuri *idielectrice*, si in corpuri *conductore* alle electricitatiei, seu *conductori buni*, numite mai inante si *anelectrice*. Conductori buni suntu metalele, corpurile animale, vegetalele ude, vaporele de apa, gazele aprinse etc.; conductori rei suntu resinole, sticl'a, sulfulu, grasinile, gazele uscate, metasea etc.

Electricitatea se pote comunica unui corpu si fara frecare. Deca atingemu, seu apropiemu numai, unu corpu in starea lui naturala, de ess. cilindru de metallu A din fig. 97, de unu altu corpu electrificatu, de ess. de conductorulu machinei electrice, atunci acellu cilindru A va manifesta proprietatea de a atrage corpuri usiore, adico va priimi electricitate de la conductorulu machinei; in acestu casu dicemu co corpu a fostu

electrisatu *prin influentia*. Deca cilindru A a fostu numai apropietu, fara ca sa atinga de conductorulu machinei, atunci incetedia de a mai fi electricu, candu lu departamu de corpulu electricu; deca ensa a fostu apropietu forte multu, in catu sa atinga chiaru de corpulu electricu, atunci conserva electricitatea si dupre ce a fostu departatu.

Fenomenele electrice se manifesta enca si in forma de repulsiuni. Deca apropiemu unu bastonu de resina de ess. de unu astu-feliu numitu *pendulu electricu*, (unu globuletiu de meduva de socu aternatu la unu picioru de sticla, fig. 98) globuletiulu este anteu trasu, apoi respinsu de ori cate ori ne apropiemu din nou cu acellu bastonu de resina electrisata; din contra globuletiulu este attrasu, deca ne apropiemu cu unu bastonu de sticla electrisata, si acesta attractiune se face acum cu mai mare energia, de catu mai inante de a atinge globuletiulu cu resina. Totu acelleasi fenomene se producu si candu incepemu esperienti'a cu sticla si o terminamu cu resina.

Acesta ne conduce sa admitemu co electricitatea produsa prin frecare asupra resinei nu este identica cu aceea a sticlei; astu-feliu au fostu deosebite duoe feliori de electricitate, numite mai anteu *sticlosa* si *resinosa*. Candu ensa mai tardin s'a cunoscutu co ori-care corpu pote dupre impregiurari priimi ua data electricitatea sticlei si alta data pre aceea a resinei si co prin urmare aceste duoe feliori de electricitate nu suntu esclusive a sticlei si a resinei, pre candu dupre impregiurari sticl'a ensasi pote priimi electricitatea resinei si asemenea resin'a pre aceea a sticlei, atunci s'au scambatu numirile si, in 'erea oppositiunii ce essista intre acelle duoe feliori de electre, un'a, si a nume aceea pre care o priimesce sticl'a cu lana, s'a numitu *positiva*, era ceea alta, adico aceea

pre care o priimesce resin'a frecata asemenea cu lana, s'a numitu *negativa*.

Esperienti'a de mai susu in care globuletiulu pendulului electricu, priimindu prin contactulu cu resina electricitatea de acellasi feliu cu a resiniei, a fostu respinsu de acesta, era atrasu de catre electricitatea contraria a sticlei, ne areta co *electricitatile de acellasi feliu se respingu intre elle, era acelle de feliuri contrarii se atragu*.

Ca sa constatam deca unu corpu este electricu si cu ce feliu de electricitate este incarcatu, ne servim de instrumente, numite *electroscop* si *electrometre*. Santu electroscopu cu pae, seu cu foii de auru seu de aluminiu. Fig. 99 reprezinta unu electroscopu. Ua verga de metallu cu unu globu *G*, portandu in partea inferioara duoe foii de aluminiu *E*, este pusa, bine izolata cu resina, intr'unu ballonu de sticla buna si uscata in interioru. Candu apropiemu unu corpu electricu de globulu *G*, verg'a se electrisesa prin influentia si foille incarcate cu aceeaasi electricitate se respingu intre elle, ceea ce ne areta co corpulu a fostu electricu. Ca sa cunoscemu acum de care feliu este electricitatea corpului, atingemu cu densu globulu *G* si atunci foille remanu incarcate cu electricitatea corpului si prin urmare divergente in permanentia. Apropiendu acum de globulu *G* unu bastonu de resina electrisata negativu, foille, deca aru fi priimitu de la corpu electricitatea *positiva*, voru cadea, pentru co ea este atrasa de aceea *negativa* a bastonului de resina; deca din contra foille voru fi arutu de la corpu electricitate *negativa*, elle voru diverge si mai multu la apropierea resiniei, pentru co acesta respinge electricitatea *negativa* de la verga si o cumuledia spre extremitatea foiloru. Ua contra-proba se pote face cu unu bas-

tonu de sticla. — Mai tardiu vomu cunosce si alte electrometre mai simtitore.

De ori cate ori frecamu duoe corpuri, unulu cu altu, elle se electrisa amenduoe, unulu priimesce electricitatea positiva, cellu altu pre aceea negativa; deca amenduoe suntu isolatore sen isolate, atunci manifesta amenduoe fenomene electrice. Unu si acellasi corpu, frecatu successivu cu corpuri diferite, priimesce candu electricitatea positiva, candu pre aceea negativa; de ess. sticl'a frecata cu lana se electrisa positivu, era lan'a negativu; totu aceeaasi sticla frecata cu blana de pisica se electrisa negativu? era pelea de pisica positivu. Corpurile din seri'a urmetore se electrisa fia-care positivu, candu lu frecamu cu corpulu urmetoru, negativu, candu lu frecamu cu corpulu care lu precede: *pele de pisica, sticla, lana, lemnu, metase, resina* etc.; se intiellege dupre celle dise, co corpulu frecatoru va priimi ellu ensusi electricitatea contraria.

Pre bas'a acestoru fapte electrice si a altoru ce vomu cunosce mai tardiu, fisicii au incercatu sa fundedie ua teoria asupra naturei electricitatiei. Duoe din aceste teorii suntu celle mai principale, un'a aceea a lui *Oepinus* si *Franklin* cari 'si inchipuescu co fia-care corpu cuprinde ua cantitate determinata unui *fluidu* particularu ce ei numescu *electricu*; candu din duoe corpuri electrisate, prin frecare de ess., unulu manifesta electricitatea ce amu numitu positiva, era cellu altu pre aceea negativa, atunci, dupre acesta teoria, cellu d'anteiu mai casciga din acellu fluidu, era cellu d'allu duoilea perde; cantitatile acestui fluidu fiindu era ecilibrato in amenduoe corpurile, acestea revinu in starea loru naturala.

In oppositiune cu acesta teoria este aceea a englesului *Symmer* care admite *dualismulu*, adico co fia-care corpu cuprinde

cantitati egale și neutralizate între ele a două fluide electrice de natură contrarii, adică unul pozitiv și celălalt negativ. Când freacă două corpuri  $A$  și  $B$ , o porțiune mai mare sau mai mică a fluidelor lor se descompune sub acțiunea frecării; electricitatea  $+$  din  $A$  se combină la puncturile de contact cu o cantitate egală de electricitate  $-$  din  $B$ , astu-feliu în cătu rămâne pe  $A$  o porțiune de electricitate  $-$  liberă, era pe  $B$  o porțiune egală de electricitate  $+$ . Când apropiem unu corp  $A$  în stare naturală de unu altu  $B$ , electrisatu pozitiv de ess., atunci fluidele electrice a celui d'anteiu se descompun partialu sub influințăa electricității  $+$  din  $B$  și prin urmare  $A$  manifestă electricitate, ensă de două feluri, electricitatea  $-$  în partea apropiată de  $B$ , era în partea departată de  $B$ , electricitatea  $+$ . Dacă atingem acum  $A$  de  $B$ , sau dacă lu apropiem numai ceva mai multu, atunci electricitățile contrarii,  $+$  din  $B$  și  $-$  din  $A$ , atragenduse între ele, precum amu vedintu mai susu, se combină și rămâne electricitatea  $+$ , împartită pe  $A$  și  $B$ , și prin urmare corpul  $A$  a remasu electrisatu prin contactulu lui, sau prin apropierea cea mare cu  $B$ .

De și acesta din urma teoria nu face de cătu a espune lucrurile ensusi cum se petrecu, cu tote astea, în lipsa de o altă mai bună, o conservam obicinuitu pe acesta, pentru că ne procura unu mediu simplu ca să ne damu seama despre tote fenomenele electrice. Astadi, cându teori'a undulațiunilor este admisă ca bas'a fenomenelor sonore, luminoase și a celor calorice, s'au facutu încercări de a se aplica aceeași teorie și la fenomene electrice și este probabilu, că și acestea în currendu se voru prezinta ca nisce consecințe ale mișcărilor undulatorii.



In fine trebuie sa observam ca electricitatea care ne ocupa in sectiunea de facia s'a numita *statica*, in oppositiune cu aceea din sectiunea urmetore, numita *dinamica*. Distinctiunea acesta provine din caus'a ca fenomenele cari ne ocupa aici se producu prin ingrasedirea electricitatii asupra corpurilor, pre candu fenomenele electrodinamice se producu prin circulatiunea sau miscarea electricitatii.

## § 2. MACHINE ELECTRICHE

Prin machine electrice intiellegem aparate destinate sa produca si sa cumuleze cantitati mai mari de electricitate; ele au fostu descoperite de *Otto de Guericke* de la Magdeburg care a observatu cellu d'anteiu si scantei'a electrica, au fostu de atunci incoace perfectionate si se facu astadi sub formele celle mai variete. Ua machina electrica se compune in genere din trei parti principale : de unu *corpu frecatu* care este unu conductoru reu pentru electricitate, formatu la inceputu de unu globu de sulfu, era astadi de cilindri sau discuri mari de sticla sau de cautchuc; de unu *corpu frecatoru*, obicinuitu pe de capriora, de pisica, coda de vulpe etc.; si de unu *conductoru* metalicu, isolatu pre picioare de sticla sau prin suspensiune cu sfere de metase. Ecce cate-va din machinele sau generatorii de electricitate cei mai principali.

*Electroforulu* astu-feliu numitu allu lui *Volta* care numai lu a perfectionatu, dupre ce a fostu mai inante descoperitu de germanulu *Wilcke*, se compune de unu disc sau ua turta *A* (fig. 100) de resina sau de cautchuc tare (materi'a de pepton) si de unu disc mai micu *B* de metallu, sau de lemnu imbracatu pre amenduoe feciele selle cu ua foia de cositoru, si tinutu cu ua coda de sticla, sau cu sfere de metase. Ca sa

incarcam electroforulu procedam astu-feliu : frecam turt'a de resina cu na pele de pisica seu cu ua coda de vulpe si i damu electricitate negativa, precum se vede in figura ; apoi punemu pre turt'a disculu metalicu, tinendulu de cod'a de sticla. Acesta se electrisa prin influintia ; electricitatea negativa este respinsa in faci'a superioara a lui si o potemu departa stabilindu comunicatiunea cu pamentu, de ess. atingendu cu degetu ; electricitatea positiva se cumuledia in partea inferioara, fiindu attrasa de aceea negativa a resinei. Discurile *A* si *B* nepresentandu fecie absolutu plane, contactulu dintre elle se face numai la cate-va puncturi si essista prin urmare intre elle unu stratu izolatoru de aeru ; pre de alta parte resin'a conducundu reu electricitatea, acesta nu se pote rapedi prin acelle pucine puncturi de contactu, ca sa se combine cu electricitatea contraria din *B*, astu-feliu in catu aceste duoe electricitati stau despartite intr'unu timpu indefinitu si vomu gasi electroforulu asia incarcatu dupre mai multe dille si chiaru septamane si luni, mai alesu deca a fostu conservatu intr'unu locu uscatu. Deca acum redicam disculu *B* in positiune orizontala, tinendulu de cod'a *C* (dupre ce mai inante lu amu atinsu cu degetu, ca sa departam electricitatea negativa), lu vomu gasi incarcatu cu electricitate positiva si vomu potea trage dintr'ensu scantei electrice destulu de mari. Aplicandulu din nou pre resina, fara ca sa fia trebuintia de a o mai freca, atingendulu cu degetu si redicandulu era in positiune orizontala tinutu de coda, vomu potea estrage ua scanteia noua si asia mai inante potemu repeti acesta operatiune unu numeru indefinitu de ore si incarcarea electrica a discului *B* va fi totu de una de aceeaasi intensitate, pentru ce disculu de resina *A* care nu perde nimicu influintiedia totu de una in acellasi modu pre *B*.

*Machin'a electrica lui Ramsden.* Renumitulul mecanicu englesu *Ramsden* a datu acestei machine ua forma forte comuna astadi care se vede in fig. 101. Ua rota mare de sticla se pote inverti intre doi stalpi verticali fissati pre ua mesa cu picioare scurte. Rot'a in miscarea ei se freca intre duoe perechi de perine  $p, p'$ , fissate susu si josu la aceiasi stalpi, si se incarca continuu cu electricitate positiva, pre candu electricitatea negativa desvoltata pre perine este condusa prin foi si lantiuri de metallu la pamentu. In faci'a rotei se afla doi conductori metallici  $c, c'$ , formandu in realitate unu singuru, isolati pre picioare de sticla. Sticl'a influentiedia pre conductori, descompune intr'ensi electricitatile si atrage catre sine pre aceea negativa care se combina continuu cu aceea positiva a sticlei, astu-feliu in catu conductorii reanu incarcati cu electricitate positiva libera. Ca sa inlesnimu scurgerea electricitatiei, adico combinatiunea electricitatiei negative din conductori cu aceea positiva a sticlei, punemu la extremitatile loru despre sticla cate unu arcu de metalu  $a, a'$  in forma de potcova, armatu in interioru cu verfururi ascutite intre cari trece rot'a de sticla si cari, precum vomu vedea mai tardiu, au proprietatea de a transmite in afara electricitatea loru.

Rot'a si picioarele isolatore trebuie sa fia de ua calitate buna de sticla si catu se pote pucinu hygroscopica; sticl'a verde de butille de ua calitate mai buna se recommenda obicinuitu pentru acesta. In timpul operatiunei trebuie sa le tinemu uscate, frecandule cu pendie seu flanelle calde; rot'a trebuie stersa cu alcoolu si apoi cu ua pendia curata si uscata.

Conductorii suntu goi in interioru pentru co, dupre cum vomu vedea mai tardiu, electricitatea se ingrainedesce numai la suprafecia si este indiferentu deca conductorii suntu mas-

sivi seu goi. Ei trebuie sa fie rotunditi pretutindeni si sa nu fie, nici pre ei, nici in apropierea lor, verfuri cari impiedica ori ce ingrămedire de electricitate; asemenea trebuie sa fie incalditi si uscăti.

Perinele cele mai bune se compun de un scandura mica pre care se afla lipita un bucata de flanela grosa si pre densa un bucata de pele de capriora la care se freca rot'a de sticla; arcuri de ociełu ce se afla in dosulu lor le indesa pre sticla. Perinele ca sa functiuneze trebuie sa fie unse pre pele cu diferite substantie, de ess. cu unu sulfură de cositoră, numitu si *auru mussivu*, seu mai bine cu unu *amalgamă* de cositoră, zincu si mercuriu.

Rot'a de sticla nu se afla incarcata cu electricitate de cat numai la duoe cadrante opuse, adico in acei de la  $p$  la  $a$  si de la  $p'$  la  $a'$ ; pentru ce ajungendu la  $a$  si  $a'$  in dreptulu verfurilor 'si da electricitatea. De aici urmedia ce este bine sa ingrijimu, ca electricitatea cascigata la perine sa fie conservata pene la  $a$  si  $a'$ . Pentru acesta, aceste duoe cadrante sunt acoperite pre amenduoe fecele cu foi de pendia ceruita, ca sa impede perderea electricitatii in aeru.

In fine potemu asiedia pre conductorulu machinei unu aparatu micu  $e$ , numitu *electrometru lui Henley*, destinatu sa arete gradulu de incarcatura electrica a machinei. Acestu electrometru este formatu din substantie izolatore, porta un tabula mica de fildesiu gradata si unu pendulu de meduva de socu. Cu catu conductorulu se incarca mai multu, cu atatu pendulu se redica in susu si vine in positiune orizontala si chiaru trece preste acesta, candu machin'a lucrezia bine cu deosebire.

*Machin'a electrica lui Winter.* Winter, mecanicu specialu pentru obiecte de electricitate din Vienna, a datu acestoru machine un forma

particulara (fig. 102) care le da ua superioritate mare asupra formei Ramsden, mai alesu in privinti'a tensiunei cellei mari si prin urmare a lungimei scanteiloru cari pentru machine de acelleasi dimensiuni suntu induoite dupre sistem'a Winter, decatu dupre aceea Ramsden. Rot'a purtata de unu axu orizontalu de sticla *ie* se freca intre duoe perine purtate de unu stalpu de sticla *h*. Conductorulu *a*, asediatu pre unu picioru de sticla *g*, are form'a unui globu si se termina prin duoe anele de lemnu *dd*. Acestea au in partea interiora unu sgiabu in care se afla lipita ua fasia de cositoru si pre densa suntu infipte ace prin cari se face neutralizarea electricitatiei + din sticla cu - din conductoru, ca si la machin'a Ramsden. Lungimea si intensitatea scanteiloru cresce la acesta machina fissandu pre conductorulu *a* intr'ua gaura din partea superioara a lui unu annelu seu cercu mare de lemnu, petrecutu in antru cu ua sarma grosa de metallu. Tensiunea ceea mare ce pote priimi electricitatea desvoltata prin acesta sistema provine intre alte si din distanti'a relativu mare care desparte perinele de verfurile conductorului si care impedeaca descarcarea acestuia prin perine, ceea ce se intampla adesea cu machin'a Ramsden.

Mecanicii din Berlin facu machine electrice forte bune cu cilindri de sticla in locul roteloru. Se mai facu enca machine cu duoe rote de sticla cari dau ua cantitate mai mare de electricitate, fara ca lungimea scanteiloru sa cresce prin acesta. Asemenea s'a inlocuitu pre aici si acolo rotele de sticla prin rotele de cautchuc tare care este mai pucinu hygroscopicu de catu sticla.

*Machin'a hydroelectrică.* Englesulu *Armstrong* a facutu observatiunea interessanta, co vaporele cari esu dintr'ua machina cu vapore suntu electrisate positivu si a basatu pre acestu faptu constructiunea unei machine electrice din celle mai puternice. Fig. 103 represinta ua asemenea machina. Ua caldare, ca aceea ce vomu descrie la teori'a machineloru cu vapore, cu cosiu, aretatoru de nivelu, ventilu de securitate etc., izolata pre patru stalpi solidi de sticla, da esire vaporeloru prin mai multe tievi, dispuse intr'ua cutia cu apa rece *c*. Vaporele venindu in aceste tievi cari se vedu in sectiune la *V* se recescu pucinu in cuti'a *c*, se condensa partialu in forma de besici si esindu afara se freca la peretii tievei si prin acesta frecare se in-

carca cu electricitate pozitivă, pe când electricitatea negativă rămâne pe caldarea izolată, sau poate fi condusă la pământ cu ajutorul unui lanț metallic. În dreptul vaporelor se află un stâlpu de sticlă, purtând un conductor sferic de metal  $B$ , terminat cu un cercevea  $v$  cu verfură. Acest conductor se electrifică prin influența vaporelor și rămâne încărcat cu electricitate pozitivă pe când aceea negativă se combină prin verfurile  $v$  cu electricitatea pozitivă a vaporelor. Acesta mașină cu toată puterea ei cea mare este rară întrebuințată 1-ii pentru câteva ore de preparat pene să înceapă să funcționeze și al 2-lea pentru o atmosferă cu vapori și atunci experiențele electrice nu pot reuși decât câteva momente la început.

*Mașina de influență a lui Holtz.* Holtz din Berlin a inventat o mașină electrică nouă care, prin simplă influență, produce cantități mari de electricitate, de o tensiune mare și cu cea mai mare înlesnire. Mașina aceasta de un volum minim prelungă mașinile cele mari descrise pene acum, de un preț mai puțin decât diamețrea prețului acelor mașini, cere pentru mișcarea ei o muncă aproape nulă, funcționează la orice timp și într-un spațiu umed cu o intensitate aproape invariabilă, da efectele mașinelor celor mari după sistemul Ramsden, pe când acestea încetează curendu-se a lucra într-un auditoriu ceva mai numeros, din cauza umedii ce se produce și care vată izolarea mașinelor ordinare. De aceea mașina Holtz este astăzi admisă pretutindeni și în toate stabilimentele, celelalte mașini rămânând ca niște obiecte istorice.

Mașina lui Holtz s-a făcut în diferite forme; una din cele mai comune se vede în fig. 104, tab. VIII. Ea se compune din două roți de sticlă subțire foarte apropiate între ele, una  $A$  fixă și mai mare, cea alta  $B$  mai mică și mobilă în jurul unui ax orizontal. Discul fix  $A$  poartă în direcția unui diametru două găuri și de-a-supra lor în sensuri inverse două armături de cartă cu verfură  $f, f'$ , esite în găurile. La stanga discului  $A$  se află roata mobilă  $B$ , care se inversează în direcție opusă la verfurile  $f$  și  $f'$ , adică de la găuri spre armături. Înaintea acestei roți  $B$ , la stanga ei, se află conduc-

torii metallici  $m, n$ , in numeru de duoi, terminati cu verfurile  $P$  si  $P'$ , cari stau in linia orizontala in dreptulu armatureloru de chartia. Disculu  $A$  este acoperitu cu unu stratu subtire de lacu si trebue stersu cate ua data cu ua picatura de untu de migdale.

Ca sa incarcamu machin'a cu electricitate, stabilimn anteuu contactulu intre globuletielu  $m, n$  alle conductoriloru, apoi apropiemu ua bucata mica de cautschuc tare, frecata cu mana seu cu blana de pisica si incarcata prin urmare cu pucina electricitate negativa, de un'a din armaturele de chartia, de  $f$  de ess., si in acellasi timpu invertimu rot'a cate-va secunde; indata audimu la  $m$  si  $n$  ua perietura carene areta co machin'a s'a incarcatu cu electricitate si atunci departamu bucat'a de cautschuc. De aici inainte machin'a conserva electricitatea si ua produce intr'unu timpu indefinitu deca invertimu rot'a; departandu cate pucinu conductorii, incepu a sari intre ei scantei cari potu deveni de ua potere mare, mai alesu deca adaogamu si nisce *condensatori*. Conductorulu  $n$  din dreptulu armaturei de care amu apropietu cautschuculu electrisatu—, priimesce ellu ensusi electricitatea—, cellu altu conductoru  $m$  priimesce electricitatea +.

Este lesne sa intielligemu modulu in care functionedia acesta machina. Armatur'a  $f$ , electricisata *negativu* de ess., influentiedia rot'a  $B$  si descompune pre densa continuu portiuni noue de electricitate; electricitatea *negativa* a rotei influentiedia pre conductorulu  $Pn$ , se combina cu  $+E$  a lui prin verfurile  $P$ , pre candu  $-E$  se ingramedesce la  $n$ . Electricitatea *positiva* care a remasu pre rota, legata pre densa prin actiunea discului ce i sta in facia, este transportata impreuna cu rot'a in dreptulu verfului  $f'$  prin care trece si incarca armatur'a  $f'$  cu electricitate *positiva*. Acesta va influentia ca si aceea de la  $f$  si va incarca conductorulu  $m$  cu electricitate *positiva*. — E remasa aici pre rota vine la armatur'a  $f$  si i da ua provisiune noua de  $-E$ ; precum asemenea  $+E$  remasa era trece la armatur'a  $f'$  si i da  $+E$  si asia mai inainte. Gaurile din discu servescu ca sa liberedie electricitatele transportate pre rota de actiunea discului si sa le lase prin urmare sa treca la verfurile  $f$  si  $f'$ .

S'a construitu si alte machine analoge cu acesta, de ess. a lui *Teppler*; ensa aceea a lui *Holtz* conserva pene astadi superioritatea.

## § 3. CATE-VA ESPERIENTIE CU MACHINA ELECTRICA

Machinile electrice ne dau mediulu, prin productiunea continua de cantitati mai mari de electricitate, sa observam u multime de fenomene electrice, cari cu pucina electricitatea a bastonelor de sticla seu de resina ne scapa cu totulu.

Nu insistu asupra esperientieloru cu *clopotiei electrice*, cu *insecte* si *pesci electrice* (de chartia), cu *joculu globuletielor de socu* seu astu-feliu numitu *apparatul de grandinea allu lui Volta* si alte asemenea; tote acestea areta fenomene de attractiuni si repulsiuni electrice. Mai interesante suntu celle urmetore :

*Umbrell'a de chartia* care se vede in fig. 105. Fasiile de chartia electrisate se respingu intre elle si se deschidu.

*Suflarea* verfurilor asiediate pre conductorii machinei, pre care o potemu areta mai alesu, tinendu ua lumenare aprinsa inaintea verfului. Acesta provine din repulsiunea mutuala a moleculeloru de aeru electrisatu prin influintia.

*Electrisarea omului* ensusi asiediatu pre unu scaunelu izolatoru *S* (fig. 101); perii dupre capu se redica, fiindu respinsi intre ei ca fasiile de chartia din fig. 105.

*Vertegiulu* din fig. 106. Electricitatea esindu prin verfurile induoite, tensiunea ei in partile opuse producea miscarea in sensulu opusu la verfuri, dupre acellasi principiu care se observa si la rotele de reactiune alle licideloru.

*Figurile lui Leichtenberg* in sine ne areta pre langa unu fenomenu de attractiune electrica si differentia ce essista intre celle duoe feliori de electricitate. Pre ua turta de resina seu unu discu de cautschuc sa trageinu successivn cu duoe corpuri electrisate unulu *positivn*, cellu altu *negativn*, (de ess. cu celle



duo armature ale unei butille de Leyden) duo sisteme de linii seu figuri, nevisible de ochiu, cari ensa representata pre resina duo regiuni electrice, un'a + si ceea alta —. Sa projectamu pre aceea turta de resina din nisce foale cu gura de lemnu, purtandu multe ganri mici, ua amestecatura de duo prafuri diferite, de ess. de *miniu* rosiiu si de *sulfu* galbenu, si vomu vedea co prafulu galbenu se asiedia pre liniile + electrice si formedia figuri, presintandu ramificatiuni in esterioru; era prafulu cellu rosiiu se asiedia pre regiuni — electrice. presintandu figuri mai rotundite. Se intiellege co miniulu si sulfulu la esirea lor prin gaurile foaleloru au fostu electrisate prin frecare, cellu d'anteiu *positivu*, era cellu din urma *negativu*.

*Lumin'a* seu *scantei'a* electrica este fenomenulu cellu mai interessantu care insocesce descarcarile electrice, adico combinatiunea si neutralizarea celloru duo electricitati de feliu contrariu. Form'a si intensitatea scanteii electrice variedia dupre impregiurari; in genere scantei'a este cu atata mai puternica, cu catu cantitatile electrice cari se combina la unu puntu suntu mai mari si de ua tensiune mai mare. Scantei'a se pote presinta in forma de ua lumina slaba, candu electricitatile contrarii se combina cate pucinu si la mai multe puncturi, precum se vede de ess. la intunerecu intre rota si verfurile conductorului allu machinei electrice. Scanteile scurte suntu drepte; era celle lungi iau form'a de zic-zac.

Candu electricitatea conductorului unei machini puternice scapa in aeru, de ess. printr'unu globuletiu asiediatu pre densu, adico candu electricitatea + a conductorului influentiandu atmosfer'a se combina cu electricitatea — a ei, atunci scantei'a, visibila numai la intunerecu, ia form'a unui *snopu* seu a

unui *penagiu*. (Aigrette, Büschel) precum se vede in fig. 107.

Scantei'a electrica se pote enca imparti in mai multe scantei mici, facendu mai multe taiaturi intr'ua fasia de cositoru lipita pre unu *tubu* seu pre ua *tabula* de sticla (fig. 108 si 109) cari atunci devinu *scanteitoare*.

Scantei'a are ua colore alba; acesta onsa se scamba dupre natur'a gazului in care se produce scantei'a si dupre gradulu de raritate a lui. In aeru raru scantei'a ia form'a unui globu de ua lumina slaba, onsa *violetta*, precum se areta cu aparatulu de sticla din fig. 110, numitu *ou electricu* seu *filosoficu*, in care se pote face golu. Tuburile astu-feliu numite alle lui *Geissler*, mecanicu din *Bonn*, suntu tuburi de sticla cari cuprindu mici cantitati de differito gaze si care prin urnare presinta lumin'a electrica cu differito colori; hydrogenulu si azotulu dau scantei rosii, vaporele de mercuriu si acidulu carbonicu, verdi si asia inante.

In fine lumin'a electrica se produce enca si in golu barometricu, miscandu mercuriulu, caci atunci prin frecare se produce electricitate. Dupre acestu principiu se facu tuburi de sticla gole, avendu intr'ensi pucinu mercuriu cari luminedia, candu ii miscamu rapede.

#### § 4. DISTRIBUTIUNEA SI ACTIUNEA ELECTRICITATIEI

Starea electrica unui corpu se manifesta numai pre suprafeci'a lui, pre candu interiorulu remane cu totulu liberu de electricitate. Aceasta se pote areta in differite moduri, intre alte si prin aparatulu din fig. 111. Applicandu emisfercele *m, m* pre globulu *o*, electricandu sistem'a intrega si redicandu emisfercele, acestea se areta electricate, era globulu neelectricu. Se pote procede si altu feliu; se electrica glo-

bulu  $o$ , apoi aplicam emisferele și redicandule, le gasim electrice, era globul rămas anelectric.

Englezul *Faraday* care a făcut un număr de experimente ca să arate îngrămădirea electricității pe suprafețele corpurilor a procesul și în modul următor: a întins un pendul metalic în formă de con într-un anel (fig. 112) și încercându-l cu electricitate, nu a putut constata prezența ei în fața interioară a pendulului; trăgându-l însă cu un arc de metal și întorcându-l pe dos, a găsit electricitate în aceeași față care acum a ieșit afară, era față aceeași alta nu mai manifesta de felul electricității, adică acesta trecea totuși de una pe față exterioară.

Electricitatea se îngrămădește uniform pe o suprafață sferică și poate ajunge până la o tensiune mare, înainte de a se descărca prin apropierea vreunui conductor. La corpurile de altă formă distribuția pe suprafață nu este uniformă, ci electricitatea se îngrămădește către părțile cele mai ascuțite, unde ajunge curenții la o tensiune destul de mare, în care se descărca chiar în aerul *Franklin* a constatat această proprietate asupra verfurilor prin care se face o scurgere continuă a electricității și francezul *Poisson* a supus unui calcul matematic legile de distribuție a electricității pe un elipsoid.

Acțiunile electrice, adică atracția și repulsia, în două corpuri electrice se fac după aceleași legi newtoniene la care este supusă atracția materiei, adică sunt proporționale cu masele sau cu cantitățile electrice și stau în raport invers cu pătratul distanței. Aceste legi, prevăzute de olandezul *Oc-pinus*, au fost constatate de *Coulomb* prin bilanțul de torsionă descris în teoria magnetismului [§ 4, fig. 90], unde magnetii sunt înlocuiți prin două bucle izolante având la extremități bucle globale sau discuri metalice care pot fi electrizate. *Green* și *Gauss* au supus teoria acțiunilor electrice la calcul matematic; *Kohl-rausch* din Göttingen a construit aparatul său mai perfect pentru asemenea experimente și care totuși este și electrometrul său mai perfect; extinderea acestor calcule și aparate trec peste limitele acestor elemente de fizică.

## § 5. CONDENSATIUNEA ELECTRICITĂȚII

Olandezulu *Cuneus* a descoperitu din intemplantare pre la 1746 unu modu particularu de a ingramedi pre unu conductoru micu ua cantitate mare de electricitate, adico de a o *condensa* pre acesta. Tinendu cu ua mana unu paharu de sticla, in interiorulu carui se află unu conductoru metalicu, incarcandu pre acesta cu electricitate  $+$  de ess., apropiendu apoi ceea-alta mana de acellu conductoru, a priimitu ua commotiune violinte care nu correspunde naci de cum cu pucina electricitatea care s'ar fi pusu pre acellu micu conductoru din paharu in conditiunile ordinare. De aici s'au formatu aparatele, numite *butille de Leyden*, dupre orasinulu unde a fostu descoperitu acellu fenomenu, cari ne dau mediulu de a condensa cantitati colossale de electricitate pre conductori relativu mici.

Americanulu *Franklin* a esplicatu fenomenulu condensatiunei electrice, dandu butillei form'a unei *table*, numite a lui *Franklin* sen *fulgeratore*; se intiellege ensa co aceoasi teoria se applica si la butille. Acesta tabla este de sticla si are lipite pre feciele selle foi de cositoru mai mici de catu sticla, numite *armature* (fig. 113). Incarcandu armatur'a *A* cu electricitate  $+$ , acesta va influentia pre armatur'a *B* si va descompune intr'ensa electricitatile, atragendu pre faci'a interiora — *E* era respingendu  $+$  *E* care remane libera pre *B*. Doca atingemu acum *B* cu degetu, vomu lua acesta  $+$  *E* si armatur'a *A* va putea priimi ua portiune noua de  $+$  *E* care va lega pre *B* asemenea ua portiune noua de — *E*. lasandu libera ua portiune ecala de  $+$  *E* pre care o potemu lua era. Atunci potemu procede la ua a treea, a patra etc. incarcare. Totu aceeași incarcare se pote face si continuu, tinendu continuu *A* in con-

tactu cu machina electrica si B in contactu cu pamentu. Astu-feliu armatur'a  $A$  se va gasi incarcata cu ua cantitate mare de  $+E$ , armatur'a  $B$  cu  $-E$  si aceste duoe electricitati nu se potu combina, fiindu despartite prin substanti'a izolatore a sticlei, suntu *legate, latente, condensate*. Deca vomu pune in comunicatiune  $B$  cu  $A$ , si acesta se face cu ajutorulu unui arcu metallicu cu code de sticla (fig. 114) numitu *descarcatoru* seu *escitatoru*, atunci se va produce combinatiunea electricitatiloru  $+$  si  $-$ , ingramedite pre acelle armature.

Este lesne de intiellesu 1-iu ca ua portiune de electricitate  $+a$  din  $A$  va lega pre  $B$  ua portiune  $-b$ , mai mica de catu  $a$  si cu a-tatu mai mica cu catu grosimea sticlei, adico distantia intre celle duoe corpuri  $A, B$  cari se influentiedia intre elle, este mai mare; allu 2-lea co electricitatea  $-b$  va lega la rondulu seu pre  $A$  ua portiune  $+a_1$  mai mica de catu  $a$  si catu  $b$  si co prin urmare nu va remanea acum pre  $A$  alta electricitate libera de catu differentia  $a - a_1$ ; allu 3-lea co armatur'a  $A$  priimindu din nou electricitatea  $+a_1$ , acesta va lega pre  $B$  ua cantitate  $-b_1$  care la rondulu seu va lega pre  $A$  electricitatea  $+a_2$ , astu-feliu in catu acum electricitatea libera pre  $A$  va fi  $a - a_2$ ; allu 4-lea co  $A$  va potea priimi prin urmare cantitati noue  $+a_2, +a_3, +a_4, \dots$  din ce in ce mai mici cari voru lega pre  $B$  cantitati correspundiatore de  $-b_2 - b_3 - b_4, \dots$  astu feliu in catu electricitatile ingramedite pre armaturele  $A$  si  $B$  voru fi respectivu:

$a + a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n$  si  $-(b + b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_n)$ ; pre  $A$  va fi electricitatea libera  $a - a_n$ , era  $B$  nu va da in esterioru nici unu semnu de electricitate. Tabl'a lui Franklin seu butill'a de Leyden, va ajunge la limit'a incarcaturei, candu  $a - a_n = a$ , adico  $a_n = 0$ . Atunci se pote descarea singura, ne mai potendu stiel'a sa isoleddie indestulu cantitati electrice asia de condensate. Descarcarea se pote face si successivu, atingendu anteu armatur'a  $A$ , apoi  $B$ , apoi era  $A$ , era  $B$  si asia mai inainte, luandu totu de una numai escesulu ce remane pre  $A$  seu  $B$ .

Candă descărcăm ună butilă de Leyden cu ajutorul unui escitatoru, butilă nu se descărcă de totu, ci preste catu-va timpu mai da ună descărcare nouă mai slabă de catu ceca d'anteu și care se pote repeti ună a treia și a patra oră; ceea ce va să dica, cō după fă-care descărcare a unei butille remănu resturi din amendoe electricitati cari au petrunsu pene la ună adencime ore-care și ceru catu-va timpu cā să iasă la suprafeciă, liberată acum de electricitate. Aceste resturi formediă ceea cē s'ă numitu *residuum* și siedu pre feciele sticlei, precum se pote vedea cu ajutorul unei butille cu armature mobile, eră nu lipite, care prin urmăre se pote desface. Paharulu unei asemenea butille ne va areta fenomenulu electricitatiloru condensate, chiaru după ce amu desfacutu armaturele și le amu descărcatu pre fă-care în parte.

Că să cunoscem gradulu de încărcatură unei butille ne servim de aparate de diferite forme, numite *electrometre* precum este a-cell'ă lui *Henley*, descrișu mai susu (§ 2), seu allu lui *Lane* (fig. 115) care pote servi atatu cā să mesoramă lungimea scanteiloru, catu și cā să cunoscem gradulu de încărcare după numărulu scanteiloru cō da la ună distanță fissă a globuleloru *a*, *b*.

Că să ne procurăm cantități mari de electricitate condensată și de ună tensiune mare, trebue cā sticl'ă să fă destulu de grosă și de dimensiuni mari. Că să un devină butillele încomode prin dimensiuni preă mari, se împreună mai multe la unu locu (fig. 116), formandă ună *bateria electrică*. Asemenea candă voimă să experimentămă cu scantei'ă unei baterii asupra diferitelorū corpuri, le asiedimă pre ună mesă particulară (fig. 117), numită și *escitatoru universalu*.

#### § 6. EFECTELE DESCĂRCĂREI ELECTRICE

Descărcarea electrică, adico combinațiunea celorū două electricitati contrarii făcunduse prin mediuloculu diferitelorū corpuri produce asupra lorū diferite efecte; ecce celle mai principale :

1-ia. *Effecte fisiologice* produse asupra organismului cari constau in commotiuni ce simtimu scotiendu scantei din conductorulu unei machinei electrice, seu descarcandu cu mana na butilla de Leyden. Se intiellege ce descarcarea unei butille prea mari, seu a unei batterii intregi, prin corpulu animalu pote aduce effectele celle mai rele si chiaru mortea.

2-lea. *Effecte calorice* insocite si de lumina. *Ludolff* si *Winkler* au observatu cei d'antein ce scantei'a electrica pote aprinde substantie inflamabile, ca eteru, resine, prafu de pusca, hydrogenu si alte. Esperienti'a cu hydrogenu se face intr'unu micu vasu de metallu (fig. 118), numitu *pistolu lui Volta*, in care se introduce pucinu hydrogenu amestecatu cu aeru atmosfericu, apoi se inchide cu unu dopu de pluta. Verg'a de metallu *b*, izolata de vasu prin resina, conduce electricitatea spre peretele interioru allu vasului, unde se produce scantei'a care aprinde amestecatur'a gazelor, asverlindu dopulu afara.

Celle alte substantie inflamabile, sarme, foi subtiri de metallu etc. se ardu pre escitatorulu universalu din fig. 117.

Deca punemu pre na foia de metase unu cartonu presintandu unu desennu facutu cu gauri mici intiepate cu acu, era d'asupra cartonului na foia de auru, si strengemu totulu intr'na pressa, avemu esperienti'a lui *Singer*; adico espunendu aceea foia de auru actiunei unei batterioi electrice, ea se volatilisa si trecendu prin gaurile cartonului se fissedia pre metase, dessemnandu pre densa figur'a din cartonu cu na colore cam violetta care este aceea a aurului volatilisatu in pulvere impalabila.

3-lea. *Effecte mecanice*. Na scanteia electrica de na potere ceva mai mare, condusa printr'unu corpu izolatoru, precum na bucatia de lemnu uscatu, lu farima asverlindu bucatiecele

departe. — Ua tabla de cartonu grosu, sen de stiel'a, asiata intre duoe verfuri metallice (fig. 119), se gauresce, candu descarcamu prin acelle verfuri ua butilla de Leyden mai mare si cu stiel'a mai grosa, ca electricitatilo dupre densa sa pota ajunge la ua tensiune mare. Esperienti'a cu stiel'a se face mai cu successu cu ua butilla, de catu cu ua batteria pre care este mai grou de a o incarca pene la aceeaasi tensiune, din caus'a suprafecci collei mari. — Candu descarcamu ua butilla de Leyden intre duoe globulotie din cari cellu negativu sa fia albu, de ess. de argintu, atunci se observa pro acesta dupre descarcare unu puntu galbenu, provenindu din particelle de metallu (alama) transportate de la globulu + la acellu —. Aceste fenomene de *transportu* au fostu observate de ollandesu *Muschenbroeck*; italianulu *Fusinieri* s'a ocupatu asemea cu studiulu loru.

Electricitatea produce si effecte *magnetiche* si *chimice* cari ensa suntu neinsemnate din caus'a ce ateste effecte ceru unu timpu mai lungu ca sa se produca, pre candu descarcarea electrica este momentanea. Currentii electrici pre cari ii vomu cunosce in sectiunea urmetore, persistandu intr' unu timpu catu vomu de lungu, producu aceste effecte in proportiunile celle mai mari si ne rezervamu studiulu loru pentru aceea sectiune. Aici vomu vorbi numai despre unu effectu particularu alu descarcarei electrice, adico despre formatiunea *ozonului*, descoperitu de elvetianulu *Schönbein*. Candu descarcamu continuu cate-va minute ua machina electrica, se respandosce in aeru ua odore particulara; oxigenulu aerului priimesce sub actiunea electricitatii ua modificare in constitutiunea moleculara a lui, enca pucinu cunoscuta pene acum, dovine mai *activu*, adico i cresce proprietatea oxidatore ce are si pre langa acesta cas-



ciga si odore. Oxigenulu astu-feliu modificatu s'a nunitu ozonu ; ozonisarea lui se produce enca si in alte occasiuni.

### § 7. ELECTRICITATE ATMOSFERICA

Electricitatea machineloru nostre o gasimu gata in atmosfera. Fulgerulu si trasnetulu presintandu analogii mari cu descarcari electrice , au desceptatu de timpuriu attentiunea fisiciloru ; dera trebuia probata essistenti'a electricitatiei in nuori seu in atmosfera. *Franklin* si dupre invitatiunea lui francesulu *Dalibard* au probatu-o ; *Franklin* a intinsu unu smeu de pen-dia in locu de chartia , armatu cu unu verfu metallicu , si a potutu scote scantei electrice din extremitatea inferiora a sforei, dupre ce acesta fiindu ploata a devenitu conductore buna. Electricitatea nuorului ce trecea d'asupra verfului din smeu a attrasu catre sine electricitatea contraria si a respinsu catre partea inferiora a sforei electricitatea de acellasi feliu cu a nuorului.

Electricitate se gasesce si in atmosfera senina , precum a probatu-o italianulu *Beccaria* ; atmosfer'a este totu de una electrisata *positivu*, era suprafeci'a pamentului *negativu*. Cau-sele principale cari producu acesta stare electrica suntu duoe : 1-*iu evaporatiunea* pre suprafeci'a pamentului care este mai mare vera de catu erna ; vaporele cari se redica in susu suntu incarcate cu + E, era pamentulu remanecu - E ; acestu faptu a fostu descoperitu de *Volta*. 2-*lea vegetatiunea*. *Pouillet* a aretatu co in timpulu vegetatiunei se produce electricitate + care merge la vaporele atmosferei si - E care remane pre pamentu. Electroscopu simtitore , armate cu verfuri lungi in partea superiora a loru si espuse in locuri deschise , servescu la constatarea electricitatiei atmosferice.

Vaporele de apa cari se afla in atmosfera suntu purtatorii electricitatiei + si condensenduse in nuori, se cumuledia si electricitatea pro densi. Candu unu nuoru *A* incarcatu cu multa + *E* se apropie de alti nuori, seu de alte obiecte dupre suprafeci'a pamentului, le influintiedia, respinge + *E* si atrage catre sine — *E* descompusa; candu apropierea este destulu de mare intre nuorula *A* si cellu altu obiectu, in catu aerulu din-tre elle sa nu presinte ua izolatiune sufficienta, atunci se va produce ua descarcare electrica, numita *fulgeru* candu se face intre nuori, era *trasnetu* candu se produce intre nuoru si pamentu. Acesta descarcare este insocita de detonatiunea obicinuita a scanteiloru electrice.

Effectele trasnetului suntu ingroditoare si cunoscute de tota lumea; trasnetulu isbesce obicinuitu in verfuri inalte, arbori izolati, masse mari metalico, farima conductorii cei rei ce ise presinta in drumu, topesce pre cei buni, ataca suprafeci'a corpuriloru animale si paralisedia sistem'a nervosa, aducendu obicinuita mortea instantanca. Adesea trasnitii cadu fara sa fia isbiti directu, dera prin effectulu unei contusiuinei, unei comotiunei mai usiore, seu allu simplei sparieturei; atunci se pote aduce unu ajutoru prin frecari cu ammoniacu, stropire cu apa rece si espunero la aeru liberu. Trasnetulu isbindu in masse de nisipu, lu topesce partialu si formedia tuburi gaurite presintandu ua glasura in interioru, ce s'au numitu *fulgurite*.

Americanulu *Franklin* a descoperitu mediulu de a apora edificiuiri de trasnetu, basatu pro proprietatea ce au verfurile de a impedece ingramedirea electricitatiei pro corpulu d'asupra carui elle suntu fissato; dispositiunea acestas'a numitu *parafulgeru*. S'au facutu multe studii si multe reguli au fostu prescise pentru asiediarea ceea mai nemerita si mai practica a

parafulgeriloru; ecce ua idee despre aceste reguli dupre Gay-Lussac. La partea ceea mai inalta a invelitorei edificiului se asiedia ua verga solida de fernu cu sectiune patrata, cu bas'a superiora pucinu mai angusta de catu aceea inferiora, lunga de vre ua 8—9 metre si avendu latur'a bazei de josu ca de vre ua 6<sup>cm</sup> (fig. 120). La estremitatea superiora se afla insiurupata ua verga de alama pucinu conica si lunga de vre ua 6 decimetre, pre care este lipita cu argintu unu verfu de platina lungu de 5<sup>cm</sup>; partea lipita esto incongiurata cu unu annelu de alama. Acestu parafulgeru este pusu in comunicatiune cu pamentu printr'ua sina de fernu vapsitu seu de arama; sin'a se termina cu ua tabla seu cu mai multe, ingropate in adencimea unui putiu care nu seca vera, seu intr'ua gropa adenca care se conserva totu de una umeda. Invelitorea metallica a edificiului, precum si masse mari metallice ce s'aru afla in interiorulu lui, trebuescu puse in ceea mai perfecta comunicatiune cu parafulgeru. Electricitatea provocata asupra edificiului la apropierea unui nuoru electricu se scurge prin parafulgeru care opresce ingramedirea electricitatiei pre densu si prin urmare nu lasa sa se faca descarcarea violinte sub forma de trasnetu. Se intiellege de sine co parafulgerulu da scurgere nu numai electricitatiei din edificiu, care ar fi pucina, dera enca si aceeai din interiorulu pamentului care se rapede catre edificiu, ca catre unu puntu proeminentu allu pamentului.

Efficacitatea parafulgerului se marginesce la unu spatiu impregiurulu vergelei scose d'asupra invelitorei de ua radia care nu trece multu preste induoitulu lungimei vergelei, adico, in casulu nostru care este cella mai comunu, de vre ua 20 metre; de aceea pre case mari se ceru mai multi asemenea parafulgeri. Se intiellege co effectulu loru incetedia, candu comu-

nicatiunea cu pământu este intrerupta, seu deca in apropierea loru suntu parti proeminente alle edificiului, seu chiaru alte edificiuri mai inalte; atunci aru trebui ca si aceste obiecte inalte sa 'si aiba parafulgerii loru.

*Lumin'a polara*, numita si *aurora boreala*, este unulu din meteorele celle mai frumoase, se vede raru in regiunile nostre, adesea ensa in tierrile nordice, seu in acelle despre polu sudu. Intensitatea fenomenului este forte variabila si raru se vede in tota perfectiunea atatu in privinti'a coloriloru, catu si a radiarei si a estensiunei ce ia in firmanentu. Obicinuitu catre sera dupre apusulu sorelui se observa la nordu langa orizontu, in *directiunea meridianului magneticu*, unu velu subtile si negriciosu printre care se cunosc stelele si d'asupra lui se vede ua banda de ua lumina slaba care marginesce acellu velu si i da form'a unui segmentu de cercu; in currendu acesta banda luminosa se intinde, casciga in inaltime si tota partea cerului despre nordu se afla incinsa de ua lumina ce falsae si da radie divergente in tote directiunile (fig. 121); aceste radie paru co pleca tote de la unu pntu sub orizontu, arelatu de *magnetulu bussolei de inclinatiune*. Colorea varièdia de la albu la rosiiu, purpuriu, galbenu si verde. Candu fenomenulu se presiuta cu tota splendorea lui, atunci radiele atingu zemitulu, trecu chiaru preste densu si formedia *coron'a*, candu atunci lumin'a incepe a dispore. Preste totu timpulu catu sta fenomenulu si chiaru inainte de a incepe, *aculu magneticu* este devietu din positiunea lui si se afla in miscare continua de oscillatiune.

Natur'a acestui meteoru si causele cari lu producu suntu enca pucinu cunoscutu si cu tote co essista ua litteratura intinsa asupra lui, totusi ensa nu avemu de catu numai coniec-

ture asupra luminei polare. Unii, avendu in vedere legatur'a ce essista intre acesta si magnetismulu pamentului, au consideratu-o ca unu meteoru magnetica, mai alesu dupre ce Faraday a aretatu co magnetismulu are ua influintia asupra luminei, si Humboldt care represinta acesta teoria considera lumin'a polara ca *descarcarea* (adico ecilibrarea) unei *furtune magnetice*, intocmai precum se face ecilibrarea electricitatiloru contrarii prin productiunea fulgerului. Alti gasescu ua analogia intre auror'a boreala si descarcarea electricitatiei prin verfuri si, avendu in vedere co atatu atmosfer'a catu si pamentulu au totu de una electricitati contrarii, o declara ca unu fenomenu electricu. Connexiunea ce essista intre acesta si magnetismu s'ar esplica atunci prin influinti'a ce electricitatea este in stare sa produca asupra magnetismului, precum vomu vedea in sectiunea urmatore. *De la Rive* din Geneva care represinta acesta teoria o resuma astu-feliu. Se scie co la regiunile ecatoriale alle pamentului, unde caldur'a este mare si evaporatiunea abundanta, se producu currenti ascendenti cari redica in susu aerulu caldu si dilatatu impreuna cu vapore de apa. Aerulu caldu si cu vaporele de apa se reversa de acolo catre cei duoi poli ai pamentului, producendu currentii superiori, cunoscuti din geografia fisica, cari catre regiunile polare se lasa in josu, peno chiaru la suprafeci'a pamentului. Vaporele de apa venindu astu-feliu catre locuri mai reci, se condensa progressivu, transformanduse chiaru in ace de giatia. Dera impreuna cu vapore se condensa si electricitatea atmosferica purtata de elle, precum amu vediutu mai susu, si acesta electricitate positiva a aceloru de giatia se descarca continuu catre electricitatea negativa a pamentului, producendu fenomenulu luminei polare. In partea inferiora a atmosferei, langa suprafeci'a pa-

mentului de pre la poli, acele de giatia aflanduse in numeru mai mare si mai desi, formedia ca unu feliu de velu mai pucinu transparente prin care nu pote strabate lumin'a slaba a meteorului, si astu-feliu s'aru produce segmentulu obscuru de sub auror'a polara. Se intiellege ensa co si acesta esplicatiune represinta ua coordinare ingeniosa de fapte si de hypotese cari lasa enca multe lacune in privinti'a unei cunoscintie profunde a fenomenului in tote fazele lui.



## SECTIUNEA V.

# GALVANISMU SEU ELECTRICITATE DINAMICA

### § 1. CURRENTI HYDROELECTRICI

Electricitatea pe care am studiat-o în secțiunea precedentă este mai cu deosebire caracterizată printr'această, că poate fi cumulată în cantități mari asupra unui conductor și poate ajunge la o tensiune asemenea mare, când atunci descărcarea se face instantaneu și fără ca să mai rămână în genere vre o urmă de electricitate. În această secțiune vom cunoaște moduri de a produce un *currentu* continuu de electricitate de o tensiune în genere mică, care se descarcă continuu și într'unu timpu câtu vomu de prelungitu.

Enca de multu unu învetațu germanu, *Sulzer*, a observatu că punendu limb'a între două bucăți de metale diferite, de ex. zincu și cupru, ce se atingu în esteriorulu gurei, simțimu unu gustu acru sau amar, după cum atingemu partea superioară a limbii cu zincu sau cu cupru. Acestu fenomen a rămasu izolatu, uitatu și neexplicatu; astăzi însă se știe că este unu effectu chimicu al electricității produse la contactulu

metaleloru între ele și cu licidele gurei. — Pe la 1789 mediculu italianu *Galvani*, facendu studii fiziologice asupra brosciei, a observatu că o broască jupuită și aternută la grillagiulu unui balconu făcea miscări convulsive de ori câte ore se atingea de grillagiu cu extremitățile libere alle selle și a atribuitu aceștia unui fluidu electricu particularu allu brosciei. *Volta*, professoru de fizică la Pavia, studiendu de aproape acestu fenomenu, i a datu adevărată esplicatiune, considerandu convulsiunile brosciei ca unu simplu effectu allu descărcării *electricitatiloru produse la contactulu a două metalle eterogene*, de ess. allu ferului cu alamă din grillagiu. Tota lumea a recunoscutu atunci o nouă cauză de producțiune a electricitatiloru, *contactulu a două metalle*. Electricitatea produsă în aceste împrejurări are o tensiune forte slabă, însă se produce continuu; ea a fostu numită *galvanismu*. Ecce experiență fundamentală a lui *Volta*: tăiamu o broască și i lepadamu partea anterioară, jupuim restulu de piele și atingem cu unu arcu bimetallicu (zinco și cupru) nervii de pe lângă colonă vertebrală și mușchii picioareloru de înderetu; atunci broască intră imediatu în convulsiune, precum se vede în fig. 122.

Abia se formă teoriă de contactu a lui *Volta*, cându chimiștii și fizicii au începutu a i opune *teoriă chimică*, după care electricitățile aru fi produse prin reacțiunile chimice d'între metalle și licidele gurei seu alle brosciei; *Wollaston*, *Faraday* și *de la Rive* suntu cei mai principali reprezentanți ai acestei teorii. Luptă între partizanii acestor două teorii a fostu lungă și pene astăzi chiaru nu este încă probatu prin fapte necontestabile căre din aceste două teorii este cea bună. Faptulu este că currentii galvanici suntu însoțiți de reacțiuni chimice, că reacțiunile chimice produc currenti galvanici, că a-



cestia se producu, de si slabi, si prin simplulu contactu a duoe metalle, seu in genere a duoe corpuri eterogene, fara sa precede reactiune chimica.

Ecce esperienti'a fundamentala a lui Volta prin care se demonstradia co *contactulu* singuru pote produce electricitate. Ua lama compusa din doue bucati, un'a de zincu *z* si alta de cupru *c*, se pune pre condensatorulu unui electrometru (fig. 123), pre candu tabl'a inferiura a condensatorului se atinge cu degetu. Departandu apoi successivu degetulu, lam'a *zc* si disculu superioru allu condensatorului, foile electrometrului divergu cu electricitate —, deca amu atinsu cu *z*, cu electricitate +, deca amu atinsu cu *c*.

*Schönbein* diu Elvetia a combinatu aceste duoe teorii si a formatu ua teoria noua, care pare a fi ceea mai buna. *Schönbein* a recunoscutu co conditiunea neaperata pentru productiunea unui currentu galvanicu este *contactulu unui metallu cu unu licidu*; deca pre langa acesta se producu si ua reactiune chimica intre metallu si licidu, currentulu este de ua intensitate mai mare. Electricitatea + se producu pre licidu, aceea — pre metallu, si acest'a este cu atatu mai electronegativu, cu catu este mai tare atacatu de catre licidu. La esperienti'a mai susu descrisa a lui Volta (fig. 123) lamele *zc* si a-celle a condensatorului porta totu de una pre dense unu stratu de vapori de apa. Ecce intre multe esperentie aceea a fisicului germanu *Buff* care demonstradia necontestatu productiunea electricitatii la contactulu metalleloru cu licide. Departamu disculu superioru allu condensatorului si lu inlocuimu printr'unu discu ceva mai mare de sticla care sa isoledie bine (fig. 124); punemu d'asupra lui ua foia de chartia immoiata cu apa, seu cu vre unu altu licidu; apoi stabilimu comunicatiunea intre licidu si disculu *z* cu ua serma *z* de acelaasi metallu; atunci foile voru diverge cu — E.

Ceea ce caracteriza mai cu deosebire electricitatea produsa prin reactiunile chimice, seu in genere prin contactulu metalleloru cu licide, este continuitatea de productiune si pentru acesta s'a si numitu *electricitate dinamica*, seu in *miscare*, seu si *currentu electricu*. Mai

tardiu vomu deosebi mai multe feluri de currenti electrici; pre aceia cari ne ocupa acum si cari se producu prin contactulu metalleloru cu licide ii numimu mai specialu *currenti hydroelectrici*.

Unu *elementu galvanicu* seu *voltaicu* se numesce ua impreunare de mai multe substantie, licide si metallice, capabile de a produce, fara vre ua actiune mecanica, unu currentu electricu; astu-feliu este arculu bimetallicu alu lui Volta. Ua impreunare de mai multe elemente formedia ua *colona* seu *bateria galvanica*. — Estremitatile elementului seu alle bateriei galvanice se numescu *poli*; *positivu*, acell'a care vine de la licidu, *negativu* acell'a care vine de la metallulu atacatu de licidu. — Sinele seu sermele aternate la poli ca sa conduca electricitatile la distantie mai mari seu mai mici se numescu *reofori* si estremitatile acestora, *electrode*, pre cari le deosebimu in positivo si negative, dupre polulu cu care comunica. — Prin *sensulu* seu *directiunea* currentului intielleghem di-rectiunea in care circula electricitatea positiva, adico de la contactu intre licidu si metallu spre licidu, la reoforu positivu, acellu negativu si inderetu la metallu atacatu,

## § 2. DIFFERITE FELIURI DE ELEMENTE SI BATTERII GALVANICE

Elementele si batteriile galvanice s'au construitu sub formele celle mai variete; le deosebimu in duoe clase: celle mai vechi, cu *currentu variabilu* si cu unu licidu; si celle mai noue, cu *currentu* aproape constantu si in genere cu duoe licide.

*Colon'alu Volta* este formata, precum se vede in fig. 125, de discuri de *zinco*, *cupru* si *postavu* immoiatu in apa sarata, suprapuse in ordinea indicata. Greutatea acestora discuri pro-

duce storcerea licidului din postavu și împedeca prin urmare formarea unei colone cu prea multe elemente.

Pentru a evita inconvenientulu colonei lui Volta s'au construitu *batterii cu pahare* mici în cari se pune licidulu, ap'a sarata seu acidulu sulfuricu dilutu cu multa apa; lame induoite de *zinco* și *cupru* se asiedia în fia-care duoe pahare consecutive (fig. 126). Institutulu regalulu la Londra are ua asemenea *bateria de 2000 elemente*, vestita prin experientiele lui *Davy*.

*Bateri'a lui Wollaston* (fig. 127) este analoga cu acesta, numai *zinculu* presinta ua lama mare induoita în giurulu *cuprului*, pentru ce *Wollaston* a descoperitu ce *currentulu* este multu mai puternicu, candu *zinculu* presinta ua suprafecia mai mare.

*Colon'a uscata a lui Zamboni* este formata în aparintia fara licidu. Ea se compune prin suprapositiune de discuri de *chartia* (care are totu de una umediala); pre un'a din feciele *chartiei* se afla lipita ua foia de *cositoru*, pre ceea alta se freca cu pluta pulvere de *superoxidu de manganu*. Aceste colone se facu cu unu numeru mare de elemente seu discuri, de la 2000 în susu, și cu tote astea efectele loru suntu minime. Elle au ensa ua aplicatiune importanta pentru constructiunea unui *ele-trometru* din celle mai simtitore, acell'a a lui *Bohnenberg* (fig. 128), în care ua foia de *auru* atarna între cei doi poli ai *bateriei* și este atrasa, candu de unu, candu de altu, dupre cum va fi *electrisata* + seu —.

Aceste diferite elemente slabescu *currentulu*, mai cu seama din caus'a *reactiunilor chimice*, cari se producu în interiorulu elementului și dau nascere la *currenti secundari* de sensu contrariu; ap'a se descompune, *oxigenulu* ei rode *zinculu* și se formedia în solutiune *producte* cari slabescu actiunea *licidului* pre *zinco*; era *hydrogenulu* formedia unu *stratu de gazu* care a opere *suprafecia cuprului* și i opresce *contactulu* *immediatu* cu *licidu*, ceea ce esprimamuu dicendu ce *metallulu*

*electronegativu* (1), adico cuprulu, s'a polarisatu. Prin acesta polarisatiune aflanduse acum in contactu alte corpuri (cupru cu hydrogenu), se producu currenti secundari, contrarii celloru primitivi, cari contribuescu enco si mai multu la slabirea acestoru din urma. Pentru a scapa de polarisatiunea acesta s'a construitu ua multime de elemente, mai alesu cu duoe licide, in cari currentulu este aproape constantu. Aici vomu descrie cate va din elle.

Elementele *Bunsen* (fig. 129) suntu celle mai active si prin urmare celle mai intrebuintiate. Intr'unu paharu de sticla seu de porcellana se afla unu cilindru de zincu deschisu la amenduoe capete; in interiorulu lui se afla unu vasu de pamentu porosu si intr'acesta, unu carbune in forma de cilindru seu de prisma. In vasulu cu zincu se pune acidu sulfuricu englesu, dilutu cu 7—8 parti de apa; in vasulu porosu cu carbune se pune acidu nitricu concentratu seu mai bine *fumans*. Zinculu, inainte de a fi intrebuintiatu, trebuesce *amalgamatu*, ceea ce se face in diferite moduri; mai anteu se curetia bine, apoi se spala successivu in acidu sulfuricu dilutu si in apa si atunci se cufunda intr'unu paharu plinu cu mercuriu, d'asupra carui s'a pusu acidu chlorhydricu ca de unu degetu; se spala din nou cu apa si apoi se usuca. Carbunele, care aici tine locul cuprului si este multu mai electronegativu de catu acesta si nealterabilu, se prepara dintr'ua amestecatura de prafu de carbuni de petra si de *coaks*, calcinata tare in forme de feru, udata cu ua solutiune de zaharu si calcinata de allu dooilea.

— Zinculu amalgamatu se conserva mai bine de catu acellu curatu si apoi s'a observatu ca productiunea de electricitate este multu mai abundanta la contactulu lui cu acidu sulfuricu,

(1) Pentru consideratiuni ce vomu espune mai tardiu (vedi § 5) numimu zinculu *electropositiv*, era cuprulu *electronegativ*. Aceste numiri se aplica si la substantiele cari ara inlocui in alte elemente zinculu si cuprulu.

pre candu cu zincu curatu reactiunea este tumultuosa, incetedita currendu si impreuna cu densa si electricitatea. Pre de alta parte hydrogenulu care tinde a se ingramedi pre metalulu electronegativu (carbunele) gasindu aici acidu nitricu, lu descompune partialu, se combina cu unu ecivalentu de oxigenu producendu apa si vapori rosii de acidu hypoazoticu, si cu modulu acesta se impedece polarisatiunea vatematore a carbunelui.

Elementulu englesului *Daniell*, asemenea forte intrebuintiatu, mai alesu pentru co intretinerea lui costa pucinu, da mai pucina cantitate de electricitate si se deosebesce de acellu Bunsen numai printr'acesta co carbunele si acidulu nitricu suntu inlocuite prin *cupru* si ua solutiune de *petra veneta* seu sulfatu de cupru.

In elementulu lui *Grove* care da rezultate totu asia de bune ca si Bunsen, ensa costa multu mai scumpu, carbunele este inlocuitu printr'ua lama de platina care asemenea este nealterabila.

*Ruhmkorff* da astadi elementelor Bunsen form'a rectangulara; carbunele si zinculu suntu facute in forma de table, zinculu ensa induoitu de mare de catu carbunele si incóngiora pre acesta.

Elementulu englesului *Smee* si acella *Bunsen* cu *bichromatu* de potassa suntu cu unu singuru licidu si dau unu currentu tare si constantu. Cellu d'anteiu este formatu de ua lama de platina *platinata* (frecata la supraf'cia cu pulvere de platina care opresce depositulu de hydrogenu) si de una de zincu, isolate intre elle si cofundate intr'unu paharu cu acidu sulfuricu dilutu. Cellu d'allu duoilea se compune de ua tabla de carbune si una de zincu, asemenea isolate si cofundate intr'ua solutiune de bichromatu de potassa in apa acidulata cu acidu sulfuricu. Amenduoe dau rezultate bune si suntu libere de vaporile superatore de acidu hypoazoticu, ce se producu cu elementele obicinuite Bunsen.

In fine englesulu *Grove* a construita elemente si batterii cu *gazu* oxigenu si hydrogenu in locu de cupru si zincu.

### § 3. DIFFERITE ALTE CAUSE DE ELECTRICITATE; TERMoeLECTRICITATE

Frecarea, influința, contactul și reacțiunile chimice nu sunt singurele cauze cari pot produce electricitate. Diferite acțiuni mecanice, lovirea (când se spargem zahărul), presiunea, flexiunea, despicarea unui cristallu, etc. produc asemenea electricitate. În fine caldura este încă o cauză foarte energică de producție a electricității.

*Brewster* a numit *pyroelectricitate* proprietatea ce au diferite cristalle, mai cu seamă *turmalin*'a, de a deveni electrice, când temperatura lor variază, adică în timpul încălzirii sau răcirii lor, fenomen observat pentru întâia oară de olandezul *Aepinus*; aceste cristalle prezintă chiar o *polaritate*, adică doi poli, unul pozitiv și celălalt negativ.

*Seebeck* din Berlin a descoperit pe la 1821 *termoelectricitatea*. Dacă încălzim un cerc format din două metale diferite la unul din punctele unde sunt lipite, răsce un curent electric, numit *termoelectricu*, care circulă de la punctul încălzit spre celălalt prin celălalt mai electropozitiv din metalele lipite împreună. În seria următoare: *antimoniu, fier, cupru, platina, bismut*, etc., antimoniu este cel mai electropozitiv, iar bismutul cel mai electronegativ. Fig. 130 reprezintă un *termoelementu* format din cupru și antimoniu; acul magnetic asediat în interiorul cercului este deviat din poziția lui de ori câte ore se produce curentul prin căldură.

Diferențe fizice între cari *Poggendorff, Nobili, Melloni, Marcus* și acum de curentul *Clamond* au construit coloane și baterii termoelectrice producând curenti de o intensitate mai mică sau mai mare, la unele ecuații cu aceeași număr de elemente Bunsen. Termoelementele din cari se compune bateriile lui *Clamond* se fac din *fer* și *galena* și bateriile se încălzesc cu flacăra de gaz.

În fine trebuie să observăm că în actul vieții vegetale și animale se produce electricitate. Vegetația este una din cauzele de producție a electricității atmosferice; se cunosc pești cari au proprietatea de a dezvolta cantități mari de electricitate; în fine

*Dubois Reymond* din Berlin si alti au observatu electricitatea produsa la diferite contractiuni musculare.

#### § 4. EFECTELE CURRENTILORU ELECTRICI

*Effectele fisiologice* asupra organismului mortu seu viu constau in commotiuni, miscari convulsive, produse numai la inchiderea seu la deschiderea unui currentu galvanicu. Aceste efecte cresc in intensitate cu numerulu elementelor voltaice din cari se compune batteri'a. Se intiellege de sine co corpurile morte nu essecuta miscarile convulsive de catu numai currendu dupre incetarea vietiei, inainte de a si perde totalu elasticitatea membriloru loru. Reoforii unei batterii de 2 — 3 elemente Bunsen pusi la tamplu udate pucinu, seu la verfulu nasului si allu limbei, irrita intr'unu modu specialu ochiulu si producu asupra-ne simtirea unoru lumini slabe subjective; asemenea potemu produce asupra-ne simtirea de sunete, punendu reoforii la urechi udate pucinu.

*Effectele calorice* produse prin currenti galvanici suntu insemnate prin intensitatea, precum si prin aplicatiunile loru. Intensitatea loru cresce asemenea cu numerulu elementelor, dera mai cu deosebire cu suprafeci'a seu marimea loru. Serme subtiri si lungi de cupru, feru, platina, etc., intinse drepte seu in forma de spirale intre extremitatile reoforiloru se incaldiescu si devinu incandescente; bucati si foii acestoru si altoru metalle, puse intre extremitatile reoforiloru, se topescu si ardu, oxidanduse, cu flacare de diferite colori, dupre natur'a metalului; platin'a se topesco numai, fara a se oxida; licidele in cari se cufunda aceste serme se incaldiescu si potu sa ferba, celle combustibile, ca alcoolu, se si aprindu.

Englesii *Davy* si *Joule* si *Lenz* din Petersburg au descoperit legile dupre cari se face incalzitul sermelor; *acesta este 1-ia proportionalu cu resistantia lor la trecerea electricitatii*, astu felu in catu ua serma se va incaldi cu atata mai multu cu catu este mai subtire si cu catu conduce electricitatea mai reu; *2-lea incalzitulu este proportionalu cu patratulu cantitatii de electricitate ce trece prin serma.*

Productiunea de caldura prin currenti electrici a gasitu ua aplicatiune la medicina pentru a face cauterisari, in locul ferului rosu care se intrebuintiedia obicinuita: *Middeldorff* din Breslau a facutu acesta aplicatiune importanta care s'a numitu *galvanocaustica*. Serme seulamo mici de platina se aplica reci la partile de cauterisatu, apoi se inchide currentulu unei baterii de cate-va elemente Bunsen, obicinuite seu cu bichromatu de potassa, si sermele incaldunduse se essecuta caut-risarea.

Ua alta aplicatiune importanta a caldurei electrice se face la aprinderea minelor; fiseculu cu erba de pus'a se afla la extremitatea reoforilor uniti printr'ua serma subtire, care devenindu incandescenta la inchiderea currentului, aprinde erb'a. Acesta operatiune se face astadi mai comodu cu aparatele de inductiune ce vorun cunosce mai tardiu.

*Effectele luminoase* produse intre extremitatile reoforilor suntu forte intensive si variedia cu natur'a substantielor cari termina reoforii. *Lumin'a electrica* seu *arculu voltaicu*, descoperitu de englesulu *Davy*, se produce obicinuitu intre doae betie de carbunu tare (coaks seu mass'a din care se facu carbonii elementelor Bunsen) ascutite si departate la ua distantia forte mica. Pentru productiunea unei lumini electrice continue si intensive se cere unu numeru de elemente Bunsen mari cellu pucinu intre 50 si 100. Numerulu elementelor fiindu mai mare, lumin'a cresce si mai multu; atunci carbonii se potu departa mai multu, arculu voltaicu se lungesce, ensa slabesce



in intensitate luminosa. Carbunii ensusi devinu incandescenti, mai alesu acellu positivu care se si consuma mai iute. In golu arculu voltaicu pote deveni mai lungu si se areta stratificatu.

#### § 5. EFECTE CHIMICE SEU ELECTROCHIMIA; GALVANOPLASTIA

Sub nume de *electrochimia* intiellegemu nu numai efectele chimice alle currentiloru galvanici, dera in genere tote relatiunile cari essista intre electricitate si reactionile chimice.

Effectele chimice constau in genere in descompositiunea corpuriloru in elementele loru. Englesii *Carlisle* si *Nicholson* au descompusu cei d'anteiu ap'a la 1800; descompositiunea se pote face intr'unu apparatusu numitu *voltmetru* (fig. 131); ap'a este pucinu sarata seu acidulata, ca sa conduca currentulu electricu; electrodele suntu formate de lame de platina. Candu currentulu circula, se vedu besice de gazu producenduse la celle duoe electrode si deca resturnamu pre densele vase de sticla, hydrogenulu se ingrainedesce la electrodulu — *h*, era oxigenulu la electrodulu + *o*. Trebuie sa observamu co oxigenulu astu-feliu produsu este *ozoniatu*, ceea ce se cunosece si dupre odore.

Pre la 1803 *Berzelius* a descompusu tote sarile cu ajutorulu currentiloru galvanici si a aretatu co bas'a seu metallulu bazei se depune la electrodulu —, intocmai ca hydrogenu, era acidulu seu metalloidulu lui la electrodulu +, ca oxigenu. *Berzelius* a deosebitu atunci corpurile si elementele in *electropositive* cari la descompositiunea acesta se ingrainedescu la polulu —, si in *electronegative* cari se ducu la polulu +; si a fundatu teori'a lui electrochimica in a carei studiu nu potemu intra aici. — Pre la 1807 *Davy* a descompusu chiaru potass'a si sod'a cu ajutorulu unui currentu puternicu.

Descompositiunea unei sari se areta obicinuitu la cursuri de fisica punendu solutiunea unei sari (de ess. sulfatu de potassa) colorata cu ua tinctura violetta intr'unu tubu de sticla induoitu; se introducun apoi reoforii la celle duoe guri alle tubului si licidulu dintr'ensu se coloreadia *rosiu* pre langa electrodulu +, unde vine acidulu, si *albastru* pre langa acellu —, unde se duce bas'a.

Inelele lui *Nobili* constitue ua experientia interessanta basata asemenea pre descompositiunea produsa prin currenti galvanici. Pre ua lama de argintu seu de ocielu (fig. 132), comunicandu cu polulu + unui elementu Bunsen, punemu ua picatura de acetatu de plumbu, si aducemu de susu reoforulu — de platina impregiurulu carui se formedia deposite annulare de oxidu de plumbu cari producun unu effectu de lumina particularu, seu innelele lameloru subtiri, despre cari vomu trata in Optica.

Precum currentii galvanici producun descompositiuni chimice alle corpuriloru, asemenea combinatiunile chimice potu produce la rondulu loru currenti galvanici, precum amu mentionatu-o la inceputulu acestei sectiunei, ceea ce a fostu constatatulu de catre *Oersted*, *Becquerel* si alti. In aceste reactiuni bas'a se incarca cu — E, era acidulu cu + E, precum se pote vedea prin dispositiunea fig. 133. Acidulu A comunica cu bas'a B printr'ua legatura de bombacu si se combina intr'ensu; reoforii de platina A si B conducun electricitatile la unu voltmetru seu la vre unulu din *reometrele* ce vomu cunosce mai tardiu si areta directiunea currentului.

*Faraday* care s'a ocupatu multu cu actiunile chimice alle currentiloru galvanici a introdusu si ua nomenclatura particulara: a numitu *electrolysa* descompositiunea chimica produsa prin currentu; *electrolytu*, substanti'a supusa descompositiunei; *electrode*, estremitatile reoforiloru introduse in electrolytu etc. *Faraday* a descoperitu

pre la 1832 *legile electrolysei* din cari celle mai principale suntu :

1) Poterea chimica, adico de descompositiune, a unui currentu galvanicu este aceeași in tote partile lui. — Acesta se pote constata intercalandu voltametre la diferite puncturi unui cercu metallicu inchisu in care circula currentulu ; cantitatile de apa descompusa voru fi acelleasi la tote voltametre.

2) Cantitatile substantieloru descompuse suntu proportionale cu cantitatea electricitatii ce trece intr'unu timpu determinatu. — Acesta se pote constata prin dispositiunea fig. 134 ; unu currentu care trece prin voltametrulu *m* se bifurca apoi si trece prin alte duoe voltametre *a*, *b*, unde cantitatile gazeloru produse suntu ecale intre elle, ensa pre diumetate de catu in voltametrulu *m*.

3) Cantitatile elementeloru chimice descompuse in mai multe electrolyte suntu proportionale cu ecivalentele chimice alle elementeloru. — Acesta se pote constata, facendu sa treca acellasi currentu prin mai multe vase de stiela seu porcellana, cari cuprindu solutiuni saline de diferite metalle, si determinandu cantitatile de metallu depusu la electrodele negative.

Ua applicatiune importanta a electrochimiei este *galvanoplasti'a*, descoperita mai in acellasi timpu pre la 1837 de *Jacobi* in Russia si *Spencer* in Anglia. Prin art'a galvanoplastica se pote face dupre unu originalu (ua moneta, medallia, etc.) unu seu si mai multe modelluri in copi'a ceea mai essacta, de cupru seu si de vre unu altu metallu. Intr'ua solutiune de sulfatu de cupru de ess. se introducu cei duoi reofori ai unui elementu Daniell seu Bunsen ; la reoforulu negativu aternamu objectulu originalu, dosulu carui lu acoperimu cu cera seu cu vre ua alta substantia izolatore. Prin actulu electrolysei se depune pre faci'a acellui objectu ua pulvere nepalpabila de cupru metallicu care in currendu formedia ua massa metallica adherenta ce se pote desface de originalu si represiunta ua copia

fidela, ensa inversa. Tote modellurile scose dupre acesta anteia copia voru fi drepte.

In locu de a espune originalulu ensusi la baia de cupru, se face mai obicinuitu unu modellu de guttapercha, seu de vre ua alta substantia analogă, ce se comprima tare cu ajutorulu unei presse pre originalu si da unu modellu inversu; pre faci'a acestui se pune cu ua pinsula unu stratu sublire de grafitu, ca sa conduca electricitatea.

Prin art'a galvanoplastica potemu acoperi unu objectu preste totu cu unu stratu mai sublire seu mai grosu de unu metallu, de cupru, argintu, auru, etc., adico potemu *galvanisa, auri, argintui*, etc. unu objectu, operatiune care se facea alta data prin suflare cu mercuriu. Objectele de argintuitu, auritu, precum candelabre, linguri, etc. se punu la electrodulu negativu intr'ua baia ce cuprinde in solutiune ua sare de argintu, auru, etc.; era la electrodulu positivu se aterna ua lama de argintu seu de auru, dupre cum va fi bai'a ensasi de argintu seu de auru. Galvanisarea va fi cu atatu mai perfecta, cu catu objectele au fostu mai curate, cu catu solutiunea baii este mai slaba si cu catu currentulu ensusi este mai slabu; se intielege ensa co atunci si galvanisarea cere unu timpu mai lungu, de mai multe zile.

#### § 6. EFFECTE MAGNETICE SEU ELECTROMAGNETISMU

Sub nume de *electromagnetismu* intielegemu era nu numai effectele magnetice alle currentiloru galvanici, dera in genero tote relatiunile cari cossista intre electricitate si magnetismu. Sub punctulu acesta de vedero, differite fenomene ce avemu sa studiemu mai tardiu in articole urwetore facu parte, mai multu seu mai pucinu, din teori'a electromagnetismului.

Effectele magnetice ale currentilor galvanici sunt de doue feluri; ele constau sau intru a influentia magnetii in fiintia, sau intru a provoca, a produce magnetismul ensusi, chiaru acolo unde nu exista unu magnetu. Danesulu *Oersted* a descoperitu cellu d'anteiu pre la 1820 actiunea currentilor asupra magnetiloru. *Unu currentu galvanicu care trece in apropierea unui magnetu lu deviedia din positiunea lui NS si tinde a lu pune perpendicularu pre sinesi cu polu N la steng'a, cu polu S la drept'a unui observatoru care s'ar afla in currentu cu capu inante si cu facia spre magnetu.* Fisiculu francesu *Ampère*, care s'a ocupatu multu cu studiulu actiuniloru mutuale ale currentiloru si ale magnetiloru, a introdusu in enunciulu de mai susu allu regulei lui *Oersted figur'a* de omu spre a evita ori ce confusiune la aplicarea acelei regule.

Magnetulu fiindu totu de ua data supusu si actiunei pamentului, se va departa de positiunea lui, adico de meridian'a magnetica, mai multu sau mai pucinu, dupre cum actiunea currentului va fi mai tare sau mai slabu. Acesta actiune este 1-ia proportionala cu cantitatea de electricitate care circula in currentu; 2-lea proportionala cu intensitatea currentului; si allu 3-lea sta in raportu inversu cu patratulu distantiei; precum se pote constata cu aparatele ce vomu cunoose in articolulu urmetoru.

Cate va luni dupre descoperirea lui *Oersted*, englesulu *Davy* si francesulu *Arago* au observatu co ferulu mole ensusi pote deveni magneticu sub influenti'a unui currentu galvanicu care circula in giurulu lui; ba enca ua simpla spirala, na *bobina*, formata de mai multe strate de serma de cupru izolata cu lana sau metasse si infasiorata in forma de spirala, manifesta tote caracterele magnetiloru, atrage ferulu, are poli, etc.,

candă facem să circule în aceea șermă unu currentu galvanicu. Ua bucata de feru mole infasiorata cu șermă în care pote circula după voia unu currentu galvanicu s'a numitu unu *electromagnetu* și reprezintă unu magnetu temporaru. Polii N și S se formedia în electromagnetu totu după regul'a lui Oersted seu figur'a lui Ampère.

Se întiellege de sine co și ua bucata de oțielu devine magnetica sub influință a unu currentu galvanicu și acesta constituie *ceea mai bună metoda pentru a face magnetii permanenti cei mai tari*. Pentru acesta seu introducem bucata de oțielu într'ua bobina în care circula unu currentu galvanicu, seu potemu enca întrebuinti'a metod'a frecarei, frecându oțielulu la polii unu electromagnetu puternicu.

Electromagnetii se potă face de dimensiuni și de ua potere potemu dice nelimitate; magnetisarea și desmagnetisarea loră este momentana. Poterea electromagnetiloră depinde :

1) de dimensiunile ferului, enca cresce mai currentu cu lungime, adico cu distanță a poliloră, de catu cu grosime;

2) de intensitatea currentului; poterea electromagnetului cresce cu acesta, fara ca să fia proportională, și ajunge pene la ua limită, pene la *saturatiune* ;

3) de numerulu spireloră și alu stratoru suprapuse de șermă izolată și cresce cu acesta, precum și cu grosimea șermăi.

Electromagnetii prezintă unu fenomenu particularu, acell'a alu *sunetului galvanicu* care se aude candă în succesiune rapede închidem și deschidem currentulu unu electromagnetu, adico la magnetisamă și lu desmagnetisamă. Pentru observatiunea acestora sunete potă servi și dispozițiunea arătată de *Wertheim* în care ua vergă de feru mole, fissată la mediulocu, se află asiediată în interiorulu a duce bobine magnetisatore, în lungulu axului loră.

Electromagnetii prezintă enca unu fenomenu analogu cu acell'a alu residuului bateriiloră electrice, adico conserva pucinu magnetismu,

numitu *remanentu*, si dupre ce a incetatu currentulu galvanicu de a circula in giurulu loru.

#### § 7. REOMETRE

*Rcometre* seu *galvanometre* se numescu instrumente destinate ca sa mesore intensitatea currentiloru galvanici; voltmetrulu descriu mai susu este unu reometru. Aceste instrumente nu au ajunsu la ua simtibilitate mare, decatu dupre descoperirea electromagnetismului de catre Oersted. *Schweigger* a avutu cellu d'antein ide'a de a intrebuintia deviatiunea produsa de unu currentu asupra acului magneticu si a construitu galvanometrulu seu *multiplicatorulu*. Acesta se face astadi in diferite forme; fig. 135 represinta unu galvanometru simplu, formatu de unu acu magneticu asiediatu in mediuloculu unei cercevele de lemn, preste care este infasiorata in mai multe strate serma de cupru izolata cu metasse. Candu punemu reoforii la extremitatile acelei serme, aculu va devia din positiunea lui, la dreapta seu la stenga, dupre directiunea currentului si dupre regul'a lui Ampère, cu atatu mai multu cu catu currentulu va fi mai tare.

Magnetismulu pamentului tinde a micusiora deviatiunea acului magneticu produsa de currentu si, deca acesta va fi slabu, deviatiunea nu se va potea produce. Ca sa maresca simtibilitatea reometrului, *Nobili* a introdusu in locu de unu acu, ua sistema de duoe ace magnetice, numite *astatice*, catu se pote de aceiasi potere si asiediate cu poli contrarii unulu preste altu. Acesta sistema de duoe ace astatice represinta unu magnetu care, fara sa fia slabu, este pucinu influintiatu de pamentu, si prin urmare unu currentu galvanicu catu de slabu lu va potea devia din positiunea lui. Dispositiunea acesta se vede in fig. 136, uude celle duoe ace astatice, legate intre elle intr'unu modu nevariabilu, suntu suspense cu unu firu de metasse

astu-feliu, ca unulu din ace sa se afle in interiorulu spireloru sermei, era cellu altu d'asupra unui cercu gradatu si sa arete totu de ua data si gradele de deviatiune.

*Bussol'a de sinuse* este asemena unu reometru care da chiaru ua mesura essacta pentru intensitatea currentului. Ea se compune de ua bussola magnetica mare e, asediata orizontalu pre axulu verticalu allu unui cercu gradatu e (fig. 137). Serm'a izolata se afla infasiorata pre ua cercevea verticala de lemmu, mobila impregiurulu bussolei si a unui axu verticalu. Candu trece unu currentu in acesta serma, aculu este devietu de positiunea lui si lu potemu urmari cu cerceveoa, pene candu sa lu cuprindemu in planulu verticalu allu ei, adico allu currentului; atunci intensitatea currentului este proportionala cu sinulu anghiului cu care amu invertitu cerceveo'a si pre care lu citimu pre cerculu orizontalu de josu e. In adoveru, deca represintamu in fig. 138 ua projectiune orizontala a bussolei, a acului ns si a currentului cc in positiunea finala, candu cuprinde aculu in planulu seu, atunci aculu va sta in aceea positiune ns, in care celle duoe poteri cI, adico intensitatea currentului, si cU, adico component'a actionei pamentului cT, perpendiculara pre magnetu, 'si voru face ecilibru, adico candu va fi :

$$cI = cU, \text{ seu } cI = cT \cos UcT = cT \sin \alpha,$$

seu in fine  $I = T \sin \alpha$ , unde T fiindu constantu, se vede co I este proportionalu cu  $\sin \alpha$ .

*Bussol'a de tangente* nu difera in principiu de aceea de sinuse de catu numai printr'acesta co bussol'a e din fig. 137 este forte mica, aculu magneticu fiindu in lungime cellu multu ecalu cu  $\frac{1}{2}$  din diametrulu cercevelei pre care circula currentulu. Deosebitu de acesta cerceveo'a este fissa si mesoramu directu anghiulu de deviatiune a acului magneticu; atunci intensitatea currentului este proportionala cu tangent'a acestui anghiu, precum se pote vedea din fig. 139, unde cc represinta projectiunea cercevelei si ns aculu devietu. Componentele  $nU = T \sin \alpha$  si  $nV = I \cos \alpha$  a magnetismului pamentului T si a intensitatiei currentului I, pretiuite perpendicularu pre aculu magneticu, trebue sa fia ecale intre elle, adico  $I \cos \alpha = T \sin \alpha$ , de unde  $I = T \operatorname{tg} \alpha$ .



Resultatele obtinute cu acesta bussola nu mai sunt essacte, deca aculu are dimensiuni ceva mai mari; coci atunci distantia lui de la differitele puncturi alle currentului nu mai este aceeași la differitele deviatuni ce priimesce, ceea ce ne ar sili atunci sa tinemu sema de crescerea acestei distantie si ar complica observatiunile preste mesura. Differiti fisici, intre alti francesulu *Gaugain*, au aretatu mediulu de a se servi essactu cu acesta bussola, asiediendu aculu lateralu, mai bine enca intre duoe cercevele conice, alle carora distantia se determina dupre ua formula empirica. Busol'a de tangente a lui *Gaugain* are form'a fig. 140.

In fine *magnetometrulu electricu allu lui Weber* din Göttingen (fig. 141) este cellu mai precisu instrumentu de felulu acesta, semana intru tote cu magnetometrulu lui Gauss, numai co deviatuni se produce aici prin currentulu ce circula in serm'a d'impregiurulu magnetului. Observatiunile se facu erasi prin metod'a oscillatiuniloru.

#### § 8. PROPAGATIUNEA SI IUTIEL'A ELECTRICITATIEI

Pre candu electricitatea statica se *ingrainedesce* pre suprafece'a corpuriloru, currentii galvanici se *misca* prin sectiunea intrega, va sa dica si in interiorulu reoforiloru. *Davy* si *Fechner* au probatu acesta, constatandu co unu currentu electricu care trece prin reofori de aceeași substantia produce acelleasi efecte, deca sectiunile loru suntu ecale enca de forme differite; asemenea efectele remanu nescambate, candu inlocuimu unu reoforu de sectiune mare prin mai multi de sectiuni mici, alle carora summ'a sa fia numai ecala cu aceea mare a reoforului anteiu, cu tote co suprafece'a totala a reoforiloru subtiri este multu mai mare decatu aceea a reoforului mare.

Unu altu faptu interessantu, relativu la propagatiunea currentiloru galvanici, este acell'a descoperitu de italianulu *Marianini*, adico co mai multi currenti se potu incrucisia in tote

directiunile pre unu si acellasi reoforu, fara a se impedece, urmandu'si fia-care drumulu seu pre cereulu din care face parte.

*Conductibilitatea* reoforilor variedia dupre natur'a acestora si este lesne de intiellou co ea este inversu proportionala cu *resistenti'a* loru; astu-feliu insemnandu cu **C** conductibilitatea, cu **R** *resistenti'a* unui si aceliuasi reoforu, vomu

$$\text{avea } C = \frac{1}{R}.$$

*Davy* a descoperitu legile *resistentiei* reoforilor metallici care este *proportionala cu lungimea si sta in raportu inversu cu sectiunea loru*. Aceste legi au formatu objectulu studiiloru si a altoru fisici, a lui *Lenz*, *Jacobi*, *Poggendorff*, *Wheatstone*, cari au inventatu si aparate, numite *reostate* seu *agometre*, ca sa pota cu inlesnire scamba reoforii studietu, precum si lungimea loru. Figurile 142 si 143 represinta asemenea *reostate*, propuse de englesulu *Wheatstone*. — In fig. 142 ua serma se pote infasiora parte pre unu cilindru crestatu de lemnu **a**, parte pre unulu de metallu **b**, si currentula are sa percurga numai partea sermei infasiorata pre **a**. — In fig. 143 serm'a este asemenea infasiorata pre unu cilindru crestatu de lemnu seu de vre ua alta substantia izolatore, era lungimea activa a ei pote varia dupre punitulu peno la care insiurupamu bucat'a de metallu **c** prin invertirea a ensusi cilindrului **a**.

Licidele conduc electricitatea mai pucinu decat solidelu; gazele o conduc in genero reu. Numai la temperature inalte si in stare de rarefactiune mare gazele devinu conductori buni ai currentiloru galvanici; ensa si aici este ua limita si englesulu *Gassiot* a gasitu co unu gazu incetedia de a conduce electricitatea, candu a fostu raritu preste mesura.

In privintu'a *intielei* de propagatiune, *Wheatstone* a fostu

cellu d'atein care a incercatu sa o determine in annulu 1834, experimentandu asupra electricitatiei statice. Trei perechi de globuletie A, B, C (fig. 144) erean asiediate pre unu stativu isolatoru inaintea unei oglindei RR, ce se potea inverti in giurulu unui axu parallelu cu drept'a ABC. Ua serma, lunga de mai multe kilometre, erea condusa, precum se vede in figura, de la M A D B E C la N cu intreruptiuni la A, B, C. Lungimea ceea mare a sermei erea desfasiurata la D si E. Punendu extremitatile M si N in comunicatiune cu celle duoe armature alle unei butille de Leyden, acesta se descarca, producendu scantei la A, B, C, cari se observa in oglinda si au aspectulu de trei puncturi luminoase in linia drepta, candu oglind'a sta, presinta ensa form'a  $||$  seu  $|||$ , candu ea se invertesce, dupre sensulu rotatiunei; ceea ce areta co scantei'a de la mediulocu se produce ceva mai tardiu decatu acelle din margine, si dupre iutiel'a de rotatiune a oglindei s'ar potea calcula timpulu in care electricitatea a percursu serm'a ADB seu BEC. Iutiel'a electricitatiei a gasitu-o Wheatstone de 460000 km. pre secunda in serme de cupru.

De atunci incoce differiti alti fisici, *Walker*, *Fizeau* etc. au facutu experimiente noue, mai alesu cu electricitate dinamica, servinduse de ensusi liniile telegrafice, au gasitu rezultate forte divergente, de ess. iutiel'a de 100000 km. in serme de feru, de 180000 km. in serme de cupru etc. De aici resulta co iutiel'a electricitatiei este forte mare, comparabila cu aceea a luminei, ensa depinde essentialu de conductibilitatea reoforului prin care se transporta.

### § 9. INTENSITATEA CURRENTILORU ELECTRICI: LEGILE LUI OHM

La contactulu a duoe metalle dupre teori'a lui Volta, seu la acell'a a unui metallu cu unu licidu dupre teori'a lui Schönbein, nasce ua

potere, numita *electromotore*, care produce currentulu galvanicu. Currentulu produsu are ua *intensitate* ore-care si intempina in drumulu in care circula ua *resistentia* totala; compusa din *resistentia interiora* a elementului galvanicu si din aceea *exteriora* a reoforiloru prin cari se inchide cerculu. *Ohm* din Erlangen a descoperitu pre la 1827 legile intensitatiloru, numite *legile lui Ohm*, adico co *intensitatea unui currentu galvanicu este proportionala cu puterea electromotore si sta in raportu inversu cu resistentia totala*. Deca insemnamu cu  $e$  puterea electromotore a unui elementu,  $i$  intensitatea currentului produsu de acellu elementu,  $r$  *resistentia interiora* a lui si  $l$  pre aceea a reoforului, vomu avea

$$i = \frac{e}{r + l}.$$

Legea antea, adico proportionalitatea intensitatiei cu puterea electromotore, s'a constatau mai cu seama cu termoelemente la cari  $r$  este ferte micu. Operandu atunci successivu cu 1, 2, 3, 4 etc. elemente, la cari puterea electromotore este  $e$ ,  $2e$ ,  $3e$ ,  $4e$  etc., era *resistentia* aproape nulla, s'a gasitu cu ajutorulu reometreloru co intensitatea currentului cresce in acellasi raportu.

Legea a dua a fostu asemenea constatata cu termoelemente, conservandu constantu numerulu loru si intercalandu successivu lungimi diferite a acelleiasi serme, de ess. prin intermediulu unui reostatu.

Importanti'a acestoru legi n'a fostu generalu recunoscuta, decatu dupre ce fisici de renume mare, ca *Fechner*, *Lenz* si *Jacobi* pre la 1831, *Pouillet* la 1838, au constatau din partea loru adeverulu acelloru legi si au atrasu atentiunea fisiciloru asupra loru. Aceste legi au potutu fi verificate chiaru cu hydroelemente, ensa prin metode alle caroru descriptiune ne ar conduce prea departe.

Candu impreunamu unu numeru  $m$  de elemente precum areta fig. 145, adico *in tensiune*, atunci vede ori-cine co puterea electromotore a devenitu  $me$ , dera si *resistentia interiora* a crescutu totu in acellasi raportu si a devenitu  $mr$ , astu feliu in catu intensitatea currentului va fi esprima in casulu de facia prin formul'a

$$i_1 = \frac{me}{mr + l} = \frac{e}{r + \frac{l}{m}};$$

de unde resulta că, cându resistența exterioară  $l$  este mare, intensitatea curentului crește multu printr'ua asemenea dispozițiune a elementelor.

Cându împreunăm unu numeru de elemente  $n$  în suprafața (fig. 146), astu-feliu că tote zincurile să comunice între ele și toti carbuni între ei, formăm în realitate unu singuru elementu cu ua suprafața mare și cu ua singura putere electromotore. Curentulu trecendu în acestu casu de ua dată prin tote elementele, adică printr'ua secțiune de  $n$  ori mai mare, resistența interioară va fi de  $n$  ori mai mică, și formul'a intensității va fi în acestu casu

$$I_2 = \frac{e}{\frac{r}{n} + l};$$

de unde se vede că, cându resistența exterioară  $l$  este de feliu mică, căscigăm printr'această dispozițiune a elementelor, micșorându termenulu  $r$  alu numitorului, pre cându  $l$  nu mai are trebuința de a fi micșoratu.

Cându dispunem de unu numeru mare de elemente  $c = m \times n$ , de ess. 2, 3, 400, putem să le combinăm de ua dată și în tensiune și în suprafața, formându ua baterie de  $m$  elemente, fie-care de  $n$  ori mai mare; atunci formul'a intensităților va fi:

$$I = \frac{me}{m \times \frac{r}{n} + l} = \frac{e}{\frac{r}{n} + \frac{l}{m}}.$$

Ne putem propune să găsim dispozițiunea cea mai bună ca să avem maximum lui  $I$ . Condițiunea acestui maximum este ca numitorulu

$$\frac{r}{n} + \frac{l}{m} = \frac{rm + ln}{nm} = \frac{rm + ln}{c}$$

să fie minimum, adică ca differentialulu

$$d(rm + ln) \text{ seu } r \cdot dm + l \cdot dn = 0.$$

Pre de alta parte din  $c = m \times n$  resulta

$$mdn + ndm = 0, \text{ seu } dm = -\frac{m}{n} dn,$$

si prin urmare

$$-r \cdot \frac{m}{n} dn + l \cdot dn = 0 \quad \text{seu} \quad \frac{mr}{n} = l;$$

adico : *maximum intensitatii va fi, candu resistantia interiora a elementelor va fi ecala cu aceea exterioara, pre care currentulu are sa invinga.* Pentru usulu obicinuitu raru dispunemu elementele altu feliu decatu in tensiune (fig. 145), candu numerulu lor nu trece preste 80 seu 100.

### § 10. ACTIUNEA MUTUALA A CURRENTILORU SI MAGNETILORU PRE CURRENTI, SEU ELECTRODYNAMICA

Currentii electrici cari circula in destula apropiere unulu de altu essercita intre ei actiuni particulare, attractiuni seu repulsiuni; asemenea magnetii essercita asupra currentiloru din apropierea lor actiuni analoge. Teori'a acestoru actiuni mutuale a formatu objectulu de studii intinse a lui *Ampère* si a fostu numita *electrodinamica* mai specialu, de si prin acestu nume potemu insemna in genere tote fenomenele currentiloru electrici. Studiulu acesta este unulu din celle mai profunde sub punctulu de vedere allu sciintiei abstracte; ca cunosintie generale si ca applicatiune presinta ensa pucinu interessu, in catu nu potemu decatu numai sa atingemu cate-va puncturi din acesta teoria, cari mai alesu ne aru potea lamuri mai bine relatiunile ce essista intre electricitate si magnetismu. Ecce aceste cate-va principii :

1) Duoi currenti paralleli se attragu, candu au acellasi sensu, se respingu deca se misca in directiuni opuse.

2) Duoi currenti incrucisiati se attragu la anghiulu unde au aceeaasi directiune, se respingu la cellu-altu anghiu. — Pentru aretarea experimentalu serveecu dispositiuni descrise de *Ampère*, *Pouillet* si chiaru *currentii plutitori* ai lui *De la Rive*.

3) Partile consecutive alle unui currentu se respingu intre elle. — Demonstratiunile experimentale suntu in genere induciose si espuse la objectiuni.

4) Unu magnetu indrop'edia pre unu currentu perpendicularu pre densu cu stenga la polulu care areta nordu. Acesta se pote areta, a-

propiindu unu magnetu de unu *currentu plutitoru* allu lui *De la Rive* (fig. 147), produsu prin duoe lame de cupru si zincu.

5) Unu *currentu* se pune sub actiunea pamentului in planulu EW, perpendicularu pre meridianulu magneticu, astu-feliu ca, in partea inferioara, steng'a *currentului* sa fia intorsa catre *Sudulu* pamentului, era drept'a la *Nordu*. Acesta se pote vedea asemenea cu *currentii* plutitori ai lui *De la Rive* cari potu fi pusi si sub form'a unui astu-feliu numitu *solenoidu* (fig. 148). Impregiurarea co unu solenoidu are tote caracterele unui magnetu (vedi § 6, alineatu 4) a condusu pre *Ampère* la teori'a electrica a magnetismului, dupre care unu magnetu ar fi incongiuratu de *currenti* electrici elementari, cari circula in giurulu fia-caria molecule si au toti aceeasi directiune. Pamentulu ensusi care este enca de multu, din timpulu lui *Gilbert*, consideratu ca unu magnetu mare, ar fi incongiuratu de *currenti* electrici circulandu de la *E* la *W* si acestia aru da atunci pamentului caracterulu seu magneticu; essistenti'a acestoru *currenti* pare probabila dupre studii speciale, facute de astronomulu *Lamont* de la *München*.

6) Unu *currentu galvanicu* pote fi pusu in miscare de rotatiune continua sub influinti'a unui magnetu si vice-versa. Acestu faptu descoperitu si studietu de *Faraday* este ua consecintia principiiloru de mai susu si se pote areta prin differite dispositiuni alle lui *Faraday*, *Ampère*, *Pohl*, prin rot'a lui *Barlo* etc.

#### § 11. CURRENTI DE INDUCTIUNE

Una din descoperirile celle mai mari, atatu sub puntulu de vedere scientificu catu si allu aplicatiuniloru, este aceea a *fenomenelor de inductiune*, descoperite de englesulu *Faraday* pe la 1832. Ecce principalele din aceste fenomene :

1) De ori cate ore apropiemu unu *currentu galvanicu*, seu lu inchidemu in apropierea unui *cercu metallicu inchisu*, nasce in acestu din urma unu *currentu*, numitu de *inductiune electrica*, momentanu si *inversu*, adico de directiune contraria la acellu *primitivu* seu inducotoru; asemenea de ori cate ore

departamu unu currentu galvanicu de unu cercu metallicu inchisu, seu lu deschidemu in apropierea acestuia, nasce era in acestu din urma unu currentu de inductiune, momentanu si *directu*, adico de acellasi sensu cu currentulu primitivu. — Acesta se pote areta in diferite feliori, intre alte prin dispositiunea fig. 149, tab. XI, in care potemu dupre voia sa apropiemu seu sa departamu cerculu metallicu inchisu **b** de currentulu ce circula in **a**; galvanometrulu **r** va areta totu de una unu currentu momentanu si inversu la apropierea, momentanu si *directu* la departarea lui **b** de **a**. Tolu acelleasi rezultate obtinemu si deca tinendu **b** aproape de **a**, inchidemu seu deschidemu currentulu primitivu la **o**. Cercurile **a** si **b** suntu formate de sermelungi, isolate si invertite in forma de spirale, avendu extremitatile lor puse in comunicatiune respectivu cu ua batteria **B** si cu galvanometrulu **r**.

2) De ori cate ore apropiemu unu magnetu, seu magnetisamu unu feru in apropierea unui cercu metallicu inchisu, nasce in acesta unu currentu de inductiune magnetica, momentanu si *inversu*, adico de directiune opusa currentiloru ce ne potemu inchipui circulandu in magnetii induceteri, dupre teori'a lui Ampère; asemenea de ori cate ore departamu unu magnetu de unu cercu metallicu inchisu, seu lu desmagnetisamu in apropierea acestuia, nasce era in acestu din urma unu currentu de inductiune momentanu si *directu*. — Esperienti'a se pote face printr'ua dispositiune aretata in fig. 150; introducendu seu scotiendu magnetulu **ns** din bobina, vomu constata la unu reometru currentii produsi in serm'a bobinei. Deca in locul bobinei simple loamu unu electromagnetu, atunci potemu dupre voia sa magnetisamu seu sa desmagnetisamu ferulu lui prin apropierea seu departarea magnetului **ns** si



vomu constata era productiunea currentului inversu si a celui directu.

Currentii de inductiune electrica se producu cu ua intensitate multu mai mare, candu punemu bucati de feru mole in bobin'a currentului inducatoru; pentru co atunci ferulu ensusi magnetisanduse si desmagnetisanduse la inchiderea si deschiderea acestui din urma, inductiunea pre cerculu metallicu inchisu este inducita, provenindu atatu de la currentulu primitivu, catu si de la electromagnetulu cuprinsu intr'ensu.

*Extra-currentii* ai lui Faraday suntu si ei totu niste currenti de inductiune electrica, produsu in spirele ensusi alle currentului primitivu sub actiunea spireloru vecine. Aternandu de reoforii cari conduc unu currentu de la unu elementu galvanicu E (fig. 151) la bobin'a B duoe *serme de derivatiune* a si b, vomu produce aici tote fenomenele currentiloru de inductiune, deviatuunea galvanometrului, scantei, commotiuni etc., de ori cate ore inchidemu seu deschidemu currentulu primitivu la o. Extra-currentulu de inchidere este inversu si slabitu prin actiunea currentului primitivu care i este opusu; a-cell'a de deschidere este directu si tare, pentru co se adaoga la cellu primitivu; vomu vedea peste pucinu enca ua cauza care face ca currentii de deschidere sa aiba ua tensiune mai mare de catu acei de inchidere (vedi mai la vale a). Extra-currentii se areta cu ua intensitate mai mare, deca introducemu ua bucata de feru in interiorulu bobinei B. Se intiellege de sine co punctulu de intreruptiune o nu trebue sa fia pre aceeaasi parte cu bobin'a B.

Currentii de inductiune, electrica seu magnetica, au ua tensiune mare, cu atatu mai mare, cu catu suntu mai momentani; ei se potu asiedia in duoe clase, in currenti de *inchidere* si de *deschidere*. Currentii de deschidere au ua tensiune multu mai mare decat u acei de inchidere, de si cantitatile electrice suntu ecale la amenduoi. Causele cari dau acesta superioritate currentului de deschidere suntu:

- a) co la deschidere currentulu primitivu dispare *immediatu* si prin urmare effectulu este momentanu, pre candu la inchidere currentulu

cere unu *timpu apreciabilu*, ca sa si capete tota puterea si sa produca effectulu de inductiune;

b) co la deschidere se produce in cerculu primitiv *ensusi* unu extra-currentu *directu*, care si adaoga effectulu la acela a currentului primitiv *disparendu*; pre candu la inchidere extra-currentulu, fiindu *inversu*, tinde a slabi effectulu de inductiune allu currentului primitiv.

Candu producemu currenti de inductiune intr'ua successiune rapede, atunci differentiele intre fia-care currentu de deschidere si acela de inchidere se insummedia si dau unu currentu finalu continuu, de directiune constanta si de ua tensiune mare, precum vomu vedea a-cesta realizanduse prin aparatele descrise mai departe. Currentii de inductiune intrunescu tote calitatile celle bune alle electricitatiei statice si alle acelei dinamice, intrecu in tensiune pre ceea d'anteiu si au continuitatea cellei din urma, nu suntu supusi la influinti'a umedieli, nici nu ceru dispositiuni asia de incommode, ca acele alle unei baterii galvanice de unu numeru forte mare de elemente.

Fenomenele de inductiune se producu intr'unu modu analogu cu acele de influintia electrica, candu unu corpu in starea neutra primesc electricitatile + si - prin *influintia* (vedi Sect. IV, § 1). Electricitatile cari circula intr'unu reoforu A (fig. 152) descompuna electricitatile neutralizate din reoforulu vecinu B si le respingu in directiuni opuse. *Weber* si *Neumann* au dezvoltatu cu ajutorulu calculului superioru teori'a acesta a electrodinamice.

## § 12. APPARATE DE INDUCTIUNE

Aceste aparate suntu destinate ca sa ne procure currenti de inductiune intr'unu modu commodu, cu ua intensitate si in cantitate sufficienta pentru differentele destinatiuni alle loro. Se intiellege co unu factoru essentialu la asemenea aparate este intreruptiunea si restabilirea alternativa si rapede a currentului primitiv seu a magnetismului; pentru acesta s'au si inventatu dispositiuni particulare, intre cari unele aducu totu

ua data si scambarea currentului, si s'an numitu, *commutatori*, *reotome*, *reotrope*, *tachytrope*, *intreruptori*, *disjunctori etc.*, cari se annexedia pre langa fia-care apparatusu de inductiune; aceste aparate ensusi se dividu in duoe clase in machine *volta-electrice* seu de *inductiune electrica* si machine *magneto-electrice* seu de *inductiune magnetica*.

*Bobin'a lui Ruhmkorff*. Dintre machinele de inductiune electrica, cari se facu in diferite forme si dimensiuni, cellu mai importantu este *inductoriulu*, numitu si *bobina* lui *Ruhmkorff*, pentru co acestu mecanicu a construitu cellu d'anteiu aparatele celle mai puternice de feliulu acesta. Partea principala este *bobin'a* (fig. 153) de ua lungime intre 20 si 60<sup>cm.</sup>; ea se compune de ua spirala de serma grosa de cupru a carei extremitati suntu fissate la stalpii *A'* si *A''*; in interiorulu ei este asediata ua legatura de betie de feru, formandu unu electromagnetu. Preste acesta spirala se afla ua a duoa, aceea de inductiune, de ua serma subtire, formandu pre la 20—60000 spire bine isolate intre elle; extremitatile acestei serme respundu la *A* si *B*. Intreruptiunile currentulu primitiv care circula in serm'a ceea grosa se facu la aparate mai mice prin *ciocanulu* lui *Wagner* (fig. 154); currentulu condusu de la extremitatile sermei primitive prin lame *I*, *I'* trece la ciocanulu *C*, care se afla sub extremitatea electromagnetulu; aceasta atrage ferulu *C* si currentulu este intreruptu; apoi ferulu se desmagnetisa, ciocanulu cade si currentulu se restabilesce de sine si asia mai inainte.

La aparate mari se intrebuintedia *intreruptorulu de mercuriu* allu lui *Foucault* (fig. 155), pentru co scanteile de deschidere topescu chiaru platin'a din ciocanulu lui *Wagner*. *Intreruptorulu de mercuriu* este in genere destinatu sa priimesca si sa intrerupa duoi cur-

renti galvanici primitivi; ellu se compune de duoe pahare  $p$ ,  $p'$  cu mercuriu, de unu electromagnetu  $M$  si de ua parghia  $gg'C$  care oscilla pre stalpulu  $S$ ; acesta parghia porta duoe verfuri de platina  $gg'$  cari potu atinge mercuriulu din pahare si ua bucat'a de feru  $C$  care pota fi attrasa de electromagnetulu  $M$ . Currentulu batteriei galvanice de vre ua 6—10 elemente Ruhmkorff seu Bunsen intra prin a la chee'a seu *commutatorulu* Ruhmkorff  $R$  si, candu acesta este inchisu, trece inainte la paharulu  $P$ , la parghia  $g$ , stalpulu  $S$ , serm'a  $I$  si de aici la bobin'a din fig. 153 prin  $A'$ , ese la  $A''$ , trece la  $m$ , de aici la acellasi commutatoru  $R$ , la  $b$  si la batteri'a  $B$ . — Unu allu duoilea currentu allu unui singuru elementu  $E$  intra prin commutatorulu  $R'$ , trece la paharulu  $p'$ , la  $g'$ ,  $S$ , de aici la serm'a electromagnetului  $M$  si inderetu la  $R'$  si  $E$ . In acestu momentu electromagnetulu  $M$ , trage bucat'a de feru  $C$ , scote verfurile  $g$ ,  $g'$  din mercuriu si amenduoi currenti se intrerupu; dera indata bucat'a  $C$  este liberata, verfurile  $g$ ,  $g'$  intra din nou in mercuriu si currentii suntu restabiliti. D'asupra mercuriului se afla in pahare pucinu alcoolu, ca sa opresca arderea si oxidatiunea mercuriului si ca sa se produca scanteile intr'unu mediu izolatoru si prin urmare catu se pote de instantaneu. — Reoforii cari conducu currentulu batteriei  $B$  au duoe serme de derivatiune (§ 11, extra-currenti), un'a intra  $R$  si  $p$ , ceea alta de la  $S$  inainte; aceste serme conducu extra-currentii (mai alesu pre acella de deschidere) prin  $n$  si  $o$  (fig. 153 si 155) la *condensatorulu* lui Fizeau, care se afla in mes'a bobinei si este formatu, ca acell'a allu lui Franklin, dintr'ua foia izolatore, de ess. de mica, cu duoe armature de cositoru. Prin acesta dispositiune scanteile din paharulu  $p$  se facu mai scurte si intreruptiunea este mai brusca, prin urmare currentulu de induc-tiune mai intensivu.

Cu bobin'a lui Ruhmkorff se potu produce tote experientiele si efectele electricitatiei statice in proportiuni multu mai mari, de ore ce electricitatea bobinei intrece in tensiune cu multu pre aceea statica. Scanteile acestui apparatus, de ua putere es-traordinara, potu ajunge la ua lungime de 50, 60 centimetre

si mai multu si se producu totu de una cu sicuranti'a, fara ca umiditatea sa esercite vre ua influentia asupra loru. La operatiunile cu acestu apparatusu se cere ceea mai mare precautiune, ca sa nu priimim descarcarea prin corpulu nostru, ceea ce ar aduce chiaru mortea, candu apparatusu este ceva mai mare; de aceea tote pregatirile se facu cu commutatorii deschisi.

Bobin'a lui Ruhmkorff gasesce intre alte ua applicatiune la aprinderea minelor. Pentru acesta ne servim de *fisecurile* englesului *Stateham* (fig. 156) compuse de ua serma izolata **f**, **f'** intrerupta la unu puntu **O** in interiorulu fisecului cu erba. Scanteile de inductiune producenduse aici aprindu erb'a.

*Machine magneto-electrice.* Ceea d'anteiu machina de felulu acesta a fostu construita de *Pixii* pre la 1832. Unu magnetu permanentu in forma de potcova se invertea inaintea poliloru unui electromagnetu fissu totu in forma de U; ferulu acestui din urma magnetisanduse si desmagnetisanduse la fia care trecere si departare a cellui d'anteiu, se produceau in serm'a electromagnetului currenti de inductiune in successiune rapede si cu ua intensitate sufficienta. Aceste aparate au primitu diferite perfectionari de *Saxton*, *Clarke*, *Stöhrer*, *Siemens* si alti. Differenti'a de tensiune intre cei duoi currenti fiindu aici in genere mica se introducu obiciniu diferite dispositiuni, *reotome* seu *reotrope*, ca sa stinga pre unulu din ei, seu ca sa i scambe directiunea in reofori exteriori, astu feliu ca in acestia sa circule numai currenti de acelasi sensu.

Fig. 157, tab. XII, represinta unu apparatusu de felulu acesta allu englesului *Clarke*. Bobinele **B B** asiediate pre unu axu orizontalu se misca inaintea poliloru magnetului **M** prin rot'a **R**. Una si aceeaasi serma subtire si izolata cu metasse

este infasiorata pe amendoae bobine si extremitatile selle suntu lipite una pe axu, prelungitu pene la **a**, ceea-alta pe innelulu de metallu **b**, despartitu de axulu interioru printr'unu innelu izolatoru de osu seu de lemn; arcuiri de metallu **a** si **b** formedia prelungirea sermei de inductiune spre bucatile de alama **m**, **n** si de aici la reoforii **s**, **s**. Dupre acestea se vede co reoforii **ss** voru priimi alternativu duoi currenti de sensu contrariu; spre a stinge pe unulu din ei, axulu interioru **a** porta unu innelu ruptu **c** (ua sectiune transversala a lui se vede in **e**) pe care apesa arculu **d**, astu feliu in catu unulu din currenti de inductiune trece de la **b** la **d**, **c**, **a**, era nu prin reoforii **ss**; candu ensa prin rotatiunea axului reotomulu **e** s'a intorsu, arculu **d** cade in taietur'a din **e** si currentulu urmatoru de inductiune gasindu aici ua intreruptiune, trece prin reoforii **ss**. — *Stöhrer* la Dresda, care este autoritatea ceea mai mare in privinti'a aparatelor de inductiune magnetica, a modificatu pe acella allu lui Clarke, asiediendu magnetii orizontalu si introducandu unu reotropu care scamba, era nu stinge, pe unulu diu currenti de inductiune; acestu mecanicu face asemenea aparate cu trei si sesse magneti mari, dandu cantitati insemnate de electricitate si de ua tensiune forte mare.

*Nollet* in Belgia a indicatu ua dispositiune pentru a compune machini magnetoelectrice mari, si astadi se facu in Frantia si Anglia machini colossale de feliulu acesta, cari puse in miscare de rotatiune prin puterea vaporiloru, producu currentii si lumin'a electrica bateriiloru galvanice celloru mai mari. Fig. 158 represinta ua asemenea machina compusa de 7 ronduri circulari, fia-care de cate 8 magneti puternici in forma de U; intre ei se afla fissate pe unu axu comunu 6 cercuri, purtandu fia-care cate 16 bobine de inductiune cu axele loru paralele la axule aparatului, cari se potu inverti dinpreuna cu

acestu din urma intre polii magnetiloru. Axulu porta reotropulu eu-venitu si sermele de inductiune suntu conduse afara de machina, ori unde cere trebuinti'a; costulu acestoru aparate este ca de vre ua 12000 franci.

*Siemens* din Berlin face aparate de inductiune magnetica de ua constructiune speciala care le da ua superioritate mare asupra celloru alte; modificarea principala consta in bobina. Bobinele electromagnetice alle lui *Siemens* au form'a grindiloru de feru pentu constructiuni, presintandu sectiunea aretata la A (fig. 159); era serm'a se infasiora in sensulu longitudinalu, astu-feliu in catu suprafeciele polare alle acestoru bobine suntu forte intinse in lungime si apropiete intre elle. Dispositiunea aparatului intregu allu lui *Siemens* se vede in fig. 160, unde G, G represinta lamele magnetice in form'a aretata la B fig. 159, lasandu locu ca sa se pota inverti intre elle bobin'a *Siemens* E prin manivel'a H si rotele dintiate L si T. Reotropulu este la bas'a bobinei E, era sermele esu la S si S'. Acestu aparatu da currenti de ua cantitate si tensiune destule, ca sa functionedie la telegrafu in loculu bateriiloru numeroase Daniell.

*Machine dynamoelectrice.* Aceste suntu celle mai interesante dintre tote machinele de inductiune; elle ne areta cum lucrulu mecanicu pote fi transformatu in electricitate. Ca si la machin'a lui *Holtz*, potemu si aici prin *miscare* sa regeneramu si sa immultimu ua mica dosa de magnetismu seu de electricitate primitiva. Principiulu acestei machine, precum si cellu d'anteiu modellu care figurà la espositiunea de la Paris la 1857, le datorimu renumitului constructoru din Berlin *Siemens*. Mecaniculu englesu *Ladd* le a perfectionatu si construitu in dimensiuni mari si a potutu produce cu elle efectele bateriiloru galvanice celloru mari. *Ruhmkorff* a mai introdusu cate va simplificari. Fig. 161, tab. XIII ne da ua idea despre acesta machina in care bobin'a si electromagnetii suntu turtiti dupre sistem'a *Siemens*. Duoi electromagneti A, B, formandu unu singuru prin impreunarea extremitatiloru superioare, cuprindu intre polii loru inferiori ua bobina *Siemens* S, pusa in miscare de rotatiune printr'ua curea C in giurulu unui axu orizontalu. Acesta bobina porta dupre sistem'a lui *Ruhmkorff* duoe serme, una mai grosa si mai scurta alle caria es-

tremitati potu fi puse in comunicatiune cu celle duoe extremitati alle sermei din electromagnetulu AB; ceea-alta, mai lunga si mai subtire, alle caria extremitati respundu la a si b. Ca sa functionedie machin'a, introducemu cate-va momente currentulu unei bateriei galvanice in serm'a electromagnetului AB; apoi lu departamu si punemu serm'a electromagnetului AB in comunicatiune cu serm'a ceea grossa a bobinei Siemens S, pre care o punemu acum in miscare rapede de rotatiune. Magnetismulu *remanentu* (vedi § 6 la fine) allu electromagnetului AB provoca currenti de inductiune in bobin'a S, cari dupre dispositiunea admissa circula impregiurulu a ensusi electromagnetului AB si contribuescu ca sa i intaresca magnetismulu, astu-feliu in catu in cate-va momente acesta ajunge la maximum poterei si induce in serm'a ceea subtire din bobin'a S currentulu de inductiune, pre care lu priimimu in esterioru. De multe ore ferulu electromagnetului AB conserva magnetismulu remanentu pre unu timpu lungu, in catu nici nu mai avemu trebuintia de a lu pregati prin intermediulu unei bateriei galvanice. Se intiellege de sine co aparatele celle mari trebuescu puse in miscare de rotatiune prin puterea vaporiloru.

### § 13. DIAMAGNETISMU

*Arago* a descoperitu pre la 1824 co unu discu de cupru, sau si de alte metalle, care formedia fundulu unei bussole, *potolesce* oscillatiunile acului magneticu, de unde s'a potutu conchide co, vice-versa, disculu de cupru aflanduse in miscare de rotatiune, va trage dupre sine unu acu magneticu, ce se pote inverti liberu d'asupra lui. Acestu fenomenu a fostu explicatu de *Seebeck* prin *inductiunea magnetica*, adico admittendu co magnetulu provoca in discu magnetismi contrarii; candu disculu sta, trage magnetulu si lu opresce; candu ellu se misca, lu trage dupre sine.

Acestu faptu este unu casu specialu allu *diamagnetismului*, descoperitu la 1845 de *Faraday*. Acestu mare fisicu a aretatu co magnetismulu este universalu; co tote corpurile suntu supuse actiunei magnetice, numai magnetii sa fia destulu de tari; co unele ensa suntu attrase iotre polii unai magnetu, ca feru, nickelu, compusii loru etc..



si pre acestea le a numitu, corpuri *paramagnetiche*; altele suntu respinse, precum bismutul, gazele aprinse (flacar'a unei lumenari) etc. si le a numitu *diamagnetiche*. Positiunea celloru d'anteiu in directiunea poliloru a numitu-o Faraday *axiala*, pre aceea a corpuriloru diamagnetiche perpendiculara pre lini'a poliloru, a numitu-o *ecatoriala*. Tote aceste fenomene se potu areta cu electromagneti tari, caroru li se dau diferite dispositiuni, intre alte prin aparatulu construitu de *Ruhmkorff* (fig. 162, tab. XII). Intre polii electromagnetulu *a, b* se potu aterna la ua colona *t* diferite objecte, asemenea se pote pune ua lumenare si alte. Unu cubu seu unu discu de cupru ce se invertescu cu mare rapediciune intre polii *a b*, pre catu nu circula currentulu in serm'a electromagnetulu, se oprescu indatu cum inchidemu currentulu si prin urmare magnetisamu ferulu. Deca ne incercamu sa invertimu disculu, intrebuintiandu ua potere mare, disculu se incaldiesce, ceea ce ne da ua proba despre transformarea lucrulu mecanicu in caldura. Magnetismulu essercita ua actiune chiaru asupra luminei, precum vomu vedea mai tardiu in Optica.

#### § 14. TELEGRAFULU ELECTRICU

Transmissiunea electricitatii prin serme conductore la distantie catu de mari si instantaneitatea cu care ea se transmite au condusu de timpuriu la ide'a de a comunica semne la distantie si la puncturi nevisibile. Ensa acesta idea nu a ajunsu la unu resultatu practic, decatu dupre descoperirea electromagnetismulu. *Gauss* si *Weber* au realizatu la 1833 cellu d'anteiu telegrafu electricu la Göttingen si *Steinheil* de la München lu a essecutatu pre distantie mai mari, prevediendu-lu cu tote dispositiunile necessarii, ca sa pota face serviciulu publicu, facendu totu de ua data si descoperirea importanta, co *pamentulu ensusi pote intra in cerculu conductoru allu currentulu* si pote prin urmare servi ca sa inchidia pre acesta. Telegrafulu a inceputu a functiona in publicu de pre

la 1838 si este necontestatu aplicatiunea cea mai importanta, cea mai intinsa si mai geniala a electricitatii in genere si mai specialu a electromagnetismului.

Ua multime de sisteme de telegrafi electrici au fostu inventate, cari ensa se potu divide in genere in duoe categorii :

I. In telegrafi cu ace seu aretatori, precum este acella allu lui *Gauss*, acellu *englesu* seu cu ace, telegrafulu cu cadranu seu littere inaintea carora se misca unu acu, prin actiunea currentului, acella allu lui *Wheatstone*, *Bréguet* si alti. Cellu mai importantu dintre toti acestia este telegrafulu cu cadranu si aretatoru allu lui *Siemens*, pusu in miscare prin currentulu de inductiune allu machinei magueto-electrice, sistema *Siemens*, descrise in § precedinte (fig. 160); acestu telegrafu este admisu astadi pre multe linii.

II. Telegrafi cari imprima, in albu seu in colori, cu semne seu cu littere, si cari scriu, prin medii simplu mecanice, seu prin medii chimice; precum este acella allu lui *Steinheil*, cellu d'anteiu de feliulu acesta care scrie; allu lui *Morse* care imprima trasuri si puncturi, in albu seu cu colori; allu lui *Hipp* care scrie in littere italice; allu lui *Siemens*, *Brett* si mai alesu allu americanului *Hughes* cari imprima littere latine; apoi telegrafi chimici, cari potu reproduce ori ce scrisore, allu lui *Bain*, pantelegrafulu lui *Casselli* etc. Dintre toti acestia telegrafulu americanului *Morse* este cellu mai practic si cellu mai respanditu; acell'a allu lui *Hughes*, care lucreaia multu mai iute de catu *Morse* si da de pesiele immediatu imprimate in littere latine, incepu asemenea a se introduce pre multe linii, ensa cere operatori indemanatici si cu cunoscintie speciale.

Ori ce telegrafu se compune de unu *generatoru allu currentului* care este ua *bateria Daniell*, *Bunsen* etc., seu unu

aparatu magnetoelectricu; de *chee*'a seu manipulatorulu care variedia dupre sistem'a telegrafica; de *serm'a de linia*, obicnuitu de feru zincatu seu naturalu, izolata prin pahare de porcellana pre stalpi; de *receptorulu*, unde se producu semnele si care cuprinde totu de una unu *electromagnetu* ce primesce immediatu actiunea currentului; in fine *pamentulu* ensusi face parte integranta din cereula percursu de currentu electricu. Fig. 163, tab. XIII, ne da ua idea despre dispositiunea generala; **B** este bateri'a, **M** manipulatorulu, **E** electromagnetulu receptorului **R**; **L**, **L** lame cari conducu currentulu la pamentu, un'a de la polulu bateriei **B** si ceea-alta de la electromagnetulu **E**. Se intiellege de sine co statiunea **I** si are asemenea receptorulu seu, precum si statiunea **II** manipulatorulu seu, ca sa fia lucrarea telegrafului reciproca; transmissiunea depecheloru se pote face simultan eu pre aceea si serma.

*Telegrafulu Morse* pre care singuru vomu descrie aici este represintatu in fig. 164 si 165, tab. XII; fig. 164 represinta manipulatorulu, era 165 receptorulu. Manipulatorulu se compune de ua parghia metallica cu unu capu izolatoru **m**, ce pote oscilla pre axulu orizontalu **o** si este sustinutu de arculu **r**; apesandu pre **m**, stabilim contactulu intre acesta parghia si reoforulu bateriei, fissatu la **c**, astu-feliu in catu atunci currentulu trece la **f** si de aici la serm'a de linia, pre candu cellu-alta reoforu allu bateriei este condusu la pamentu.

— Receptorulu se compune 1) de unu mecanismu de orologiu **C** care misca duoi cilindri **r** ce tragu inainte ua fasia de chartia **hh**, infasiorata pre ua rota **R**; si 2) de unu electromagnetu **ee**, prin care trece currentulu liniei intrandu prin **a** si esindu la **b**, de unde este condusu la pamentu. Candu inchi-

demu currentulu, apesandu manipulatorulu la *m* (fig. 164), electromagnetulu *e* (fig. 165) atrage bucat'a de feru *e*, fis-sata la parghi'a de alama *cd*, era cuiulu *d* din extremitatea opusa impunge pre fasi'a de chartia ce trece inaintea lui si produce pre densa unu puntu, seu ua trasura mai scurta seu mai lunga, dupre cum operatorulu de la *m* a tinutu currentulu inchisu numai unu momentu, seu unu timpu mai scurtu seu mai lungu. Cu punturi si trasure, combinato cate duoe, trei si patru, se formedia unu alfabetu conventionalu si astu-feliu se formedia depesi'a pre fasi'a de chartia.

Semnele produse pre fasi'a de chartia fiindu albe, potu presinta difficultati ca sa fia citite, mai cu seama noptea, si s'au propusu diferite medii ca sa se faca acelle trasuri colorate. Unulu din celle mai practice este acellu aretatu in fig. 166 propusu de francesulu *Digney*; *hh*, *r*, *cd* represinta, ca si in fig. 165, charti'a, cilindrii cari ua tragu inainte si parghi'a receptorului; aici s'a mai adaogatu a) cilindrulu *K* care servesce ca sa dea directiunea chartiei si sa ua tina intinsa langa disculu *A*, fara ca sa lu atinga; b) unu cilindru *B* imbracatu in flanella, care este necontenitu inmuata cu ua cernela negra seu albastra, si unu discu *A* forte subtire la periferia. *A* si *B* se invertescu prin acellasi mecanismu de orologiu care misca si cilindrii *r*, astu-feliu in catu muchi'a discului *A* este totu de una udata cu aceea cernela prin contactulu cu flanel'a de la *B*. Parghi'a *cd* nu mai impunge la *r*, ci in dreptulu discului *A*, si charti'a atingendu-se de acesta, se formedia pre densa punturi seu trasuri colorate.

Miscarile parghiei *cd* presupunu unu electromagnetu tare si prin urmare unu currentu de ua intensitate mare, care easuai cere pentru productionea lui ua bateria puternica, in vederea lungimei sermei si a influintiei conductore ce essercita atmosfer'a pre serm'a de linia, astu-feliu in catu adesea s'ar intempla, ca cu ua bateria de cate-va sul'e de elemente Daniell sa nu potemu misca receptorulu; pentru acesta s'a introdusu ua bucata noua pre langa receptoru, numita *relai*.

Acestu *relai*, inventatu de englesii *Cooke* si *Wheatstone*, se compune ensusi de unu electromagnetu *ee* (fig. 167) si de ua parghia forte usiora *L*, destinata numai ca sa atinga la trebuintia verfulu metallicu *v*, si pentra acesta nu se cere unu currentu de linia preatara; ellu intra prin *f* si este condusu prin *t* la pamentu. La statiunea receptorului *R* este ua *batteria locala* *B*, allu caria currentu circula prin receptoru si *relai*, candu acestu din urma este inchisu la *v*, facendu drumulu *RrLvsB*.

La casu de descarcari electrice alle atmosferei se pote intempla ca aparatele telegrafice si operatorii sa fia trasniti, electricitatea atmosferica fiindu transmisa pre serma pene in interiorulu stabilimentulu telegraficu. *Steinheil* a inventatu unu *parafulgeru*, destinatu sa opresca descarcarea electrica de a intra in casa, despre care ne da na idea fig. 168. Pre ua scandura fissata la perete suntu asiediate duoe lame mici de metallu dintiate *m*, *n* si ua serma subtire si scurta *s*, inchisa intr'unu tubu de sticla. Currentulu venindu pre serm'a de linia *L*, trece pre lam'a *m*, la serm'a *s* si de aici la receptorulu *R*. La casulu unei ingramediri prea mari a electricitatiei atmosferice, acesta rupe serm'a *s* si se descarca prin coltii lamei *n*, fiindu condusa la pamentu prin serm'a *P*.

Comunicatiunea intre duoe statiuni se pote enca face si prin serme submarine, numite si *cabla*. In acesta privintia nu avemu altu de observatu, de catu co serm'a aternata la celle duoe tiermuri de mare in interiorulu apelor, cere isolatiunea ceea mai perfecta, ceea ce se face infasiorandu-o cu unu stratu grosu de gutta-percha; apoi serm'a trebue sa presinte na soliditate sufficienta, de aceea se infasiora cu ua legatura de serme subtiri de feru. Dispositiunea unui asemenea *cabla* sub-marinu se vede in fig. 169, atatu in perspectiva, catu si in sectiune transversala.

Dimensiunile acestei carti nu se permittu a intra in tote amenuntele relative la telegrafia. Ne vomu margini dera a mai adaoga enca observatiunile urmetore :

1) Constructorii cei mai buni de telegrafi, ca *Siemens* la Berlin, *Hughes* in America, au introdusu in sistemele lor telegrafice magneti permanenti, cari tinu in locu parghi'a receptorului, ori care va fi

modulu in care ea functionedia, si intrebuintiedia electromagnetii numai ca sa via in ajutorulu unoru spirale elastice si sa paralisedie momentanu actiunea magnetului permanentu; operatiunea este atunci mai sicura si cere poteri galvanice mai slabe, scutindu si de relai.

2) La telegrafii cari dau depesi'a cu littere latine imprimate, unu discu avendu ua miscare de rotatiune impregiurulu axului seu si purtandu pre periferia litterile in relief, udate cu cernela, le presinta successivu unui ciocanu ce i sta d'asupra; intre ciocanu si litter'a presintata trece fasi'a de chartia. Candu prin ajutorulu currentului oprimu disculu cu litter'a cuvenita inaintea ciocanului, acesta cade totu prin actiunea currentului si imprima litter'a pre chartia.

3) La telegrafii chimici, precum este acella allu lui *Casselli*, unu cilindru, formandu partea principala a receptorului, se invertesce in giurulu axului seu inaintea unui verfu de *feru*, care ellu ensusi are ua miscare de translatiune in lungulu generatriceloru cilindrului si nu pote atinge pre acesta, de catu numai candu currentulu este inchisu. Pre cilindru este lipita ua chartia inmuata cu ua sare de feru, care se coloredia in albastru, candu o atinge verfulu de feru, producendu-se in modulu acesta semne albastre, cari represinta scrisorea pusa la aparatulu manipulatorului. Acesta are ua constructiune analoga, porta unu cilindru si unu verfu de metallu, era depesi'a se scrie cu cernela *isolatore* pre ua chartia metallica: candu verfulu manipulatorului atinge charti'a, currentulu se perde la pamentu, era candu trece preste scrisorea *isolatore*, currentulu, isolatu de pamentu, se transmite la serm'a de linia, ajunge la receptoru si produce, totu cu ajutorulu unui electromagnetu, effectulu descriu mai susu.

#### § 15. CATE-VA ALTE APPLICATIUNI ALLE ELECTROMAGNETISMULUI

*Electromotori.* Attractionea essercitata de unu electromagnetu asupra ferului a fostu utilisata pentru constructiune de motori elec-

trici din cari cellu d'anteiu a fostu construitu de *Jacobi* la Petersburg. Rotatiunea la acesti electromotori se face a) seu immediatu prin attractiunea poliloru electromagnetiloru, seu b) prin transformarea unei miscari oscillatorie, produse de electromagneti, in miscare de rotatiune, precum se face in aparatulu americanului *Page* (fig. 170, tab. XII). Ua verga *dbb'* porta duoe bucati de feru mole *b* si *b'*, atrase alternativu de electromagnetii *a* si *a'*, si essecuta ua miscare oscilatoria, invertindu prin urmare rot'a *gg* prin manivel'a *d*. Unu commutatoru specialu este pusu pre ensusi axulu rotei si face ca a-cellasi currentu sa circule alternativu pre bobin'a *a* si pre bobin'a *a'*. Electromotorii presinta enca pene astadi unu interesu practicuu forte micu, din caus'a effectului slabu allu loru, si a costului cellui mare de intretinere.

*Régulatorii luminei electrice* se facu in multime de sisteme si suntu asemenea applicatiuni alle electromagnetismului. Fig. 171, tab. XIII, represinta unu regulatoru construitu de *Dubosq* la Paris. Unu mecanismu de orologiu misca in sensu contrariu vergelele *A*, *B* si tinde a apropia continuu carbonii *C* intre ei: unu electromagnetu *E* ensa trage ua bucata de feru *F* si printr'ea parghia articulata *P* pune pedeca la miscarea orologeriei. Currentulu unei bateriei este condusu la *a*, de aici la electromagnetu, apoi la verg'a *B*, la carbonii *C*, la colon'a izolata *D* si in fine prin *G* inderetu la batteria. Candu carbonii s'au consumatu la verfu si currentulu s'a intreruptu prin depar-tarea loru, electromagnetulu nu mai trage bucat'a *F* si parghi'a *P* liberedia machin'a, astu-feliu in catu carbonii se apropia intre ei de sinesi si currentulu fiindu restabilitu, lumin'a se produce din nou.

Electromagnetii au gasitu enca applicatiuni la constructiunea *orologiilor electrice*, astu-feliu in catu se pote stabili unu syncronismu perfectu intre mai multe orologii dintr'unu orasiu; la constructiunea *chronoscoptorulu*, destinate ca sa mesore intervale de timpu forte scurte, intrebuintiate la ballistica, ca sa determine esperimentalu iutiel'a proiectileloru: la constructiunea *aparatelor de inregistrare* pentru observatiuni meteorologice si mai alesu astronomice, precum se afla astadi stabilite asemenea aparate galva-

nice mai la tote observatoriile din lume. Descriptiunea acestoru si altoru applicatiuni nu mai tine de fisica generala, ci trebuesce es-pusa la fia-care sciintia in parte, unde se applica electromagne-tismulu.





## SECTIUNEA VI.

### CALDURA

#### NATUR'A CALDUREI; TERMOMETRULU

Simtirea nostra deosebesce corpuri *calde* si *reci*; candu unu corpu rece se incaldiesce, totu de na data se 'si *dilata* si deca se incaldiesce prea multu se pote intempla ca sa 'si *scambe* natur'a lui, starea lui de agregatiune. Caus'a care produce aceste fenomene o numimu *caldura*.

Causele cari produc caldur'a suntu differite; acesta se pote gasi gata in natura, seu ni o potemu procura noi artificialu, obicinuitu prin *combustiune*. Natur'a caldurei ne este necunoscuta si nu potemu face de catu numai hypotese asupra ei; ceea mai probabila din elle si mai in armonia cu starea actuala a cunoscintieloru nostre este necontestatu aceea a undulatiuniloru, pre care o vomu desvolta mai pre largu la teori'a luminei. Dupre acesta, caldur'a s'ar produce prin vibratiunile unui *eteru*, adico alle unei materii forte subtile, ce s'ar afla respandita in tota natur'a si in spatiile intermoleculare alle tutuloru corpuriloru.

Tote corpurile dilatanduse prin caldura, dilatatiunea acesta ne da unu mediulocu ca sa mesuramu gradulu de caldura, seu

*temperatur'a* lorn; instrumentele destinatè pentru acesta s'au numitu *termometre*.

Termometrulu, inventatu de *Cornelius Drebbel* din Suedia, se compune de unu tubu lungu de sticla **A** (fig. 172) cu unu rezervoriu **R**, este golitu de aeru si inchisu la amenduoe capete, are intr'ensu mercuriu si porta ua scara arbitraria, obicinuitu centesimala. Ca sa facemu termometrulu, ne procuramu anteu unu tubu capillaru de sticla **B**; ne incredintiamu co diametrulu interioru allu lui este acellasi preste tota lungimea lui, plimbandu ua colona mica de mercuriu care trebue se conserve pretutindeni aceeaasi lungime; lipimu in partea inferiora rezervoriulu **R'**, era in aceea superiora pre acella **C** cu verfu subtire si deschisu; incaldimu tubulu pre lampa, astufeliu in catu aerulu dintr'ensu dilatanduse ese partialu afara; confundamu verfulu **C** intr'unu vasu cu mercuriu curatu si atmosfer'a apesandu pre suprafeci'a lui, lu redica in tieva si o ample partialu cu mercuriu; repetindu acesta operatiune de cate-va ore, vomu amplea tubulu cu mercuriu si pre candu acesta ferbe, topimu sticl'a immediatu sub rezervoriulu **C**.

Ca sa gradamu termometrulu, ne procuramu duoe *punturi fisse* si impartimu intervallulu dintre elle in parti ecale. Punturile fisse suntu obicinuitu 1) *puntulu de gietia*, adico acella la care ap'a ingietia seu gietia se topesce; acesta se determina punendu termometrulu intr'unu vasu cu gietia si insemnandu pre densu cu  $0^{\circ}$  puntulu pene la care s'a contractatu mercuriulu. 2) *Puntulu de ferbere* allu apeii, pentru determinarea carui se pune termometrulu intr'unu vasu specialu d'asupra apeii care ferbe, in spatiulu ocupatu de vapori ferbinti, pentru co tote apele nu ferbu la aceeaasi temperatura, din causa co cupriindu in solutiune diferite substantie solide; deo-

sebitu de acesta presiunea barometrica trebuie sa fie de 760<sup>mm</sup> sau de nu, se face ua correctiune mica. — Insemnamu atunci si pre acestu punctu, obicinuitu cu 100°, dividemu spatiulu dintre elle in 100 parti egale si prelungimu aceste divisiuni in susu de 100° si in giosu de 0°, considerandu gradele sub 0° ca negative si ca grade de frigu. Acestu termometru s'a numitu *centesimalu* sau *Celsius*, dupre numele fisicului Suedianu care a introdusu aceasta divisiune. Danesulu *Réaumur* a impartitu acellu spatiu in 80°, era germanulu *Fahrenheit* in 180°. *Fahrenheit* a luat ca punctu inferioru, sau 0°, temperatur'a produsa de ua *amestecatura frigorifera*, a insemnatu punctulu la care se topesce gietia cu 32°, si pre acella la care ferbe apa cu 212°. Dupre acestea este lesne sa transformamu gradele dupre aceste diferite scari, pentru co : 80°R = 100°C = 180°F, sau 4°R = 5°C = 9°F, unde trebuie sa ne aducemu aminte co la transformarea in grade F trebuie sa adaogamu 32°.

Termometrulu cu mercuriu este cellu mai comunu si cellu mai exactu, pentru co dilataciunea acestui licidu este ceea mai uniforma; ensa intrebuintiarea lui este limitata intre — 39° si + 360°C, pentru co mercuriulu ingietia in giosu de — 39° si ferbe in susu de + 360° si prin urmare aretarile lui incetedia de la acelle grade inainte. Pentru temperature superioare, cari ensa nici ua data nu potu fi determinate exactu, ne servimu de termometre metallice, sau cu aeru, numite si *pyrometre*; era pentru acelle inferioare servescu termometre cu alcoolu, sau cu sulfuru de carbune.

Mai este enca de observatu co punctulu 0°, prin urmare si tote celle alte grade, se inaltia pucinu cu timpu, adico unu termometru gradatu indata dupre ce a fostu amplutu areta 1<sup>0</sup>/<sub>2</sub> — 2° dupre cati-va anni, candu lu punemu in gietia

care se topește, propabilu din cauza că rezervoriulu lui a fostu pucinu comprimat prin presiunea atmosferică, la care nu mai rezistă aerulu interioru scos la construcțiunea termometrului.

## § 2. DILATAȚIUNEA CORPURIILORU PRIN CALDURA

Candă unu corp se dilată prin căldură, atunci potemu să considerăm și să cerem a determina dilatațiunea totală sau *cubică* a lui, sau ne potemu margini la dilatațiunea în lungime sau *lineară*, candă celelalte dimensiuni sunt mici pre lângă lungime, precum suntă vergele de diferite substanțe. Căntitatea cu care se dilată unimea de lungime (respectiv de volum) a unei substanțe încălzite cu  $1^{\circ}$  C. se numesc *coeficientu de dilatațiune lineară* (resp. *cubică*).

*Coeficientulu de dilatațiune cubică este întreitu de cătu acela de dilatațiune liniară.* Deacă însemnăm cu 1 latur'a unui cub făcutu dintr'ua substanță care, cu  $\alpha$  coeficientulu de dilatațiune lineară a acestei substanțe, latur'a cubulu încălzit cu  $1^{\circ}$  va fi  $1 + \alpha$  și volumulu cubulu la duce temperatură diferindă între elle cu  $1^{\circ}$  va fi respectiv

$$1^3 \text{ și } (1 + \alpha)^3,$$

era diferenți'a

$$(1 + \alpha)^3 - 1^3 \text{ sau } 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3$$

va reprezintă căntitatea cu care a crescutu volumulu primitiv încălzit cu  $1^{\circ}$ , adică coeficientulu de dilatațiune cubică. Acum  $\alpha$  fiindu un fracțiune foarte mică, precum vom vedea mai la vale, puterile lui,  $\alpha^2$  și  $\alpha^3$ , pot fi lepădate în expresiunea de mai sus și atunci rămâne  $3\alpha$  ca coeficientu de dilatațiune cubică.

Deacă însemnăm cu  $\alpha$  coeficientulu de dilatațiune lineară a unei substanțe, lungimea ei la temperatur'a  $0^{\circ}$  va crește cu  $l\alpha$  pentru fiecăr grad cu care o încălzim, oră la  $1^{\circ}$  va crește cu  $l\alpha$  și lun-

gimea totala  $L$  la temperatur'a  $t^{\circ}$  va fi :

$$L = l + l\epsilon t \text{ sau } L = l(1 + \epsilon t).$$

De aici resulta enca prin impartire :

$$l = \frac{L}{1 + \epsilon t}, \text{ sau approssimativu } l = L(1 - \epsilon t),$$

care formula ne da lungimea unei substantie la  $0^{\circ}$ , candu i cunos-cemu lungimea la  $t^{\circ}$ . — Totu aceeași formula de mai susu rezolvata despre  $\epsilon$  ne da

$$\epsilon = \frac{L - l}{lt},$$

prin care putem afla coefficientulu de dilatatiune lineara a unei sub-stantie, mesurandu-i lungimea la temperaturele  $0^{\circ}$  si  $t^{\circ}$ .

Formule analoge cu acestea gasimu si despre coefficientii de di-latatiune cubica. Insemnandu cu  $v_0$  si  $v_1$  volumulu unei substantie la temperatur'a  $0^{\circ}$  si  $t^{\circ}$ , prin  $\alpha$  coefficientulu de dilatatiune cubica, vomu avea ca si mai susu

$$v_1 = v_0 + v_0\alpha t, \text{ sau } v_1 = v_0(1 + \alpha t).$$

De aici resulta era :

$$v_0 = \frac{v_1}{1 + \alpha t}, \text{ sau approssimativu } v_0 = v_1(1 - \alpha t).$$

Asemenea va fi si

$$\alpha = \frac{v_1 - v_0}{v_0 t}.$$

### § 3. DILATATIUNEA SOLIDELORU

Dilatatiunea solidelor se pote areta prin *inelulu lui S' Gravesande*, unu inelu prin care pote sa treca unu globuletiu de metallu rece, era caldu nu mai trece.

Dilatatiunea se pote vedea si mai bine si pote chiaru sa fia mesurata printr'unu astu-feliu numitu *pyrometru metallicu* (fig. 173) in care ua verga de metallu  $ab$ , fissa la unu capu si incaldita, se dilata spre  $b$ , lucrandu asupra unei parghii rec-tangulare  $p$ .

Ca sa mesore dilatatiunea intr'unu modu mai essactu, *Lavoisier* si *Laplace* s'au servitu de dispositiunea aretata in fig. 174 si 175. Intre patru stalpi solidi de petra *m* se afla ua baia *B*, in care potemu avea dupre voia temperatur'a  $0^{\circ}$ , seu ua alta  $t^{\circ}$  mesorata essactu prin termometre. Punemu verg'a, taiata din substanti'a allu caria se cere coefficientulu de dilatatiune lineara, in aceea baia, aterrandu-o de patru betie de sticla *l*, *l*, precum se vede la *l*'. Estremitatile acestei vergele atingu, candu temperatur'a este  $0^{\circ}$ , una de ua tabla de sticla *b*, sprijinita in dosu cu ua lama transversala *c*; ceea alta extremitate atinge de ua lama verticala *a*, mobila impreuna cu ochianulu *o* in giurulu unui axu orizontalu. Candu verg'a din baia se dilata, extremitatea libera a ei impinge lam'a *a* spre *a'* (fig. 175), prin urmare axulu ochianului se inclina pucinu si observatorulu nu mai vede punctulu *d* allu unei mire departate, ci pre acella *d'*. Deca mesoramu inaltimea instrumentului *ao*, distantia mirei *od* si lungimea *dd'*, vomu putea determina dilatatiunea *aa'* a vergelei *ae* prin asemenarea trianghiurilor *oaa'*, *odd'* care ne da :  $aa' = \frac{oa \times dd'}{od}$ .

Impartiundu pre *aa'* cu lungimea vergelei *ae* si cu gradele de temperatura  $t^{\circ}$ , vomu avea coefficientulu de dilatatiune lineara cerutu =  $\frac{aa'}{ae \times t^{\circ}}$ .

Englesii *Ramsden* si *Roy* au aretatu ua metoda mai precisa pentru determinarea coefficientului de dilatatiune lineara a solidelor. Din trei bai *A*, *B*, *C* (fig. 176), asiediate pre ua mesa, celle dooe din margine *A* si *C* cuprindu dooe vergele de fern de aceeași lungime, era in bai'a din mediulocu *B* se pune verg'a cu care experimentamu. Aceste vergele porta la extremitatile loru betie verticale *a*, *b*, *c* si

**d, e, f**, cari se afla cate trelle in linia dreapta, candu punemu gietia in acele bai, adico candu vergelele se afla la temperatur'a  $0^\circ$ . Ca sa cunoscemu acesta, betiele **a, b.** porta in partea superioara discuri mici gaurite, seu microscope, cu ajutorulu carora alineamu extremitatile **a, b, c** si **d, e, f**. Verg'a din bai'a B se redima cu capulu din stenga **b** la verfulu unui siurupu care petrunde din afara in baia si s'a lasatu in figura; era betiulu din dreapta **e** se pote misca pre aceea verga printr'unu siurupu micrometricu **s** ce se afla la dreapta. Gietia se conserva in totu timpulu operatiunei in baile A si C, era in bai'a din mediulocu se pune apa, care se incaldiesce cu lampi ce se afla sub densa pene la ua temperatura determinata; atunci verg'a dilatanduse, se va intinde la dreapta si disculu **e** va esi din lini'a dreapta **df** cu ua catime pre care o potemu mesora, miscandu inderetu betiulu **e** prin siurupulu micrometricu **s**. Cunoscendu cu precisiune lungimea primitiva a vergelei  $= ad = ef$ , temperatur'a  $t^\circ$  si dilatatatiunea mesorata cu micrometru, potemu lesne se calculamu, ca si mai susu, coefficientulu de dilatatatiune.

Cunoscendu dilatatatiunea lineara unei substantie, potemu sa determinamu pre aceea a altoru cu *pyrometrulu lui Borda* (fig. 177). Duce vergele de metallu, fissate la unu capu cu siurupuri, se potu misca liberu la cellu altu capu, unde porta ua divisiune potendu servi ca *noniu*. Deca null'a acestoru divisiuni coincide la  $0^\circ$  si insemnamu atunci lungimea comuna cu **l**, era cu **x** differentia de lungime observata la temperatur'a  $t^\circ$  si cu  $\alpha, \alpha'$  coefficientii respectivi de dilatatatiune lineara, vomu avea :

$$l(1 + \alpha t) - l(1 + \alpha' t) = x,$$

seu

$$l(\alpha - \alpha') t = x,$$

care formula ne da pre  $\alpha'$ , candu cunoscemu pre  $\alpha$ .

*Dulong* si *Petit* au datu ua metoda pentru a determina directu coefficientulu de dilatatatiune cubica a solideloru, care ensa presupune cunoscutu coefficientulu de dilatatatiune alu mercuriului. Corpulu cantaritu se asedia pre patru verfuri in mediuloculu unui tubu de sticla (fig. 178) la care se lipesc apoi unu verfu capillaru. Tubulu se ample la  $0^\circ$  cu mercuriu cantaritu, se incaldiesce la  $t^\circ$ , candu atunci

ese ceva mercuriu, care se cantaresce. Ecalitatea servindu pentru determinarea coefficientului cerutu se formedia astu-feliu : volumulu mercuriului esitu la temperatur'a  $t^{\circ}$  este ecalu cu dilatatiunea corpului la  $t^{\circ}$ , plus dilatatiunea mercuriului la  $t^{\circ}$ , minus dilatatiunea sticlei totu la  $t^{\circ}$ , pentru co sticl'a marindu-si volumu, nu a lasatu sa iasa totu mercuriulu impinsu afara prin dilatatiunea corpului si a mercuriului ensusi. Deca insemnamu cu  $P, d, x$ ;  $P', d', D$  greutatea, densitatea si coefficientulu de dilatatiune cubica a corpului si a mercuriului, cu  $\Delta$  dilatatiunea sticlei si cu  $p$  greutatea mercuriului esitu la  $t^{\circ}$ , atunci volumele mercuriului esitu, allu corpului, allu mercuriului din antru la inceputulu operatiunei, si volumulu sticlei, tota la temperatur'a  $0^{\circ}$ , voru fi esprimate respective prin caturile :

$$\frac{p}{d'}, \frac{P}{d}, \frac{P'}{d'}, \frac{P}{d} + \frac{P'}{d'};$$

era cantitatile cu cari s'au dilatatu aceste volume, incaldite la temperatur'a  $t^{\circ}$ , voru fi dupre formulele de mai susu (§ 2)

$$\frac{p}{d'} Dt, \frac{P}{d} xt, \frac{P'}{d'} Dt, \left( \frac{P}{d} + \frac{P'}{d'} \right) \Delta t,$$

si ecalitatea de mai susu se va scrie prin urmare :

$$\frac{p}{d'} + \frac{p}{d'} Dt = \frac{P}{d} xt + \frac{P'}{d'} Dt - \left( \frac{P}{d} + \frac{P'}{d'} \right) \Delta t.$$

Acesta ecalitate cuprinde pre langa necunoscut'a ceruta  $x$  si necunoscutele  $D$  si  $\Delta$ . In ceea ce privesco coefficientulu de dilatatiune  $D$  allu mercuriului, vomu areta mai la vale metodele prin cari a potutu fi determinatu directu ;  $\Delta$  se afla facendu ua operatiune prealabila, in care corpulu introdusu este totu de sticla ; atunci ecalitatea de mai susu se va scrie :

$$\frac{p}{d'} + \frac{p}{d'} Dt = \frac{P}{d} \Delta t + \frac{P'}{d'} Dt - \left( \frac{P}{d} + \frac{P'}{d'} \right) \Delta t$$

si va determina pre  $\Delta$ .

Corpurile solide se dilata forte pucinu, dilatatiunea ensa cresce in genero cu temperatura. Ecce cati-va coefficienti de



dilatatiune lineara :

sticla	intre	0,0000081	si	0,0000091
platina	>	0,0000085		
ocielu si feru	>	0,0000107	>	0,0000123
auru	>	0,0000145	>	0,0000156
cupru	>	0,0000171		
alama	>	0,0000187		
argintu	>	0,0000190		
plumbu	>	0,0000285		

Diferita dilatatiunea a metaleloau gasesce diferite aplicatiuni practice, intre alte la facerea penduleloru de compensatiune pentru cronometre, la termometre metalice, pyrometre etc. Pyrometrulu lui Borda (fig. 177) ne da mediulu de a determina temperatur'a  $t$ , candu cunoscemu coefficientii de dilatatiune  $\alpha$  si  $\alpha'$ , cu ajutorulu ecalitatiei de mai susu

$$lt(\alpha - \alpha') = x.$$

Fig. 179 represiuta unu termometru metalicu forte simitoru allu lui *Bréguet*. Ua lama de trei metalle, platina, auru si argintu, invertita in forma de spirala, porta unu acu in partea inferioara si lu misca la dreapta scu la stenga, dupre cum ea se sucesce, in urma dilatatiunei (resp. contractiunei) argintulu, care este mai mare de catu aceea a platinei; aurulu servesce ca mediulocitoru intre platina si argintu.

#### § 4. DILATATIUNEA LICIDELORU

Mesur'a dilatatiunei licideloru presinta difficultati din cauza ca si vasele in cari le punemu se dilata; vomu gasi dera pentru licide totu de una ua dilatatiune *apparinte*, mai mica de catu aceea adeverala numita si *absoluta*. Deca cunoscemu di-

latatiunea vasului, adaugandu-o la aceea aparinte a ligidului, vomu avea dilatatiunea absoluta a acestui din urma.

*Dulong* si *Petit* au gasit ua metoda pentru a determina directu dilatatiunea absoluta a ligidelor, de ess. a mercuriului. Aparatul destinat pentru acesta se compune de duoe tuburi de sticla A, B (fig. 180) cari comunica printr'unu tubu capillaru orizontalu c; aparatulu se asiedia orizontalu prin nivelele n, n'; tubulu A este incongiuratu de gietia, era B de ua baia de apa seu de untu de lemnu incalditu prin furnalulu F; termometre speciale (de aeru) areta temperatur'a. Inainte de a incepe operatiunea, se mesora cu precisiune distanti'a de la axulu tubului orizontalu c pene la ua marca fissa n; apoi se mesora differentiele de nivelu intre a, b si marc'a m si prin scadere se pote afla inaltimea h a colonei rece din A si aceea h' a colonei calde din B, socotite de la axulu tubului c. Deca insemnanu cu v, v' volumele celloru duoe colone h si h' de ua aceeași sectiune, coefficientulu de dilatatiune ceruta va fi :

$$a = \frac{v' - v}{vt}$$

Pre de alta parte insemnandu cu d, d' densitatea ligidului rece si caldu, vomu avea :

$$v : v' = d' : d \quad \text{si} \quad h : h' = d' : d,$$

de unde

$$v : v' = h : h'$$

si prin urmare

$$\frac{v' - v}{v} = \frac{h' - h}{h}$$

Substituindu in valoarea lui a va fi

$$a = \frac{h' - h}{ht}$$

*Régnault* a perfectionatu multu acesta metoda, ensa aparatele lui suntu de ua complicatiune estrema. *Milner* din Berlin a aretatu in annii din urma ua metoda totu asia de simpla catu si exacta, care consta intru a amplea cu mercuriu duoe tuburi barometrice in forma de sifonu, a pune pre unulu in gietia si pre cellu-altu intr'ua baia calda, in fine a mesora colonele barometrice din cari una este la 0° si ceea-alta la t°; calcululu este ca si mai susu.

Dupre aceste diferite metode s'a gasitu co coeficientulu de dilatatiune absoluta a mercuriului este  $\frac{1}{5550}$  de la  $0^{\circ}$ — $100^{\circ}$ ,  $\frac{1}{5425}$  de la  $100^{\circ}$ — $200^{\circ}$ ;  $\frac{1}{5300}$  de la  $200^{\circ}$ — $300^{\circ}$ .

Ap'a dintre tote licidele presinta na mare neregularitate in dilatatiune, dera ceea ce este mai importantu ea are la temperatur'a de  $4^{\circ}$  C. unu *maximum de densitate*, adico ap'a recinduse se contracta, pene candu ajunge la temperatur'a  $4^{\circ}$  C, apoi de aici inainte incepe a se dilata, a si mari volumu, astu-feliu in catu gieti'a este mai usiure de catu apa; de aceea si sticle pline cu apa se spargu, candu acesta ingietia intr'ense. Fenomenulu acesta, observatu pentru prima ora de *Academicii Florenzei* pre la 1670, a fostu studietu mai de aproape de *Tralles*, *Hope* si *Despretz* si pote fi aretatu in diferite moduri, intre alte si printr'unu simplu *termometru de apa*, pre care lu punemu impreuna cu unu termometru cu mercuriu intr'unu vasu cu apa; acesta recindu-se intr'una, nivelulu din termometrulu cu apa scade pene la  $4^{\circ}$  C si apoi incepe a se urca.

#### § 5. DILATATIUNEA GAZELORU

Dilatatiunea gazeloru a fostu determinata de differiti fisici, intre alti de *Gay-Lussac* prin dispositiunea aretata in fig. 181. Intr'ua baia de apa seu de untu de lemmu se asiedia na besica de stiela a cu na tieva capillara; indicele de mercuriu **i** inchide in besica unu volumu determinatu de aeru la temperatur'a  $0^{\circ}$ . Incaldindu bai'a, aerulu din besica se dilata si inpinge inainte indicele **i**, si astu-feliu se pote mesora dilatatiunea aerului seu a vre unui altu gazu cuprinsu in besica. Ca

sa fie aerul din besic'a a uscatu, o golim de mai multe ore cu machin'a pneumatica si apoi lasamu era sa intre aerul prin intermediulu tubului c care cuprinde ua substantia hygroscopica, de ess. cloruru de calciu. Termometre t, t areta temperatur'a baii. Cu modulu acesta Gay-Lussac a gasitu co coefficientulu de dilatatiiune a aerului este  $\alpha = \frac{1}{267} = 0,00375$ .

*Rudberg* anteu si apoi *Magnus* si *Régnauld* au aretatu co acellu numeru este prea mare si operandu prin metode mai essacte au gasitu pentru  $\alpha$  valoarea 0,00365 seu  $\frac{1}{273}$ .

Fig. 182 ne da ua idea despre modulu in care a operatu fisicu din Berlin *Magnus*. Ua cantitate determinata de gazu este inchisa sub mercuriu intr'unu rezervoriu R pene la marc'a fissa m, la temperatur'a 0° si la pressiunea atmosferica. Incaldimu gazulu la R, care dilatandu-se apesa pre mercuriulu din vasulu F si lu redica in tubulu deschisu ab pene la unu punctu a. Fundulu acestui vasu este de pelea la barometru lu Fortin si lucrandu asupra siurupulu S, aducemu nivelulu era la marc'a fissa m, era in tubulu deschisu, nivelulu se va redica ceva, pene la b de ess. Volumulu  $v_0$  allu gazulu din R, care la temperatur'a  $t^\circ$  devenisse  $= v_0(1 + \alpha t)$ , fiindu comprimat era in spatiulu primitiv  $v_0$ , vomu avea dupre legea lui Mariotte.

$$p_1 : p_0 = v_0(1 + \alpha t) : v_0 \text{ seu } p_1 : p_0 = 1 + \alpha t : 1 ;$$

unde  $p_0$  insemmedia pressiunea atmosferica observata cu barometru, era  $p_0$  este  $= p_0 +$  colon'a de mercuriu mb. Mesorandu dera temperatur'a  $t^\circ$  si colon'a mb vomu gasi valoarea lui  $\alpha$  din proportiunea de mai susu.

Tote gazele nu au riguros acellasi coefficientu de dilatatiiune. Acesta este in genere cu atatu mai mare cu catu gazulu se pote li- ceface mai lesne; chiaru pentru unu si acellasi gazu, ellu este cu atatu mai mare cu catu gazulu prin compresiune se apropia mai multu

de punctulu de licefactiune. Ensa aceste differintie suntu in genere forte mici.

Dilatatiunea gazeloru ne da asemenea mediulu de a face *termometre cu aeru*. Apparatu din fig. 182 este unu asemenea termometru. In adeveru deca in proportiunea de mai susu

$$p_t : p_0 = 1 + \alpha t : 1$$

consideramu coefficientulu de dilatatiune a aerului  $\alpha$  ca cunoscutu, vomu putea determina temperatur'a  $t^\circ$ . Dispositiunea acestoru pyrometre pote ensa sa variedie mai multu seu mai pucinu.

### § 6. CALDUR'A SPECIFICA A CORPURILORU

Candu incaldimu masse ecale de diferite corpuri cu acellasi numeru de grade, gasimu co elle absorba diferite cantitati de caldura, au diferite *capacitati calorice*. Intiellegemu dera prin *capacitate calorica* seu *caldura specifica* a unui corpu cantitatea de caldura ce absorba, candu se incaldiesce, in raportu cu aceea absorbita de ua massa ecala de apa, incaldita cu acellasi numeru de grade. Ca sa comparamu cantitatile de caldura intre elle ne servimu de ua *unitate de caldura*, numita si *caloria*, care este cantitatea de caldura absorbita de unu kilogrammu de apa, incalditu cu  $1^\circ\text{C}$ .

Pentru determinarea caldurei specifice s'au propusu mai multe metode; 1) *aceea a recelei de Meyer*, essecutata cu multa grije de catre *Dulong* si *Petit*, care se basedia pre principiulu co cantitatile de caldura perdute (resp. cascigate) de duoe corpuri, alle caroru temperatur'a scade cu acellasi numeru de grade, suntu proportionale cu timpurile recelei; observandu dera acoste timpuri, vomu avea raportulu intre capacitatile calorice alle corpuriloru recite.

Allu 2) *metod'a fusiunei a gieliei*, propusa de *Wilcke* si essecutata de *Lavoisier* si *Laplace* cu ajutorulu aparatului

din fig. 183. Corpulu allu carni ceremu caldur'a specifica  $c$ , cantarindu  $p$  kil. si incalditu intr'ua baia la temperatur'a  $t^{\circ}$ , se pune intr'unu cosiu in mediuloculu vasului B plinu cu gietia; vasulu B este incongiuratu ellu ensusi cu unu allu duoi-lea vasu A plinu cu gietia, spre a apera influinti'a atmosferei. Corpulu se recesce pene la temperatur'a gietiei  $0^{\circ}$ , ora gietii'a absorbindu caldur'a corpului se topesce. Gietii'a topita ostrengemu prin canao'a  $b$  intr'unu paharu si o cantarimn; fia  $m$  greutatea ei. In § urmatoru vomu vedea co fia-care kilogrammu de gietia topinduse absorbe 79 calorii, prin urmare gietii'a topita  $m$  va absorbi 79  $m$  calorii, pre cari le a datu corpulu recitu. Mass'a acestuia fiindu  $p$ , ellu porde pentru fia-care gradu  $pc$  calorii si pentru  $t^{\circ}$ ,  $pct$  calorii. Prin urmare vomu avea ecalitatea

$$pct = 79m,$$

de unde aflamu pre  $c$ .

Allu 3) *metoda mestecaturiloru* intrebuintiata de englesii *Black, Crawford* si de germanulu *Wilcke*. Unu vasu de greutate  $\mu$  si de caldura specifica  $c$  se ample cu ua cantitate  $p$  de apa a caria caldur'a specifica se socotesce  $= 1$ ; se determina temperatur'a vasului si a apei  $= t^{\circ}$ . Corpulu de greutate  $m$ , de caldura specifica necunoscuta  $x$ , se incaldiesce intr'ua baia la temperatur'a  $T$ , apoi se pune in vasulu cu apa, seu calorimetru. Corpulu se va reci, ap'a se va incaldi si preste catu-va timpu temperatur'a va ajunge la  $\theta^{\circ}$ . Atunci caldur'a perduta de corpulu recitu de la  $T^{\circ}$  la  $\theta^{\circ}$ , adico cu  $T - \theta$  grade, va fi ecala cu aceea cascigata de apa plus vasu, incalдите de la  $t^{\circ}$  pene la  $\theta^{\circ}$ , adico cu  $\theta - t$  grade. Caldura perduta de corpu este  $= mx(T - \theta)$ ; aceea cascigata de apa  $= p(\theta - t)$  si aceea cascigata de vasu  $= \mu c(\theta - t)$ ; prin urmare vomu avea ecalitatea

$$mx(T - \theta) = (p + \mu c)(\theta - t),$$

care ne va da valoarea lui  $x$ , candu vomu cunosca caldur'a specifica  $c$

a vasului. Ca sa determinam pre acesta, nu avem de catu sa facem un experiment prealabil cu un bucatu din substantia vasului; atunci vom avea egalitatea

$$mc(T - \theta) = (p + \mu c)(\theta - t)$$

care ne da valoarea lui  $c$ .

Licidele se punu in besici de sticla forte subtire si astu-feliu se introduc anteiu in baia calda si apoi in diferitele calorimetre.

Caldur'a specifica unui corpu variedia cu densitatea lui si in genere este cu atata mai mica cu catu densitatea este mai mare, precum se vede din numerele urmetore determinate de *Régnault* :

caldur'a specifica carbonului de lemnu este 0,2415.

» » » » petra » 0,2009.

» » diamantului » 0,1469.

Caldur'a specifica variedia enca cu temperatura si cresce cu acesta. Ecce caldur'a specifica unoru substantie la diferite temperature.

	0° — 100°	100° — 300°
Sticla	0,177	0,190
Feru	0,110	0,122
Cupru	0,095	0,101
Zincu	0,093	0,101
Argintu	0,056	0,061
Platina	0,033	0,036
Mercuriu	0,033	0,033

Dulong si Petit au descoperitu unu faptu importantu, adica ca caldurile specifice alle corpuriloru stau in raportu inversu cu ecivalentele chimice alle loru, seu cu productulu ecivalentului chimicu unei

substantie cu caldur'a specifica a ei este unu numeru constantu ; tre-  
bue ensa sa observamu co acesta lege este numai aaproximativa, pre-  
cum se vede din tabelulu urmetoru :

SUBSTANTIA	CALD. SPECIF.	ECIV. CHIM.	PRODUCTU
Feru	0,110	28	3,060
Cupru	0,095	31,7	3,011
Platina	0,033	98,7	3,127

*De la Roche si Bérard, Rumfort, Régnault* si alti au determi-  
natu caldur'a specifica a gazeloru, facendu sa treca unu currentu de  
gazù in cantitate determinata printr'ua tieva, invertita de mai multe  
ore in interiorulu unui vasu cu apa. Mesorandu cantitatea gazului,  
temperatur'a cu care intra in calorimetru, pre aceea cu care ese, can-  
titatea apei din calorimetru, temperatur'a ei initiala si pre aceea fi-  
nala, vomu putea printr'ua formula analoga cu aceea de mai susu sa  
determinam caldur'a specifica a gazeloru sub *pressiune constanta*.

Caldur'a specifica unui gazu nu este aceeaasi candu incaldimu ga-  
zulu sub *pressiune constanta*, lasandu prin urmare volumulu sa va-  
riedie, si candu lu incaldimu sub *volumu constantu*, candu atunci  
negresitu pressiunea variedia. Caldur'a specifica in casulu anteuu e  
este mai mare de catu aceea  $c'$  in casulu allu duoilea si raportulu  
 $\frac{c}{c'} = 1.419$  nu a potutu fi determinatu de catu prin metode forte in-  
directe si cari nu potu fi espuse aici.

#### § 7. SCAMBAREA STAREI DE AGGREGATIUNE; LICEFACTIUNE

Unulu din effectele principale alle caldurei este scambarea  
starei de agregatiune a corpuriloru incaldito; corpurile so-  
lido dovinu licide, se topescu, prin caldura; licidele se evaporu.  
Une corpuri solide se evaporu, fara a se topi; atunci dicemu  
co elle se *sublima*. Alte corpuri, solide seu licide, se descom-  
punu in elementele din cari se compunu la unu temperatura in-  
feriora de catu aceea la care 'si scamba starea loru de aggre-



gatiune; acestea ensa potu fi in genere topite seu evaporate in vase inchise si sub pressiuni mari. Une corpuri solide se immoia, inainte de a se topi; altele nu se topescu nici de cum, cellu pucinu la temperaturele ce potemu produce, precum suntu diferite petre. Multe substantie incaldite se amfla inainte de a si scamba starea de agregatiune.

Prin retragere de caldura licidele devinu solide, vaporile se condensa in licide. Ap'a devenindu solida, transformanduse in gietia, 'si maresce volumulu si astu-feliu devenindu mai usiure plutesce pre apa.

La *licefactiunea solideloru* se observa duoe fenomene importante. 1) Fia-care solidu intra in fusiune la ua temperatura constanta si totu la aceeaasi temperatura licidulu topitu se solidifica. Ecce cate-va puncturi de fusiune.

SUBSTANTIA	TEMPER. DE FUS.	SUBSTANTIA	TEMPER. DE FUS.
Mercuriu	— 40° C.	Bismut	256° C.
Gietia	0	Plumbu	334
Stearina	40	Zincu	360
Cera galbena	61	Antimoniu	432
Cera alba	68	Bronzu	pre la 900
Kaliu	43	Argintu	> 1000
Natriu	58	Auru	> 1250
Sulfu	112	Feru	1300 — 1600
Cossitoru	230	Platina	preste 1600

Temperaturele inalte de fusiune nu se potu determina cu precisiune. Este enca de observatu ce combinatiunile metallice (astu-feliu numite *alliage*) au punctulu de fusiune in genere inferioru de catu acella a metalleloru din cari se compunu, de ess. metallulu lui *Rose*, compusu din 4 parti bismutu, 1 plumbu

si 1 cossitoru, se topesce la  $94^{\circ}$ , pre candu elementele din cari se compune se topescu de la  $230^{\circ}$  in susu.

2) Unu allu duoilea faptu importantu care insocesce lica-factiunea solideloru, studietu si espicatu de englesulu *Black* la 1763, este co temperatur'a unui corpu solidu care se topesce *remane stationara* in totu timpulu fusiunei lui, adico de la momentulu la care se incepe fusiunea, pene sa se topesca corpulu intregu. Caldur'a absorbita de substanti'a care se topesce dispare pontru termometru, *findu intrebuintiata* ca sa produca fusiunea, ca sa invinga poterea de cohesiune a moleculeloru solidului. Acesta caldura pre care termometrulu nu o pote areta, pre care ensa o absorbe ori ce corpu trecendu din starea solida in aceea licida (*prin fusiune* seu *solutiune*), o numimu *caldura latenta*. In timpii moderni *De la Procastoye* si *Desains, Régnault* si alti au determinatu-o cu mare precisiune pentru gietia, servinduse de metode si dispositiuni analoge cu calorimetrulu lui Lavoisier si Laplace (fig. 183), seu prin metoda amestecaturiloru. Amestecandu de ess. 1 kg. de gietia la temperatur'a  $0^{\circ}$  C. cu 1 kg. de apa la temperatur'a  $79^{\circ}$  C, gietia s'a topitu, ap'a s'a recitu, si au resultatu 2 kg. de apa la temperatur'a  $0^{\circ}$ ; prin urmare au fostu intrebuintiate 79 calorii ca sa topesca 1 kg. de gietia si acesta este caldura devenita *latentă la fusiunea gietiei*.

Absorptiunea caldurai prin corpurile cari trecu din starea solida in aceea licida, chiaru prin simpla solutiune, ne da mediulu sa ne procuramu frigu si gietia artificiala, prin astu-feliu numite *amestecaturi de gietia* seu *frigorifere*. *Fahrenheit* le a introdusu cellu d'anteiu, si apoi *Mairan, Réaumur* si alti au propusu diferite asemenea amestecaturi. Celle mai principale suntu :

2 parti gietia farimata cu una de sare aduce ua scadere de temperatura de  $18^{\circ}$ ;

sulfatu de soda cu ac. chlorhidricu, ua scadere de  $27^{\circ}$ ;

chloruru de calciu hidratu cu zapada, ua scadere de  $28^{\circ}$ ;

azotatu de ammoniacu cu apa, ua scadere de  $26^{\circ}$ ;

fosfatu de ammoniacu cu ac. azoticu ua scadere de  $39^{\circ}$ ;

in fine ua amestecatura de acidu carbonicu solidu, protoxid de azotu lcidu si eteru alcoolicu da unu frigu de  $-120^{\circ}$ , cellu mai mare frigu care a fostu observatu.

Precum la fusiunea seu solutiunea solidelor se produce frigu prin absorptiunea caldurei, asemenea la solidificarea licidelor se produce caldur'a care a fostu latentă. Unu essemplu despre acesta ne da natur'a ensasi, candu ingietia apele baltiloru seu alle riuriloru. Stratulu de gietia formatu la suprafecia ingrosianduse prin formare de gietia noua, caldur'a latentă devine libera si inaltia temperatur'a apei din fundu cu cate-va grade, astu-feliu in catu fiintiele animale din apa potu enca sa traiasca intr'ensa fara sa ingietie.

#### § 8. TRANSFORMAREA LICIDELORU IN VAPORI

Licidele se transforma in vapori, absorbindu caldura. Evaporatiunea se pote face *spontaneu* la suprafecia; evaporatiunea este cu atatu mai abundanta 1) cu catu licidulu presinta ua suprafecia libera mai mare; 2) cu catu pressiunea d'asupra licidului este mai mica; 3) cu catu atmosfer'a d'asupra licidului este mai uscata si prin urmare unu licidu se evapora mai currendu intr'unu currentu de aeru care departedia vaporile formate.

Evaporatiunea unui licidu se pote face si in interiorulu lui, unu licidu *ferbe*, candu vaporile lui au ajunsu la ua tensiune

ecala cu presiunea exercitata pe suprafeci'a lui. Se intielege prin urmare ca unu licidu va ferbe cu atatu mai currendu, adico la ua temperatura inferioara, cu catu se afla sub ua presiune mai mica, cu atatu mai greu, adico la ua temperatura mai inalta, cu catu presiunea sub care se afla este mai mare. La inaltimi mari d'asupra pamentului, unde presiunea atmosferica este mai mica, sub recipientulu machinei pneumatico, intr'unu spatiu liberu de aeru, precum este in aparatulu din fig. 184, tab. XIV, unu astu-feliu numitu *cryoforu*, compusu din duoe besici de sticla cu pucinu licidu, apa seu eteru, licidele ferbu la temperature inferioare de catu acelle ordinare. Din contra in vase inchise, precum este *digestorul lui Papin* (fig. 185), in cari vaporile nepotendu esi apesa pe suprafeci'a licidului, acesta ferbe la ua temperatura mai inalta si vaporile precum vomu vedea mai tardiu cascadea ua tensiune mare, ceea ce se pote observa la esirea loru prin *ventilulu de securitate V*.

La ferberea licideloru se observa fenomenele urmetore :

- 1). Fia care licidu ferbe la ua temperatura constanta, care ensa depinde de substantiele cuprinse intr'ensu in solutiune si de presiunea sub care ferbe. Ecce temperatur'a la care ferbu cate-va licide curate si la presiunea normala de 760<sup>mm</sup>.

Acidu sulfosu	— 10° C.	Apa . . . . .	100°
Eteru	38	Spiritu de terpentinu	157
Sulfuru de carbune	47	Fosforu . . . . .	290
Spiritu de lemnu	59	Oleiu . . . . .	316
Chloroformu	60.5	Ae. sulfuricu . . .	325
Alcoolu absolutu	77.5	Mercuriu . . . . .	360
Benzina	80	Sulfu . . . . .	400

- 2) Unu licidu transformanduse in vapori 'si maresce volumu ; astu-feliu ap'a lu maresce de 1700 ore, candu se transforma

in vapori si acestea potu ocupa unu volumu si mai mare la ua pressiune mai mica de catu aceea atmosferica.

3) Unu licidu transformanduse in vapori absorbe caldura, care este intrebuintiata ca sa invinga puterea de cohesiune care mai essista enca intre moleculele licidului; prin urmare de la momentul la care licidulu a inceputu sa ferba, *temperatur'a remane stationara*, termometrulu nu mai areta nici ua crescere de temperatura, caldur'a absorbita devine *latenta*. Caldur'a latentă a vaporiloru de apa, cu determinarea caria s'au ocupatu intre alti *Rumfort* si *Régnauld*, s'au gasitu = 540, adico unu kilogrammu de apa, care ferbe absorbe 540 calorii ca sa se transforme in vapori de 100°C. In fig. 186 se vede ua dispositiune dupre care *Rumfort* a determinatu caldur'a latentă a vaporiloru de apa. Licidulu ferbe in retort'a R; vaporile suntu conduse prin tiev'a S in cuti'a C si se condensa, dandu caldur'a latentă a loru apeii din calorimetru.

Insemnandu cu T temperatur'a vaporiloru candu intra in calorimetru, t aceea initiala a apei,  $\theta$  temperatur'a finala, P ap'a calorimetrelui plus ecivalentulu in apa a acestui din urma, p mass'a vaporiloru, x caldur'a latentă si c caldur'a specifică a loru, vomu avea ecalitatea

$$px + pc \left( T - \frac{\theta + t}{2} \right) = P(\theta - t),$$

care esprima co caldur'a latentă a vaporiloru plus caldur'a perduta de elle, candu temperatur'a loru a scadiutu de la T° successivu la t° pene la  $\theta^\circ$ , este ecala cu aceea cascigata de apa plus calorimetru.

Caldur'a de evaporatiune a licideloru fiindu cu multu mai mare de catu aceea de licefactiune a solideloru, evaporatiunea a fostu mai cu sema intrebuintiata pentru productiune de frigu si a nume de *gietia artificiala*. Pentru acesta se iau licidele

celle mai volatile, mai alesu *eteru* si *ammoniacu*, era dispositiunile aparatelor suntu forte variete. Elle suntu puse in miscarè prin machine cu vapori si dau pre ora celle mici pre la 60 kg., era celle mari englese preste 200 kg. de gietia. Fig. 187 ne da ua idea despre dispositiunea generala a aparatului englesului *Harrison*. A este *congelatorulu* inchisu ermeticu si cuprindendu intr'ensu unu vasu cilindricu B, seu si mai multe, deschise si pline cu ap'a destinata a se transforma in gietia. Vasulu B este incongiuratu, precum se vede in figura in sectiune, de mai multe vase conice pline cu *eteru* care prin evaporatiunea lui face ca sa ingietie ap'a din B. Congelatorulu se afla in comunicatiune printr'unu canalu induoitu C, C' cu ua pompa seu machina pneumatica D, pusa in miscare prin machine cu vapori. Machin'a pneumatica ensasi comunica prin duoe tievi cu *condensatorulu* FF', formatu de ua tieva invertita in spirala si asediata intr'unu vasu in care circula apa rece; tiev'a condensatorului ajunge prin canalulu h, pene la congelatoru. La C, C' se afla cate duoe ventile, ca la machinele pneumatice ordinare, si astu-feliu pomp'a D functionandu aspira din congelatoru vapori de eteru si le gonesce spre condensatoru, de unde se intorce eterulu si pica in vasele conice, dupre ce mai anteu a fostu condensatu la F. Ca sa fia evaporatiunea mai activa, scotemu mai anteu aerulu din congelatoru totu cu pomp'a D, inchidindu canao'a h si deschidendu pre aceea k, pre unde gonimu aerulu afara. — Apparatele lui *Carré* suntu mai obicinuitu cu ammoniacu si au ua dispositiune differita.

Precum la evaporatiunea licideloru se produce frigu, asemenea la licefactiunea vaporiloru caldur'a latentă devine libera, ceea ce se observa intre alte si candu se producu ploile

calde, adico candu se face ua condensatiune rapede a vaporiloru din atmosfera in apa care cade in forma de ploia. Caldur'a produsa prin condensatiunea vaporiloru se intrebuintiedia pentru incalditulu apei la machine cu vaporu etc. Condensatiunea vaporiloru si transformarea loru in licide se pote face *prin frigu* seu *sub pressiuni mari*. Condensatiunea se face seu cu pompe de compressiune, precum suntu aparatele lui *Nutterer* din Viena, seu prin productiunea unei cantitati mari de vaporu intr'unu spatiu inchisu, precum suntu aparatele perfectionate alle lui *Thilorier*, cari se intrebuintiedia si la preparatiunea apelu gazose.

Mai tote gazele (afara de oxigenu, hydrogenu, azotu si cate-va gaze compuse) au fostu condensate, mai alesu de catre *Faraday*, astu-feliu in catu astadi nu essista in realitate ua diferintia intre gaze si vaporu; cu tote astea intiellegemu prin vaporu gaze alle carora licefactiunea este forte usiora, precum suntu vaporu de apa, eteru, ammoniacu etc.

Unu fenomenu interessantu produsu la evaporatiunea licideloru in conditiuni speciale este acella cunoscutu sub nume de *esperienti'a lui Leidenfrost*. Deca incaldimu la ua temperatura forte inalta unu vasu de metallu si apoi turnamu intr'ensu ua mica cantitate a unui licidu, acesta nu se evapora de catu forte pucinu, se strenghe in form'a unui globuletiu si in genere nu se atinge de vasulu incinsu, fiindu despartitu de deusu printr'unu stratu subtire de vaporu; candu ensa temperatur'a vasului a mai scadiutu pucinu, tensiunea vaporiloru dintre ellu si licidu se micusioradia si ne mai potendu sa tina licidulu in susu, acesta vine in contactu immediatu cu vasulu caldu si avemu atunci ua productiune violinte de vaporu, cari potu produce esplosiuni, candu se operedia cu cantitati mari

de licide, precum se intampla cate ua data la caldarile machineloru cu vapori. Form'a sferica ce iau masse mici de licidu la experimentulu acesta a condusu pre uni fisici sa credia co corpurile se potu presinta si sub ua noua forma de aggregatiune, pre care au numitu-o *stare sferoidala*; acesta ensa nu essista, ci licidele iau form'a sferica sub pressiunea vaporiloru ce le incungiora. Mai este enca de observatu co temperatur'a licidului in acesta experientia este inferiora de catu aceea la care ferbe, de ess. a apei este  $< 100^{\circ}$ , cu tote co temperatur'a vasului este de cate-va sute de grade; ensa licidulu este despartitu de acesta prin vapori, cari nu lasa caldur'a sa se propage pene la densu.

#### § 9. DETERMINABEA DENSITATIEI VAPORILORU

Gazele scambandu-si la fia-care momentu volumu, precum si tensiunea loru, determinarea essacta a densitatiei loru cere dispositiuni speciale, cari devinu si mai trebuinciose la determinarea densitatiei vaporiloru, pentru co pre acestea trebue mai anteu sa ni le procuramu prin ferberea unui licidu. *Gay-Lussac* a aretatu ua metoda pentru acesta. Unu vasu de feru c, pusu pre unu furnalu portativu f (fig. 188), cuprinde mercuriu ce pote fi incalditu intr'ensu; pre acesta se affa resturnatu unu tubu de sticla golu g, gradatu in centimetre cubice, in care se urca mercuriulu si lu ample pene susu (in figura partea superiara este gola), incongiuratu de unu cilindru de sticla m in care se torna pene susu unu licidu, apa seu untu de lemnu, incalditu prin contactulu cu mercuriu; termometre asiediate la diferite adencimi areta temperatur'a acestei bai. Ua besica mica de sticla sub-tire, cantarita gola si plina cu licidulu allu carui voimu sa determinamu densitatea vaporiloru, se introduce pre sub mercuriu in tabulu g, se sparge, candu incaldimu bai'a si vaporile acestui licidu ample spatiulu a, apesandu mercuriulu in josu. Incaldimu pucinu, pene sa dispara totu licidulu transformandu-se in vapori, tinemu catu-va timpu



temperatur'a constanta, mesoramu pre acesta  $t^{\circ}$ , precum si volumulu  $v$  ocupatu de vapori la temperatur'a acesta; inaltimea  $b$  a colonei de mercuriu din tubulu  $g$  se mesora prin verg'a gradata  $r$  pre care o lasamu in josu pene sa atinga cu verfulu inferioru la nivelulu mercuriului din vasulu  $c$ ; se observa asemenea si inaltimea barometrica  $B$  in acellasi momentu. Insemnandu cu  $\Delta$  coefficientulu de dilatatiune a sticlei  $g$ , cu  $\alpha$  pre acella allu vaporiloru ( $= 0,00365$ ), vomu gasi co volumulu gazului  $v$ , aretatu prin divisiunile sticlei facute la temperatur'a  $0^{\circ}$ , pretiuesce  $v(1 + \Delta t)$  dupre teoriile date in § 2, co acestu volumu allu vaporiloru la temperatur'a  $0^{\circ}$  pretiuesce  $\frac{v(1 + \Delta t)}{1 + \alpha t}$ , presiunea fiindu ensa  $B - b$ ; deca voimu acum sa scimu care este valoarea  $v'$  a acestui volumu la presiunea normala  $760^{\text{mm}}$ , vomu avea dupre legea lui Mariotte proportiunea :

$$\frac{v(1 + \Delta t)}{1 + \alpha t} : v' = 760 : B - b$$

de unde

$$v' = \frac{v(1 + \Delta t)(B - b)}{(1 + \alpha t)760}$$

Acestu volumu de vapori are greutatea  $p$ , pre care amu gasitu-o cantarindu licidulu din besic'a de sticla subtire, inainte de a o introduce in tubulu  $g$ . Ca sa gasimu greutatea  $p'$  a unui volumu ecalu  $v'$  de aeru, observamu co ua litra ( $1000^{\text{cc}}$ ) de aeru uscatu de  $0^{\circ}$  si la presiunea  $760^{\text{mm}}$  cantaresce  $1,293$ , prin urmare volumulu  $v'$  va cantari

$p' = v' \times 1,293$  si densitatea ceruta a vaporiloru va fi  $= \frac{p}{p'}$  seu

$$= \frac{p \times 760 \times (1 + \alpha t)}{v(B - b)(1 + \Delta t) \times 1,293}$$

*Dumas*, *Bunsen* si alti au mci aretatu diferite alte metode pentru determinarea densitatiei vaporiloru. Ecce cate-va din acelle rezultate, aretandu densitatea vaporiloru alle substantieloru aici insemnate,

Iodu . . . . .	8.716	Sulfuru de carbune . . . . .	2.645
Mercuriu . . . . .	6.976	Alcoolu . . . . .	1.615
Terpentinu . . . . .	5.013	Apa . . . . .	0.823

## § 10. TENSIUNEA VAPORILORU

Daca introducemu intr'unu spatiu golu, seu plinu cu unu gazu ore-care, vapori alle unui licidu, acestea au si elle tensiunea lor, poterea elastica, care se adaoga la aceea a gazului ce s'ar afla in spatiulu in cestiune. Deca marimu pressiunea sub care se afla inchise acelle vapori, seu deca introducemu cantitati noue de vapori (ceea ce se pote face introducendu cate pucinu licidu, care se evapora) in acellu spatiu, acesta se incarca din ce in ce mai multu cu vapori, tensiunea loru cresce, ceea ce se pote cunosce printr'unu manometru pusu in comunicatiune cu acellu spatiu. Currendu ensa vomu ajunge la ua limita, preste care ori ce cantitate noua de vapori introduse se condensa, nu mai pote essista in acesta stare, nici nu adaoga prin urmare la tensiunea vaporiloru essistente; atunci dicemu co, *pentru temperatur'a la care amu operatu*, spatiulu este *saturatu*, vaporile au ajunsu la *maximum tensiunei* loru.

Tensiunea maximum a vaporiloru este differita pentru differite licide, mai mare pentru licide mai volatile, si pentru unu si acellasi licidu variedia cu temperatura, crescendu cu acesta.

— Vapori aflate in spatiuri de differite temperature ce comunica intre elle, avendu prin urmare differite tensiuni, va trebui dupre legile de ecilibru allu fluidelor sa si potrivesca aceste tensiuni; tensiunea definitiva in tote acelle spatiuri va fi aceea maximum care corespunde spatiului cellui mai rece, era in acelle alte spatiuri vaporile nu voru potea sa ajunga la tensiunea maximum.

Tensiunea vaporiloru de apa pene la 24 atmosfere a fostu mesorata de *Dulong* si *Arago* pre la 1830 prin dispositiunile aretate in fig. 189. Ua caldare solida de feru c, asediata

intr'unu coptoru, cuprinde ap'a destinata sa ferba sub presiune mare; vaporile suntu conduse prin tiev'a **KI** intr'unu vasu solidu **r** cu mercuriu. Acestu vasu comunica pre de ua parte cu manometrulu **m**, incongiuratu de unu cilindru in care circula apa rece; pre de alta parte cu unu tubu de stiela **n**, destinatu sa arete nivelulu mercuriului din vasulu de feru **r**, dupre principiile cunoscute alle hydrostatice. Pre mercuriulu din vasulu **r** si in tiev'a **I** se afla apa pene susu la **k** si, ca sa nu se incaldiesca, facemu sa circule impregiurulu ei apa rece, precum se indica in figura. Vaporile din caldarea **C** apesa pre apa la **k**; acesta presiune se transmite la mercuriulu din **r** si o potemu mesora cu manometrulu **m**, observandu differinti'a de nivelu intre colonele mercuriale din **m** si **n**. Termometre asiediate in caldare, unulu in apa si cellu-altu in spatiulu ocupatu de vapori areta temperatur'a acestora; fiindu-co ensa rezervoriile termometreloru aru potea fi comprimate sub presiunea ceea mare din interiorulu caldarei, nu s'au pusu termometrele immediatu in caldare, ci in tuburi solide de feru **t**, **t** pline cu mercuriu si insiurupate sub capaculu caldarei in care s'au lasatu gauri, ca sa potemu introduce termometrele in tuburile **t**, **t**.

*Régnault*, *Magnus* si alti s'au ocupatu cu determinarea tensiunei vaporiloru de apa si a unoru alte substantie la diferite temperature  $>$  si  $<$   $100^{\circ}$ . Principiulu acestoru metode cari presinta ua precisiune mai mare este cellu urmatoru. In spatiulu d'asupra ligidului care ferbe se stabileste cu ajutoru de pompe pneumatice, de dilatatiune seu de compressiune dupre trebuintia, ua presiune *determinata*, mai mica seu mai mare de catu ua atmosfera; apoi se proceda la ferberea ligidului si se observa temperatur'a correspondiatoare, la care prin

urmare vaporile lui au ajunsu la tensiunea stabilita prin machinele pneumatice. Ecce cate-va din rezultatele aflate pentru vapori de apa.

TEMPERAT.	TENSIUNE	TEMPERATURA	TENSIUNE
0°	5mm	145.0 <sub>4</sub>	4 atmosfere
10	9 >	160.2	6 >
20	17 >	172.1	8 >
50	92 >	181.6	10 >
75	288 >	190	12 >
100	760 seu	200	15 >
	1 atmosf.	214.7	20 >
121,0 <sub>4</sub>	2 >	226.3	25 >
135,1	3 >	226	50 >

#### § 11. MACHINE CU VAPORI

Poterea cea mare, sau tensiunea vaporilor, a ramasu in cursulu secoliloru dispretiuita si neintrebuintiata. *Eolipyle* in form'a unei rote de reactiune, sau in form'a unei lampi, unde unu currentu de vapori produce rotatiunea in casulu anteiu, si effectulu foaleloru in allu duoilea casu, suntu negresitu applicatiuni forte neinseminate alle poterei colossale ce ne potu procura vaporile.

Pre la 1687 *Papin* a facutu cate-va esperientie ca sa arete poterea cea mare a vaporiloru si immediatu dupre aceea englesulu *Savary* a construitu na machina forte imperfecta, care ensa a potutu avea na applicatiune practica, ca sa redica apa din adencimea unei mine; machinele ensa cari au avntu na applicatiune generala inaintea machineloru actuali cu vapori suntu acelle numite *atmosferice* alle englesulu *Newcomen*. La machinele aceste vaporile venindu de la na caldare solida,

unde ferbe apa la ua temperatura inalta, intra printr'au tieva A (fig. 190) intr'unu cilindru cu pistonu si redica pre acesta in susu; apoi se inchide unu siurupu din tiev'a A, se deschide unu altu dintr'ua a duoa tieva B, pre unde se lasa in cilindru pucina apa rece si se produce condensatiunea vaporiloru; *atmosfer'a* apesandu acum pre faci'a superiora a pistonului, lu intorce in josu; atunci se deschide din nou siurupulu A, se inchide acellu B si asia mai inainte. Unu baiatu *Potter*, insarcinatu cu inchiderea si deschiderea alternativa a siurupuriloru A si B, a avutu ide'a sa le lege cu sfore intr'unu modu convenabilu de cod'a pistonului, subordinandu functiunea siurupuriloru la miscarea pistonului, si a inventatu astu-feliu principulu *distributiunei vaporiloru*, care are rolulu cellu mai importantu la machine cu vaporu. Machinele atmosferice au fostu intrebuintiate pene pre la 1770, candu scotianulu *James Watt* a inventatu machinele cu vaporu in form'a si cu perfectiunile actuale alle loru, gasindu totu ua data mediulu sa transforme miscarea alternativa a pistonului intr'ua miscare uniforma si continua de rotatiune.

Ua machina cu vaporu se compune in genere de *generatorulu* seu *caldarea* cu apa, unde se producu vaporile, cu diferite accesorii, si de *pomp'a motore*, allu carei pistonu priimesce presiunea vaporiloru si transmite miscarea, purtandu asemenea diferite accesorii. Form'a si constructiunea atatu a caldarei catu si a pompei cu accesoriiile loru, variedia in mii de moduri. La *machine fisse* si zidite *vetr'a* este de zidu, caldarea de tabla grosa de feru este cilindrica si la celle duoe capete terminata cu emisfere. Fig. 191 represinta ua forma comuna a acestoru caldari, in perspectiva si in sectiune transversala; ua parte din tabl'a caldarei se areta rupta, ca sa se pota ve-

dea dispozițiunea interioară. Sub acesta caldare se află doi cilindri mai mici **b B** (aretați în secțiune la **B B**), cari comunică cu caldarea principală prin tuburi **P P**, în giurulu carora circula flacar'a vetrei **C**, intrându prin spațiulu din mediulocu **X** și întorcându-se către cosiu prin spațiile laterale **y, y**; prin acesta dispozițiune se accelerează multu ferberea apei. Tubulu **a** care merge pene la fundulu caldarei aduce apă necesaria de la ua pompa de apă, pusă în mișcare prin ensasi machin'a cu vapori. Tubulu **v** servește ca să conducă vaporile de la caldare la pomp'a motore. **de** este unu ventilu de siguranță, formatu de unu cuiu care la **d** astupa ua gaură mică făcută în caldare și este apesatu prin greutatea **e**, ce lucrează la unu brăciu de parghia lungu; cându vaporile din caldare au ajunsu la ua tensiune prea mare, ells redică parghi'a **de** și cuiulu **d** și potu eși afară de sinesu. **fg** și **hi** suntu asemenea ventile de siguranță, servindu totu de ua dată și ca aretatori de nivelu seu ventile de alarmă; greutățile **g, i** suntu astu-feliu potrivite ca la scaderea nivelulu de apă, ne mai fiindu purtate de acesta și aternându greu, să deschidă ventilele **f, h**, pre unde esindu vaporile, producă fluieratur'a de alarmă. **n** este asemenea unu aretatoru permanentu alu nivelulu apei din caldare; ellu este formatu de unu tubu de sticlă **n**, care comunică atât cu apă câtu și cu spațiulu de vapori, astu-feliu în câtu la fia-care momentu se potu vedea la acesta nivelulu apei. Manometre, obicinuitu metallice, comunicându prin țevi cu caldare și cari potu fi asiediate aproape seu departe de acesta, areta presiunea vaporiloru.

Unu inconvenientu mare prezintă încrăstățiunile cari se facu la peretii interioari ai caldarei prin depositulu apelor. S'au propusu diferite medii pentru înlăturarea acestui reu,

fara ensa ca vre unulu din elle sa fia de ua efficacitate mare. Curatitulu desu allu caldarei si coje de cartofi puse in caldare suntu celle mai bune remedii.

*Pomp'a motore* are asemenea differite dispositiuni, la une machine ea este *culcata*, la alte are ua positiune *verticala*. Fig. 192 ne da ua idea despre un'a din formele ei celle mai comune; ea sta verticalu si ua parte a ei este represintata in sectiune. Pistonulu C essecuta ua miscare de oscillatiune in susu si in josu prin pressiunea vaporiloru, conduse alternativu pre celle duoe fecie alle lui, si o transmite vergelei rigide B si acelei P, articulate la extremitatile selle m, n. Acesta din urma este atunci silita sa se balanciede cu extremitatea superiora n la drepta si la stenga, invertesce prin urmare ua manivella scurta si solida Q si imprenna cu acesta, drugulu orizontalu AA si totu ce este fssatu pre densu.

*Distributiunea* vaporiloru se face intre alte si prin dispositiunea aretata in figura. Vaporile vinu de la caldare prin canalulu z, intra in *cuti'a* de vaporu k si de aici suntu conduse prin canalurile d si e alternativu sub pistonu si d'asupra lui. Unu feliu de ventilu concavu v, oscillandu in cuti'a de vaporu k, astupa alternativu cate unulu din canalurile d, e, lasandu pre cellu-altu deschisu, si produce astu-feliu distributiunea vaporiloru pre celle duoe fecie alle pistonului. Intre cilindru pompei si cuti'a de vaporu este unu spatiu g cu ua gaura r, pre unde vaporile cari au lucratu asupra pistonului, gonite la miscarea contraria a lui, suntu conduse afara. Figurele 193 si 194 areta cursulu vaporiloru la miscarea ascendentu si descendentu a pistonului.

Distributiunea vaporiloru, prin urmare miscarea oscillatoria a ventilului concavu v (fig. 192), trebue neaperatu sa se re-

guledie de catre machin'a ensasi. Pentru acesta serveste disculu *escentricu* *f*, care lucrandu prin vergelele articulate *s*, *t* asupra ventilului *v*, i comunica aceea miscare oscillatoria. Escentriculu este unu discu circularu fissatu pre drugulu principalu *AA*, astu-feliu ensa ca centrulu lui sa nu coincida cu axulu de rotatiune si prin urmare sa descria unu cercu micu, allu carui diametru este ecalu cu amplitudinea miscarei ventilului *v*. Disculu se invertesce intr'unu inelu de care aterna verg'a *ss* si lu misca dinpreuna cu acesta ua data in susu si apoi in josu. Figur'a 195 areta escentriculu impreuna cu verg'a *s* in patru pozitiiuni principale alle manivelei *Q*, vediate din partea drepta a figurei 192.

Miscarea pistonului, ca ori-ce miscare de oscillatiune, nu este uniforma; intiel'a lui devine maximum, candu trece pre la mediuloculu cilindrului, si se stinge in pozitiiunile estreme de susu si de josu, unde se face scambarea directiunii. De aici resulta co si miscarea de rotatiune a drugului principalu *AA* (fig. 192) si a machinei intregi va fi neregulata, prin urmare acesta va functiona ren. Miscarea se reguledia partialu prin distributiunea ensasi a vaporiloru, asiediandu escentriculu astu-feliu, ca ventilulu concavu *v* sa ocupe pozitiiunile estreme josu si susu, adico ca vaporile sa intre pre deplinu prin canalulu *e* sen *d*, candu pistonulu se afla in mediu loculu cilindrului, adico de la acellu momentu inainte, la care intiel'a incepe a se micusiora (vedi fig. 193 si 194). Acestu mediu locu nu numai co este nesufficientu, pentru co manivel'a *Q* si cu drugulu *AA* voru sta unu momentu la fia-care scambare de directiune a pistonului, dera enca se pote intampla, ca rotatiunea ensasi sa se faca pre dosu la intorcerea pistonului. Pentru a regula cu totulu miscarea de rotatiune, se asedia pre drugulu *AA* unu



*volentu* **XX** (fig. 192), ua rota centrifugala *de aventu* seu *regulatore*, massiva si mare, care pusa ua data in miscare intr'ua directiune determinata, ua conserva pre acesta in virtutea inertiei si o comunica machinei intregi, nimicindu prin mass'a ei ceea mare resistenti'a momentana, produsa la momentele de scambare in directiunea pistonului.

Unu allu duoilea escentricu **g** pune in miscare ua pompa de apa si da ap'a necessaria caldarei prin tiev'a **a** din fig. 191, precum s'a disu la descriptiunea acesteia.

In fine unu ventilu conicu **V**, unu astu-feliu numitu *regulatoru cu potere centrifugala*, pusu in miscare de rotatiune totu prin acellasi drugu **AA** (fig. 192) cu ajutorulu roteloru conice dintiate **a**, se deschide la ua iutiela de rotatiune prea mare, trage in susu verg'a **b** si inchidiendu partialu siurupulu **II**, moderedia intrarea vaporiloru si prin urmare miscarea ensasi a machinei.

La multe machine fisse miscarea nu se transmite immediatu drugului principalu, ci cod'a pistonului lucredia la estremeitatea unui *balancieru*, adico a unei parghiei cu bracie ecale; ua verga si cu ua manivella fissate la ceea alta estremeitate a balancierului producu miscarea de rotatiune asupra drugului si a volentului. Vergele aternate la'differite punturi alle balancierului punu in miscare pompe de apa, ventile de distributiune, regulatori de potere centrifugala etc. Fig. 196, tab. XVII, areta ua parte a unei machine cu balancieru.

La multe machine fisse si la acelle transportabile, cari nu se deosebescu de celle d'anteiu de catu numai prin dimensiunile loru si pentru co potu sa fia transportate si sa functiune die la ori-ce locu, (precum suntu acelle numite *locomobile*, machinele *vaporeloru* cari ambla pre apa si alte) vetr'a de focu,

caldarea si pomp'a motore formedia unu corpu, si suntu analoge cu locomotivele, alle carora descriptiune urmedia mai la vale. Caldarea acelloru machine, precum si a multoru machine fisse de dimensiuni mari, este *tubulata* ca aceea a locomotiveloru.

Machinele cu vapori se deosebescu in mai multe categorii, dupre modulu in care lucrea vaporile. Astu-feliu deosebimu 1) *machine fara condensatiune, ensa cu pressiune inalta*; la aceste machine vaporile gonite de pistonu prin gaur'a r (fig. 192) se perdu in atmosfera impreuna cu caldur'a loru; pistonulu la miscarea lui comunica pre ua parte totu de una cu atmosfera si trebue sa invinga resistanti'a, pressiunea ei; vaporile dera trebue sa aiba ua tensiune mai mare de catu cellu pucinu vre ua duoe atmosfere.

2) *Machine cu condensatiune si cu pressiune mica, inferiora de catu duoe atmosfere*; la aceste machine vaporile suntu conduse prin canalulu r intr'unu spatiu inchisu cu apa, unde se condensa incaldindu pre acesta.

3) *Machine fara expansiune* la cari vaporile intra continuu in totu timpulu miscarei pistonului motoru.

4) *Machine cu expansiune*, la cari vaporile se introduc intr'unu timpu limitatu, astu-feliu ca, la ua positiune determinata a pistonului, canalulu conductoru in acellu momentu se inchide printr'ua asiediare convenabila a escentricului f; atunci vaporile inchise continua a produce miscarea pistonului prin simpla expansiunea loru.

Pre langa *motori cu vapori* descri si pene acum s'au propusu si alti motori, precum suntu acei prin *pressiunea atmosferei, acci electromagnetici* despre cari amu tratatu la locul loru. Apoi s'a propusu *machin'a calorica* a suedianului *Ericson* in

care motorulu este aerulu caldu, in locu de vapori. *Motorulu cu gazu allu lui Lenoir* din Paris, in care miscarea pistonului motoru se produce prin esplosiuni alternative alle unei amestecaturi de gazu de luminatu cu aeru atmosfericu; aceste esplosiuni ensusi se facu cu ajutorulu unui inductoriu allu lui Ruhmkorff. *Motorulu cu actiunea directa a vaporiloru* asupra lopetiloru unei rote, semanandu cu acelle de mora, fissata pre drugulu principalu. Apoi differiti motori pentru locomotiune, precum este acella cu *elice* pre apa, pusa in miscare prin machine cu vapori, inventatu de *Bushnel* in America la 1777; acella propusu de englesulu *Ruthven* prin reactiunea apei, basatu pre acellasi principiu cu turbine; *vaporele pre apa* inventate la 1807 in America de catre *Fulton*, cari nu suntu de catu machine fisse transportabile, si alte.

Lucrulu machineloru in genere se pretiuesce in *kilogrammetre* si in *cai*. Lucrulu essecutatu candu redicamu unu kilogrammu la inaltime de unu metru s'a consideratu ca unime de lucru si s'a numitu kilogrammetru. Unu calu viu, bunu si invetiatu la munca, pote sa faca pre secunda unu lucru de vre o 45 kilogrammetre; cu tote astea la teori'a machineloru se considera ca potere seu lucru de unu calu, unu lucru de 75 kilogrammetre.

*Locomotiv'a* este ua machina de vapori cu pressiune inalta si in genere fara condensatiune. Fig. 197, tab. XVII reprezinta sectiunea unui modellu de locomotiva. Corpulu principalu este formatu de caldarea tubulata *c*. Vaporile se strengu in camer'a de vapori I, suntu conduse prin tubulu I la pompa si de aici prin tubulu D la cosiu, unde producu unu currentu si facu ca cosiulu sa traga bine. *a* este pomp'a de apa pusa in miscare prin cod'a pistonului principalu ensusi si tragendu

ap'a prin tiev'a t de la waggonu ce urmedia dupre locomotiva, numita *tender*, care porta provisiunea necesaria de apa si de combustibilu; V si V' suntu ventile de siguritate in cari greutatile suntu inlocuite prin arcuri elastice de oclielu.

Ua locomotiva are duce pompe cate una pre fia-care parte a caldarei; manivelele loru cari lucreadia asupra *roteloru motore* suntu rectangulare intre elle, astu-feliu in catu, candu unulu din pistone si termina drumulu, cellu-altu lu urmedia si se afla la mediuloculu cilindrului; prin acesta dispositiune so inlocuesce absentia volentului si se obtine regularitatea miscarei. Pre langa acesta la fia-care distributiune de vapori correspundu cate duoi escentrici, asemenea rectangulari intre ei, unulu dandu miscarea inainte si cellu-altu miscarea opusa inderetu; mecaniculu pote dupre voia sa liberadie pre unulu din escentrici si sa opresca pre cellu-altu de a functiona.

Locomotivele avendu sa traga greutati mari, trebuie sa presinte ua adhesiune mare pre sine; de aceea se facu de ua greutate mare, ca de vre-ua 20 tone fia-care. — Iutiel'a cu care elle se misca, variedia; iutiel'a media este de vre-ua 30—40 kilometre pre ora; dera se potu face si 80 km. si mai multu.

Ceada d'anteiu idea de locomotiune cu vapori pre uscatu a avutu-o englesulu *Trevithick* la 1802; ensa ceea d'anteiu locomotiva a fostu realizata la 1829 de catre inginerulu englesu *Stevenson*.

Numerulu locomotiveloru ce functionau la 1866 in Anglia a fostu de . . . . . 8125,  
 in Germania . . . . . 4700,  
 > Francia . . . . . 3150.

Lungimea cailoru ferate la 1869 a fostu :

Preste totu pamentu pre la . . . . .	198000 kilometre	
Europa . . . . .	100000	»
America . . . . .	89000	»
Anglia cu Irlanda . . . . .	24000	»
Germania . . . . .	18000	»
Francia . . . . .	18000	»

#### § 12. PROPAGATIUNEA CALDUREI

Caldur'a se propaga de la unu locu la altu in duoe moduri : prin *radiare* si prin *conductibilitate*.

Unu corpu caldu emitte radie calorice, in acellasi modu in care unu corpu luminos emitte radie de lumina. *Scheele* si *Rumfort* au aretatu co radiiele calorice se propaga in golu, punendu unu termometru in mediuloculu unui ballonu mare de sticla golitu de aeru; incongiurandu ballonulu cu gietia seu cu apa calda, au observatu co termometrulu se recia, adico radiã caldura in casulu anteu, era se incaldia, adico priimia radie de caldura de afara in casulu allu duoilea, prin urmare radiiele de caldura se *propagau in golu*.

Caldur'a radiatore se reflecta si se refracta ca si lumina. In adeveru cu ajutorulu unei oglinde metallice concave potemu concentra prin *reflessiune* radiiele solare si aprinde substãntie inflamabile; asemenea cu ua lentilla convergenta de sticla potemu concentra prin *refractiune* radiiele solare. Totu acelleasi rezultate obtinemu, operandu cu ori-ce radie de caldura, de ori unde voru veni.

Intensitatea caldurei priimate de unu corpu variedia negresitu dupre gradulu de caldura a focarului de unde vine caldur'a; ea variedia enca 1) cu distanti'a de la acellu focaru si

sta in raportu inversu cu patratulu acestei distantie; 2) cu inclinatiunea radielor calorice asupra corpulu incalditu si este cu atatu mai mica, cu catu radiele cadu mai oblicu.

Candu radie calorice isbescu unu corpu, ua parte din elle *se reflecta*, alta parte *se transmite* inainte seu *se refracta*, era ua a treea parte este *absorbita* de corpu si contribue la inaltiarea temperaturii lui. Nu trebuie sa credemu ensa co aceste trei parti suntu ecale intre elle; suntu corpuri cari reflecta ceea mai mare parte a caldurei priimate; altele, numite *diatermane*, transmittu prin mass'a lor ceea mai mare parte a caldurei, precum suntu table de sare de bucataria, atmosfer'a si tote gazele; altele in fine absorba mai tota caldur'a.

Unu corpu caldu emitte caldura pene candu temperatur'a lui sa devina ecala cu aceea a mediului in care se afla. *Dulong* si *Petit* au constatatut co poterea de *emissiune* a unui corpu este ecala cu aceea de *absorptiune* si depinde de natur'a suprafeciei lui; suprafeciele aspre si negre, sobe negre, prafu de carbuni, etc. absorba si radiedia caldur'a intr'unu gradu inaltu.

*Conductibilitatea* corpurilor pentru caldura consta in proprietatea ce au de a o transmite in mass'a lor din molecula in molecula; ua verga de feru de ess. tinuta cu unu capu in focu se incaldiesce currendu pene la capulu cellu altu. Dintre tote corpurile *metallele* suntu cei mai buni conductori; conductori rei suntu petrele, caramid'a, lemnulu, paea, substantiele organice mai multu seu mai pucinu. Licidele si gazele suntu ensa cei mai rei conductori pentru caldura; elle nu potu fi incaldite de catu prin contactulu immediatu cu focaru, partile incaldite devenindu mai usiuri se redica susu si alte reci se lasa josu, ca sa se incaldiesca si elle la rondulu lor.

## § 13. PRODUCTIUNEA CALDUREI

Causele cari potu produce caldur'a suntu differite ;

I. *Combinatiunile chimice* ; deca amestecamu calce cu apa (candu stingemu varu), seu potassa cu acidu sulfuricu, se produce ua caldura destulu de mare, in catu sa faca sa ferba ap'a.

II. *Combustiunea* care in realitate nu este de catu totu ua reactiune chimica ; corpurile acello dau mai multa caldura cari cuprindu mai multa carbune si hydrogenu.

III. *Vieti'a animala* ; caldur'a produsa in actulu vietiei este in realitate totu ua caldura de combinatiune a carbonului, provenindu din substantiele alimentare, cu oxigenulu pre care lu respiramu din aeru. Astu-feliu se face co temperatur'a animaleloru superioare si a omului este constanta, ori-care va fi aceea a mediului in care traescu. Temperatur'a omului este de  $37^{\circ}\text{C}$  ; la passeri ea este de  $39^{\circ} - 42^{\circ}\text{C}$ . dupre passere ; la animalele numite cu sange rece, temperatur'a differa pucinu de aceea a mediului in care traescu.

IV. *Electricitatea* ; amu vediutu co serme metallice potu deveni chiaru-incandescente sub actiunea unui currentu galvanicu.

V. *Actiunile mecanice* cari constau in compressiune, frecare, lovire, etc. Candu comprimamu aerulu in cilindru din fig. 51, tab. III, caldur'a produsa ajunge ca sa aprindia ua bucata de iasca pusa in antrulu cilindrului.

In fine trebue sa observamu co pamentulu ensusi are caldura in interiorulu lui si priimesce asemenea caldura radieta de la sore.

## § 14. DISTRIBUTIUNEA CALDUREI PRE SUPRAFECI'A PAMENTULUI

Pamentulu are in interiorulu lui caldura, provenindu pote din combustiuni seu din alte reactiuni chimice ; crescerea de

temperatura ce observamu, candu ne scoboram la adencimi din ce in ce mai mari, apele termale, materiile topite si incandescente, scose afara la irruptiunile vulcanice, probedia aceasta. La ua adencime, variabila cu latitudine si care depinde si de conditiuni locale, temperatur'a este constanta; de ess. la Paris acesta adencime este de 28<sup>m</sup>, unde temperatur'a este de mai multu de unu secolu cōstanta si ecala cu 12°; la e-catoru temperatur'a este constanta la ua adencime de vre ua 7<sup>m</sup>. — De aici inainte temperatur'a cresce cu 1°C. la fia-care adencime de 30<sup>m</sup> aproape.

Suprafeci'a pamentului si stratele inferioare alle atmosferei se incaldiescu prin actiunea radielor solare, cari strabatu regiunile superioare alle atmosferei, mai cu totul diatermane, din caus'a raritatiei loru cellei mari, fara ca sa perdia prin absorptiune mai nimicu din intensitatea loru calorica. Suprafeci'a pamentului incaldita radiedia la rondulu seu caldura si astu-feliu stratele inferioare alle atmosferei, cari suntu mai dense si au ua potere mai mare de absorptiune, se incaldiescu atatu prin radiete directe alle sorelui, catu si prin absorptiunea caldurei radiete de pamentu cu care se afla in contactu imediatu; de aici resulta esplicatiunea faptului, co caldur'a des-cresce cu inaltimea d'asupra suprafeciei pamentului.

Pre candu pamentulu priimesce pre ua parte radiete calorice alle sorelui, radiedia ellu ensusi caldura pre feci'a opusa, astu-feliu in catu se face ua compensatiune continua si summ'a calduriloru priimite in cursulu unei dille, seu allu unui annu, este ecala cu summ'a calduriloru radiete de pamentu in acelaasi timpu, era temperatur'a interiora a lui, incependu de la aceea adencime in josu care nu este influintiata de scambarile de temperatura alle atmosferei, remano constanta in cursulu



secoliloru. De aici nu resulta ensa co caldur'a este distribuita intr'una modu uniformu pre suprafeci'a pamentului, nici co la unu puntu allu suprafeciului temperatur'a remane constanta in cursulu diliei seu allu annului; din contra acesta este supusa la variatiuni periodice *diurne* si *anuale*. Temperatur'a cresce cu redicarea sorelui d'asupra orizontului si ajunge la maximum pre la 1 seu 2 ore dupre amedi; de aici inainte scade si ajunge la unu minimum pre la 3 seu 4 diminetia. Observandu temperatur'a la intervale determinate in cursulu unei dilie, potemu afla *medi'a diliei*; determinandu aceste medii in cursulu unei luni, aflamu *medi'a lunara* si asemenea *medi'a de vera, de erna* si *medi'a annuala* a unui locu. Deca unimu prin linii continue pre ua charta geografica tote locurile suprafeciului pamentului, cari au aceeaasi media de *vera, de erna* si pro aceea *annuala*, vomu forma liniile numite respective *isotere, isochimene* si *isoterme*, cari ne dau ua idea despre climate si despre distributiunea caldurei pre pamentu.

Candu impregiarile nu ne permittu sa facemu regulatu observatiuni meteorologice in genere si de temperatura mai specialu, atunci ne multiamimu sa observamu in cursulu diliei *maximum* si *minimum* temperaturei si sa luamu *medi'a*. S'au inventatu instrumente, *termometre de maxima* si *de minima*, *termometrografe* etc., cari facu acestu serviciu, fara ca observatorulu sa aiba trebuintia sa stea langa termometru. Fig. 198 represinta unu termometru comunu de maxima si de minima; ellu se compune din duce termometre, unul de mercuriu cu unu indice de feru *i*, care areta *maximum* si remane unde a fostu impinsu, chiaru candu mercuriulu s'a trasu inapoi prin scaderca ulterioara a temperaturei; cellu altu este cu alcoolu si porta unu indice de sticla *i'*, care areta *minimum* si remane

unde a fostu trasu prin adhesionea lui catre alcoolu, chiaru candu acesta a mersu inainte printr'ua inaltiare ulterioara a temperaturii.

Ceea mai inalta temperatura observata pe suprafeci'a pamentului a fostu de  $+ 54^{\circ}\text{C}$ . in Africa; era ceea mai de josu de  $- 57^{\circ}\text{C}$ . in America.

#### § 15. HYGROMETRE SI HYDROMETEORE

Atmosfer'a cuprinde totu de una ua cantitate mai mare seu mai mica de vapori, invisibile ochiului, precum suntu celle mai multe corpuri in stare de gazu. Candu aceste vapori ajungu la *maximum tensiunei*, candu atmosfer'a este *saturata* cu vapori, atunci acestea incepu a se condensa, formandu diferite meteore apose, ca ploii'a, norii etc., dicemu co este umediala. Cantitatea de vapori ceruta ca sa aduca acesta stare de saturatiune va fi (vedi § 10) cu atatu mai mare, cu catu temperatur'a este mai inalta. Cantitatea relativa de vapori alle atmosferei intr'unu momentu datu, adico in raportu cu aceea ceruta ca sa o sature la aceeaasi temperatura, se pote determina in diferite moduri, intre alte si prin aparate numite *hygrometre*.

Fig. 199 represinta hygrometrulu cu peru allu lui *Sausure* din Elvetia. Perulu este ua substantia *hygroscopica*, adico trage umediala si si maresce volumu. C este unu firu de peru, fissatu la a si invertitu pe unu micu scripete o; ua greutate p aternata la ua atia infasiorata pe acellasi scripete servesce ca sa tina perulu intinsu; acesta scurtanduse prin uscaciune, seu lunginduse prin umediala, intorce scripetele si misca aculu inaintea unui cadrannu gradatu.  $0^{\circ}$  s'a insemnatu acolo, unde areta aculu, pusu sub unu clopotu mare de sticla

intr'unu spatiu uscatu cu acidu sulfuricu ;  $100^{\circ}$  s'a insemnatu acolo unde aculu aretă, candu sub acellu clopotu spatiulu erea saturatu cu apa.

Fig. 200 represinta hygrometrulu lui *Daniell*. Ua besica destiela **a**, colorata seu argintuita pre diu afara, cuprinde pucinu eteru si unu termometru **t**; ea comunica cu na a doua besica **b** infasiorata cu musselina si totu spatiulu interioru a fostu golitu de aeru prin ferberea eterului si topirea sticlei. Deca udamu musselin'a din **b** cu pucinu eteru, acesta se evaporă si produce condensatiunea vaporiloru in **b**. Eterulu din **a** se evaporă atunci si besic'a **a** recinduse, se depunu pre densa vaporile din atmosfera. Nu remane acum de catu sa observamu temperatur'a termometrului **t** si pre aceea a atmosferei la **t'**, sa cautamu in tabelle tensiunile vaporiloru de apa la temperaturile **t** si **t'**, si raportulu acestoru duoe tensiuni ne va da cantitatea actuala de vapori in raportu cu aceea care se cere pentru saturatiunea atmosferei la temperatur'a actuala.

*Psychrometrulu lui August* din Berlin se compune din duoe termometre **A** si **A'**, acestu allu duoilea fiindu recitu prin evaporatiunea eterului cuprinsu in vasulu **B** fig. 201. Cu catu atmosfer'a este mai incarcată cu vapori, cu atatu evaporatiunea la **A'** se face mai incetu si prin urmare differenti'a intre aretarile termometreloru **A** si **A'** va fi mai mica.

Hydrometeore suntu rou'a, brum'a, ceti'a, nuorii, ploi'a, zapad'a si grindinea. Rou'a se formedia prin condensatiunea vaporiloru de apa pre obiecte descoperite din suprafeci'a pamentului, ca plante si alte, cari radiedia forte tare caldur'a intr'ua nopte senina si se recescu indestulu, ca sa produca aceea condensatiune pre suprafeci'a loru. Brum'a difera de roua numai prin condensatiunea vaporiloru in gietia si cere prin ur-

mare pentru formatiunea ei na nopte forte rece. Nuori si ventu oprescu formatiunea rouei si a brumei ; nuorii apera de radiere si de recela, era ventulu nu lasa vaporile sa se depuna pre unu objectu allu pamentului.

*Ceti'a* se produce prin condensatiunea in forma de besici a vaporiloru de apa din regiunile atmosferei cari ne incongiora ; aceste besici de apa micusioredia transparenti'a atmosferei.— *Nuori* nu suntu de catu cetia formata in regiuni departate de noi ; candu caletorindu prin munti, ajungemu la localitati, unde vedeamu de departe unu nuoru, ne aflamu incongiurati de cetia. Nuorii se presinta sub diferite forme, stratificati, numiti *strati*, seu in gramedi mari ca nisce munti, numiti *cumuli*, seu ca nisce nuori albi si subtiri, numiti *cirri*. Nuorii se formedia la diferite inaltimi, obicinuitu intre 500 si 2000 metre ; cate ua data ensa se observa si la inaltimi mai mari, chiaru pene la 8, 10 si 12000 metre. Mesur'a inaltimei loru presinta mari difficultati si nu se pote face de catu numai ap-prossimativu ; ecca una din celle mai bune metode, aretata de englesulu *Whewell*.

La O (fig. 202) este unu instrumentu, de ess. unu grafometru, si inaintea lui ua oglinda orizontala, de ess. unu vasu cu mercuriu I. Ne alegemu unu puntu pre nuorulu N, i cautamu imaginea in oglind'a I si mesoramu anghiurile  $\alpha$  si  $\beta$ . Anghiurile de pre langa normal'a IK fiindu eca.le intre elle, dupre legile reflexsiunei luminei, trianghiurile dreptanghie IMN si IPO suntu asemenea intre elle si dau propor-tiunea :

$$NM : OP = NI : OI;$$

era trianghiulu NIO da, dupre ua teorema din trigonometria

$$NI : OI = \sin(\alpha + \beta) : \sin(\alpha - \beta);$$

prin urmare va fi si

$$NM : OP = \sin(\alpha + \beta) : \sin(\alpha - \beta), \text{ sau } NM = OP \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha - \beta)}$$

Cunoscandu inaltimea instrumentului OP si anghiurile observate  $\alpha$  si  $\beta$ , vomu putea calcula inaltimea nuorului.

*Ploi'a si zapad'a* se producu printr'ua condensatiune mai inaintata a nuoriloru in picaturi de apa sau in fulgi de zapada, dupre cum va fi temperatur'a atmosferei mai pucinu sau mai multu rece.

Explicatiunea *grindinei* presinta dificultati si nu avemu enca na teoria completa a ei; aceea a lui *Volta*, care compara nuorii de grindinea cu duoe discuri de metallu electrisate, de si a avutu trecere catu-va timpu, remane enca astadi ca productulu unei imaginatiuni prea vine; teori'a ceea mai perfecta si conforma cu faptele cunoscute este aceea a lui *Mohr*. Se scie co in regiunile inalte alle atmosferei este totu de una unu frigu mare; candu intr'ua di de vera forte caldurosa s'a produsu ua evaporatiune abundanta si unu currentu ascendentu de aeru caldu incarcatu cu vapori de apa, acestea venindu in regiunile inalte si reci se condensa si formedia globuletie de gietia. Aceste globuletie de gietia trecendu in caderea loru prin strate mai calde si pline cu vapori, condensa pre supra-feci'a loru strate noue de apa care ingietia pre dense si da grindinei structur'a cunoscute de stratari concentrice suprapuse. Trebuie sa observamu, spre confirmarea acestei teoriei, co nuorii de grindinea se formedia totu de una la inaltimi forte mari, unde temperatur'a este de  $-10^{\circ}$  si mai josu.

#### § 16. TEORIA MECANICA A CALDUREI

Amu vediutu mai susu co actiunile mecanice, frecarea, presiunea etc., producu caldura; dupre teoriile moderne caldur'a

este in genere produsa prin vibratiunile unui eteru, prin *miscare* undulatoria; de unde resulta ca *lucrul mecanicu* produce caldura. De aici nasce intrebarea deca si caldur'a nu poate la rondulu ei sa produca lucru mecanicu; machinele cu vapori, unde caldur'a absorbita de apa transformata in vapori aduce efectele mecanice cele mai puternice, ne da prob'a ceea mai buna pentru transformarea caldurei in lucru mecanicu.

Transformarea acesta a lucrului in caldura si a caldurei in lucru a condusu la ua a doua cestiune, adica deca este ua ecivalentia completa intre lucru si caldura, care a fostu resoluta afirmativu. *Colding* din Copenhaga pare a fi promotorulu acestoru teorii; apoi *Carnot*, *Clapeyron*, *Rumfort*, *Meyer*, *Rankine* si mai alesu *Clausius*, *Joule*, *Thomson*, *Régnauld* si alti s'au ocupatu si au creatu teori'a mecanica a caldurei, au probatu ecivalenti'a completa a caldurei cu lucru mecanicu si au determinatu *ecivalentulu mecanicu* alu caldurei. Acesta este represintatu prin numerulu 425, adica ua unitate de caldura seu caloria, pote produce unu lucru de 425 kilogrammetre (vedi § 11 catre fine) si vice-versa, lucrulu de 425 kgm. pote produce ua caloria. Determinarea acestui numeru presinta cele mai mari dificultati si nu s'a facutu de catu numai cu approssimatiune.

Fig. 203 ne da ua idea despre metod'a intrebuintiata de englesulu *Joule* ca sa determine ecivalentulu mecanicu alu caldurei. Unu rezervoriu mare R cuprinde apa seu mercuriu; unu axu verticalu *ab*, mergendu pene in fundulu rezervoriului R, porta in interiorulu acestuia aripi orizontale, cari puse in miscare de rotatiune prin axulu *ab* se freca la licidu, producendu ua inaltiare de temperatura, mesorata cu termometrulu *t*. Cunoscendu mass'a calorimetrului *K*, caldur'a specifica a lui etc.,

se pote determina numerulu caloriiloru produse. Ca sa mesoramam si lucrulu essecutatu, ecivalentu cu caldur'a produsa, lasamu sa cadia duoe greutati P (ceea din steng'a figuri s'a lasatu) cari desfasiorandu prin caderea loru cord'a din axulu **b**, producu rotatiunea ensasi a lui; productulu greutatiloru P cu drumulu percursu in caderea loru ne da numerulu kilogrammetreloru ecivalentu cu caloriile produse in rezervoriulu R. Manivel'a M servesce ca sa redicamam greutatile susu.

Formulele fundamentale alle teoriei mecanice a caldurei se desvolta mai cu deosebire asupra gazeloru seu a vaporiloru, pentru co studiulu experimentalu allu acestora ne este mai accesibilu si pentru co lucrulu vaporiloru are ua applicatiune practica. Limitele acestui tractatu nu ne permittu sa damu de catu numai ua idea despre acelle formule.

1. *Espressiunea lucrului in functiunea caldurei.* Potemu sa gasim ua relatiune generala intre lucru si caldura. Fia  $m$  mass'a unui gazu care ocupa volumulu  $v$  sub pressiunea  $p$  si la temperatur'a  $t^{\circ}$ ;  $c$ ,  $c'$  caldur'a specifica acestui gazu sub presiune si sub volumu constantu, si sa insemnamu cu  $\gamma$  raportulu  $\frac{c}{c'} = 1.419$  (§ 6). Dupre celle espuse in § 6, gazulu acesta incalditu cu differentialulu  $dt^{\circ}$ , sub volumu constantu, va absorbi cantitatea de caldura  $mc'dt$ ; incalditu ensa sub presiune constanta, va absorbi ua cantitate mai mare de caldura si ecala cu  $mc'dt$ ; escesulu dera de caldura

$$mcdt - mc'dt, \text{ seu } m(c - c')dt,$$

a fostu intrebuintiatu ca sa maresca volumulu, adico ca sa produca lucru esterioru si este prin urmare ecivalentu cu acestu lucru. Insemnandu ensa cu  $dv$  aceea crescere de volumu, de ess. cantitatea cu care a inaintatu una pistonu ce inchidea gazulu intr'unu cilindru, vomu gasi lucrulu essecutatu, immultindu  $dv$  cu pressiunea seu puterea motore  $p$ , adico acestu lucru este  $= pdv$ . Deca prin urmare

represintamu cu *E* ecivalentulu mecanicu unei calorii, adico nume-  
 rulu  $425^{\text{gram}}$ , ecivalentulu de  $m(c - c') dt$  calorii va fi

$$Em(c - c') dt$$

si vomu avea

$$(1) \quad pdv = Em(c - c') dt.$$

Deca consideramu acestu lucru intre duoe limite, adico intre volu-  
 mulu primitivu  $v$  si acellu definitivu  $v'$ , la cari correspundu tempera-  
 turele  $t$  si  $t'$ , vomu avea

$$\int_v^{v'} pdv = E \int_t^{t'} m(c - c') dt = E(Q' - Q),$$

unde  $Q$  si  $Q'$  esprima valorile integralei la limitele  $t$  si  $t'$ .

II. *Formul'a lui Mariotte-Gay-Lussac.* Legea lui Boyle-Mariotte,  
 adico co volumulu unei masse date de gazu sta in raportu inversu  
 cu presiune, presupune co temperatur'a remane nescambata, cere  
 dera ua completare, in casulu unei temperature variabile. Deca re-  
 presintamu cu  $v_0, p_0$  volumulu si presiunea unui gazu la tempera-  
 tur'a  $0^\circ$ , cu  $v, p$  volumulu si presiunea la temperatur'a  $t$ , nu po-  
 temu sa aplicamu immediatu legea lui Mariotte, scriendu co pro-  
 ductele  $p_0 v_0$  si  $pv$  suntu ecale intre elle; trebue mai anteu sa are-  
 tamu co volumulu  $v_0$  s'a scambatu sub influinti'a temperaturi in  
 $v_0(1 + \alpha t)$  si apoi sa aplicamu legea lui Mariotte la acestu din urma  
 volumu; astu-feliu va fi

$$pv = p_0 v_0 (1 + \alpha t)$$

seu, aretandu productulu constantu  $p_0 v_0$  cu  $k$ , va fi

$$(2) \quad pv = k(1 + \alpha t),$$

ceea ce ne da ua relatiune intre celle trei catimi variabile alle unui  
 gazu,  $v, p$  si  $t^\circ$ .

Formul'a acesta se reduce la ua forma extraordinara, candu tem-  
 peratur'a  $t^\circ$ , scadiendu din ce in ce, ajunge sa fia ecala cu  $-273^\circ\text{C}$ ;

pentru co atunci, din cauza co  $\alpha = \frac{1}{273}$ , va fi  $pv = 0$ . Fiindu-ca  $v$

nu pote sa fia  $= 0$ , caci atunci, disparendu volumulu, seu intinderea  
 gazului, ar dispare si gazulu ensusi, remane ca  $p = 0$ ; adico unu  
 gazu ar inceta de a mai essercita ori-co presiune la temperatur'a  
 $-273^\circ$ ; probabilu co chiaru acelle pucine gaze, cari suntu perma-



nente, ar deveni si elle licide la aceea temperatura si prin urmare presiunea lor  $p$  ar deveni nulla.

III. *Casulu presiunei constante.* Differentiandu ecalitatea (2) in hypotes'a co  $p$  este constantu, vine

$$p dv = k_x dt$$

si cu ajutorulu formulei (1) va fi

$$k_x dt = Em (c - c') dt,$$

de unde

$$k = \frac{Em (c - c')}{\alpha},$$

si prin substitutiune in formul'a (2) vine

$$pv = \frac{Em (c - c') (1 + \alpha t)}{\alpha} = Em (c - c') \left( \frac{1}{\alpha} + t \right).$$

Observandu co  $\alpha = \frac{1}{273}$  si prin urmare  $\frac{1}{\alpha} + t = 273 + t = T$

$$(3) \quad pv = Em (c - c') T.$$

Temperatur'a  $T = 273^\circ + t^\circ$ , mesorata cu  $273^\circ$  in josu de  $0^\circ$  termometrulu centigradu, s'a numitu *temperatura absoluta*. — De aici urmedia

$$p dv \text{ seu } pv \cdot \frac{dv}{v} = Em (c - c') T \cdot \frac{dv}{v},$$

si prin integratiune

$$\int_v^{v'} p dv = Em \int_v^{v'} (c - c') T \cdot \frac{dv}{v}.$$

Deca admitemu acum, co temperatur'a  $t$  seu  $T$  remane constanta in totu timpulu operatiunei (a pistonului), vomu putea integra membrulu allu duoilea si vomu gasi pentru lucrulu totalu espressionea :

$$(4) \quad \int_v^{v'} p dv = Em (c - c') T (\log v' - \log v),$$

unde logaritmiu suntu cei naturali seu neperiani.

IV. *Espressionea caldurei in functiune de lucru.* Potemu gasi ua a dua relatiune generala intre lucru si caldura, care sa fia esplita pentru acestu din urma. Sa insemnamu cu  $dq$  cantitatea elementara de caldura cascigata de mass'a gazului  $m$ , candu acesta trece de la presiunea  $p$  si volumulu  $v$  la  $p + dp$  si  $v + dv$ ; acesta cal-

dura  $dq$  ne o potemu inchipui cascigata in duoe periode 1) in acella allu variatiunei volumului, presupunendu co pressiunea a remasu unu momentu constanta si 2) in periodulu variatiunei pressiunei, lasandu-o acum sa variedie si ea, conservandu ensa volumulu constantu unu momentu. Caldur'a cascigata in periodulu anteuu, adico sub presiune constanta, este  $mc(dt)$ ; ; aceea cascigata in periodulu allu duoilea, adico sub volumu constantu, este  $mc'(dt)_p$ ; ; era cantitatea totala de caldura va fi :

$$dq = mc(dt) + mc'(dt)_p,$$

unde  $(dt)$ , represinta differentialulu partialu allu temperaturi despre variabil'a  $v$ , considerandu  $p$  ca constantu; era  $(dt)_p$ , differentialulu partialu despre  $p$ , considerandu pre  $v$  ca constantu. Aceste differentiale partiale potu fi calculate dupre reguile cunoscute alle calculului differentialu din ecalitatea (2), care da pentru casulu anteuu

$$pdv = kx(dt)_v, \text{ de unde } (dt)_v = \frac{pdv}{kx};$$

era pentru allu duoilea casu

$$vdv = kx(dt)_p, \text{ de unde } (dt)_p = \frac{vdv}{kx}.$$

Prin substitutiunea acestoru valori gasimu

$$dq = \frac{m}{kx} (cpdv + c'vdv),$$

seu, fiindu-co  $\frac{c}{c'} = \gamma$ ,

$$dq = \frac{mc'}{kx} (\gamma pdv + vdv)$$

si prin integratiune

$$q = \frac{mc'}{kx} \left( \gamma \int_1^2 pdv + \int_1^2 vdv \right).$$

Applicandu *integratiunea prin parti* la integral'a  $\int vdv$  vine

$$\int vdv = pv - \int pdv;$$

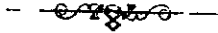
prin urmare

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{mc'}{k\alpha} \left( \gamma \int_v^{v_1} p dv + (pv)_{v_1} - \int_v^{v_1} p dv \right) \\
 &= \frac{mc'}{k\alpha} \left[ (pv)_{v_1} + (\gamma - 1) \int_v^{v_1} p dv \right],
 \end{aligned}$$

si in fine

$$q = \frac{mc'}{k\alpha} (p_1 v_1 - pv + (\gamma - 1) \int_v^{v_1} p dv);$$

unde caldur'a  $q$  este exprimata in functiunea lucrului  $\int_v^{v_1} p dv$ .



## SECTIUNEA VII.

### ACUSTICA

#### § 1. NATURA SUNETULUI

Sunetul se produce și se propaga prin vibrațiile corpurilor. Acesta se poate demonstra în diferite moduri; între altele și cu un clopot de metal sau de sticlă, pe care îl facem să producă un sunet, lovindu-l sau tragându-l cu arcușii; deca aternăm în apropierea lui un globuleț de fildes sau de metal, vedem că acesta este isbit și începe să oscileze, ceea ce arată că clopotul vibrează.

Lovituri dese punându-se corpurile, colone de aer etc., în vibrație, produc sunete; astăzi este *termofonul lui Trevelyan*, *armonică chimică* și altele. Sunetul lui Trevelyan se produce, încălzindu-se o bucată de fier, arătată în secțiune în A (fig. 204), pusă pe o prismă ascuțită B de un alt metal mai puțin conductor de căldură, de exemplu de plumb; aceasta încălzindu-se și dilatăndu-se neacă la cele două puncte de contact, produce oscilațiile fierului și prin urmare sunetul.

Armonică chimică se produce cu o flacăra de hidrogen (sau și cu alte flăcări) aprinsă la extremitatea capilară a unui

tubu de sticla, punendu d'asupra flacarei tuburi de diferite calibre, de sticla seu de porcelana. Oxigenulu aerului care incongiora flacara da cu hydrogenu esplosiuni mici si continue cari punendu in vibratiune colon'a de aeru din tubu, producu sunetulu.

Sunetulu nu se produce in golu, precum se pote constata, punendu unu clopotu cu ciocanu sub recipientulu machinei pneumatice, candu atunci nu se aude sunetulu, de si se vede ciocanulu cadiendu pre clopotu.

Din tote acestea se vede co moleculele unui corpu sonoru si acelle alle unui mediu (precum este aerulu), care propaga sunetulu, vibredia, facu oscilatiuni impregiurulu positiunei loru de ecilibru de ua *amplitudine* mai mare seu mai mica. La teori'a luminei vomu studia mai de aproape aceste fenomene undulatorii.

## § 2. PROPAGATIUNEA SUNETULUI

Sunetulu se propaga in linia dreapta; radiiele sonore se reflecta, se refracta intocmai ca radie de lumina; *echourile* si *resonantiele* suntu effecte alle reflexiunei sunetului la pereti elastici.

Iutiel'a de propagatiune a sunetului este mare si variedia cu diferite impregiurari; ea cresce cu temperatur'a si descresce cu densitatea gazului in care se propaga. Mesuri directe au aretatu co in aeru iutiel'a lui la temperatur'a 0°C. si la presiunea barometrica normala de 760<sup>mm</sup> este de 332 metre pre secunda; la temperatur'a media de vre ua 15°C., iutiel'a esto de 337 metro. Mesurile directe celle mai precise s'an facutu la 1822 langa Paris de catre *Humboldt*, *Arago*, *Gay-Lussac* si alti, si la 1823 in Olanda de catre *Moll*, *Van-beck* si *Cuy-*

*tenbrouwer*. Observatorii au alesu dooe statiuni, intre cari au mesoratu distantia cu mare precisiune, si au asediatu cate unu tunu la fia-care din elle. Noptea la ua ora fissa si la intervalle din 10 in 10 minute slobodiau tunurile si observatorii mesorau timpul intre momentulu la care se vedea lumin'a si acella la care se audia esplosiunea; impartindu distantia intre celle dooe statiuni cu acellu timpu se afla iutiela pre secunda.

Sunetulu se propaga cu ua iutiela multa mai mare in licide, precum au aretatu elvetianii *Sturm* si *Colladon* experimentandu in ap'a din laculu Genevei; ei au gasitu co iutiela lui in apa este de 1435 metre. Iutiela sunetului este si mai mare in solide; *Biot* a gasitu co ellu se propaga cu iutiela de 3500 metre pre secunda in tievile de tuciu gole, servindu la distributiunea apei in Paris.

### § 3 CALITATEA SUNETULUI

Fia-care sunetu are proprietati caracteristice, seu calitati alle lui, cari lu deosebescu de unu altu sunetu. Calitatile suntu trei: *intensitatea*, *inaltimea* si *timbrulu*.

*Intensitatea* sunetului depinde de diferite impregiurari. 1) Ea cresce cu *amplitudinea oscillatiuniloru*; de ess. lovindu cu unu ciocanu mai tare producemu unu sunetu mai intensivu, pentru co moleculele facu acum vibratiuni mai largi. 2) Ea descresce cu *patratulu distantiei de la centru sonoru*, pentru co undulatiunile sonore se propaga de aici in tote directiunile, formandu successivu sfere concentrice, alle carora suprafecia cresce cu patratulu radielor, seu a distantieloru de la centru; sunetulu imprascianduse astu-feliu in suprafecie din ce in ce mai mari, intensitatea lui la fia-care puntu va descresce in acellasi rapportu. 3) *Intensitatea* sunetului depinde enca de

*concentratiunea radielor sonore*, precum se vede la tuburi acustice, trompete, etc.; de *densitatea* mediului in care se propaga si cresce cu acesta, precum se observa la inaltimi mari, unde aerulu este raru si sunetulu se aude slabu; de *omogeneitatea aerului*, precum a observatu *Humboldt* cellu d'anteiu co noptea, candu aerulu este omogenu, sunetele se audu cu ua intensitate mai mare de catu dioa.

*Inaltimea* sunetului depinde de numerulu vibratiuniloru essecutate intr'unu timpu determinatu, de ess. intr'ua secunda, de corpulu sonoru; unu sunetu este cu atatu mai inaltu cu catu vibratiunile suntu mai numeroase, cu catu elle se facu mai inte. Essista ensa ua limita inferiora si una superiora la numerulu de vibratiuni cerute, ca sa produca sunetulu cellu mai *gravu* si pre cellu mai *acutu*, cari sa fia enca perceptibile de urechie. *Despretz* si alti au determinatu aceste limite si au gasitu co se ceru cellu pucinu 16, si cellu multu 36000 vibratiuni intregi pre secunda, ca sa produca sunete perceptibile. Vibratiuni mai rare de cat 16 si mai rapedi de catu 36000 pre secunda nu affecta urechi'a.

S'au inventatu aparate ca sa constatamu, co inaltimea sunetului cresce cu numerulu vibratiuniloru, prin cari se pote chiaru mesora numerulu vibratiuniloru producendu unu sunetu determinatu. Din aceste aparate vomu descrie aici *siren'a lui Cagniard Latour*, *rot'a lui Savart* si *fonautografulu lui König* si *Scott*.

*Siren'a* (fig. 205), represintata in perspectiva si in sectiune, se compune de ua cutia de ventu C, in care potemu introduce unu currentu de aeru. F'aci'a superiora porta mai multe gauri B, b, correspundiendu la unu numeru ecolu de gauri a unui discu orizontalu ce i sta d'asupra si este mobilu in giu-

rulu axului verticalu A; aceste dooe sisteme de gauri sunt  
 inclinate intre elle, precum se vede la b, astu-feliu ca cur-  
 rentulu de aeru venindu de giosu sa isbesca in gaurile discu-  
 lui si sa lu puna in miscare de rotatiune. Prin acesta miscare  
 a discului, gaurile cutiei de ventu sunt alternativu deschise  
 si inchise si ventulu gonitu afara produce lovituri dese si unu  
 sunetu cu atatu mai inaltu, cu catu currentulu este mai iute  
 si rotatiunea mai rapede. Spre a numera vibratiunile, adico  
 loviturile de ventu, ce correspundu la productiunea fia-carui  
 sunetu, axulu A porta in partea superioara a lui ua elice care  
 apuca in dintii rotei m; era unu dinte mare p allu acestia  
 apuca la fia-care rotatiune in dintii unei a dooa rote n. Cu-  
 noscendu numerulu gauriloru si a dintiloru vomu potea deter-  
 mina numerulu lovituriloru intr'unu timpu determinatu. Ta-  
 bl'a care porta rotele m, n se pote da pueinu la ua parte,  
 astu-feliu in catu potemu dupre voia sa lasamu rotele supuse  
 actiunei elicei A seu sa le liberamu de densa.

Dispositiunea rotei lui Savart, seu a sirenei cu rota, se rede  
 in fig. 206. Ua rota dintiata R, pusa in miscare rapede de  
 rotatiune si trecendu inaintea unei carte C, produce unu sunetu  
 cu atata mai acutu, cu catu ea se invertesce mai iute. Nume-  
 rulu vibratiuniloru se determina dupre acella allu rotatiuniloru  
 rotei R, aretatu prin mecanismulu m.

*Fonautografulu lui Scott si König* fig. 207 ne da mediulu sa re-  
 presintamu vibratiunile intr'unu modu graficu. Unu ellipsoidu de ro-  
 tatiune BC, de gipsu seu de metallu, deschisu la C, inchisu la B,  
 porta aici unu cilindru ac, pre care se afla intinsa ua membrana cu  
 unu peru b; in dreptulu acestuia se pote inverti unu cilindru A, pre  
 care se asiedia ua foia de chartia innegrta la ua lumenare. Candu  
 producemu unu sunetu la C, aerulu ellipsoidului si impreuna cu densu



si membran'a cu perulu b, intra in miscare de vibratiune, era perulu descrie atunci pe chartia ua linia sinusoida.

*Timbrulu* este ua calitate particulara a sunetului care in genere nu pote fi definita si a remasu neexplicata pene in timpi din urma. Se scie ca diferite instrumente potu produce sunete cu aceeași intensitate si inaltime si cu tote astea forte diferindu intre elle; acesta differentia care constitue unu caracteru individualu a fia-carui sunetu, s'a numitu timbru. *Helmholtz* a aretatu, printr'ua seria de experimente si de dispositiuni, espunerea carora ne ar duce preste limitele acestui tratatu, ca candu unu instrumentu produce unu sunetu determinatu, diferitele parti alle lui vibrandu impreuna, producu sunete slabi cari insocesu pe acellu principalu si i dau timbrulu caracteristicu. *Helmholtz* a potutu sa faca visibile chiaru ochiului vibratiunile acestoru sunete secundare in cari se descompune timbrulu.

#### § 4. LEGILE VIBRATIUNILORU

Solidele si gazele singure voru forma objectulu studiiloru din acestu paragrafu, licidele nepresintandu nici ua importantia la productiunea sunetelor.

Solidele sonore au obicinuitu form'a de *corde* seu de *lame*; elle essecuta vibratiuni *transversale*, potu onsa, in forma de vergele, sa faca si vibratiuni *longitudinale*. Sunetulu produsu de ua corda variedia dupre impregiurari; in genere numerulu vibratiuniloru unei corde, adico inaltimea sunetului, este 1) proportionala cu radicin'a patrata a puterii care intinde cord'a; 2) acellu numeru sta in raportu inversu cu *lungimea*, *diometrulu* si *densitatea* cordei. Aceste legi au fostu demonstrate

prin calculu matematicu de elvetianii *Bernouilli*, *Euler* si de alti; elle potu fi demonstrate si experimentalu prin *monocordulu* lui *Savart* (fig. 208) in care potemu intinde mai multu seu mai pucinu ua corda AB pre ua cutia de resonantia, prin greutatea P seu cu ua chee; cord'a pote asemenea sa fia scur-tata mai multu seu mai pucinu prin pedec'a C. — Cordele pre-sinta ua particularitate, adico elle vibrandu, se dividu in mai multe despartiri, cari vibredia deosebitu; intre aceste despar-tiri se afla puncturi in repausu, numite *noduri*, alle carora po-sitiune depinde de aceea a pedecii C. Essistenti'a moduriloru se pote proba, punendu pre dense bucatiele mici de chartia, cari stau immobile, pre candu elle cadu deca le punemu la alte puncturi alle cordei. Mediuloculu intre duoe noduri presinta ceea mai mare amplitudine de oscillatiune si s'a numitu *amplatura*.

Lame de metallu seu de sticla, puse in miscare de vibrati-une printr'unu arcusiu, dau asemenea sunete mai grave seu mai acute; si acestea nu vibredia de ua data pre tota intinde-rea loru, ci se dividu in regiuni despartite prin linii, numite *nodale*, cari stau in repausu. Acesta se pote constata punendu pre lama ua pulvere usiure, care se ingramedesce catre liniile nodale, fiindu asverlita din partile cari vibredia, si produce *fi-gurile acustice* alle fisicului germanu *Chladni*; acesta le a produsu cu ua perfectiune mare si in mii de feliuri, variandu sunetele intr'unu modu convenabilu.

Vergele de lemnu, sticla, feru, tuburi de sticla etc., tinute cu ua mana si frecate in sensulu lungimei cu ua bucata de pos-tavu impresoratu cu pulvere de colofoniu, intra in vibratiuni longitudinale si dau sunete correspundietore, forte acute. — Ua verga producendu unu sunetu longitudinalu, pusa pre ua lama, produce asemenea pre deusa figurile acustice.

*Aerulu atmosfericu* si in genere tote gazele, puse in miscare de vibratiune, producu asemenea sunete. Vibratiunile gazelor se producu prin condensatiuni si dilatatiuni successive, precum se areta in fig. 209. Unu pistonu essecutandu la gur'a unui tubu miscari de oscillatiune, va strenghe pucinu aerulu, era candu se departedia de tubu, aerulu se rapede dupre densu si se dilata acolo, unde se condensase mai inainte, producendu astu-feliu dilatatiuni si condensatiuni, cari se propaga succesivu inainte la 6, 18, 30, 42, etc. Trebuie sa observamu co la aceste puncturi de condensatiune si de dilatatiune maximum aerulu *nu se misca* de locu, ci numai se rapede catre elle din drepta si din stenga, producendu condensatiunea, apoi se departedia spre amenduoe parti, producendu dilatatiunea. Aceste puncturi 6, 18, 30, etc., la cari aerulu sta immobilu, ensa scamba continuu densitate, s'a numitu *noduri*; era distantia intre duoe noduri, adico intre ua condensatiune si dilatatiunea urmetore, s'a numitu *lungimea undulatiunei*. La puncturile 0, 12, 24, 36, etc. dintre ua condensatiune si dilatatiunea urmetore, aerulu conserva ua densitate constanta, ensa se misca continuu, candu la drepta, candu la stenga; aceste puncturi de densitate constanta s'au numitu si aici, ca la corde, *amflatari*.

Vibratiunile coloneloru de aeru se producu in *tuburi* acustice seu sonore de diferite forme (trompette etc.). Fig. 210 areta in sectiune si in perspectiva unu asemenea tubu. Aerulu suflatu prin canalulu *t*, ese prin *a*, unde isbindu lateralu aerulu din tubu, lu pune in miscare de vibratiune. Aceste tuburi se facu de duoe feliiuri, *deschise*, seu *astupate* la partea superiora; elle dau sunete de diferite inaltiini dupre dimensiunile loru. Unu tubu deschisu trebuie sa aiba ua lungime induoita

de catu unu tubu inchisu, ca sa produca unu sunetu de acc-easi inaltime; din duos tuburi de acelleasi dimensiuni, tubulu deschisu da unu sunetu mai inaltu de catu acellu inchisu. — La multe tuburi sonore gur'a inferioara, este acoperita cu ua limba de metallu, care fiindu pusa in miscare de vibratiune prin suflare, produce la rondulu seu vibratiunile colonei de aeru din tubu.

Tuburile acustice au ua applicatiune intre alte la *organe* musicale, cari potu sorvi si la diferite studii alle sunetelor. Fig. 211 represinta unu organu simplu, formatu de ua mesa, sub care se afla ua perechie de foale *S* miscate cu picioru. Ventulu se urca prin tubulu *t* la cuti'a de ventu *ac*, care porta gauri unde se asedia tuburile *b*; aceste gauri potu fideschise seu inchise dupre voia cu ajutoru de chei ce se apesa in jos.

#### § 5. SUNETE MUSICALÈ SI COMBINATIUNEA LORU

Anu vediutu co sunetulu cellu mai gravu pote fi produsu cu 16, era cellu mai acutu cu 36000 vibratiuni intregi. Dincolo de aceste limite nu mai essista nici unu sunetu perceptibilu; era intre elle se potu produce tote sunetele possibile, variendu treptatu de la cellu mai grosu peno la cellu mai acutu. Aceste diferite sunete ensa producenduse mai multe impreuna seu successivu, nu affecta tote urechi'a intr'unu modu placutu, nu suntu tote armonice seu musicale, ci multe grupe din elle formedia dissonantie. Ca sa fia mai multe sunete armonice, trebue sa implinesca ore cari conditiuni, cari nu suntu supuse nici unei legi matematice cunoscute, ci arbitralu simplu alla urechiei; numerele vibratiuniloru ce correspundu acestoru sunete armonice stau ensa intre elle in raporturi simple. Sunetele armonice principale, seu notele musicale, formedia ua gru-

pa numita *scara musicala* sau *diatonica*, sau si *gamma*. Fiacare sunetu sau nota a acestei scari este produsu printr'unu numeru determinatu de vibratiuni si se insemnedia cu ua nota particulara. Ecce aceste note fundamentale :

Notatiune italiana	<i>do</i>	seu	<i>ut</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
Notatiune germana	C		D	E	F	G	A	H	
Numerulu vibratiuniloru pre secunda	264		297	330	352	396	440	495	
Intervalle seu raporturi intre vibratiunile a duoe note consecutive	1		$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	

Ua nota armonica superiora notei *si* este produsa printr'un numeru de vibratiuni induoitu de catu not'a *ut*, adico 528, se numesce *octava* si se insemnedia cu *ut*<sub>1</sub> sau C<sub>1</sub>; acestui tonu corespunde gamm'a

*ut*<sub>1</sub> *re*<sub>1</sub> *mi*<sub>1</sub> *fa*<sub>1</sub> *sol*<sub>1</sub> *la*<sub>1</sub> *si*<sub>1</sub>,

seu

C<sub>1</sub> D<sub>1</sub> E<sub>1</sub> F<sub>1</sub> G<sub>1</sub> A<sub>1</sub> H<sub>1</sub>.

Apoi vinu octave superioare *ut*<sub>2</sub> *ut*<sub>3</sub> *ut*<sub>4</sub>, seu C<sub>2</sub> C<sub>3</sub> C<sub>4</sub>.

Totu asemenea avem si octave inferioare

*ut*<sub>1</sub> *ut*<sub>2</sub> *ut*<sub>3</sub>,

seu

C<sub>1</sub> C<sub>2</sub> C<sub>3</sub>.

cu

132 66 33

vibratiuni pre secunde. — Notele acestoru differito game fiindu enca prea departate intre elle, s'au mai adaogatu note intermedii, insemnate cu numiri *moll*, *dur*, seu *bemol*, *dieze* etc., alle caroru studiu nu appartine aici.

Sunetele armonice se producu prin instrumente musicale, intre cari negresitu trebue sa socotimu si organulu vocei allu omului si allu animaleloru. Lamo, corde, betio, seu colone de

aeru, dispuse intr'unu modu convenabilu, dau sunetele proprii fa-carui instrumentu musicalu. Organulu vocii functiunea, dupre studiile classice alle marelui fiziologu *Johannes Müller*, intr'unu modu analogu cu unu tubu sonor u acoperitu la capu cu ua membrana elastica ce porta ua crepatura angusta. Perceptiunea suneteloru se face cu urechi'a, a carei studiu, precum si acella allu organulu vocalu, appartine anatomiei si fiziologiei. Sunetulu introdusu prin canalulu urechiei pene in interiorulu ei, la cavitata ososa, numita labirintu, pune membrana acestuia in vibratiuni, cari se comunica masei osose, apoi licidului ce ample labirintulu, si de aici nevrulu acusticu.

Ca sa producemu sunete curate, servindu ca sunete normale pentru comparatiune, regulate seu acordate, ne servimu de unu instrumentu micu, numitu *furca musicala* seu *diapason* (fig. 212). Acesta se compune de ua furca de ociel u asediata pre ua cutia de resonantia, care servece spre a intari sunetulu lamei metalice prin covibratiunea masei de aeru inchisu intr'ensa. Ua asemenea furca trasa cu arcusiu da ua nota determinata, obicinuitu *la* seu *ut*.

Francesulu *Lissajous* a inventatu ua metoda *optica*, ca sa compare cu mare precisiune sunete produse de duoe diapasoni diferite; acesta metoda pote servi pentru constructiune de diapasoni absolutu identice. Fig. 213 areta dispositiunea lui *Lissajous*; duoe diapasoni, unul orizontalu A, celu altu verticalu B, porta la extremitatile lor u oglindi mici si suntu astu-feliu dispuse inaintea unei lampi L (seu a unei radie solare reflectate intr'ua camera obscura prin aparatele de projectiune ce vomu cunoşce in Optica), in catu dupre ua inducita reflexiune sa tramitta ua radia de lumina in directiunea C, unde observamu directu cu ochiu seu cu ochianu, seu priimimu fenomenulu pre unu carton u, in projectiune. Candu amenduoe diapasoni stau in

repaosu, nu vomu vedea de catu unu singuru punctu luminos. Candu punemu in vibratiune diapasonulu A, punctulu luminos ensusi va oscilla si va descrie ua linia orizontala; candu vibredia diapasonulu B, punctulu luminos va descrie ua linia verticala. Candu ensa vibredia amenduo diapasonele de ua data, atunci punctulu luminos reflectatu prin duoe oglindi, cari vibredia rectangularu intre elle, va descrie ua linia de ua forma si ua positioe, cari variedia dupre natur'a si vibratiunile diapasoneloru ensusi. Deca acestea dau intocmai aceeasi nota, atunci lini'a luminosa descrisa va fi in genere ua ellipsa si in casuri speciale unu cercu seu ua drepta inclinata pre orizontala cu  $45^\circ$ . Candu diapasonele dau note diferite, lini'a luminosa va presinta ua forma neregulata; compusa in genere din duoe parti cari se taia la unu nodu. Unu studiu mai intinsu allu acestoru fenomene nu se pote face bine fara calculu, se basedia pre formulele miscarei undulatorie desvoltate in optica, si ne aru conduce aici prea departe.

Candu se producu de ua data duoe vibratiuni seu sunete differindu pucinu in inaltime, atunci se aude in intervale constante de timpu ua intarire si slabire alternativa a suneteloru, unu feliu de *undulari*, numite si *battai* sau *lovituri*. Caus'a acestoru undulari este ca ua molecula sonora, afectata de ua data de acelle duoe vibratiuni, va essecuta ua miscare rezultanta din combinatiunea loru, va avea in momente date ua amplitudine ecala cu summ'a seu cu differinti'a amplitudinilor correspondiature alle suneteloru elementare si prin urmare ua intensitate massimala seu minimala. Deca acelle duoe sunete suntu produse respective prin  $n$  si  $n'$  vibratiuni pre secunda si deca  $n$  si  $n'$  au unu factoru comunu  $C$ , atunci acelle undulari se voru produce de  $C$  ori pre secunda, adico in acelle momente la cari amenduo sunetele termina de ua data unu numeru intregu de vibratiuni.

Undularile aceste devinu cu atatu mai dese cu catu diffe-

rinti'a de inaltime a celloru dooe sunote, cari le producu, este mai mare. Candu numerulu undulariloru trece preste vre na 32 pre secunda, atunci nu le mai potemu distinge, ci audimu unu sunetu *resultantu* seu de *combinatiune*, in genere forte neplacutu urechiei. — Cu tote acestea suntu si sunete de combinatiune, produse prin dooe seu chiaru prin mai multe note elementare, cari presinta intre elle *intervalle simple* si placu urechiei; asemenea sunote s'au numitu *accorduri*, precum este acella in *do*, formatu de notele *do mi sol do*, si alte.





## SECTIUNEA VIII.

# OPTICA SEU TEORIA LUMINEI

### ART. I. NOTIUNI PRELIMINARE

#### § 1. NATUR'A SI PRODUCTIUNEA LUMINEI

Cunoscintiele nostre celle mai multe despre lumea esteriore le datorim impresiunilor luminoase ce priimim de la diferitele corpuri; acestea luminandu de sine, sau priimindu lumina de la alte corpuri luminoase, impresionedia ochiulu si descepta in noi ide'a despre essistenti'a lunei esteriore.

Corpurile se dividu in *luminoase* si *obscure*; unu corpu potesa fia luminos, adico visibilu ochiului, fara ca sa luminedie de sine, ci numai *reflectandu* lumin'a ce priimesce de la unu luminatoru; sub acestu punctu de vedere tote corpurile obscure potu deveni luminoase. — Corpurile le dividemu enca in *transparenti* seu diafano si *opace*. Celle d'anteiu lasa sa treca printr'ense *radiele* luminei, precum este sticl'a, aerulu etc.; celle opace intercepta, absorba radiele de lumina, le oprescu intr'unu modu ore-care de a se transmite inainte, precum zidulu, lemnulu, ferulu, etc. In realitate enca nu este nici unu corpu transparentu seu opacu intr'unu modu absolutu, transparenti'a si

opacitatea dependendu si de grosimea corpului; astu-feliu ua foia de auru, pre care obicinuitu o lipimu pre ua sticla, este transparente si se areta cu colore verde, ceea ce provine dintr'ua descompositiune a luminei, despre care vomu vorbi mai la vale; ua colona forte lunga de apa perde din transpariuti'a ei si se areta cam verde, etc. *Transluciditatea* unoru corpuru este enca unu gradu de transparentia.

Corpurile opace oprindu lumin'a de a se propaga dincolo de elle, producu in dosulu loru unu spatiu obscuru, numitu *umbra*. Deca luminatorulu ar fi numai unu punctu, ar essiste ua linia de demarcatiune intre umbra si lumina (fig. 214); luminatorulu avendu enca obicinuitu dimensiuni mai mici seu mai mari, urmedia co marginile umbrei correspundiandu unui punctu allu luminatorulu voru fi luminate pucinu de punturile vecine alle lui, adico co umbr'a mai negra la mediulocu se va perde treptatu spre margini, precum se areta in fig. 215; marginile umbrei s'au numitu si *semiumbra* seu penumbra.

Lumin'a pote sa fia *naturala* seu *artificiala*, adico produsa prin art'a nostra. Este probabilu co lumin'a naturala ensasi este produsa prin acelleasi mediuloce prin cari ne procuramu si noi obicinuitu lumin'a artificiala. Intre lumieele naturale socotimu pre aceea a *sorelui*, a *stelleloru*, precum si pre aceea a *planeteloru*, cari enca numai reflecta lumin'a ce priimescu de la sore. — Celle mai principale mediuloce prin cari ne procuramu lumina suntu: *electricitatea*, precum amu cunoscutu scanteile electrice si lumin'a numita *electrica*, si *incandescenti'a* seu *combustiunea*. Tote corpurile incaldite la temperature mai mici seu mai inalte, cellu multu pre la vre ua  $5 - 600^{\circ}$ , devinu luminoase. Lumenarile, differitele grasimi si oleiuri, petroleulu, gazulu de luminatu, etc., cari tote cuprindu unu es-

cesu de *carbune*, intrandu in *combustiune*, facu ca ua parte din carbunele loru sa devina *incandescentu* si sa lumineze; deca suflamu aeru cu ua tieva, ca sa activamu combustiunea, atunci lumin'a slabesce, pentru co carbunii incandescenti, ce ereau in suspensiune in mediulocu flacarei, disparu, ardiendu si transformanduse in producte gaze. Zincu, magneziu si alte metalle, ardiendu intr'unu currentu de aeru, seu de oxigenu curatu, dau ua lumina forte intensiva, pentru co oxidele formate devinu incandescente la temperatur'a produsa prin combustiunea metalleloru. Lumin'a englesului *Drummond*, numita si lumina cu gazu oxy-hydrogenu, se produce prin incandescentia unui betisoru de calce seu de magnesia, tinutu in flacar'a unei amestecature de gazu oxigenu si hydrogenu, cari curgu in currentu continuu din gazometre speciale.

In fine trebuie sa mentionamu aici unu modu particularu de productiune a luminei, *fosforescenti'a*. Bucati de lemnu putredu, câte ~~sa~~ data carne de pesce stricatu, diferite grasimi, fosforu, apele marei, etc. lumineza la intunerecu; tote aceste lumini slabe se producu prin *combustiune*, care se face incetu. Fosforulu arde absorbindu oxigenulu atmosferei; carnea, lemnulu putredu, etc. absorba asemenea oxigenu in descompositiunea loru si se consuma prin combustiune; pre apele mariloru trasesce ua infinitate de insecte cari secreta ua grasime speciala; acesta absorbindu oxigenulu aerului, produce ua adeverata combustiune si prin urmare ua lumina slaba, vizibila numai noptea.

Unu fenomenu specialu de fosforescentia se produce prin *insolatiune*; varulu, seu pari de lemnu spoiti cu varu, espusi dina luminei soarelui, pastredia si emittu noptea ua lumina slaba, care ii face vizibili chiaru in noptea ceea mai intunecosa;

caus'a adeverata a acestui fenomenu ne este enca pucinu cunoscuta.

Fenomenele luminoase au impresionatu pro oameni enca din timpurile celle mai vechi si s'au facutu totu feliu de hypotese asupra naturei luminei, cari ensa au fostu mai multu productulu imaginatiunei de catu allu meditatiunei profunde, basate pre ua cunoscintia solida a fenomenelor optice. Sub acestu puntu de vedere numai duoe teorii merita a fi numite : aceea a *emissiunei*, seu a *emanatiuniloru*, numita si *corpusculara*, formulata de catre *Newton*, si teori'a *undulatiuniloru* seu a *vibratiuniloru*, data de ollandesulu *Huyghens*. *Newton* si partisanii teoriei emisiunei admittu co corpulu luminos asverla de la sine in tote directiunile particele de ua micusiorime excessiva si cu ua iutiela immensa, cari isbindu organulu vederi, producu asupra-ne simtirea luminei. Acesta teoria basata pre faptele cunoscute pene in timpulul lui *Newton* si formulata cu profunditatea care caracterisa tote lucrarile acestui geniu, porta ensa in sine elemente imposibile de admissu si erore, la cari potu cadea chiaru geniurile celle mai mari, candu suntu siliti sa seretecesa in regiunile hypoteselor. Fapte descoperite chiaru in timpulul lui *Newton* aretau imposibilitatea unei asemenea teorii; ensa geniulu lui *Newton* a completatu-o mai adaogandu si alte hypotese si astu-feliu teori'a emisiuniloru a devenitu unu complexu de hypotese, ceea ce ar ajunge ca sa i arete neperfectiunea. Fapte mai noue, ce vomu cunosce in cursulu acestui studiu, stau in contradictiune directa cu acesta teoria care a si fostu astadi parasita de toti.

In oppositiune cu acesta sta teori'a *undulatiuniloru* a lui *Huyghens*. Dupre acestu mare astronomu si fisicu ua materia subtila, pre care o numesce *eteru*, ar fi respandita in tote spa-

tiurile ceresci si chiaru intre moleculele tutuloru corpuriloru ; candu acestu eteru se afla in repausu, avemu intunerecu, corpurile suntu obscure ; candu eterulu intra in vibratiuni, seu face undulatiuni, atunci se produce si se propaga lumina. Nu numai tote fenomenele luminoase, cunoscutu pene la Huyghens, precum si tote acelle descoperite de atunci si pene astadi, stau in ceea mai perfecta armonia cu acesta teoria, dera enca multe fapte enca necunoscutu au potutu fi predise ca nisce consecin-tie alle acestei teorii si au fostu confirmate prin experientia. *Euler* cellu d'anteiu, si pre la inceputulu acestui secolu englesulu *Young* si francesulu *Fresnel* au contribuitu mai cu deosebire pentru consolidarea si admitterea generala a teoriei undulatiuniloru. — Astronomulu *Encke* din Berlin studiandu miscarea cometei descoperite de deusu, a observatu ua intardiere a acestei miscari, ceea ce face forte probabila essistenti'a acellui eteru hypoteticu allu lui Huyghens ; resistanti'a ce ar intempina comet'a miscanduse in acellu mediu (eteru) esplica intardierea cometei intr'unu modu sufficientu, dupre calculele lui *Encke*.

## § 2. PROPAGATIUNEA SI IUTIEL'A LUMINEI

Lumin'a se propaga in linia drepta, despre care ne potemu incredintia punendu ua pedeca intre ochiu si puntulu luminos ; atunci lumin'a este oprita. Ea se transmite in radie in tote directiunile in giurulu unui puntu luminos si intalnindu corpuru obscure le luminedia. Unu fenomenu interessantu se produce intr'ua cutia negra seu intr'ua camera intunecata, in care patrundu radie de lumina de afara numai printr'ua singura gaura mica, lasata in oblonulu unei din ferestre ; in feci'a opusa gaurei vedemu producenduse imaginile inverse alle

objectelor exteriori. Acesta fenomen a fost observat și explicat de *Kepler*. Razele de lumină venind de la diferite puncte ale unui obiect exterior, se încrucișează la *gaura* și produc pe peretele opus puncte luminoase într-o dispoziție analogă, însă inversă, care ne arată imaginea obiectului exterior; această imagine este slabă și ochiul nu o poate vedea, de cât numai când este întunecat în aceeași cameră, adică când ochiul nu este impresionat de altă lumină mai intensă.

Lumină se propagă cu o viteză atât de mare în cât puțin timp s'a crezut că transmiterea ei este instantanee; însă astronomul danez *Olav Roemer* a demonstrat că lumina are o viteză determinată, că se transmite de la un punct la altul. Pentru aceasta s'a servit de observațiile astronomice ale sateliților lui Jupiter. Fia (fig. 216) S soarele, P pământul în apropierea conjuncțiunii sale cu Jupiter J, s unul din sateliții acestuia în momentul de a intra în umbră a lui Jupiter. Un observator de pe pământ va vedea atunci imersiunea acestui satelit; peste  $42^{\text{ore}} 28^{\text{m}} 35^{\text{s}}$ , în care timp satelitul termină o revoluție sinodică în jurul lui Jupiter, observatorul va vedea o a doua imersiune; peste alte  $42^{\text{ore}} 28^{\text{m}} 35^{\text{s}}$  o a treia, și așa mai înainte. Pământul însă înaintând spre P' pe partea aratăată cu săgeată, imersiunile se vor produce din ce în ce mai târziu și când pământul va ajunge peste șase luni în opoziție la P', era Jupiter cu satelitul la J' și imersiunea se va face cu  $16^{\text{m}} 26^{\text{s}}$  mai târziu de cât după cum ar urma, socotind intervalul între două imersiuni consecutive de  $42^{\text{ore}} 28^{\text{m}} 35^{\text{s}}$ . Acesta întârziere provine din căușă că lumina ca să vină de la S' la P', are acum să per-

curga unu drumu mai lungu cu diametrulu intregu allu orbiti pamentului, adico cu  $PP'$ . Acesta fiindu aproape ecalu cu  $300000000\text{km}$ , vomu gasi iutiel'a luminei pre secunda, impartindu acesta distantia cu timpulu  $16^m 26^s$  seu cu  $986^s$ , ceea ce da aproape  $304000\text{km}$ .

Astronomulu englesu *Bradley* a descoperitu pre la 1727 unu fenomenu interessantu ce presinta stellele fisse, ua miscare apparinte periodica, pre care a numitu-o *aberratiunea luminei* si care provine din intardierea acestei; ea pote servi pentru mosur'a iutielei luminei; ensa acestu studiu apartine mai multu astronomiei.

Pre la 1849 francesulu *Fizeau* a descoperitu unu mediu locu nou spre a mesora iutiel'a luminei pre pamentu, la ua distantia relativu mica. La duos statiuni A, B (fig. 217), departate intre elle cu  $8633^m$ , a asediatu duos ochiane, astu-feliu ca axele loru sa fia in linia drepta. Ochianulu din B are in interioru ua oglinda plana  $p$ , care reflecta inapoi radiiele de lumina. Ochianulu A are asemenea ua lama de sticla  $s$  cu fecie paralele si inclinata cu  $45^\circ$  pre axulu lui. Ua radia de lumina venindu de la unu punctu L, care pote fi lumina electrica seu lumina solara, concentrata aici printr'ua lentilla, este introdusa in ochianulu A printr'ua tubulura laterala  $l$ , reflectata la  $s$  catre ochianulu allu duoilea B, reflectata din nou la  $p$  inderetu spre  $s$ , de unde trece spre ochiulu observatorulu A. Ochianulu A porta ua crepatura laterala in care patrunde pene dincolo de axu ua rota dintiata  $rr$  ce pote fi pusa in miscare rapede de rotatiune printr'unu mecanismu de orologiu, seu prin vre unu altu mediu locu. Candu rot'a sta si presinta inaintea ochiului A unu intervallu dintre duoi dinti, atunci observatorulu va vedea punctulu luminos in directiunea AB;

deca invertim rot'a, dintii ei voru impedece radiiele de lumina ce se intorcu de la **p** spre **A** si observatorulu va avea intuneculu inaintea lui; deca ensa rot'a se invertesce destulu de iute, astu-feliu in catu sa inaintedie cu unu intervallu in timpulu cellu scurtu in care lumin'a se duce de la **s** la **p** si se intorce inderetu, acesta gasindu acum unu intervallu liberu, va ajunge la ochiulu **A** si observatorulu va avea lumina; invertindu mai iute, astu-feliu in catu in acellasi timpu sa via dinteles urmatoru in dreptulu axului, observatorulu va avea era intuneculu; la ua rotatiune si mai rapede, la care unu allu treelea intervallu vine in dreptulu axului, lumin'a va fi restabilita si astu-feliu urmandu, campulu ochianului va fi alternativu intunecat si luminatu. Fizeau intrebuintiandu ua rota cu 720 dinti si invertindu-o de 25.2 ore pre secunda, a avutu ceea d'anteiu lumina, de unde se conchide co timpulu in care lumin'a a percursu spatiulu **sp** de duoe ore, inainte si inderetu, este ecalu cu timpulu in care rot'a a inaintatu cu unu intervallu, seu cu unu dinte, ceea ce ne da iutiela luminei, prin calcululu urmatoru. Rot'a invertinduse de 25,2 ore pre 1<sup>s</sup>, presinta axului  $25,2 \times 720$  dinti seu intervale intr'ua secunda; unu dinte seu intervallu inaintedia dera in  $\frac{1}{25,2 \times 720}$  dintr'ua secunda

si in acestu timpu lumin'a a percursu de duoe ore spatiulu **sp**, adico unu spatiu de  $2 \times 8633^m$ ; intr'ua secunda va percurge dera spatiulu  $25,2 \times 720 \times 2 \times 8623^m$ , seu pre la 312000  $km$ .

— Resultatulu acesta aflanduse prin immultirea unui micu numeru, adico de  $8. km^{633}$ , ua mica gresiala se immultiesce asemenea si nu presinta precisiunea metodei astronomice.

Mai tardiu vomu cunosce enca ua metoda pentru a determina iutiela luminei si a proba co acesta se propaga mai in-



cetu in medii mai dense, conformu cu teori'a undulatiunilor.

### § 3. FOTOMETRIA

Intensitatea luminei priimate de ua suprafecia data, de ess. de unimea de suprafecia, depinde de mai multe impregiurari :

1) de natur'a luminatorului.

2) de anghiulu sub care radiiele luminoase sunt emisse la suprafeci'a luminatorului. Acestea presintandu in genere ua intindere, radiiele potu parasi suprafeci'a loru normalu, candu atunci au maximum luminei; seu oblicu si sunt cu atatu mai slabe cu catu elle sunt mai inclinate pre suprafeci'a luminosa, de unde emana. Radiiele de lumina, veniudu din marginile discului solaru, forte inclinate pre suprafeci'a lui, sunt mai slabe de catu acelle din mediuloculu discului, emisse normalu pre aceea suprafecia.

3) de anghiulu de *incidentia*. Intensitatea luminei priimate de ua suprafecia este cu atatu mai slaba, cu catu radiiele cadu pre densa mai oblicu.

4) de distanti'a luminatorului. *Intensitatea luminei priimate de unimea de suprafecia este inversu proportionala cu patratulu distantiei de la luminatoru; astu-feliu intensitatile luminei  $i$ ,  $i_1$ , priimate la distantiele  $d$ ,  $d_1$ , de la unu punctu luminos, sunt determinate prin proportiunea :*

$$i : i_1 = \frac{1}{d^2} : \frac{1}{d_1^2}$$

Deca ne inchipuimu mai multe sfere concentrice cu radiiele  $\alpha, \beta, \gamma$  etc., avendu de centru comunu punctulu luminos, acelleasi radie de lumina, cadiendu pre suprafeciele sfereloru, voru fi cu atatu mai rari, le voru lumina cu atatu mai slabu, cu

catu suprafeciele voru fi mai mari; dera acestea crescun in raportu cu patratele radielor  $\alpha^2 : \beta^2 : \gamma^2 : \text{etc.}$ ; prin urmare intensitatile luminoase pre suprafeciele sferelor, adico la distantiele  $\alpha, \beta, \gamma, \text{etc.}$  voru sta in raportu inversu cu  $\alpha^2 : \beta^2 : \gamma^2 : \text{etc.}$  Experimentalu se pote areta acesta, numai approssimativu, punendu ua suprafecia la distanti'a 1, 2, 3, 4 de la ua lumenare; atunci va trebui sa punemu aici respective 1, 4, 9, 16 lumenari, ca sa producemu acellasi effectu luminosu la diferite distantie.

Pentru a compara intensitatile differiteloru luminatori, la unime de distantie, s'au inventatu diferite aparate si dispositiuni, numite *fotometre*. Cellu mai practicun este acella allu lui *Bunsen*, care se pote face directu cu luminatori, fara sa mai cera vre ua dispositiune speciala. Asiediamu cei duoi luminatori, de ess. ua lampã si ua lumenare, destulu de departe unulu de altu, intr'ua camera intunecosa si plimbamu intre ei ua foia mica de chartia subtire si intinsa, avendu la mediu locu ua peta de grasime. Acesta se areta negra pre campu albu in partea luminei cellei mai intensivu, translucida pre campu obscura in partea luminei cellei mai slabe; ea dispare ensa, candu amu asiediatu-o la unu puntu ecalu luminatu de amenduoi luminatori. Mesurandu distantiele lor de la acellu puntu si redicandule la patratu, vomu avea raportulu intensitatiloru luminoase.

Unu altu fotometru, asemenea forte simplu, este acella allu lui *Rumfort*. Asiediamu unu betisioru inaintea unei foi de chartia alba, si totu pre aceeasi parte punemu pre cei duoi luminatori ce suntu de comparatu. Astu-feliu vomu avea duce umbre alle betisiorului de intensitati diferite, pentru co fiecare umbra este luminata de cellu altu luminatoru. Departamu

seu apropiemur pre unulu din acestia, peno candu sa potrivim umbrele, ceea ce se cunosec mai lesne, deca amu pusu luminatorii aproape pre aceeasi dreapta cu betisiorn, ca sa aducem umbrele la contactu. Atunci patratele distantieloru alle luminatoriloru de chartia ne voru da raportulu cerutu allu intensitatiloru luminose.

## ART. II. CATOPTRICA

### § 4. FENOMENELE SI LEGILE REFLESIUNEI LUMINEI

Candu ua radia de lumina trece de la unu mediu la altu, de ess. din aeru in apa, atunci la suprafecia de separatiune a acestoru duoe medii radi'a de lumina *incidenta* se desparte in duoe parti, in genere neecale; un'a din elle patrunde in allu duoilea mediu, se *refracta*; ceea alta se intorce inderetu in mediulu anteiu, se *reflecta*. Studiulu acestei parti reflectate va face objectulu acestni articolu.

Lumin'a reflectata ensasi se imparte in duoe parti. Candu ua radia de lumina cade pre ua suprafecia, ua parte a ei se reflecta la *puntulu de incidentia* in tote directiunile, se imprascia in tote partile si constituie lumin'a *diffusa*, care ne face sa vedem punctulu luminatu allu suprafeciei; ua alta parte se reflecta intr'ua directiune determinata, posseda ua intensitate mai mare de catu radiele diffuse si se numesce *radia reflectata regulatu*, seu simplu radia reflectata. Acesta avendu in genere ua intensitate mai mare, aduce asupra ochiului impressiunea pare co ar veni de la unu punctu luminos din interiorulu suprafeciei reflectatore.

Lumin'a diffusa si aceea reflectata regulatu nu suntu pro-

duse de tote suprafaciele in acellasi raportu. Cu catu ua suprafecia este mai neregulata si presinta asperitati mai multe, cu atatu imprascia lumin'a in tote directiunile, si da lumina diffusa mai multa; era cu catu suprafeci'a este mai neteda, mai lustruita, cu atatu lumin'a diffusa este mai pucina, dispare chiarnu, si tota lumin'a se reflecta regulatu.

Reflessiunea regulata a luminei se face dupre duoe legi, cari determina cu totulu directiunea radiei reflectate. Fia AB (fig. 218) suprafeci'a de separatiune, LI radi'a incidenta de lumina, I *puntulu de incidentia*, IN ua perpendiculara pre suprafeci'a de separatiune la puntulu I, seu *normal'a* puntului de incidentia, in fine IR radi'a reflectata; atunci anghiurile  $\hat{i}$ ,  $\hat{r}$ , ce facu cu normala radiele LI si IR, se numescu respective *anghiuri de incidentia si de riflessiune*, era planulu determinatu de radi'a LI si de normala se numesce *planu de incidentia*. Dupre acestea legile riflessiunei se pota enuncia astu-feliu :

1) *Radi'a incidenta, normal'a puntului de incidentia si radi'a reflectata suntu cuprinse in acellasi planu, in planulu de incidentia.*

2) *Anghiulu de riflessiune este ecalu cu anghiulu de incidentia.*

Aceste legi se pota demonstra in diferite moduri si prin diferite dispositiuni, intre alte si prin aparatulu lui *Silbermann*. Acesta se compune de unu cercu verticala (fig. 219), purtandu la centru ua oglinda mica orizontala, seu unu vasu in care se pote pune unu licidu reflectatoru. Ua radia de lumina  $ab$ , reflectata de oglind'a  $b$  catre centru, ne da radi'a incidenta  $bc$ , care se reflecta aici din nou catre  $cd$ , si directiunea radiei reflectate  $cd$  este aretata printr'unu punctu lumi-

nosu produsu pre disculu de sticla *matt d*. Diametrulu verticalu *NC* allu aparatului represintandu normal'a punctului de incidentia, vedemu co dreptele *bc*, *cN*, *cd* suntu cuprinse in planulu verticalu allu cercului; asemenea gasimu co anghiurile *Nb* si *Nc* suntu ecale intre elle.

Cu catu anghiulu de incidentia a unei radie de lumina se micusioradia, cu atatu si acell'a de reflexiune scade asemenea; de unde resulta co la *incidenti'a normala*, *radi'a se reflecta inderetu totu pre aceeași normala*.

#### § 5. REFLESSIUNE LA OGLINDI PLANE

Dintre tote corpurile metallele posseda ceea mai mare potere reflectatore; de aceea oglindile la inceputu se faceau de bronzu seu alte combinatiuni metallice in cari predomina cuprulu. Suprafeciele metallice ensa in currendu se acopera cu unu stratu forte subtilu de oxidu, care slabesce poterea loru de a reflecta. Mai tardiu au fostu inventate oglindile obicinuite de sticla, amalgamate in dosu, adico acoperite cu unu amalgamu de cossitoru si mercuriu, care adheredia la sticla si conserva poterea reflectatore nealterata. Astadi se facu *oglinde de argintu*, care se depune prin metode chimice ca unu stratu forte subtilu pre feci'a poleita a oglindei; argintulu dintre tote metallele are poterea reflectatore ceea mai mare.

Oglindile plane dau *imagini virtuale* seu *subjective* alle puncturiloru si corpuriloru luminoase, ce le stau inainte; esperienti'a din tote dillele ne areta acesta. Fia *OO* (fig. 220) ua oglinda, *A* unu punctu luminos inaintea ei, care tramitte radiiele incidente *AM*, *AN*; acestea se reflecta in directiunile divergente *Mp*, *Nq* si unu ochiu asiediatu la *pq* va vedea in dosulu oglindei unu punctu luminos *a*, catre care convergu radiiele reflectate *Mp*, *Nq* etc.,

prelungite înderetu, ca nisce linii geometrice. Este lesne sa demonstramu acesta convergentia a dreptelor  $pM$ ,  $qN$  etc. catre punctulu  $a$ , scoborendu pre oglinda perpendiculara  $AP$ , prelungita pene la intalnirea ei cu prelungirile acelloru drepte. Trianghiurile dreptanghie  $APM$  si  $aPM$  fiindu ecale între elle, resulta co  $Pa = PA$ , adico co distantia punctului  $a$  in dosulu oglindei este *constantă* si ecala cu lungimea perpendicularei scoborete de la punctulu luminos  $A$ . — Imaginea virtuala a unui objectu  $AB$  se gasesce, scoborendu perpendicularare pre oglinda de la tote puncturile alle lui si prelungindule cu distantie ecale in dosulu oglindei, ceea ce ne da imaginea  $ab$ , ecala si symmetrica cu objectulu  $AB$ .

Duoe oglinde, inclinate între elle mai multu seu mai pucinu, dau pentru acellasi objectu seu punctu luminos, aflatu inaintea loru, unu numeru de imagini cu atatu mai mare cu catu anghiulu dintre oglinde este mai micu. Acesta se produce prin reflexiunile successive alle unei radie de lumina la acelle oglinde si se pote observa in ori ca camera, unde suntu aternate la pereti opusi duoe oglinde mai multu seu mai pucinu inclinate între elle. *Caleidoscopulu* lui *Brewster* este unu tubu de cartonu inchisu la unu capu cu ua sticla *mat* pre unde intra lumina; in interiorulu tubulu se afla duoe oglinde mici inclinate între elle cu cate-va grade, între cari se afla cate-va bucatiele de sticla seu alte objecte colorate si se vedu immultite prin effectulu reflexiunei multiple.

Candu punemu ua oglinda in miscare de rotatiune, imaginile produse de densa, adico radiiele reflectate, se invertescu asemenea, ensa cu ua *inticla angulara* inducita de catu aceea a oglindei. Ne potemu incredintia despre acesta, considerandu ua radia  $LI$  (fig. 221) de directiune constanta, cadiendu pre

ua oglinda AB ce se inverseste in sensulu sagetei. Candu oglind'a in urma rotatiunei a venitu la positiunea A' B', normal'a ei NI a trecut la N'I si radi'a reflectata RI s'a mutat la R'I. Anghinlu oglindiloru este AIA' seu NIN', era acella allu radielor reflectate este RIR', si este lesne sa vedemu co acestu din urma este induoitu de catu anghinlu NIN'. Figur'a ne da

$$\begin{aligned}\angle NIN' &= LIN' - LIN, \\ \angle RIR' &= LIR' - LIR;\end{aligned}$$

era dupre legile refractiunei avemu

$$LIN = NIR, \text{ de unde } LIR = 2LIN,$$

$$LIN' = N'IR', \text{ de unde } LIR' = 2LIN',$$

si prin urmare

$$RIR' = LIR' - LIR = 2(LIN' - LIN) = 2NIN'.$$

#### § 6. CATE-VA APPLICATIUNI ALLE OGLINDILORU PLANE

Oglindile plane si in genere reflexiunea la suprafacie plane gasesce intre alte ua applicatiune si la diferite instrumente de fisica. — *Sextantulu*, inventatu de englesulu *Hadley*, este unu instrumentu forte intrebuintiatu pentru a mesora anghiuri, mai cu sema pre mare. Ellu este formatu de unu sectoru metallicu (fig. 222) allu carui arculu AB este de 60°; pre radiete extreme se afla ua oglinda a si unu ochianu o, amenduoe fisse in positiunile lor; oglind'a este diumetate amalgamata, si diumetate in sticla gola, precum se vede la a'. Unu linealu bn porta la centrulu sectorului ua a duoa oglinda b, mobila cu linealu si paralela cu a, candu acesta se afla la positiunea initiala A, la 0°. n este *noniulu*; I ua lupa ca sa citimu divisiunile noniului: e si e table de sticla colorata pre cari le intorcemu inaintea radielor reflectate, candu aru veni de la sore, ca sa nu vateme ochiulu asiediatu inaintea ochianului la O. Ca se mesoram unu anghiu cu acestu instrumentu, lu tinemu cu ua mana de cod'a m, lu aducemu in planulu celloru duoe obiecte s si d, ne uitamu prin ochianulu o si par-

tea superiara a oglindei a catre  $s$ , apoi intorcemu cu ceea alta mana linealulu  $bn$  si impreuna cu densu oglind'a  $b$  catre objectulu  $d$ , pene candu radiele, venindu de la  $d$  si reflectate successivu la  $b$  si la  $a$ , sa aduca imaginea objectului  $d$  in coincidentia cu objectulu  $s$ , vediutu directu; atunci anghiulu cu care  $a$  inaintatu oglind'a  $b$ , mesoratu priu arculu  $An$ , este diumetatea anghiului cerutu sod; de aceea si gradele sunt induoite pre arculu  $AB$ , ca sa potemu citi immediatu anghiurile cautate. — Este lesne sa vedemu, dupre teoreme cunoscute din geometria, co anghiulu oglindiloru  $Abn$  este ecalu cu anghiulu normaleloru loru  $ap$  si  $qbp$  (fig. 223); dera atunci urmedia co anghiulu objectelorु sod  $= 2apb$ , pentru co dupre proprietatile anghiuriloru esteriore la trianghiuri avemu :

$$\angle aob = abd - bao = 2abq - 2bap,$$

$$\angle apb = abq - bap,$$

de unde

$$\angle aob = 2apb.$$

*Goniometrele de reflexiune* suntu instrumente servindu pentru mesur'a anghiuriloru alle cristalleloru, si suntu applicatiuni alle reflexiunei luminei la suprafecie plane. Acella allu lui *Wollaston*, perfectionatu de *Mitscherlich*, appartine cursuriloru de mineralogia; aici vomu descrie pre acella allu lui *Babinet*, care pote servi si la esperimente curatu optice. Pre unu cercu orizontalu (fig. 224) se afla duoe ochiane  $A$ ,  $B$ , era la centru se pote asiedia pre ua alidada, mobila pre cercu, cristallulu seu *prism'a*, a carei voimu sa mesoramu anghiulu dintre duoe fecie. Ocularulu ochianului  $B$  este inlocuitu print'ua crepatura  $D$ , pre unde intra ua radia de lumina si se reflecta la un'a din feciele cristallului seu alle prismei  $C$  catre ochianulu  $A$ ; intorcemu cristallulu  $C$ , aducendu feci'a a duoa a lui in loculu cellei d'anteiu, fara sa mutamu ochianele diu locu: anghiulu cu care amu intorsu cristallulu  $C$  mesora anghiulu cerutu allu fecieloru selle.

*Heliostatulu* este unu instrumentu, inventatu de ollandesulu *S'Gravesande*, prin care potemu sa projectamu ua radia solara prin reflexiune si sa o conservamu intr'ua directiune fissa pre unu timpu mai lungu; aceste instrumente essecuta prin urmare, cu ajutorulu unui mecanismu de orologiu, ua miscare analoga cu aceea diurna a sorelui. Pentru differitele esperimente de optica se intrebuintiedia ensa



mai obicinuitu heliostate seu aparate de projectiune, descrise mai la vale, la cari regularea se face cu mana.

#### § 7. REFLESIUNE LA OGLINDI CURBE

Oglindile seu suprafecele curbe priimindu radie de lumina de la unu puntu luminos, le reflecta si le imprascia seu le strengu mai multu seu mai pucinu. Oglindile *sferice concave* suntu aprobe exclusivu intrebuintiate in industria si pentru diferite instrumente optice, elle fiindu singurele suprafecele curbe cari potu concentra prin reflexiune radie de lumina la unu puntu, de nu matematicu, dera cellu pucinu *fisicu*; mai suntu si alte cate-va suprafecele curbe cari potu aduce asemenea concentratiuni, ensa numai la casuri isolate, si de aceea nu potu gasi ua applicatiune ceva mai generala. Oglindile sferice concave ensusi nu aduca acesta convergentia de catu numai candu suntu facute si intrebuintiate in conditiuni speciale, adico candu presinta ua *curbatura mica* si priimescu numai radie *centrale*. In tote celle alte casurile, radiiele de lumina nu se concentredia la unu puntu, ei formedia linii seu suprafecele luminoase, numite *caustice*, alle caroru studiu nu are pentru fisica nici unu interessu.

Fia AB (fig. 225) sectiunea unei oglinde sferice concave, adico a unni segmentu de sfera, O centrulu sferei, numitu *centru de curbatura*, M mediuloculu oglindei. Radiiele sferei OM, OC, etc., normale pre suprafecei a oglindei se numescu *radie de curbatura*; ori-ce drepta trece prin centrulu O se numesce *axu*, era axulu MOL care trece prin mediuloculu oglindei se numesce *axu principalu*. Radie venindu de la unu puntu luminos L, aflatu inaintea oglindei pre axulu principalu, seu in apropierea lui, se concentredia dupre reflexiune la unu puntu

fisicu  $I$ , numitu *focarulu conjugatu* allu lui  $L$ . Deca radiiele luminoase nu mai suntu *centrale*, adico se departedia multu de axu principalu, seu deca oglind'a presinta ua *curbatura* mare, adico deca *anghiulu* ei, formatu de radiiele estreme  $AO$  si  $BO$ , este mare preste vre ua  $3^{\circ}$  seu  $4^{\circ}$ , atunci concentratiunea radielor nu se mai face la unu puntu si oglind'a nu mai pote face nici unu serviciu.

Potemu lesne sa demonstramu co in aceste condituni, *distanti'a  $MI$  este constanta*, adico co concentratiunea radielor reflectate se va face la acellasi puntu.  $LC$  fiindu ua radia incidenta,  $OC$  normal'a,  $CI$  radi'a reflectata, anghiulu  $i = r$ , urmedia co  $CO$  este bisectrici'a anghiului  $LCI$  din triunghiulu  $LCI$  si ne da dupre ua teorema din geometria :

$$IC : LC = IO : LO$$

In casu de radie centrale si de ua curbatura mica, dreptele  $LC$  si  $IC$  se departedia pucinu de axulu principalu  $LM$  si suntu aproape ecale cu  $LM$  si  $IM$ , astu-feliu in catu potemu scrie proportiunea de mai susu precum urmedia :

$$IM : LM = IO : LO.$$

Sa insemnamu radi'a oglindei cu  $R$ , *distanti'a  $LM$  a puntului luminesu cu  $p$* , era *distanti'a  $IM = p_1$*  si vomu avea :

$$p_1 : p = R - p_1 : p - R$$

de unde

$$pp_1 - Rp_1 = Rp - pp_1,$$

seu

$$Rp_1 + Rp = 2pp_1,$$

si prin urmare impartindu cu productulu  $pp_1R$  :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p_1} = \frac{2}{R};$$

de unde se vede co  $p$  si  $R$  fiindu constante, va fi si  $p_1$  constantu; pantulu  $I$  va fi atunci *focarulu conjugatu* allo puntu-

lui luminos si se intiellege lesne co aceste duoe puncturi potu scamba intre elle rolulu loru, devenindu **L** luminos, candu atunci **L** va fi focarulu conjugatu allu lui.

Cu catu **L** se departedia, cu atatu radiiele de lumina cari cadu pre oglinda suntu mai strense si tindu a deveni paralele intre elle. Candu  $p = \infty$ , elle devinu paralele si insemnandu cu **f** valoarea corresponditoare a lui **p**<sub>1</sub>, vomu gasi

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R}, \text{ seu } f = \frac{R}{2}.$$

Puntulu **F**, focarulu radielor paralele intre elle, s'a numitu *focarulu principalu*, seu simplu *focarulu*, era distanti'a de la oglinda  $MF = f$ , *distantiu focala*, si vedemu co acesta este constanta si  $= \frac{R}{2}$ . Atunci formul'a de mai susu se pote scrie

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p_1} = \frac{1}{f};$$

acesta este *formul'a ogliindiloru sferice concave*.

#### § 8. IMAGINILE OGLINDILORU CURBE

Oglindile sferice concave de curbatura mica avendu proprietatea sa concentredie radiie de lumina la unu punctu, ne dau imagini alle objectelor aflate inaintea loru. Fia **AB** (fig. 226) unu objectu; focarii conjugati ai puncturilor **A** si **B** voru fi undeva pre axele **AD** si **BM**, respective la **a** si **b**. Puntulu **a** se gasesce forte simplu, ducendu radi'a  $AC \parallel BM$ , a caria reflectat'a **Ca** trece prin focarulu principalu **F**, si radi'a seu axulu secundaru **AOD**, care cadiendu normalu, se reflecta indereu spre **a**; intersectiunea acestoru duoe drepte se face la focarulu conjugatu **a**. Deca objectulu ar fi la **ab**, imaginea s'ar forma la **AB**. De aici resulta regul'a urmelore :

1) *candu obiectulu este departe de oglinda, dincolo de centru de curbatura, imaginea se face in apropierea oglindei, intre centru si focaru, este reala, inversa, mica si prin urmare tare luminosa;*

2) *candu obiectulu este aproape de oglinda, intre centru si focaru, imaginea se face departe, dincolo de centru de curbatura, este reala, inversa si cu atatu mai mare, cu catu obiectulu se apropie mai multu de focaru; intensitatea luminosa a imaginii este atunci mai mica.*

Asemănarea trianghiurilor dreptunghiice  $oba$ ,  $OBA$  ne da

$$\frac{ab}{AB} = \frac{ob}{OB} = \frac{R - p_1}{p - R};$$

substituindu aici valoarea lui  $p_1$  trasa din egalitatea

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p_1} = \frac{1}{f},$$

vine :

$$\frac{ab}{AB} = \frac{f}{p - f}.$$

Acesta egalitate ne da raportulu intre imagine si obiectu. Candu  $p < f$ , adico candu punemu obiectulu intre focaru si o-

glinda, raportulu  $\frac{ab}{AB}$  devine negativu si imaginea dispare, sau devine *virtuala*, ceea ce se vede si din fig. 227, unde ducendu de la  $A$  cele duoe radie considerate mai susu, reflectatele lor nu se mai intalnescu; prelungindule ensa in dosulu oglindei, ele voru presinta unui ochiu aflatu spre  $FO$  ua *imagine virtuala, drepta si mare.*

Oglindile sferice *convexe* cu curbatura mica dau asemenea pentru radie centrale imagini *virtuale si mici*. — Oglindile parabolice suntu cate ua data intrebuintiate ca reflectori la

lampi electrice, seu chiaru la telescope dupre system'a Foucault.  
 — Oglindi de alte curbature, cilindrice, conice, etc. desfiguradia imaginile; deca ensa obiectele ensusi suntu desfigurate, de ess. desemuuri stricate dupre ua regula ore-care, atunci asemenea oglindi potu sa le presinte indreptate in imagine; asemenea imagini s'au numitu *anamorfose*.

### § 9. FORMULE ESSACTE ALLE OGLINDILORU SFERICE

Fia ua oglinda sferica concava AB (fig. 228), LX axulu principalu, O centrulu de curbatura, OY axulu ordinatoru, LM ua radia luminosa cadiendu pre ogliuda la puntulu M, allu carui coordonatele rectangularare suntu  $x = OP$  si  $y = MP$ , MO normal'a acestui puntu si MI radi'a reflectata; fia enca  $OM = OX = R$ ,  $OL = a$ ,  $OI = a_1$ . Dreptele LM, OM si IM suntu determinate prin anghiurile de inclinatiune  $\beta$ ,  $\varphi$ ,  $\beta_1$  pre axulu LX; era sectiunea AB a oglindei prin ecalitatea

$$x^2 + y^2 = R^2.$$

Legile reflexiunei dau  $i = r$ , seu

$$\varphi - \beta = \beta_1 - \varphi;$$

prin urmare va fi si

$$\text{tang}(\varphi - \beta) = \text{tang}(\beta_1 - \varphi)$$

seu dezvoltandu tangentele differintieloru

$$\frac{\text{tang} \varphi - \text{tang} \beta}{1 + \text{tang} \varphi \text{ tang} \beta} = \frac{\text{tang} \beta_1 - \text{tang} \varphi}{1 + \text{tang} \varphi \text{ tang} \beta_1}.$$

Trianghiurile dreptanghie MPL, MPO si MPl dau dupre teoremele trigonometriei

$$\text{tang} \beta = \frac{y}{x + a}, \text{ tang} \varphi = \frac{y}{x}, \text{ tang} \beta_1 = \frac{y}{x - a_1}.$$

Substituindu in ecalitatile de mai susu vine

$$\frac{a}{x^2 + y^2 + ax} = \frac{a_1}{x^2 + y^2 - a_1x},$$

seu

$$\frac{a}{R^2 + ax} = \frac{a_1}{R^2 - a_1x},$$

de unde resolvendu despre  $a$ , gasimu :

$$(1) \quad a_1 = \frac{aR^2}{R^2 + 2ax}.$$

De aici vedemu ca radele venindu de la unu punctu luminos  $L$ , reflectate de oglinda, nu se concentredia riguros la unu punctu  $I$ ; pentru co positiunea acestuia este determinata prin distantia  $a$ , care se scamba impreuna cu  $x$ , adico cu radi'a incidenta. Pentru radie centrale ena si pentru curbatura mica, punctulu  $P$  fiindu aproape de totu de  $X$ , absciss'a  $x$  presinta variatiuni excesivu de mici si pote fi considerata ca constanta si ecala cu  $R$ . Atunci formul'a de mai susu se transforma pentru radie *centrale*, prin suppressiunea factorului comunu  $R$ , in

$$(2) \quad a_1 = \frac{aR}{R + 2a}.$$

Puindu aici  $a = p - R$ ,  $a_1 = R - p_1$ , gasimu formul'a cunoscuta a ogliindilor  $\frac{1}{p} + \frac{1}{p_1} = \frac{2}{R}$ .

Sub nume de *aberratiune* intiellegemu defectulu ce presinta aceste ogliindi, de a nu concentra bine radele reflectate, de a produce prin urmare imagini mai multu seu mai pucinu confuse pre la margini, candu le lasamu sa reflecte si radie *marginale*, seu mai pucinu centrale. Differentia

$$a_1 - a_2 = \frac{aR^2}{R^2 + 2ax} - \frac{aR}{R + 2a}$$

ne da ua mesura pentru aberratiunea *longitudinala* in sensulu axului principalu.

### ART. III. DIOPTRICA

#### § 10. FENOMENULU SI LEGILE REFRACTIONEI LUMINEI

S'a disu la § 4 co candu ua radia de lumina trece de la unu mediu la altu, ea se desparte in duoe parti in genere neecale, una care se reflecta inderetu, ceea alta care se *transmite* ina-

inte in allu duoilea mediu. Lumin'a transmissa se imparte in duoe : ua parte a ei se transmite in interiorulu mediului in tote directiunile, servindu spre a lu lumina, si da lumin'a *diffusa prin refractiune*; ceea alta se *refracta regulatu* intr'ua singura directiune determinata, deviendu obicinuitu de aceea primitiva a radiei incidente. In fig. 218, LI fiindu radi'a incidenta, IS este radi'a *refractata*, era anghiulu  $r$  intre acesta si normal'a prelungita NM este *anghiulu de refractiune*.

Intre radi'a incidenta si aceea refractata essista ua *reciprocitate perfecta*, adico SI fiindu radi'a incidenta, in hypotes'a co lumin'a vine de la S, incident'a de uadiniora IL va deveni acum radi'a refractata a lui SL. — Din duoe medii, in cari se propaga ua radia de lumina, se numesce *mai densu*, sub punctulu de vedere opticu, acella in care radi'a se apropie mai multu de normala; cellu altu este atunci *mai raru*.

Legile refractiunei suntu duoe :

1) *Radi'a incidenta, normal'a punctului de incidentia si radi'a refractata suntu cuprinse in acellasi planu, care este acella de incidentia.*

2) *Rapportulu intre sinussulu anghiului de incidentia si sinussulu anghiului de refractiune este unu numeru constantu, numitu indice de refractiune; acesta lege se pote areta prin*

$$\text{formul'a } \frac{\sin i}{\sin r} = n.$$

Legea antea a fostu descoperita de arabulu *Alhazen*, a duoa de ollandesulu *Willebrord Snellius* si s'a numitu *legea sinussiloru*. Pentru aflarea indicelui de refractiune a duoe medii prin cari se propaga ua radia de lumina, impartimu obicinuitu sinussulu anghiului din mediulu cellu raru prin acella a anghiului din mediulu cellu mai densu.

Demonstratiunea experimentală a acestor legi se poate face totu prin aparatul lui *Silbermann* descris mai sus (fig. 219). Pentru acesta servește vasul cilindric de sticlă *C*, plin cu apă sau cu vre unu altu lichid transparent. Radi'a de lumină incidentă *bc* se frange către *ce* unde se află unu disc de sticlă *mat*; raportulu sinussiloru ale anghiuriloru *Ncb* și *Vce* va conserva ua valoare constantă, pre cându lumin'a trece din aeru în apă de esș., ori cum va varia anghiulu de incidentia *Ncb*; atunci va varia și anghiulu de refractiune *Mce* într'unu raportu determinatu.

De aici resulta că la *incidentia normală* radi'a se va propaga în mediulu allu duoilea fără deviatiune, adică *nefranta*.

Ceea ce se vede din formul'a  $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ ; cându  $i = 0^\circ$ ,  $\sin i = 0$ , atunci  $\sin r = 0$ , prin urmare și  $r = 0^\circ$ .

Lumin'a intra în diferitele medii, venindu obicinuittu din aeru; deca consideramu ensă ua radiă de lumină intrându din *gol* într'unu mediu ore-care, atunci indicele de refractiune a acestui mediu despre *gol* se numește *absolutu*.

Cându ua radiă de lumină se propaga dintr'unu mediu mai densu într'altu mai raru, de esș. din sticlă sau apă în aeru, atunci anghiulu de refractiune *r* crescendu mai iute de catu anghiulu de incidentia *i*, acestu din urma va ajunge la ua *limită*  $\lambda$ , pentru care anghiulu de refractiune va fi  $r = 90^\circ$ , precum resulta din formul'a  $\frac{\sin r}{\sin i} = n$ , unde  $r > i$ ; cându  $r = 90^\circ$ ,

$\sin r = 1$ ,  $\frac{1}{\sin \lambda} = n$  sau  $\sin \lambda = \frac{1}{n}$ . De aici înainte incidentia *i* crescendu, nu mai pote esi în mediulu cellu raru nici ua radiă refractată, totă lumin'a se reflectă înderetu cu ua intensitate



necomparabila cu aceea reflectata de ordinari; atunci dicem  
co lumin'a a priimitu *reflessiunea totala*, care a fostu desco-  
perita de *Keppler*. Deca punemu apa intr'unu paharu de sticla  
si ne uitamu de josn, mai multu seu mai pucinu oblicu, de la  
O (fig. 229) catre nivelul superioru allu apei, vomu vedea  
reflectanduse intr'ensa tote objectele din fecia, ca intr'ua o-  
glinda, ceea ce se produce prin *reflessiunea totala* a radielor  
venindu de la L. *Reflessiunea totala* se produce la ua multime  
de casuri si are diferite applicatiuni la instrumente optice,  
precum vomu vedea mai tardiu. — Limit'a anghiurilor de in-  
cidentia de la care inainte incepe *reflessiunea totala*, variedia  
pentru diferite substantie, si se determina prin formul'a de  
mai susu  $\sin \lambda = \frac{1}{n}$ , candu vomu cunosce indicii de refractiune  
ai loru. Ecce cate-va valori alle acestoru anghiuri despre aeru  
pentru substantiele urmetore :

apa	48° 35'	fintglass	37° 36'
alcoolu	46 52	sulfuru de carbune	36 31
crownglass	40 49	diamantu	23 53

#### § 11. REFRACTIUNE ATMOSFERICA

Atmosfer'a fiindu formata de strate de aeru suprapuse, cu  
atatu mai rare cu catu elle suntu mai susu, produce asupra  
radielor de lumina, la trecerea loru din stratu in stratu, ua  
refractiune continua, astu-feliu in catu drumulu acelloru radie  
represinta in realitate ua linia curba; puncturile luminoase seu  
objectele departate, mai alesu stellele, sorele, etc., ni se arata  
ceva mai redicate din positiunea loru adeverata, cu atatu mai  
redicate, cu catu elle suntu mai aproape de orizontu, candu ra-

diele de lumina au sa strabata ua lungime mai mare prin atmosfera, mai cu sema prin stratele ei celle mai dese si cari producu ua refractiune mai mare. Fenomenulu acesta allu *refractiunei* numite *astronomice* a formatu objectulu de studii matematice adenci alle lui Euler, Bradley, Laplace, Bessel si a altoru. Unu effectu allu acestei refractiunei atmosferice este co sorele se areta pre langa orizontu pucinu turtitu, mai largu in sensulu diametrului orizontalu de catu in acellu verticalu.

*Reflessiunea aeriana* (*looming*, *fata morgana*, *mirage*) este unu fenomenu produsu prin refractiunea atmosferica, combinata cu riflessiunea totala; espiiratiunea lui o datorimu englesului *Wollaston* si francesului *Monge*. Acestu fenomenu se produce la differite localitati, in sudulu Italiei, la insula Sicilia, unde porta mai specialu numele de *fata morgana*, in Egiptu etc., si consta in productiune de imagini alle objecteloru departate prin riflessiunea atmosferei, in tocmai ca prin riflessiunea apelor, ceea ce face pre caletorii sa credia, co au inaintea loru la ua distantia ore care vre unu lacu seu alta apa. Candu unu pamentu petrosu seu nisiposu, ca acolla allu Egiptului, a fostu espusu ua mare parte din di radielor ardinti alle sorelui, stratele inferiore de aeru incaldinduse se dilata, si deca atmosfer'a este liniscita, aceste strate *mai rari* nu voru merge in susu, era poterea elastica a loru, care a crescutu, va servi ca sa tina greutatea strateloru superiore. Atunci ua radia de lumina venindu de la unu punta departatu P (fig. 230), aflatu la ua inaltime ore-care d'asupra pamentului incalditu tare, petrundiendu in acelle strate calde si din ce in ce *mai rari*, se va refracta successivu, departanduse de normala, si dupre ceea ce s'a disu in § precedinte, va priimi *reflessiunea totala*, care va produce asupra unui observatoru O

impressiunea unei imagini si prin urmare a unei ape reflectatoare.

#### § 12. PRISME

Candu ua radia de lumina venindu de la unu mediu , trece intr'unu allu duoilea ca sa iasa era in cellu d'anteiu , atunci radi'a *emergenta* va avea in genere ua alta directiune de catu aceea *immergenta* ; numai candu mediulu allu duoilea este limitatu prin fecie plane si paralele intre elle , numai atunci radi'a *emergenta* va fi paralela cu aceea *immergenta*.

*Prisma* se numesce in optica unu mediu transparente, terminatu cu fecie plane, inclinate intre elle. In practica, se da prismeloru form'a de prisme geometrice triangulare ; atunci feci'a a treea laterala se numesce *bas'a* prismeii ; anghiulu dintre celle duoe d'anteiu fecie, opusu basei, se numesce *anghiulu prismeii* ; *sectiunea* prismeii se numesce ua sectiune facuta cu unu planu perpendicularu pre celle duoe fecie alle prismeii. Fia APB (fig. 231) ua prisma de stiela de ess., represintata prin sectiunea ei ; ua radia de lumina incidenta LI se va frange spre IK , apropienduse de normal'a NO a fecei AP, era la K va esi spre E, departanduse de normal'a OM a fecei PB, pentru co aici trece din stiela in aeru, care este mai raru. Radi'a emergenta KE se va departa de directiunea LIE' a radiei immergente, spre bas'a prismeii, cu unu anghiu D, numitu *deviatiunea* prismeii, care variedia dupre differito impregiurari.

1) Anghiulu de deviatiune produsa de ua prisma se scamba dupre substanti'a prismeii si cresce cu refrangibilitatea acestei ; astu-feliu prisme de flintglass producu ua deviatiune mai mare de catu acelle de crown glass ; prisme de diamantu aducu ua deviatiune si mai mare.

2) Deviațiunea crește pentru aceeași substanță cu unghiul prismei, fără ca să i fie proporțională.

3) Deviațiunea se schimbă cu unghiul de incidență  $\alpha$  (fig. 231), astu-feliu în cătu acesta crescându continuu de la  $0^\circ$  pene la  $90^\circ$ , deviațiunea scade pene la unu *minimum* și apoi începe era să crească; acestu *minimum* de deviațiune a fostu descoperitu de *Newton*.

Pre lângă alte aplicațiuni alle prismei, una, basată pro reflesiunea totală a fecielorū selle, este și aceea la instrumentulu numitu *camera lucida*, care a fostu inventată de *Wollaston*. Acesta este formată de ua prismă rectangulară (fig. 232) a căria feci'a hypotenusa este tăiată cu două fecie forte obtuse între elle. Ua radia de lumina, intrându prin feci'a antea aproape fără deviațiune, priimesce reflesiunea totală la *a* și *b* și ajunge la ochiulu observatorulu la *c*, care vede în prelungirea acestei din urma radie, la *d*, imaginea objectorū esteriore și pote să desemneze pre ua chartia pusă pro mesa.

Cunoscându unghiulu prismei *P* (fig. 231), indicele de refrațiune *n* alu substanței prismei și unghiulu de incidență  $\alpha$ , potemu stabili formule, cari ne dau unghiulu de emergență  $\delta$  și deviațiunea *D*. Legile refrațiunei ne dau mai anteu :

$$(1) \quad \sin \alpha = n \sin \beta. \quad \sin \delta = n \sin \gamma.$$

Triunghiulu *IOK* și patrulaterulu *PIOK*, dreptunghiulu la *I* și *K*, dau :

$$\angle O + \beta + \gamma = 180^\circ, \quad \angle O + P = 180^\circ,$$

de unde

$$(2) \quad \beta + \gamma = P.$$

Unghiulu *D* fiindu esteriuru la triunghiulu *DIK*, vomu avea

$$\angle D = \text{DIK} + \text{IKD} = \alpha - \beta + \delta - \gamma.$$

seu dupre formulă (2) va fi și

$$(3) \quad D = \alpha + \delta - P,$$

care ne da pre  $D$ , dupre ce vomu determina  $\delta$  cu ajutorulu formuleloru (1) si (2).

Pentru ua substantia data, adico pentru ua valore determinata a indicelui de refractiune  $n$ , anghiulu prisme  $P$  nu pote trece preste *ua limita*, deca voimu ca ori-ce radia incidenta  $LI$  sa pota esi pre fecia  $PB$ . Ca sa gasimu acesta limita, sa scriemu a duoa formula (1) sub form'a

$$\sin \delta = n \sin (P - \beta)$$

si sa observamu co ceea mai mare valore ce pote priimi  $\delta$  este  $90^\circ$ , candu atunci vomu avea

$$1 = n \sin (P - \beta) \text{ seu } \sin (P - \beta) = \frac{1}{n}.$$

Dera dupre § 10,  $\sin \lambda = \frac{1}{n}$ ,  $\lambda$  insemnandu *anghiulu limita* allu substantiei prisme; prin urmare

$$\sin (P - \beta) = \sin \lambda, \text{ seu } P - \beta = \lambda,$$

seu si

$$P = \beta + \lambda$$

$\beta$  fiindu mai micu de catu  $\lambda$ , vedemu co ceea mai mare valore ce pote priimi anghiulu prisme este :

$$P = \lambda + \lambda, \text{ seu } P = 2\lambda.$$

Cellu mai mare anghiu allu prisme nu pote dera sa treca preste iudoitulul limitei  $\lambda$ , la casu contrariu nu potu esi prin a duoa fecia tote radiele incidente pre anteia.

Formul'a de mai susu (3)

$$D = \alpha + \delta - P$$

ne da unu mediulocu sa determinamu *deviatiunea minimum* a unei prisme si mai cu sema conditiunea ceruta pentru productiunea ei. Se scie co conditiunea de minimum (seu max.) unei functiunei  $D$  este ca differentialulu ei sa fia  $= 0$ , ceea ce ne da, fiindu-co  $P$  este constantu :

$$dD = d\alpha + d\delta = 0.$$

Pre de alta parte differentiandu ecalitatile (1) si (2) gasimu succesiv

$$d\alpha = \frac{n \cos \delta}{\cos \alpha} d\beta, \quad d\delta = \frac{n \cos \gamma}{\cos \delta} d\gamma, \quad d\beta + d\gamma = 0.$$

Substituindu in valorea de mai susu a lui  $dD$ , vine :

$$dD = \frac{n \cos \beta}{\cos \alpha} d\beta + \frac{n \cos \gamma}{\cos \delta} d\gamma = 0,$$

seu

$$-\frac{n \cos \beta}{\cos \alpha} d\gamma + \frac{n \cos \gamma}{\cos \delta} d\gamma = 0,$$

$$\frac{n \cos \beta}{\cos \alpha} = \frac{n \cos \gamma}{\cos \delta}.$$

Reducandu la patratu si substituindu  $\cos^2 \beta$  si  $\cos^2 \gamma$  prin  $1 - \sin^2 \beta$  si  $1 - \sin^2 \gamma$  gasimu :

$$\frac{n^2 - n^2 \sin^2 \beta}{\cos^2 \alpha} = \frac{n^2 - n^2 \sin^2 \gamma}{\cos^2 \delta}, \text{ seu } \frac{n^2 - \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{n^2 - \sin^2 \delta}{\cos^2 \delta}.$$

Scadiendu  $1$  din amandouo partile vine :

$$\frac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha} = \frac{n^2 - 1}{\cos^2 \delta},$$

de unde

$$\cos \alpha = \cos \delta, \text{ adico } \alpha = \delta,$$

si acesta este conditiunea deviatiunii minimum, adico *ca radii'd'imergenta si aceea emergenta sa fia ecalu inclinate pre feciele respective alle prismei*. — In acestu casu gasimu, din cauza  $\alpha = \delta$ , rezultatele urmetore :

$$(4) \quad D = 2\alpha - P, \beta = \gamma = \frac{P}{2}, \alpha = \frac{D + P}{2}$$

$$(5) \quad n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \frac{D + P}{2}}{\sin \frac{P}{2}}$$

### § 13. DETERMINAREA INDICELUI DE REFRACTIUNE

Formul'a de mai susu (5) ne da unu mediulocu bunu ca sa determinamu indicele de refractiune a substantieloru. Deca elle suntu solide, le taiamu in forma de prisme; licidele si gazele le inchidemu in vase prismatice, terminate cu table de sticla avendu celle duoe fecie alle loru absolutu paralele. Nu mai remane atunci de catu sa meso-

ramu anghiulu  $P$  allu prisme (de ess. cu goniometrulu lui Babinet din § 6) si sa determinamu deviatiunea minimala  $D$ ; atunci formula de mai susu

$$n = \frac{\sin \frac{D + P}{2}}{\sin \frac{P}{2}}$$

ne da immediatu valorea lui  $n$ .

Anghiulu de deviatiunea minimala ensusi se pote determina totu prin goniometrulu lui *Babinet*, seu prin teodolitulu lui *Fraunhofer* seu prin spectrometrulu lui *Meyerstein*, care este cellu mai perfectu instrumentu de feluulu acesta. Asiediendu prism'a  $C$  (fig. 224) la centrulu cercului, vedemu prin ochiauulu  $A$  imaginea crepaturei  $D$  deviata cu ua cantitate angulara ore-care; invertimu prism'a  $C$  si ochiauulu  $A$  pene candu sa ajungemu la ceea mai mica deviatiune; anghiulu intre axele tuburilor  $A$  si  $B$ , mesoratu pre cercu, ne da deviatiunea minimala.

Candu ne propunemu sa facemu ua asemenea operatiune, intempnamu ua dificultate mare in faptul co radi'a de lumina alba care a patrunsu in prisma, esindu dintr'ensa, se desface in mai multe radie colorate, din cari unele suntu mai pucinu si altele mai deviete; atunci se determina obicinuita deviatiunea minimum a radielor mediulocii, cari suntu celle galbene; vomu reveni mai tardiu asupra acestui fenomenu in art. despre dispersiunea luminei. — *Newton* cellu d'anteiu si apoi *Wollaston*, *Baden-Powell*, *Biot* si alti s'au ocupatu cu determinarea indicelui de refractiune a differiteloru substantie; dera lucrarile celle mai classice in acesta privintia suntu acelle alle lui *Fraunhofer* din München. Ecce cate-va rezultate.

SUBSTANTIA	INDICE DE REFRACTIUNE MEDIULOCIU
Cromatu de plumbu	2,70
Diamantu	2,60
Flintglass	1,58
Crownglass	1,50
Apa	1,33

## § 14. LENTILLE

*Lentilla* se numesce in fisica unu mediu transparente, limitatu cu fecie curbe, cari obicinuitu in practica suntu sferice. Ua lentilla priimindu radie de lumina de la unu puntu, le transmite inainte deviandule de directiunea primitiva a loru si, dupre form'a speciala a ei, le face *convergente* seu *divergente*, adico le strengo, seu le resipesce. Numai acelle lentille potu avea na intrebuintiare practica, cari concentredia radiiele de lumina catre unu *singuru* puntu fisicu, seu cari imprascia radiiele de lumina, astu-feliu ensa, in catu prelungite inderetu sa se intrunesca era la unu singuru puntu. Acestu puntu se numesce *focarulu conjugatu* allu puntului luminos si este *realu* in casulu anteu, candu lentill'a se numesce *convergenta*; era *virtualu* in casulu allu duoilea si atunci lentill'a se numesce *divergenta*. Lentillele cu fecie *sferice* si de *curbatura mica* suntu singurele cari potu sa ne dea *focari*, cu conditiune ensa ca sa nu primmesca de catu numai *radie centrale*. Fig: 233 represinta sectiunile celloru trei feliori de lentille sferice *convergente*. Fig. 234 represinta pre acelle *divergente*. Radiiele suprafacieloru sferice alle acestoru lentille se numescu *radie de curbatura*.

La fia-care lentilla se gasesco unu puntu, obicinuitu in interiorulu ei, numitu *centru opticu*, si caracterisatu prin acesta, cu na radia de lumina, care se propaga prin ellu strabato lentill'a fara deviatinne. Ua asemenea radia nedevieta se numesco *axu*, seu *axu secundaru* allu lentillei; axula care tota de na data este si perpendicularu pre feciele lentillei se numesce *principalu*.

*Focarulu principalu* allu unei lentille se numesce *focarulu* (seu *puntulu de intrunire* dupre *refractiune*) a unei sisteme



de radie paralele între ele și cu axulu optic; aceste radie potu fi considerate ca venindu de la unu punctu luminos aflatu la ua distantia infinitu de mare inaintea lentillei, de ess. de la sore seu de la ua stea. Distanti'a acestui focaru de la lentilla se numesce *distantia focala principala*, seu simplu distantia focala.

Centrulu opticu unei lentille O (fig. 235) pote fi determinatu precum urmedia. Sa ducemu duoe radie de curbatura  $CA = R$ ,  $C'B = R'$  paralele între ele; tangentele duse la extremitatile loru A și B voru fi asemenea paralele între ele și ua radia de lumina XY, care se propaga in directiunea AB, strabatendu unu mediu limitatu cu fecie paralele, va trece fara deviatiune. Puntulu de intersectiune O a radiei XY cu lini'a centreloru  $CC'$  este *centrulu opticu* cerutu, și positiunea lui este *constanta* pentru tote radiele luminoase cari trecu prin lentilla fara deviatiune. Asemenarea trianghiurilor AOC, BOC' da

$$\frac{CA}{C'B} = \frac{CO}{C'O} = \frac{CO}{CC' - CO}.$$

Insemnandu distantia centreloru  $CC' = d$ , pre aceea a centrului opticu  $CO = x$ , vomu avea pentru determinarea lui  $x$  ecalitatea

$$\frac{R}{R'} = \frac{x}{d - x},$$

de unde vedemu ca  $x$  are ua valoare constanta ori care va fi directiunea dreptei XY.

#### § 15. FORMUL'A APPROXIMATIVA A LENTILELORU

Fia X (fig. 236) ua lentilla convergenta, C, C' centrele de curbatura;  $CA = R$ ,  $C'B = R'$ , radiele de curbatura;  $l_1$  axulu principalu (care pote fi și unu axu secundariu); L unu punctu luminos. Ua radia de lumina LB se va frange la B, facendu cu normala anghiurile  $i$  și  $r$ , apoi se va frange enco ua data la A, facendu anghiurile  $r'$  și  $i'$ , și va esi din lentilla in directiunea  $Al_1$ , intalnindu axulu principalu (respectiv secundariu) la unu punctu l pre care ne propunemu sa determinamu. Trianghiurile  $LC'B$ ,  $ICA$ , la cari  $i$  și  $i'$  suntu anghiuri

estieriore, dau

$$\angle L = i - C', \quad \angle l = i - C,$$

de unde prin adunare

$$L + l = i + i' - (C + C').$$

Dupre legile refractiunii avem

$$\sin i = n \sin r, \quad \sin i' = n \sin r',$$

n insemnandu indicele de refractiune a substantiei lentilei. Pentru *radie centrale* anghiurile  $i, i', r, r'$  sunt foarte mici si *aproximativu* ecale cu sinusile lor; vomu putea dera scrie

$$i = nr, \quad i' = nr' \quad \text{si} \quad i + i' = n(r + r').$$

Substituindu in ecalitatea de mai susu vine

$$L + l = n(r + r') - (C + C').$$

Observandu acum co din trianghiurile AOB, COC' resulta

$$r + r' = C + C',$$

va fi si

$$L + l = n(C + C') - (C + C'),$$

seu

$$L + l = (n - 1)(C + C').$$

Sa descriemu de la L arculu EG cu radi'a LE = p si de la l arculu FH cu radi'a lF = p<sub>1</sub>; atunci anghiurile L, l, C, C' se mesora cu arcurile lor impartite cu radiile respective, adico vomu avea

$$L = \frac{EG}{p}, \quad l = \frac{FH}{p_1}, \quad C = \frac{AF}{R}, \quad C' = \frac{BE}{R_1}.$$

Pentru radie centrale si ua curbatura mica a fecieloru lentilei, aceste patru arcuri EG, FH, AF, BE difera foarte pucinu intre elle si le potemu considera ca ecale; atunci formul'a de mai susu va deveni

$$\frac{EG}{p} + \frac{FH}{p_1} = (n - 1) \left( \frac{AF}{R} + \frac{BE}{R_1} \right)$$

si pria suppressiunea factorului comunu EG = FH = AF = BE :

$$(1) \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{p_1} = (n - 1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right)$$

Diferitele sisteme de lentille diferindu numai prin directiunea radielor de curbatura, acesta formula se aplica la tote printr'ua scambare convenabila la semnulu lui R seu allu lui R<sub>1</sub>. — Distanti'a p<sub>1</sub>, determinata prin acesta formula fiindu independenta de directiunea

radielor emanandu de la punctul luminos, vedemu co punctul  $l$  va fi focarul conjugatu allu lui  $L$ .

Summ'a fractiuniloru  $\frac{1}{p}$  si  $\frac{1}{p_1}$  fiindu constanta, urmedia co candu  $p$  cresce,  $p_1$  descresce si vice-versa; candu punctulu luminos se departedia de lentilla, focarul lu urmedia si se apropie de densa, era candu punctulu luminos se apropie, focarul se departedia. Candu  $p = \infty$ ,  $p_1$  priimesce ua valoare determinata, pre care ua insemnamu cu  $f$  si care este *distanti'a focala* principala, correspundiendu radielorumumose paralele cu axulu lentillei. Valorea lui  $f$  se gasesce din ecalitatea (1), facendu  $p = \infty$ ; atunci  $\frac{1}{p} = 0$  si va fi

$$(2) \quad \frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right).$$

Punendu acesta valoare a membrului din dreapta in ecalitatea (1) gasimu

$$(3) \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{p_1} = \frac{1}{f},$$

care este formul'a lentilleloru convergente.

Pentru lentille divergente focarul principalu si focarul conjugatu (amenduoi virtuali) aflanduse pre aceeasi parte cu punctulu luminos, au ua positiune opusa de catu la lentille convergente; prin urmare distantiele  $f$  si  $p_1$  suntu negative si formul'a de mai susu devine

$$(4) \quad \frac{1}{p} - \frac{1}{p_1} = -\frac{1}{f}.$$

#### § 16. IMAGINILE LENTILLELORU

Lentillele *convergente* avendu proprietatea de a concentra prin refractiune radiele luminoase, dau imagini alle objectelorum luminoase. Fia  $AB$  (fig. 237) unu objectu. Focarii punturilorum  $A$  si  $B$  voru fi unde-va pre axele  $Aa$  si  $Bb$  alle punturilorum  $A$ ,  $B$ . Focarulu  $b$  se gasesce printr'ua constructiune analoga ca aceea a oglindiloru curbe. Ua radia  $BM \parallel Aa$  se va frange

astu-feliu in catu sa treca prin focarulu principalu  $F$  alu lentillei. ua a duoa radia  $BO$ , trecendu prin centrulu opticu  $O$ , va ina-  
inta nedevieta si va determina impreuna cu  $MF$  focarulu  $b$ ;  
perpendicular'a  $ba$  va fi imaginea lui  $BA$ . Deca objectulu ar fi la  
 $ab$ , imaginea s'ar forma la  $AB$ ; de aici regul'a :

1) *Candu objectulu se afla departe de lentilla, dincolo de  
induoitulu distantiei focale, imaginea se face pre partea o-  
pusa, in apropierea lentillei, afara de distantia focala, este  
reala, inversa, mica si tare luminata;*

2) *Candu objectulu este aproape de lentilla, la ua distantia  
intre  $2f$  si  $f$ , imaginea se face departe, era in partea opusa,  
dincolo de induoitulu distantiei focale, este reala, inversa,  
mare si mai slabu luminata.*

Candu objectulu se afla langa lentilla, intre acesta si focaru,  
de ess. la  $AB$  (fig. 238), atunci radiiele de lumina cari cadu  
pre lentilla fiindu forte divergente, acesta nu le pote face in-  
destulu de convergente. Aceste radie  $BMF'$ ,  $BOX$  etc., pre-  
lungite inderetu, se intalnescu la unu puntu  $b$ , unde se for-  
media inaintea lentillei *ua imagine virtuala, dreapta si mare,*  
*visibila numai unui ochiu, care s'ar afla la  $X$ .* Acestea suntu  
imaginile vedute cu *lupele* obicinuite.

Asemenarea trianghiurilor  $OAB$ ,  $Oab$  (fig. 237) da

$$\frac{ab}{AB} = \frac{aO}{AO} = \frac{p_1}{p}$$

Substituindu in locul lui  $p$ , valoarea lui din egalitatea (3) (§ 15), alico

$$\frac{p}{p_1} = \frac{p-f}{f},$$

vine

$$(1) \quad \frac{ab}{AB} = \frac{f}{p-f}$$

care ne da raportulu intre marimea imaginii si a objectului. De

aici se vede ca

- 1) candu  $p > 2f$ , va fi  $p - f > f$  si prin urmare  $\frac{ab}{AB} < 1$ ;
- 2) candu  $p < 2f$  si  $> f$ , va fi  $p - f < f$  si prin urmare  $\frac{ab}{AB} > 1$ , precum s'a disu susu la 1) si 2);
- 3) candu  $p < f$ , raportulu  $\frac{ab}{AB}$  devenindu negativu, ne areta imposibilitatea unei imagini reale.

Lentillele *divergente* dau imagini virtuale, drepte si mici. Candu conditiunile de *curbatura mica* si de *radie centrale* nu suntu implinite cu rigurozitate, atunci imaginile nu suntu curate, mai cu seama pre la margini, unde presinta si coloratiuni; acestu defectu allu lentilleloru s'a numitu *aberratiune*.

*Lentille aplanatice* s'au numitu acelle alle carora suprafetia de emergentia are ua astu-feliu de curbatura, in catu radiiele emergente sa se strenga la unu puntu; dera si duoe lentille sferice de curbature convenabile se potu combina astu-feliu, in catu sa dea ua sistema de lentille aplanatice.

*Campulu* unei lentille se numecce anghiulu axeloru secundare extreme, intre cari se potu enca forma imagini curate.

#### § 17. FORMULE ESSACTE ALLE LENTILLELORU

Fia  $Z$  (fig. 239) ua lentilla,  $C, C'$  centrele de curbatura;  $CB = CI = R$ ,  $C'D = C'K = R'$  radiiele de curbatura;  $BD = g$  grosimea lentillei;  $AH$  axulu principalu allu ei, care impreuna celle duoe centre de curbatura;  $L$  unu puntu luminos, determinatu prin distantia  $AB = p$  a perpendicularei  $LA$  de la lentilla si prin anghiulu  $\omega$ . Ua radia de lumina  $LI$ , prelungita inainte, ar intalni axulu principalu la puntulu  $H$  sub anghiulu  $\varphi$ ; la  $I$  acesta radia se frange, intrandu in lentilla, in directiunea  $IK$ , prelungita pene la axu la  $E$  si facendu cu acesta anghiulu  $\gamma$ ; la  $K$ , la esire din lentilla, radi'a se frange enca

ua data catre KI si intalnesc axulu sub anghiulu  $\psi$  la ua distantia de la lentilla  $DI = p'$ . Ne propunemu sa determinamu acesta distantia  $p'$ . Sa observamu co

$$p' = DI = C'I - C'D.$$

Applicandu proportionalitatea laturiloru cu sinussile anghiuriloru o-puse la trianghiulu  $C'KI$  vine :

$$\frac{C'I}{C'K} = \frac{\sin C'KI}{\sin C'IK} = \frac{\sin(\theta' + \psi)}{\sin \psi},$$

si observandu co  $C'K = C'D = R'$ ,

$$C'I = R' \frac{\sin(\theta' + \psi)}{\sin \psi},$$

de unde

$$(1) \quad p' = R' \frac{\sin(\theta' + \psi) - \sin \psi}{\sin \psi}.$$

Legile refractiunei ne dau, deca insemnamu cu  $n$  indicele de refractiune a lentilei,

$$\sin \angle KN = n \sin \angle KC',$$

seu

$$(2) \quad \sin(\theta' + \psi) = n \sin(\theta' + \chi).$$

In trianghiulu  $C'KE$  avemu era

$$\frac{\sin C'KE}{\sin C'EK} = \frac{C'E}{C'K}, \text{ seu } \frac{\sin(\theta' + \chi)}{\sin \chi} = \frac{C'C + CE}{R'};$$

dera  $C'C = C'D + CB - BD = R + R' - g$  si trianghiulu  $CIE$  da

$$\frac{CE}{CI} = \frac{\sin CIE}{\sin CEI} = \frac{\sin(\theta - \chi)}{\sin \chi}.$$

seu

$$CE = R \frac{\sin(\theta - \chi)}{\sin \chi}.$$

Substituindu aceste valori alle lui  $C'C$  si  $CE$  in ecalitatea de mai susu vine

$$\frac{\sin(\theta' + \chi)}{\sin \chi} = \frac{R + R' - g + \frac{R \sin(\theta - \chi)}{\sin \chi}}{R'},$$

seu

$$(3) \quad \sin(\theta' + \chi) = \frac{(R + R' - g) \sin \chi + R \sin(\theta - \chi)}{R'}.$$

Legile refractiunii ne dau 6ra :

$$\sin LIM = n \sin CIE$$

seu

$$(4) \quad \sin(\theta - \gamma) = \frac{\sin(\theta - \varphi)}{n}$$

In fine triangiulu CIH da

$$\frac{\sin CIH}{\sin CHI} = \frac{CH}{CI} = \frac{BH - BC}{CI} = \frac{BH - R}{R},$$

seu

$$\sin(\theta - \varphi) = \sin \varphi \frac{BH - R}{R}$$

Pentru BH gasimu din triangiulu BLH

$$\frac{BH}{BL} = \frac{\sin BLH}{\sin BHL} = \frac{\sin(\omega - \varphi)}{\sin \varphi},$$

era triangiulu dreptanghiu BAL da

$$BL = \frac{BA}{\cos \omega} = \frac{p}{\cos \omega}$$

De aici resulta prin substitutiuni successive

$$(5) \quad \sin(\theta - \varphi) = \frac{p \sin(\omega - \varphi)}{R \cos \omega} = \frac{p \sin(\omega - \varphi) - R \cos \omega \sin \varphi}{R \cos \omega}$$

Cunoscendu dera R, R', g, n, p, ω, φ, vomu putea cu ajutorulu acestoru cinci formule sa determinamu successivu pre θ, γ, θ', φ, p'.

Candu curbatur<sup>a</sup> lentilei este mica si ne marginimu numai la radie centrale, atunci anghiurile φ, γ, φ, θ, θ', ω suntu forte mici si le potemu substitui in formulele de mai susu in loculu sinussiloru loru atunci gasimu ecalitatile approssimative urmetore :

$$(6) \quad \begin{cases} p' = \frac{R' \theta'}{\phi}; \quad \phi = (n-1) \theta' + n\gamma; \quad \theta' = \frac{R\theta - g\lambda}{R'}; \\ \lambda = \frac{(n-1)\theta + \varphi}{n}; \quad \theta = \frac{p(\omega - \varphi)}{R}. \end{cases}$$

§ 18. PUNTULU DE INTERSECȚIUNE A DOUĂ RADIE, SEU  
FOCARULU CONJUGATU

Pentru determinarea acestui punctu ne potemu servi de formulele essacte (1) pene (5), seu de formulele approssimative (6), cari ne dau rezultate mai multu de catu suficiente pentru aplicatiunile practice. — Ua a doua radia de lumina emanendu totu din acellasi punctu luminos L (fig. 240) se va deosebi de radi'a LI numai prin catimile  $\varphi_1, \lambda_1, \psi_1, \theta_1, \theta'_1, p'_1$ , era  $p$  si  $\omega$  remanu constante pentru tote radiile emanendu de la acellasi punctu L. Formulele de mai susu (6), aplicate la acesta a doua radia, ne dau :

$$(1) \quad \begin{cases} p'_1 = \frac{R' \theta'_1}{\psi_1}; & \psi_1 = (n-1) \theta'_1 + n \lambda_1; & \theta'_1 = \frac{R \theta_1 - g \lambda_1}{R'}; \\ \lambda_1 = \frac{(n-1) \theta_1 + \varphi_1}{n}; & \theta_1 = \frac{p(\omega - \varphi_1)}{R}. \end{cases}$$

Puntulu de intersecțiune S a acestoru doue radie se determina prin coordinatele lui :  $DT = x$ ,  $TS = y$ . Sa observamu co

$$Dl = p', \quad Dl_1 = p'_1, \quad Tl = x - p', \quad Tl_1 = x - p'_1;$$

era triangiurile dreptanghiuri STl si STl<sub>1</sub>, ne dau

$$(2) \quad \text{tang } \psi = \frac{y}{x - p'}, \quad \text{tang } \psi_1 = \frac{y}{x - p'_1},$$

seu pentru gradulu de approssimatiune ce amu admissu in formulele de mai susu

$$(3) \quad \psi = \frac{y}{x - p'}, \quad \psi_1 = \frac{y}{x - p'_1}.$$

Aceste doue ecalitati deslegate despre  $x$  si  $y$  ne dau valorile loru, adico

$$(4) \quad x = \frac{p'_1 \psi_1 - p' \psi}{\psi_1 - \psi}, \quad y = \frac{(p'_1 - p') \psi \psi_1}{\psi_1 - \psi}.$$

Acum nu mai remane de catu sa substituimu successivu in locul lui  $p', p'_1; \psi, \psi_1; \theta', \theta'_1; \lambda, \lambda_1; \theta, \theta_1$ , valorile loru din ecalitatile (1) de mai susu si (6) din § 17. Acesta substitutiune ne da :



$$\begin{aligned}
 (5) \quad x &= R' \frac{\theta'_1 - \theta'}{\phi_1 - \phi} = \frac{R'(\theta'_1 - \theta')}{(n-1)(\theta'_1 - \theta') + n(\chi_1 - \chi)} \\
 &= \frac{R' [R(\theta_1 - \theta) - g(\chi_1 - \chi)]}{(n-1)R(\theta_1 - \theta) - [(n-1)g - nR](\chi_1 - \chi)} \\
 &= \frac{R' [(nR - g(n-1))(\theta_1 - \theta) - g(\varphi_1 - \varphi)]}{[n(n-1)(R+R') - (n-1)^2g](\theta_1 - \theta) - [(n-1)g - nR'](\varphi_1 - \varphi)} \\
 &= \frac{npRR' - gR'[(n-1)p - R]}{n(n-1)p(R+R') - (n-1)g[(n-1)p - R] - nRR'}; \\
 (6) \quad y &= \frac{nRR'p\omega}{n(n-1)p(R+R') - (n-1)g[(n-1)p - R] - nRR'}.
 \end{aligned}$$

Aceste valori ale lui  $x$  și  $y$  fiindu independente de  $\varphi$  și  $\varphi_1$ , urmează că toate raziile plecându de la același punctu luminos  $L$  se voru întâlni la același punctu  $S$ , care va fi focarul conjugatu cerutu. — Deosebitu de acesta, valoarea lui  $x$  fiindu independentă și de  $\omega$ , urmează că toate puncturile unei perpendiculare  $LA$ , pentru cari  $p$  este constantu era  $\omega$  se scamba, se afla în imagine asemenea pre ua perpendiculara  $ST$ .

Deca în formulă de mai susu (5) consideramu  $g = 0$ , adică deca facemu abstracțiune de grosimea lentillei, atunci valoarea lui  $x$  se reduce la

$$x = \frac{pRR'}{(n-1)p(R+R') - RR'},$$

care este identică cu formulă

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p_1} = (n-1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right),$$

pre care amu găsit-u în § 15; nu avem de cătu să scambamu  $x$  în  $p$ .

## ART. IV. DISPERSIUNEA LUMINEI

### § 19. FENOMENULU ȘI LEGILE DISPERSIUNEI

Ua radia de lumina albă trecendu printr'ua prismă nu numai că este deviata, precum amu vediatu în articolu precedentu, dera enca se descompune într'ua serie de radie colorate, unele

mai pucinu si altele mai deviete; acestu fenomenu studietu de *Newton* s'a numitu *dispersiunea* luminei. *Dispersiunea* luminei, adico descomposiunea ei in colori, se pote enca produce prin absorptiune si prin reflexiune; corpurile ni se areta colorate printr'unu effectu de descompositiune ce essercita asupra radielor dillei, cari le luminedia.

Deca lasamu sa intre intr'ua camera intunecata ua legatura de radie solare printr'ua crepatura angusta dintr'unu oblonu C (fig. 241) si o conducemu printr'ua prisma P, ea se va descompune in radie divergente si va produce la perete seu pre unu cartonu ua imagine lunga si colorata a crepaturei, RV, care s'a numitu *spectru*; colorile principale, cari se succeda totu-de una in aceeasi ordine, suntu *rosiu*, *orange*, *galbenu*, *verde*, *albastru*, *violetu*; aceste colori variedia in tote nuancele si se perdu progressivu unele intr'altele. Radiiele *rosii* suntu cello mai pucinu refrangibile; radiiele *violette* suntu celle mai refrangibile si prin urmare celle mai deviete. De aici urmedia co fia-care radia din *spectru* are unu indice deosebitu de refractiune  $n_r$ ,  $n_o$ ,  $n_v$  etc. care este *minimum* pentru radiiele *rosii*, *maximum* pentru acelle *violette*.

*Lungimea spectrului* seu *dispersiunea prismatica* depinde de substanti'a prisme, cresce cu anghiulu prisme, precum in genere si cu refrangibilitatea substantiei.

Fia-care din radiiele spectrului represinta ua radia de lumina *simpla* seu *omogena*, care nu mai pote fi descompusa. Ne potemu incredinti'a despre acesta, priimindu cate una radiiele descompuse pre ua a duos prisma, care o transmite inainte fara ua dispersiune noua.

Precum lumin'a alba se pote descompune in radie de diferite colori, asemenea impreunandu tote radiiele spectrului la

unu punctu, vomu produce era lumina alba. Acesta recompositiune a radielor colorate se pote face prin diferite metode, aretate mai tote de ensusi Newton; de ess. potemu priimi radiele spectrului intr'ua a duoa prisma, identica cu aceea d'anteiu, pre care o tinemu ensa in positiune inversa; radiele cari au trecut prin aceste duoe prisme voru fi albe. Potemu enca concentra radiele spectrului la unu punctu, care va fi albu, cu ajutorulu unei lentille convergente. In fine deca invertimu rapede unu discu, pre care amu desemnatu mai multi sectori cu colorile spectrului, disculu va apare cu ua colore uniforma si cu atatu mai apropieta de albu, cu catu colorile au fostu mai nemerite in nuance si in dimensiuni.

Colorile obicinuite nu suntu acelle prismatice curate; elle suntu formate prin impreunarea unui numeru mai mare seu mai micu de radie simple. Radiele, cari lipsescu acestoru colori, ca sa completeadia radiele spectrului, intrunite, voru da ua a duoa colore, care adaogata la ceea d'anteiu va produce albu. Aceste duoe colori cari impreuna dau albu s'au numitu *complementare*; astu-feliu *rosiu* si cu ua nuancia determinata de *verde*, suntu complementare; asemenea *orange* cu *albastru*, *galbenu* cu *violettu* etc.

In fine trebuie sa observamu co nu numai lumin'a solara, dera ori-care lumina, aceea electrica, a lui Drummond, flacarile comune, lumin'a stellara etc., ne dau asemenea spectre. Acestea differa intre elle prin intensitate si prin predominarea unora din colori, deca flacar'a este colorata.

#### § 20. LINIILE SPECTRULUI

Candu observamu spectrulu solaru cu ochianu, seu candu lu projectamu pre unu cartonu albu cu ua perfectiune mare,

mai concentrandu pucinu radiiele cu ajutorulu unei lentille, vedemu lesne co spectrulu este intreruptu de nisce linii transversale negre, descoperite pre la 1815 de Fraunhofer si numite *liniile lui Fraunhofer*. Acestu fisicu a descoperitu pre la 600 si s'a servitu de elle pentru determinarea essacta a differiteloru constante optice; astadi se cunoseu pene pre la 3000 linii negre. Aceste linii nu suntu distribuite uniformu pre tota lungimea spectrului, ci formedia grupe, insemnate de catre Fraunhofer cu littere speciale, precum se vede in fig. 242.

*Herschel* operandu in conditinni speciale, a observatu co exista radie de ua lumina albastra slaba dincolo de violetu, unde se afla si linii negre; aceste radie le a numitu *ultraviolette*.

*Brewster* a observatu enca linii negre in spectru, provenindu din absorptiunea luminei de catre atmosfer'a pamentului nostru si le a numitu *tellurice*. Spectrulu solaru presinta aceste linii tellurice, candu sorele este langa orizontu, candu atunci radiiele solare, avendu sa faca unu drumu mai lungu in atmosfera, patiescu ua absorptiune mai mare.

*Angstroem* si *Draper* au facutu descoperirea importanta co corpurile *solide* incandescente dau *spectre continue*, fara ca sa fia intrerupte prin nici unu feliu de linii. — *Fraunhofer* la rondulu seu a observatu co lumin'a electrica da spectre cu *linii luminose*.

*Bunsen* si *Kirchhoff* din Heidelberg au fundatu pre la 1859 *analys'a spectrala*, una din celle mai mari descoperiri alle secolului de fecia. Acesti fisici au aretatu

1) co fia-care substantia, ardiendu intr'ua flacara ore-care (obicinuitu gazu de luminatu), da unu spectru caracterisatu prin *linii luminose*, avendu ua positiune determinata si cor-

respondiendu essactu la unele din liniile negre alle spectrului solaru. Colorea si positiunea acestoru linii luminoase se scamba cu substanti'a care arde si produce spectrul, astu-feliu incatu elle potu servi ca caractere speciale si distinctive alle flacaria substantie; pre acesta au si basatu ua metoda noua de analysa chimica, *analys'a spectrala*, care intrece in simtibilitate pre tote celle alte metode chimico-analytice si a condusu chiaru la descoperirea a duce metalle noue, *cesiulu* si *rubidiulu*.

2) Bunsen si Kirchhoff au produsu *inversiunea* liniilor luminoase in linii negre in modulu urmatoru; au introdusu radie de lumina alle unui corpu solidu incandescentu, cari dau spectre fara linii, in flacar'a unei substantie care da linii luminoase, si acestea au fostu indata scambate in linii negre. Acestu faptu ne deschide calea la ua multime de investigatiuni si descoperiri astronomice. Bunsen si Kirchhoff au basatu pre densu explicatiunea liniilor negre alle spectrului solaru, au recunoscutu compositiunea chimica a atmosferei solare si au potutu funda ua teoria mai rationala asupra constitutiunei fizice a sorelui. Acesta ar fi formatu de unu sambure solidu (seu si licidu) incandescentu si incongiuratu de ua atmosfera, care se afla asemena in incandescentia; liniile luminoase alle spectrului acestei fotosfere suntu scambate in linii negre prin influinti'a radielor luminoase alle samburelui solidu si incandescentu.

Englesulu *Huggins*, italianulu *Secchi* si alti au fundatu pre aceste fenomene spectrale metode de a studia miscarile proprii alle stelleroru fisse, precum si de a cunosco deca nebulozele remase neresolubile pene acum au unu sambure stellaru, seu deca suntu enca in periodulu formatiunei, fiindu compuse de materii gazeose. Aceste studii appartinu ensa mai multu cursurilor de astronomia.

Pentru a observa liniile luminoase ale diferitelor flacără si in genere pentru toate studiile spectrale, Bunsen si Kirchhoff au inventat un aparat special, numit *spectroscopu*, aratat in fig. 243. B este un ochianu astronomic; P prism'a; A un ochianu alu carui ocularu este inlocuitu printr'ua tabla speciala (vedi fig. 244); C unu tubu portandu la S ua scara micrometrica; toate suntu asediate si se potu misca pe unu picioru solidu si greu de feru turnatu. Tabl'a din A porta ua crepatura m (fig. 244) pe care o potemu largi seu angusta cu ajutorulu unui siurupu. Ua prisma mica ab astupa diumetatea crepaturei si servese ca sa tramitia in tubulu A radie laterale, venindu de ess. de la ua flacara F, pe candu radiele directe intra prin restulu crepaturei. Cu modulu acesta potemu avea duoe spectre alaturate si potemu compara positiunea liniilor lor. Pentru ua mai essacta determinare a acestei positiunei servese scar'a S, care luminata bine cu ua lumenare se reflecta pe feci'a P a prisme catre axulu ochianului B si acopere cu divisiunile selle liniile spectrelor. S'au facutu spectroscopu cu mai multe prisme, cu visiune directa, astronomice si alte.

### § 21. DIFFERITE PROPRIETATI ALLE RADIELORU SPECTRULUI

Radiele spectrului nu au toate aceeasi intensitate luminoasa; radiele *galbene* suntu cele mai intensive. Radiele de lumina producu unu effectu particularu, numit *fluorescentia*, asupra unor substantie, ca solutiunea sulfatului de china, tinctur'a de curcuma, spatulu fluoricu, sticl'a de uranu, etc., si acestu effectu este mai pronunsiat cu radiele ultraviolette. Ca sa lu observamu, concentramu lumin'a cu ajutorulu unei lentile convergente, proiectandu conulu luminos in interiorulu acelloru

corpuri; acellu conu appare atunci luminatu albastru, rosiiu, verde, etc. dupre substantie. — Amu descriu la inceputulu acestei sectiunei unu altu fenomenu, acela allu fosforescentiei, mai cu sema prin insolatiune.

Radiele de lumina producu asemenea efecte calorice, cari cresc de la extremitatea violetta a spectrului spre aceea rosie; *Seebeck* a aretatu ensa co maximum effectului este produsu de radie diferite, dupre natur'a substantiei din care este facuta prism'a.

Radiele de lumina au si proprietati chimice. Se scie co hydrogenulu se combina cu chloru sub influinti'a luminei; co sarile de argintu innegrescu asemenea prin descompositiunea argintului si alte. Actiunea chimica cresce de la rosiiu spre violettu si ajunge la massimum dincolo de violettu.

Actiunea chimica a luminei a condusu la descoperirea *fotografiei* de catre englesulu *Talbot* pre la 1834, care ensa a tiutu inventiunea lui ascunsa catu-va timpu. Francesulu *Niepce* si mai tardiu *Daguerre*, pre la 1839, au produsu in publicu celle d'anteiu fotografii pre *metallu*, numite *daguerrotypii*. Ua tabla de cupru argintuitu, espusa la vapori de iodulu se acopere cu unu stratu de iodidu de argintu; introdusa apoi in partea camerei obscure, unde se producu imaginile, ea este impresionata la punturile luminoase alle acestora. Tabl'a casciga atunci la partile impressionate proprietatea de a fissa vapori de mercuriu, la cari o espunemu; deca acum o spalamu intr'ua solutiune de hyposulfitu de soda, acesta dissolva iodidulu de argintu nedescompusu si se cunosce atunci pre tabl'a de argintu imaginea, prin reflexiunea speciala a mercuriului, care a fostu depusu pre locurile impressionate.

Imaginile daguerrotypice se vedu greu si ceru unu timpu

forte lungu ca sa fia produse, ceea ce face aplicatiunea la fiintie viue imposibila.

*Fotografi'a pre chartia* nu a ajunsu la ua perfectiune mare, de catu numai de la 1851 incoce, dupre ce englesulu *Archer* a descoperitu fotografi'a cu *collodiu*. Prin acesta ne procuramu anteu dupre originalu ua imagine *negativa* pre ua tabla de sticla preparata, apoi dupre acesta anteia imagine facemu pre chartia pre tote celle alte, ori cate in numeru, cari atunci suntu *positive*.

Tabl'a de sticla curata se acopere anteu cu unu stratu de collodiu in solutiune, apoi se pune in bai'a de argintu, care cuprinde in solutiune diferite sari (nitratu, iodidu de argintu, cyanidu de potassiu etc.) formandu unu iodidu de argintu pros-patu si capabilu de a se descompune lesne. Tabl'a astu-feliu preparata si ferita de lumina se introduce in camer'a obscura unde ua lentilla convergenta formedia imaginea objectului de-partatu. Preste cate-va secunde tabl'a este impressionata, adico argintulu s'a descompusu si a innegritu la punturile corres-pundiatore partiloru lumineuse alle objectului originalu, pre candu partile negre alle originalului au remasu albe pre sticla si astu-feliu s'a formatu imaginea *negativa*. Acesta imagine trebue so o *fissamu*, coci altu-feliu scosa la lumina innegresce preste totu si dispare. Fissarea se face spalandu tabl'a de sticla intr'ua solutiune de acidu pyrogallicu, care dissolve sari-le nedescompuse de argintu dupre sticla. Ca sa facemu acum imaginile *positive*, espunemu la lumina sticl'a, asediata din-preuna cu ua foia de chartia preparata totu ca densa intr'ua cercevea speciala; charti'a va fi atunci impressionata, inne-grindu intocmai la partile remase albe pre tabl'a de sticla,



se spala asemenea in bai'a de acidu pyrogalicu si astu-feliu se fissedia si imaginea positiva.

Fotografi'a, deosebitu de usulu cunoscutu de tota lumea, a mai gasitu ua aplicatiune si la sciintie, de ess. in astronomia, pentru fotografiarea eclipseloru si alte.

In fine sub nume de *fotolitografia* se intiellege art'a prin care fissamu ua imagine fotografica pre ua petra litografica, de unde se reproducu esemplare prin metodele obicinuite alle litografiei.

## § 22. ACROMATISMU

Dispersiunea luminei essercita ua actiune vatematore la aplicatiunea prismeloru si mai alesu a lentilleloru, facendu ca imaginile loru sa fia mai multu seu mai pucinu colorate pre la margini si prin urmare confuze. *Euler* a aretatu pre la 1747 possibilitatea de a face ua prisma seu ua lentilla *acromatica* si englesulu *Dollond* a realisatu prisme si lentille acromatice pre la 1858, ceea ce a fostu ua era noua pentru astronomia, care de atunci incoce a potutu sa aiba ochiane perfecte.

Acromatisarea prismeloru se face alaturandu duoe prisme (fig. 245) de anghiuri si de substantie diferite, in regula de *crown* si de *flint*, in positiune inversa, astu-feliu ca dispersiunea produsa de flintu sa fia ecala si inversa cu aceea a prisme de crown si prin urmare sa o annulledia. Celle duoe prisme represinta atunci una singura acromatica, anghiulu carei este ecalu cu differenti'a anghiuriloru celloru duoe prisme.

Sa aretamu aici unu calculu elementaru pentru acromatisarea a duoe radie principale de ess. a celloru *orange* si *albastre*. Fia  $n$ ,  $n$ , indicii de refractiune a crownului pentru aceste colori;  $n'$ ,  $n'$ , acei ai flintului;  $P$ ,  $P'$  anghiurile celloru duoe prisme;  $D$ ,  $D$ , deviatiunile radielor orange si verdi alle prisme de crown;  $D'$ ,  $D'$ , acelle alle prisme de flintu. Dupre formulele (1), (2), (3) din § 12 vomu avea

$$D_0 = \alpha + \delta - P, \quad \alpha = n_0 \beta, \quad \delta = n_0 \gamma, \quad \alpha + \delta = n_0 (\beta + \gamma) = n_0 P$$

de unde

$$D_o = (n_o - 1) P.$$

Asemenea va fi si pentru radiile verdi alle acelleiasi prisme

$$D_v = (n_v - 1) P.$$

De aici resulta prin scadere

$$D_o - D_v = (n_o - n_v) P,$$

care ne da lungimea spectrului de le o pene la v. Ua formula analoga vomu gasi pentru prism'a de flintu

$$D'_o - D'_v = (n'_o - n'_v) P',$$

si conditiunea acromatismului va fi

$$D_o - D_v = D'_o - D'_v,$$

seu

$$(n_o - n_v) P = (n'_o - n'_v) P'.$$

Acesta din urma ecalitate ne da valoarea anghinlui  $P'$ , ce trebuie sa damu prisme de flintu, ca sa acromatisamu pre aceea de crown cu anghiuu  $P$ .

Sa ne propunemu asemenea sa acromatisamu duoe lentille A, B (fig. 246), un'a convergenta de crown, ceea alta divergenta de flintu. Fia L unu punctu luminos la distantia  $LO = p$  de la lentilla. Radiile luminoase s'aru concentra prin singura lentill'a A la distantia  $OI = q$  si amu avea relatiunea cunoscuta

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f};$$

dera din caus'a lentillei divergente radiile se intalnescu ceva mai departe la distantia  $OS = p'$ . Sa observamu co puncturile I si S suntu focari conjugati ai lentillei divergente; pentru co radi'a AB s'a frantu spre S, prin urmare SB s'ar frange la rondulu seu spre BA, si acesta prelungita inderetu ne ar da focarulu virtualu I. Aplicandu si la aceasta lentilla formul'a cunoscuta

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{q} = -\frac{1}{f'}$$

si adunandu cu aceea de mai susu, gasimu

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f'}$$

Distantiele focale  $f, f'$  alle acestoru duoe lentille nu suntu acelleiasi pentru tote colorile; sa le insemnamu pentru orange si violetta res-

pective cu  $f_o$ ,  $f_v$  si  $f'_o$ ,  $f'_v$  si sa le aplicam formul'a din urma

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'_o} = \frac{1}{f_o} - \frac{1}{f'_o},$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'_v} = \frac{1}{f_v} - \frac{1}{f'_v},$$

si conditiunea acromatismului va fi  $p'_o = p'_v$ , seu

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'_o} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'_v},$$

adico

$$\frac{1}{f_o} - \frac{1}{f'_o} = \frac{1}{f_v} - \frac{1}{f'_v}.$$

Dera dupre formul'a (2) din § 15 distantiele focale  $f_o$ ,  $f_v$ ,  $f'_o$ ,  $f'_v$  potu fi exprimate in functiunea radielor de curbatura alle celloru duoe lentille. Fia  $R$ ,  $R'$  radiie de curbatura alle lentillei A (fig. 246); lentill'a B care se aplica pre A va avea in interioru aceeasi curbatura cu A si prin urmare aceeasi radia de curbatura  $R'$ ; fia enca  $R''$  radi'a de curbatura esteriore a lentillei B. Atunci va fi

$$\frac{1}{f_o} = (n_o - 1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right), \quad \frac{1}{f_v} = (n_v - 1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right),$$

$$\frac{1}{f'_o} = (n'_o - 1) \left( \frac{1}{R'} + \frac{1}{R''} \right), \quad \frac{1}{f'_v} = (n'_v - 1) \left( \frac{1}{R'} + \frac{1}{R''} \right).$$

Écalitatea de mai susu

$$\frac{1}{f_o} - \frac{1}{f'_o} = \frac{1}{f_v} - \frac{1}{f'_v},$$

care exprima conditiunea acromatismului, o potemu enca scrie

$$\frac{1}{f_o} - \frac{1}{f'_o} = \frac{1}{f'_o} - \frac{1}{f'_v};$$

substituindu valorile lui  $\frac{1}{f_o}$ ,  $\frac{1}{f_v}$ ,  $\frac{1}{f'_o}$ ,  $\frac{1}{f'_v}$ , vine

$$(n_o - n_v) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) = (n'_o - n'_v) \left( \frac{1}{R'} + \frac{1}{R''} \right).$$

Acesta écalitate determina radi'a de curbatura necunoscuta  $R''$  a lentillei de flintu, destinata sa acromatisiedie pre aceea de crown, presupunendu co cunoscemu radiie de curbatura alle acestia si differiti indici de refractiune  $n_o$ ,  $n_v$ ,  $n'_o$ ,  $n'_v$ .

## § 23. METEORE PRODUSE PRIN DISPERSIUNEA LUMINEI

Atmosfer'a si mai alesu vaporile de apa ce se afla intr'ensa absorba partialu si descompunu lumin'a sorelui, atatu prin reflexiune catu si prin refractiune. Atmosfer'a transmite mai cu sema radiiele celle mai pucinu nefrangibile, adico pre acelle rosii si galbene, ceea ce produce coloratiunea mai rosie a radielor sorelui, candu acesta fiindu langa orizontu, radiiele au sa strabata unu spatiu mai lungu prin atmosfera. Acesta din contra reflecta diffusu mai cu deosebire radiiele celle mai refrangibile, ca pre acelle albastre, de unde provine coloratiunea albastra a cerului. — Diorile suntu produse prin reflexiunea in atmosfera a radielor venindu de la sore, candu acesta a trecut sub orizontu; radiiele luminoase avendu sa faca atunci unu drumu lungu prin atmosfera, suntu descompuse partialu si ni se areta mai multu seu mai pucinu rosii seu galbene.

Meteorulu cellu mai interessantu produsu prin dispersiunea luminei este *curcubeulu*. Dupre mai multe incercari facute de *Kepler*, *Antonio-de-Dominis*, *Descartes*, explicatiunea completa a fostu data de *Newton*. Unu observatoru vede curcubeulu numai candu are inaintea lui unu nuoru de ploia si sorele la spate. Unu legatura de radie paralele, venindu de la sore si intalnindu un picatura de apa (fig. 247), se refracta si se reflecta aici de mai multe ore, apoi se propaga inainte in diferite directiuni. Unu radia SA se frange regulatu la A spre feci'a interioara a picaturei de apa, se reflecta la B regulatu si se frange din nou la C, esindu spre D; radi'a emergenta CD face cu aceea directa SA unu *anghiu de deviatune* D seu E, pre care lu gasimu ducendu prin D (unde presupunemu ochiulu observatorului) drept'a DM || SA, seu prelungindu dreptele SA, DC pene la intalnirea lor la E. Anghiulu de inciden-

tia  $i$  nu este acellasi pentru tote radiiele paralele venindu de la sore, din caus'a co normal'a OAF scamba directiunea ei dupre punctulu de incidentia A. Prin urmare deviatiunea D variedia asemenea si radiiele cari esu la C suntu divergente. Anghiulu acesta de deviatiune D este ensa priimitoru de ua valore massimala, precum vomu areta mai la vale, si remanè stationaru, dupre teorii aretate in matematica, in apropierea acei valori massimale. De aici urmedia co radiiele emergente pre langa directiunea massimului ne mai fiindu divergente, formedia ua legatura de radie aproape paralele, cari producu asupra ochiului ua impressiune luminosa mai intensiva; de aceea aceste radie s'au si numitu *radie active*.

Deca acum ne inchipuimu radi'a activa DC invertinduse in giurulu axului  $DM \parallel SA$ , vomu avea unu conu, allu carui basa se va presinta ochiului ca unu cercu luminos; ochiulu va vedea atunci portiunea acestui cercu aflata d'asupra orizontului.

Sa observamu ensa co radiiele SA patiescu totu de ua data si ua dispersiune prin refractiunea loru in picatur'a de apa, co deviatiunea maximum D este differita pentru differite colori, mai mare pentru radiiele rosii, mai mica pentru acelle violette, astu-feliu incatu ochiulu va vedea ua fasia circulara si colorata cu rosii afara, ceea ce constitue fenomenulu curcubeului.

Fig. 248 ne areta drumulu ceva differitu, urmatu de radiiele cari cadu langa partea inferiora a picaturei; acestea se frangu la A, se reflecta successivu la B si C, apoi se refracta din nou la E, de unde ajungu la ochiulu observatorului D. Si in acestu casu avemu ua deviatiune massimala, differita pentru differite colori, care ensa din caus'a incrucisierii a radielor este mai mica pentru radiiele rosii si cresce pene la acelle violette. In modulu acesta se produce curcubeulu superioru, in care colorile au ua

dispositiune inversa, cu rosii in antru. Acestu allu duoilea curcubeu este mai slabu de catu cellu d'anteiu, pentru co radiiele patiescu aici ua reflexiune mai multu de catu in casulu anteiu si prin urmare mai perdu din intensitatea loru.

Deviatiunea radielor *rosii* pentru curcubeulu inferioru este de . . . . .  $42^{\circ} 1' 40''$ ;  
 aceea a radielor *violette* este . . . . .  $40^{\circ} 17' -$  ;  
 ora *largimea* angulara a bandei colorate este  $1^{\circ} 44' 40''$ .

Pentru curcubeulu superioru deviatiunea radielor *violette* este . . . . .  $54^{\circ} 9' 20''$ ;  
 aceea a radielor *rosii* . . . . .  $50^{\circ} 58' 50''$ ;  
*largimea* acestui allu duoilea curcubeu este  $3^{\circ} 10' 30''$ .

*Distanti'a* intre celle duce curcubeuri va fi prin urmare de . . . . .  $8^{\circ} 57' 10''$ .

Mesuri directe facute de Newton ensusi au confirmatu aceste rezultate alle formuleloru matematice.

*Cercurile*, numite si *halos*, cari se vedu in giurulu sorelui si a lunei, suntu asemenea unu effectu analogu de dispersiune, produsu prin ace de gietia, cari presinta forme prismatice, si se afla in suspensiune in regiunile inalte alle atmosferei. Formatiunea acestoru ace de gietia presupunendu ua condensatiune de vapori si ua scadere insemnata de temperatura, cercurile acelle se considera ca precursori de ventu, de zapada, seu si de ploia.

Potemu lesne stabili formulele relative la curcubeu. Ua radiu solaru SA (fig. 247) facendu cu normal'a OAF anghiulu  $I$ , se frange sub anghiulu  $r$  catre AB; la B se reflecta facendu cu normal'a OB anghiurile ecale  $r, r$ ; radi'a BC face cu normal'a OCG anghiulu  $r$  si ece in directiunea CD sub anghiulu  $I$ . Tote anghiurile  $r, r, r, r$  suntu ecale intre elle, pentru co trianghiurile AOB si BOC suntu i-

soscele. Ducendu drept'a BE la punctulu de intersectiune a radiei directe SE cu aceea emergenta DE, vomu forma triangiurile ABE si CBE ecale intre elle; de unde resulta co anghiulu  $\angle ABE = \angle CBE$  si adaugendu anghiulu  $r$  pre amendouoe partile, vomu avea

$$\angle r + \angle ABE = r + \angle CBE = 180^\circ;$$

prin urmare BE se afla in prelungirea lui OB. Acum avemu

$$\begin{aligned} \angle BEA &= \angle OBA - \angle BAE \\ &= \angle OBA - (\angle OAE - \angle OAB) \\ &= \angle OBA + \angle OAB - \angle OAE \end{aligned}$$

si in fine, observandu co  $\angle BEA = \frac{1}{2} \angle E = \frac{1}{2} \angle D$ :

$$\frac{1}{2} \angle D = 2r - i.$$

Ca sa gasimu conditiunea de masimum seu de minimum allu lui  $D$  trebue sa punemu

$$dD = 0, \text{ seu } 2dr - di = 0;$$

dera legile refractiunei ne dau

$$\sin i = n \sin r,$$

de unde

$$\cos i \cdot di = n \cos r \cdot dr.$$

Combinandu aceste duoe ecalitati si eliminandu factorulu comunu  $dr$ , vine:

$$2 \cos i = n \cos r, \text{ seu } 4 \cos^2 i = n^2 \cos^2 r;$$

de aici resulta

$$4 \cos^2 i = n^2 - n^2 \sin^2 r = n^2 - \sin^2 i = n^2 - 1 + \cos^2 i$$

si in fine

$$\cos i = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{3}}.$$

Punendu pentru indicele  $n$  valorile correspondiatoare radielor rosii, galbene, violette, vomu calcula valorile lui  $i$  si prin urmare si pre acelle alle deviatiunei  $D_r, D_g, D_v$ . Facendu differentialulu allu duoilea allu lui  $\frac{1}{2} D = 2r - i$ , ne vomu incredintia co deviatiunea este unu maximum.

## ART. V. OCHIULU SI INSTRUMENTELE OPTICE

## § 24. VEDEREA SIMPLA; OCHIULU

Organulu vederei noastre, *ochiulu*, este unu instrumentu opticu, ua lentilla compusa, fara aberratiune si aprope acromatica, producendu in fundulu lui imagini mici si de ua perfectiune mare alle objecteloru esteriore; aceste imagini reale si formate prin concentratiunea a ensusi radieloru luminoase impressionedia nevrulu opticu, care printr'unu actu psychologicu puecinu cunoscutu descepta in noi perceptiunea objecteloru esteriore.

Ochiulu, represintatu in sectiune orizontala si in marime in-  
duoita de catu aceea naturala in fig. 249, este formatu de ua membrana tare, numita *sclerotica*, a caria partea anteriora, transparenta si mai tare curbata, se numesce *cornea*. In dosulu cornei se afla *iris* bb', ua membrana colorata, ua adeverata diafragma, servindu ca sa opresca radiiele marginale si avendu la mediulocu ua gaura mica si rotunda ss', *pupill'a*, care se vede negra in ochiu. Immediatu in dosulu membranei iris se afla *lentill'a* seu *crisallulu* ochiului, ceva mai curbata in dosu si formatu de membrane concentrice si transparente. Lentill'a desparte ochiulu in duoe camere, aceea anteriora, plina cu unu licidu aposu, si aceea posteriora plina cu ua materia *gelatinosa* (*humor aqueus* si *vitreus*). Preste feci'a interiora a scleroticei se intinde ua membrana, *choroide'a*, purtandu unu pigmentu negru, si preste acesta se intinde ua alta membrana subtire, *retin'a*, care nu este de catu ua prelungire a nevrului opticu n. — Radie de lumina venindu de la una punctu luminos si intrandu in ochiu prin pupilla, se concentredia si



producu *pre retina* imaginea acellui punctu, candu atunci ochiulu vede.

Unu ochiu vede curatu la na distantia determinata, numita *distanti'a vederei distincte*, care este de vre ua 25 — 30 centimetre; cu tote acestea unu ochiu normalu pote sa vedea la distantie mai mari seu mai mici, se pote *accommoda* la distantie. *Helmholz* a aretatu co lentill'a se dilata seu se contracta, facendu astu-feliu sa variedie pucinu positiunea focarului ei si sa cadia totu de una *pre retina*, care singura simte.

Suntu ochi, numiti *myopi*, cari nu vedu de catu numai la distantie mici, din caus'a unei curbature prea mari a mediiloru ochiului. Atunci focarulu se face inaintea retinei si trebuie sa punemu objectulu forte aproape de ochiu, ca sa aducemu focarulu *pre retina*. Punendu ua lentilla divergenta (ochelari de myopu) inaintea unui asemenea ochiu, acesta priimindu acum radie mai divergente nu le mai va potea strengre asia aproape de cristallu, si focarulu se va face mai departe *pre retina* ensasi.

Suntu ochi, numiti *presbyti*, cari nu vedu de catu obiecte departate, din caus'a unei curbature prea mici. Atunci radiele nu se concentredia *pre retina*; punendu ensa inaintea ochiului ua lentilla convergenta (ochelari de presbytu) vomu mai strengre pucinu radiele si focarulu se va apropia venindu *pre retina*.

Pupill'a ensasi essecuta spontaneu differite miscari, se dilata la intunerecu si se contracta la lumina multa.

Campulu vederei este dupre *Brewster* in sensulu orizontalu de vre ua  $150^{\circ}$ , era in acellu verticalu de  $120^{\circ}$ ; cu tote astea nu vedemu curatu de catu numai obiectele, cari nu se departedia de axulu ochiului mai multu de vre ua  $2^{\circ}$ .

S'a disputatu multu asupra cestiuniloru, cum vedemu obiectele drepte, *pre candu* imaginile loru se formedia inverse

pre retina si cum vedem objectele simple, pre candu se forma media duoe imagini, cate una la fia-care ochiu, fara ca sa resulte vre na solutiune completa a loru. Obiceiulu pare co exercita na influentia mare asupra pretiuierei impressiuniloru ochiului; totu prin obiceiul ne deprindem a cunosce distantia si marimea objectelor, precum si corporalitatea loru, seu *relief*.

*Stereoscopulu*, inventatu de *Wheatstone*, ne areta cum vedendu cu duoi ochi duoe desemnuri alle acelluiasi objectu, facute ensa din duoe puncturi de vedere, ni se produce impressiunea unui singuru objectu in *relief*; ensa nu ne da enea na explicatiune a perceptiunei reliefului, pentru co acesta se vede si cu unu singuru ochiu.

Impressiunea luminosa persista pre retina cate-va momente. Unu punctu luminos miscatu rapede inaintea ochiului produce impressiunea unei linii luminoase; spitiele unei rote care se invertesce rapede nu ne impedeza de a vedea continuu objecte aflate dincolo de rota. Pre acesta persistentia a impressiuniloru luminoase se basedia differite productiuni de distractiune cunoscute sub numele de *anortoscope*, *fenakistoscope*, *straboscope*, etc.

Candu fissamu catu-va timpu na suprafecia colorata intensivu in *rosiu*, *albastru*, etc., ochiulu ostenesce, retin'a perde momentann simtibilitatea pentru acesta colore; deca atunci intorcemu ochii pre na suprafecia alba, vedem aici na peta colorata, dera nu cu colorea pre care o fissamu, ci cu aceea complementara, adico *verde*, *violetu*, etc.; ochiulu nu simte acum de catu numai impressiunile acestoru din urma radie. Aceste colori suntu curatu *subjective* si se numescu cate na data si *accidentale*.

In fine *irradiatiunea* este unu fenomenu particularu, care consta intr'ua iritabilitate a retinei la partile vecchine cu a-celle impressionate directu, ceea ce ne face sa vedemu unu objectu tare luminatu (albu seu coloratu) pre unu campu obs-curu mai mare de catu este in realitate; asemenea unu ob-jectu obscuru pre unu campu luminatu se areta mai micu si la ua distantia destulu de mare dispare vederei nostre.

#### § 25. MICROSCOPULU SI TELESCOPULU

Ori-ce ochiu are limite la vedere, adico nu pote vedea ob-jecte *forte mici* si pre acele *forte departate*. Unu objectu ca sa produca pre retina ua imagine de dimensiuni apreciabile, trebue sa presinte unu *diametru aparinte*, sa fia vediutu sub unu anghiu cellu pucinu de cate-va secunde. Pentru unu ob-jectu departatu multu, acestu anghiu devine forte micu; era unu objectu micu trebue apropietu multu de ochiu si atunci puterea de accommodatiune a acestuia incetedia, imaginea se face dincolo de retina si vederea incetedia la amenduoe ca-surile.

Pentru a vedea obiecte mici din apropierea nostra ne ser-vimu de *lupa*, seu de *microscopulu compusu*. Lup'a nu este de catu ua lentilla convergenta (fig. 238) care ne da ua ima-gine virtuala, drepta si mare, candu punemu objectulu intre focaru si lentilla (vedi art. III, § 16). Ua asemenea lupa ensa maresce pucinu si presinta defectulu cromatismului si allu a-berratiunei. Do aceea lupe mai bune se formedia obicinuitu din duoe lentille convergente. Ua lupa maresce in raportulu dis-tantiei vederei distincte catre distanti'a focala.

Unu *microscopu* se compune de unu tubu AB (fig. 250, 251, tab. XXII). In partea inferiora este ua lentilla mica,

numita *objectivum*, compusa din duoe sau trei lentille convergente, de ua distantia focala scurta, care da ua imagine inversa, reala si mare  $X''Y''$  a unui objectu micu  $XY$ . In partea superiora este ua a duoa lentilla, *ocularulu*, ua adeverata lupa prin care odservamu imaginea  $X''Y''$ , ca pre unu objectu realu, si ua vedemu marita enca si mai multu la  $XY$ . Ocularulu este obicinuitu formatu din duoe lentille plan-convexe, are dispositiunea introdusa de Huyghens la ochiane astronomice si se numesce ocularulu lui *Campani*. Lentill'a  $B'$  concentredia pucinu radiele venindu de la *objectivum*, prin urmare micusiorredia pucinu imaginea, enca ua face mai curata la  $X'Y'$  si totu de ua data maresce campulu microscopului; acesta imagine  $X'Y'$  o observamu cu lup'a  $B$  la  $XY$ . Acesta dispositiune a ocularului are enca proprietatea de a da imagini acromatico. Diafragme puse intre lentillele  $B, B'$  alle ocularului si in interiorulu tubului  $AB$  servescu pentru a opri radiele marginale.

Tabulu microscopului este fissatu la ua colona, unde una siurapu micrometricu  $S$  lu pote misca in susu seu in josu catu de pucinu voimu; la  $O$  se pune objectulu, luminatu de josu prin reflectorulu seu oglind'a concava  $K$ , care reflecta lumin'a nuriloru.

Microscopule marescu obicinuitu de la 50 pene la 1000 si 1500 de ore *linearu*; marirea unui microscopu este ecala cu productulu marirei a *objectivului* cu aceea a ocularului, seu approssimativu cu productulu  $\frac{1}{f} \times \frac{d}{f'}$ , deca insemnamu cu  $f, f'$  distantiele focale a *objectivului* si a ocularului,  $l$  lungimea tubului,  $d$  distantia vederei distincte.

*Ochianulu*, destinatu ca sa ne arete objecte departate, a

fostu descoperitu de *Johann Lippersheim* in Olanda pre la 1610. Deosebimu mai multe feluri de ochiane, numite enca si *refractori* : acellu *astronomicu*, inventatu de *Kepler*; ochianulu *ollandezu*, seu allu lui *Galileo*; acellu *terrestru*. Ochianulu astronomicu se compune de ua lentilla convergenta, mare si acromatica, *objectivulu*, care ne da ua imagine inversa, reala, mica si tare *luminata* a objectului departatu; si de ua a doua lentilla mica, *ocularulu*, obicinuitu allu lui *Campani*, ca acella descriu mai susu la microscopu, care functionedia ca ua lupa si ne areta ua imagine virtuala si mare a imaginii reale, produse de *objectivu*. *Objectivulu* si *ocularulu* suntu asiediate la extremitatile unui tubu lungu innegritu in interioru; *ocularulu* pote fi apropiatu seu departatu pucinu de *objectivu*. In fig. 252, tab XXI, *mn* represinta unu *objectu* departatu; *A* *objectivulu* acromaticu, formatu de ua lentilla convergenta de crown si una divergenta de flintu; *m'n'* imaginea reala, inversa si mica, produsa de *objectivu*; *B* unu *ocularu* simplu; *m''n''* imaginea virtuala allu acestuia, veduta de ochiu.

Marirea unui ochianu este esprimata prin raportulu intre anghiulu *m'bn'*, sub care se vede imaginea *m'n'* de la centrulu opticu allu *ocularului*, si anghiulu *m'an' = man*, sub care se vede aceeași imagine, seu *objectulu* ensusi *mn*, de la centrulu opticu allu *objectivului*. Aceste anghiuri fiindu mici, potemu inlocui raportulu lor prin acella allu *tangentelor* lor seu allu *diometatiei* lor, adico marirea este  $= \frac{\text{tang } xbm'}{\text{tang } xam'}$ ; dera dapre teoreme cunoscute din *trigonometria* avemu :

$$\text{tang } xbm' = \frac{m'x}{xb}, \quad \text{tang } xam' = \frac{m'x}{xa},$$

prin urmare

$$\frac{\text{tang } xbm'}{\text{tang } xam'} = \frac{m'x}{xb} : \frac{m'x}{xa} = \frac{xa}{xb}$$

Sa observam acum ca punctul  $X$  este focarul obiectivului  $A$  si coincide aproape cu acella alu ocularului. De unde resulta ca  $Xa$  si  $Xb$  sunt distantiele focale a obiectivului si a ocularului si marirea ochianului este ecala cu raportulu acestoru distantie focale.

Ochianulu astronomic da imagini inverse, ceea ce pentru observatiune de obiecte terestree ar fi mai multu seu mai pu-cinu incommodu. La ochiane *terestre* se intrebuintedia, dera unu ocularu specialu, ca sa faca imaginile drepte. Se intiellege de sine ca ar ajunge sa mai adaogamu enca ua a treea lentilla la ocularulu Campani; ensa obicinuitu ocularulu terestru se face cu *patru* lentille (fig. 253). A este obiectivulu obicinuitu;  $CC'$  ocularulu terestru, care in realitate nu este de catu unu ocularu Campani  $BB'$  (fig. 250) unde fia-care din lentillele  $B, B'$  este induoita. In figura se areta drumulu radioloru estreme, venindu de la unu obiectu departatu.

Ochianulu *ollandezu* se deosebesc de celle alte ochiane prin ocularulu, care este ua lentilla divergenta si da imagini *drepte*. Obiectivulu  $A$  (fig. 254) canta sa si formodie imaginea obiectului departatu la  $m'n'$ ; inaintea acestei se afla ensa ocularulu divergentu, care opresce formatiunea imaginii  $m'n'$  si imprascie radielo catre  $MN$ , astu-feliu in catu unu ochiu aflatu la  $MN$  va vedea ua imagine virtuala, drepta si mare  $M'N'$ . Ocularulu dandu radie divergente, destinate sa intre in pupilla, se intiellege ca *campulu* acestui ochianu nu pote fi mare. *Perspectivele de teatru*, seu binoclarile, suntu ochiane de feliulu acesta.

La *telescopu*, numitu si *reflectoru*, obiectivulu este inlocuitu printr'ua *oglinde concava*, care da asemenea ua imagine reala, inversa, mica si *tare luminata* a obiectului departatu; pre acesta o observamu cu *ocularulu*, care functioneaza ca ua lupa, si este totu ocularulu lui Campani. Telescoapele au fostu introduse in astronomia dupre ochiane, cari au trebuitu sa fia parasite din cauza cromatismului allu obiectivului; coloratiunea este aproape nulla, candu imaginile se producu prin reflexiune la oglindi. Oglindile telescopeloru se facu de ua combinatiune metalica de cupru, cositoru si arsenicu. Dupre descoperirea acromatismului, s'a datu era preferintia ochianeloru; telescoapele au fostu parasite din caus'a dimensiunilor lor si a dificultatii de a face oglindi metalice nealterabile. Dupre inventiunea oglinilor *Drayton*, cari se facu de sticla *argintuita pre fecia*, *Foucault* a introdusu din nou telescoapele, inlocuindu si ocularulu printr'unu *microscopu intregu*. Telescoapele dupre acesta systema au dimensiuni si efecte comparabile cu ochianele celle mai bune si astadi se intrebuinteaza indifferentu reflectorii si refractorii. Fig. 255 represinta in sectiune unu telescopu allu lui *Newton* seu allu lui *Foucault*. AB este tubulu telescopului, B oglind'a concava, p ua oglinda plana, I lup'a. Radiele venindu de la oglind'a B, cari aru forma imaginea obiectului departatu la m'n', fiindu reflectate de oglind'a plana p, formeaza ua imagine reala, mica si luminosa la mn. pre care o observamu cu lup'a I. — La telescopu *Foucault* oglind'a B este de sticla argintuita; oglind'a p este inlocuita printr'ua *prisma rectangulara* cu *hypotenus'a spre gur'a* tubului, producendu reflexiunea totala; era in loculu lupii I se afla unu tubu *microscopicu* cu obiectivulu si ocularulu lui. Aceste telescoape au lumina multa din cauza puterii cellei mar

de reflexiune a oglindei de argintu B si a prisme  $p$ , in care lumin'a reflectanduse totalu nu slabesce mai de locu.

#### § 26. INSTRUMENTE OPTICE PENTRU PROIECTIUNEA IMAGINILORU

Cellu mai vechiu instrumentu de feliulu acesta este *camer'a obscura*, descrisa pentru prima ora de italianulu *Porta* pre la medinloculu secolului allu 17-lea. Fig. 256 represinta ua forma a ei, comuna astadi; ua prisma rectangulara  $pp$  transmite prin reflexiune totala catre mes'a  $m$  radiiele venindu in directiune orizontala de la obiectele esteriore. Feciele rectangulare alle prisme suntu curbate, ca sa produca totu de ua data si efectulu unei lentille convergente; astu-feliu se formedia pre mesa imaginile reale alle obiecteloru esteriore.

*Camer'a fotografica* (fig. 257) este form'a ceea mai usuala a camerei obscure; ea se compune de ua cutia care se pote lungi mai multu seu mai pucinu. Ua lentilla convergenta si acromatica  $I$  produce imaginile reale alle obiecteloru esteriore la fundulu cutiei pre ua tabla de sticla *mat*  $III$ ; acesta tabla este apoi inlocuita prin sticl'a preparata ca sa priimesca impressiunile fotografice.

*Laterna magica* (fig. 258), inventata de *Kircher*, se compune de ua cutia negra cu lampa si reflectoru. La una din feciele cutiei se afla unu tubu care cuprinde 1) unu *collectoru*, adico ua lentilla convergenta care concentredia lumin'a lampei asupra obiectului  $d$ ; 2) ua crepatura in care se pune *ob-jectulu*, unu dessemnu transparentu pre sticla; 3) unu *ob-jectivu*, adico lentill'a destinata sa produca in departare pre perele ua imagine reala si mare a obiectului luminatu.

*Laterna magica* a priimitu diferite modificari si perfectiunari, si imaginile suntu produse in diferite conditiuni. Dispo-



sitiunile numite *megascope*, *fantasmagorii*, *dissolving-views*, etc. dau totu efecte de laterna magica. Megascopulu, luminatu obicinuitu de sore, represinta imagini de busturi, statue mici etc. Fantasmagori'a nu este de catu ua laterna magica mobila; departandu-o seu apropiendu-o de perete, seu de pendenza, si regulandu obiectivulu, vomu produce acellasi obiectu in imagine mai mare seu mai mica, mai slabu seu mai tare luminata. *Dissolving-views* se compune din duoe laterne magice allaturate intre elle, astu-feliu in catu invertindu pucinu pre una, sa aducem in imaginile lor la coincidentia. Deca stingem progresiv imaginea uneia din aceste duoe laterne (prin inchiderea unei diafragme din tubulu C) si deschidem pre ceea alta, vomu putea produce diferite illusiuni, scambari de di si de nopte etc. — Ua modificare importanta a laternelor consta intr'ua systema particulara de luminatu, care ne permite a lumina obiectele pre fecia, si prin urmare a proiecta imagini chiaru de obiecte opace, mecanisme de orologiu, busturi, fotografii ordinare, interiorulu gurei, allu urechiei, etc.

Cellu mai importantu dintre tote aceste aparate de projectione este *microscopulu solaru*, inventatu la 1738 de catre *Liebkühn* la Berlin. Acesta este luminatu cu lumina solara, seu chiaru si electrica seu cu a lui *Drummond*, ne permite din caus'a luminei cellei mari sa operam cu obiecte forte mici, microscopice, preparate anatomice, parti de insecte, etc. si ne da imagini de ua marime excessiva. Fig. 259 represinta unu asemenea microscopu in sectiune longitudinala; fig. 260 lu areta in perspectiva, asediatu la oblonulu OO allu ferestrei dintr'ua camera intunecata. a este ua oglinda plana, unu feliu de *heliostatu*, scosa afara de camera si pusa in miscare in tote directiunile cu ajutorulu siurupuriloru s, s; ea proiecta lumi-

n'a sorelui catre interiorulu camerei in directiunea axului tubului  $t$ ,  $t$ . Acesta din urma cuprinde un lentilla acromatica  $c$ , *collectorulu*, si un a doua  $d$ , cari amandou concentradia lumin'a asupra objectului  $mn$ , tinutu prin arcuri elastice  $ee$ . Unu siurupu  $f$  reguledia positiunea lentillei  $d$ . Un verga dinstiata si mobila  $vv$  porta conulu metallicu  $hg$  cu lentillele obiective  $g$ , destinate ca sa dea departe pre perete un imagine mare a objectului tare luminatu  $nn$ .

## ART. VI. TEORI'A UNDULATIUNILORU SI INTERFERENTI'A LUMINEI (1)

### § 27. NATUR'A MISCAREI UNDULATORIE

In teori'a miscarei undulatoria a luminei se admite ca acesta se produce prin vibratiunile unui eteru subtilu respanditu pretutindeni. Candu eterulu este isbitu la unu punctu oricare, miscarea se comunica moleculeloru vecine si se propaga in directiuni radiale in giurulu acellui centru. Sa urmarimu mai de aproape acesta miscare undulatoria intr'una din aceste directiuni radiale  $ae$  (fig. 261).

Molecul'a  $a$ , fiindu isbita, ese din positiune de ecilibru si oscilla impregiurulu ei dupre legile pendulului. Pene candu  $a$  sa ajunga la maximum escursiunei, la  $a_1$ , moleculele cari ormedia dupre densa voru fi successivu isbite de acesta miscare, pene la molecul'a  $b$ , care in acestu momentu este gata sa incepa escursiunea.

Molecul'a  $a_1$  se intorce la  $a_2$ ; moleculele dintre  $a$  si  $b$  si

(1) Acesta articulu, precum si celle urmatoro pene la fine, potu fi si trebuescu lasate la unu anteu studiu aliu fizicei, precum la studii gimnasiale.

termina excursiunile si se intorc asemenea catre pozitiiunile lor de ecilibru; **b** ajunge la maximum excursiunei la **b**<sub>1</sub>; moleculele urmatore pene la **c** inaintedia precum areta saget'a, era **c** este gata sa si incepa oscillatiunile selle.

Molecul'a **a**<sub>1</sub> trecendu prin pozitiiunea de ecilibru cu ua miscare accelerata, continua excursiunea in partea opusa pene la **a**<sub>2</sub>; moleculele pene la **b** urmedia dupre densa; **b** se intorce la pozitiiunea de ecilibru, la **b**<sub>2</sub>; moleculele de la **b** pene la **c**, cari si au terminatu excursiunile lor, se afla asemenea in miscare spre pozitiiunile lor de ecilibru, precum areta saget'a; **c**<sub>1</sub> a ajunsu la maximum excursiunei; de la **c** pene la **d** miscarea se face in susu; era **d** se afla la momentu de a incepa oscillatiunile selle.

In fine **a**<sub>1</sub> revine la pozitiiune de ecilibru; moleculele pene la **b** urmedia dupre densa; **b**<sub>2</sub> ajunge la maximum excursiunei in partea opusa; moleculele pene la **c** si **d** urmedia dupre densa, intorcenduse catre pozitiiunea lor de ecilibru; **d**<sub>1</sub> ajunge la maximum excursiunei in susu; moleculele pene la **e** urmedia dupre densa; era **e** este gata sa incepa miscarea ei.

Molecul'a **a** a terminatu astu-feliu ua *oscillatiune intrega*; in acestu intervallu de timpu miscarea undulatoria s'a propagatu pene la **e** cu ua distantia  $ae = \lambda$ , numita *lungime de undulatiune*. Timpulu in care ua molecula si termina ua *oscillatiune intrega*, in care miscarea inaintedia cu ua lungime de undulatiune, se numesce *periodulu miscarei* si se insemnedia obiciniutu cu **T**. Dupre unu allu duoilea, allu treelea periodu, undulatiunea inaintedia cu  $2\lambda$ ,  $3\lambda$  etc.

Distanti'a massimala **aa**<sub>1</sub>, seu **bb**<sub>1</sub>, **cc**<sub>1</sub> etc., pene la care moleculele si facu excursiunile lor, s'a numitu *amplitudinea oscillatiunei*.

*Fasa* se numesce starea in care se afla ua molecula ore-care intr'unu momentu datu ; acesta stare se determina prin positiunea seu coordinatele moleculoi, prin directiunea miscarei si intiel'a ei la momentulu datu.

#### § 28. PRINCIPIILE FUNDAMENTALE ALLE ACESTEI TEORIEI

Pre acesta teoria se basedia duoe principii fundamentale, acella allu lui *Huyghens* si allu lui *Young*, cari esplica immediatu ua multime de fenomene optice si gasescu prin acesta confirmarea loru.

Principiulu lui *Huyghens* pote fi onunciatu precum urmedia : *deca de la unu centru luminos se propaga intr'unu timpu si pene la ua distantia determinata ua undulatiune sferica, fia-care puntu allu acesteia pote fi consideratu ca unu centru nou de la care se propaga undulatiuni elementare ; era suprafeci'a incongiuratore a acestoru din urma constitue undulatiunearesultenta. Astu-feliu fia-care puntu allu sferei d' emanandu de la contrulu L (fig. 262) da undulatiuni elementare alle carora suprafeci'a incongiuratore este sfer'a MN. Puntulu P priimesce impulsioni atatu directe LaP, catu si oblici bP si b'P, cP si c'P, etc. Acestu principiu gasesce confirmarea lui intre alte si la teori'a inflessiunei luminei.*

Principiulu lui *Young* suna : *Duoe miscari undulatorie paralele, de acclasi periodu si de acceasi lungime de undulatiune, se influintidia una pre alta, interfera intre elle, se adaoga, seu se scadu si potu chiaru sa se anulledia, deca au acceasi amplitudine. Astu-feliu undulatiunilo I, II (fig. 263) se adaoga si dau resultant'a R ; undulatiunilo A, B se scadu dandu resultant'a S. — Acestu principiu gasesce ua confirmaro atatu la fenomenele de inflessiune, catu si la experimentele*

fundamentale de interferentia, ce vomu descrie mai la vale. — Trebuie sa observamu ca duoe radie nu potu produce fenomene de interferentia, de catu numai deca au intensitati luminoase aproape egale; coci altu-feliu resultant'a nu difera intr'unu modu simtibilu ochiului de component'a ceea mai intensiva.

#### § 29. LEGILE REFLESIUNEI SI ALLE REFRACTIUNEI

Aceste legi au fostu demonstrate experimentalu in § 4 si 10; teori'a undulatiuniloru ne da mediulu ca sa le demonstramu intr'unu modu teoreticu si *a priori*. Sa consideramu ua legatura de radie paralele si ecidistante A, B, C (fig. 264), astu-feliu ca  $ab = bc$ . Aceste trei miscari undulatorie se propaga impreuna pene la drept'a  $a\gamma$  perpendiculara pre directiunea loru. De aici inainte radi'a C va inainta cu distantia  $\gamma c$ , pene la suprafecia XY de separatiune intre celle duoe medii prin cari se propaga lumin'a; in acellasi intervallu de timpu, undulatiunea de la a se desface in duoe, una care se *reflecta* in mediulu anteu, formandu ua undulatiune sferica descrisa cu radi'a  $a\alpha_1 = \gamma c$ ; ceea alta care se transmite in mediulu allu duoilea, se *refracta*, formandu ua undulatiune sferica descrisa ca radi'a  $a\alpha_2$  mai mica seu mai mare de catu  $\gamma c$ , dupre cum lumin'a se propaga in mediulu allu duoilea mai incetu seu mai iute de catu in anteuulu mediu. Totu in acellasi timpu radi'a B inaintedia pene la  $\beta$ , era de aici inainte se desface in duoe, una care se reflecta pene la undulatiunea descrisa cu radi'a  $b\beta_1 = \gamma c = \frac{a\alpha_1}{2}$ , ceea alta care se refracta pene la undulatiunea descrisa cu radi'a  $b\beta_2 = \frac{a\alpha_2}{2}$  si mai mica seu mai mare de catu  $\gamma c$ . Tangent'a  $c\alpha_1$ , comuna la undulatiunile reflectate

represinta dupre principiulu lui Huyghens undulatiunea resultenta si dreptele  $aa_1$ ,  $bb_1$ ,  $cc_1$  perpendiculare pre acesta voru fi *radiele reflectate*. Asemenea tangent'a  $ca_2$ , comuna la undulatiunile refractate, represinta undulatiunea resultenta, era dreptele  $aa_2$ ,  $bb_2$ ,  $cc_2$ , perpendiculare pre acesta, dau *radiele refractate*.

Ecalitatea trianghiurilor  $ac_1$ ,  $ac_2$  da

$$\angle ca_1 = ac_2 = YaA;$$

de unde resulta  $co$ ,  $Na$  fiindu normal'a, anghiurile complementare  $a_1aN$ ,  $AaN$ , adico *acelle de reflexiune si de incidentia suntu asemenea ecale intre elle*.

Trianghiurile  $ac_1$  si  $ac_2$  dau

$$\cos ac_1 \text{ seu } \sin i = \frac{c_1}{ca},$$

$$\cos ca_2 \text{ seu } \sin r = \frac{aa_2}{ca},$$

de unde prin impartire si supresiunea factorului comunu  $ca$  gasim:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c_1}{aa_2}.$$

Lungimile  $c_1$  si  $aa_2$  suntu proportionale cu iutiel'a de propagatiune a luminei in celle duoe medii, adico  $= \frac{u_1}{u_2}$ , prin urmare acestu raportu este constantu si avemu

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{u_1}{u_2} = \text{ua constanta } n.$$

### § 30. IUTIEL'A LUMINEI IN DIFFERITE MEDII

Formul'a din urma, care ne arata  $co$ , in teori'a undulatiunilor, *indicele de refractiune represinta raportulu constantu*

*allu iutieliiloru de propagatiune a luminei in celle duoe medii, cere ca lumin'a sa se propage mai incetu in medii mai refringente, de ess. in apa. Acesta a si fostu probatu experimentalu de catre Foucault, printr'ua metoda, care totu de ua data pote servi si pentru determinarea iutiei de propagatiune a luminei in genere.*

La C (fig. 265) este ua oglinda verticala, ce pote fi pusa in miscare rapede de rotatiune in giurulu unui axu verticalu printr'unu mecanismu de orologiu, seu printr'unu currentu de vapori, seu de aeru, intr'unu modu analogu, cum se produce rotatiunea sirenei lui Cagnard Latour, unde sunetulu produsu pote servi prin inaltimea lui spre determinarea iutiei de rotatiune. La O este ua oglinda sferica concava fissa, avendu-si centrulu de curbatura la C. La S este unu punctu, seu ua linia luminosa verticala, de ess. ua serma de platina incandescenta; A ua tabla de sticla cu fecie paralele, inclinata cu  $45^\circ$  pre directiunea SC; L ua lentilla acromatica convergenta. Tota dispositiunea se afla intr'ua camera, distanti'a ceea mai mare SC fiindu numai de cate-va metre, 5 seu 6. Radie de lumina venindu de la S, suntu concentrate prin lentill'a L la oglind'a C, reflectate catre oglind'a O, care le concentredia inderetu la centrulu seu de curbatura C; de aici radiiele se indreptedia catre lam'a de sticla A, care le reflecta catre S, unde unu observatoru vede prin lup'a micrometrica I imaginea liniei luminoase S. Candu punemu oglind'a C intr'ua miscare rapede de rotatiune, destulu de rapede ca sa se mute cu anghiulu  $\alpha$  de la positiunea I la II in timpulu excessivu de scurtu, ce trebue luminei ca sa merge de la C la O si inderetu la C, adico ca sa percurga de duoe ore distanti'a CO, atunci observatorulu va vedea imaginea mutata la s, cu ua mica distantia  $ss_1 = \alpha$ ,

care pote fi mesurata cu lup'a micrometrica I. Cunoscendu distantia intre celle duoe oglindi  $CO = r$ , distantia  $CL = l$ ,  $LS = l'$ , si  $SS_1 = s$ , precum si intiel'a de rotatiune a oglindei C, seu numerulu n de rotatiuni pre secunda, vomu putea determina timpulu cellu scurtu in care lumin'a a percursu de duoe ore drumulu CO, si prin urmare intiel'a ei.

Insemnandu cu t acestu timpu scurtu si cu  $\alpha$  anghiulu de rotatiune a oglindei, vomu avea proportiunea

$$2\pi n : \alpha = 1' : t', \text{ de unde } t = \frac{\alpha}{2\pi n}.$$

Sa observamu co pre candu oglind'a a inaintatu cu anghiulu  $\alpha$ , radi'a reflectata CX, seu prelungirea ei  $CT_1$ , a inaintatu cu anghiulu  $2\alpha$  (vedi § 5), si deca din punctulu C ca centru descriemu ua circumferintia cu radi'a  $CO = r$ , vomu avea dupre teoreme din geometria

$$2\alpha = \frac{TT_1}{r};$$

prin urmare va fi

$$t = \frac{TT_1}{4\pi nr}.$$

Punctulu  $T_1$  pote fi consideratu (vedi § 5) ca imaginea virtuala a lui O seu a lui S, produsa de oglind'a C la positiunea II; era radiiele reflectate CX se voru frango la lentill'a L catre  $S'$ , formandu aici focarul conjugatu allu punctului  $T_1$ , astu-feliu in catu drept'a  $T_1S_1$  este unu axu secundaru allu lentillei si trece prin centrulu opticu allu ei L. Anghiulu de la L intre axele ST si  $S_1T_1$  fiindu forte micu, potemu considera arcurile TT<sub>1</sub> si SS<sub>1</sub> ca descrise de la centrulu comunu L cu radiiele  $LT = r + l$  si  $LS = l_1$ , ceea ce ne da

$$TT_1 : SS_1 = r + l : l_1, \text{ seu } TT_1 = \frac{SS_1 \times (r + l)}{l_1},$$



si fiindu co  $SS_1 = ss_1 = s$ , va fi

$$TT_1 = \frac{s(r+1)}{l_1}$$

Substituindu in valoarea de mai susu a lui  $t$

$$t = \frac{s(r+1)}{4\pi nr l_1}$$

In fine insemnandu cu  $u$  intiel'a luminei, vomu avea proper-tiunea

$$t^s : l^s = 2r : u,$$

de unde

$$u = \frac{8\pi nr^2 l_1}{s(r+1)}$$

Punendu intre oglind'a plana  $C$  si aceea concava  $O'$  unu tubu plinu cu apa  $B$  si inchisu la celle duoe capete cu table de sticla, deviatiunea produsa asupra imaginii  $S$  va fi mai mare; acesta se produce la  $s_2$  si se distinge printr'ua nuancia cam verde. Se vede enca dupre formul'a din urma, co  $s$  fiindu mai mare, iu-tiel'a luminei in apa are sa fia mai mica, conformu legeri si-nussiloru, demonstrata in § precedinte.

### § 31. ESPERIENTIE FUNDAMENTALE DE INTERFERENTIA

Essista enca din finele secolului allu 17-lea ua experientia facuta de *Grimaldi*, care intre manele lui *Young* a devenitu ua proba puternica a teoriei undulatiuniloru. Deca priimimu intr'ua camera obscura duoe radie de lumina prin duoe *gauri* seu crepature forte apropiete intre elle (vedi la  $A$  fig. 266), elle voru produce la ua distantia ore-care pre unu cartonu ima-gini colorate alle gaurei; seu deca operamu cu lumina *omo-gena*, numai rosie, galbena, verde, etc., vomu avea pre car-tonu alternative spatiiuri luminate cu un'a din aceste colori si

spatiuri obscure. Mai bine se face experientia cu *bi-prism'a* B, propusa de *Ohm* si *Arago*, sau cu *oglinzile* lui *Fresnel* C, C'. Duos oglinzi, inclinate intre ele cu cate-va minute, priimescu radie de lumina, venindu de la unu punctu luminos s, si reflecta catre M, pare co aru veni de la duos centre luminoase  $s_1, s_2$ , cari formedia imaginile virtuale alle lui s; undulatiunile sferice se propaga, dupre reflexiunea loru la oglinzile C, C', pare co aru veni de la centrele  $s_1, s_2$ . Sa descriemu de la aceste centre differitele undulatiuni sferice cu radiiele  $s_1a = s_2a, s_1c = s_2c, s_1e = s_2e$ , ecale cu unu numeru intregu de lungimi intregi de undulatiune  $\lambda$ , adico ecale cu unu numeru *pariu* de diumetati de undulatiune si sa le aretamu in figura prin trasuri continue. Sa descriemu asemenea de la accelleasi centre undulatiuni cu radiiele  $s_1b = s_2b, s_1d = s_2d$  etc. ecale cu unu numeru *impariu* de diumetati de undulatiune si sa le aretamu prin circumferintiele trase cu puncturi. Aceste differite undulatiuni se intalnescu si dupre principiulu lui *Young* (§ 28) se voru intari la punturile aflate pre liniile  $\alpha M, P, P$ , unde ambele miscari suntu *concordante*; elle se annulledia din contra pre liniile  $N, N$ , unde se intalnescu miscari undulatorio *discordante*. Resultatulu este co proiectandu fenomenulu pre unu cartonu, sau observandulu cu ua lupa, vomu avea, cu lumina *omogena*, rosie de ess., ua banda rosie la mediulocu slabindu spre amenduoe partile, bande negre la  $NN$ , luminoso la  $PP$  si asia inainte. Totu acellasi fenomenu se produce si cu lumina galbona, verde, albastra, violetta, nuvai bandele correspundiatore suntu mai apropiete, din cauza co lungimile de undulatiune correspundiandu acestora colori suntu mai mici. Candu operamu cu lumina alba, vomu avea mediuloculu albu,

fiindu-co aici se suprapun toate colorile, era la dreapta si stanga, din distantia in distantia, bande cu colorile spectrului.

Deca observam cu ua lupa micrometrica, putem mesura distantia MP a bandei antea de la mediuloc; cunoscandu si unghiul MPX, approssimativu ecalu cu  $\angle S_1MS_2$ , care acesta pote fi mesoratu cu teodolitu, vomu calcula lungimea de undulatiune  $\lambda = ce = XM$  in trianghiulu dreptanghiu XMP prin formul'a

$$\lambda = MP \text{ tang } \omega.$$

Distantia MP gasindu-o prin experientia mai mica pentru radiele cele mai refrangibile, urmedia co lungimea de undulatiune este mai mica pentru aceste radie.

Lungimea de undulatiune  $\lambda$  a diferiteloru radie se pote determina cu ua precisiune multu mai mare prin fenomenele de inflesiune ce vomu descrie mai la vale. — Presupunendu atunci pre  $\lambda$  ca cunoscutu, ecalitatea de mai susu pote servi pentru determinarea teoretica a distantiei MP si rezultatele astu-feliu calculate suntu confirmate pre deplinu prin mesoratorile experimentale, ceea ce confirma principiulu lui Young si in genere tota teori'a undulatiuniloru.

Stellele fisse presinta unu fenomenu particularu, *scanteerea*, care observata cu ochiane apare insocita si de coloratiuni forte vine. *Arago* a propusu ua explicatiune a scanteerei, considerandu-o ca provenindu din interferenti'a radielor de lumina stellara, cari in trecerea loru prin atmosfer'a nostra patiescu intardieri neecale si aru ajunge la *discordantia*. — Planetele presintandu discuri mari, scanteerea nu se pote produce de catu numai la margiui, pre candu spectrele produse prin punturile interiore alle discului dau albu prin snrapositiunea loru.

## § 32. INNELELE LAMELORU SUBTIRI SI GROSE

Fenomene de interferentia se mai produc cu enca la ua multime de casuri; astu-feliu besici de sapunu, espuse la lumina, dau coloratiunile celle mai frumoso; suprafecie metallice, precum nasturi de metallu, pucinu oxidate, irisedia; asemenea inelele lui Nobili, inelele *lameloru subtiri* seu allo lui *Newton*, la cari se reducu tote fenomenele de acestu felin.

Sa consideramu *lam'a subtire* dintre feciele AB si CD (fig. 267), de ess. aerulu dintre duoe table de sticla, seu ua besica de sapunu cuprinsa pre amenduoe fecie intre aeru. Ua radia de lumina LE propaganduse in mediulu I, va da la E ua radia reflectata EF si una franta EG; acesta din urma se va reflecta si refracta din nou la suprafeci'a de separatiune intre mediile II si I, dandu radiiele GH si GI; la H voru resulta radiiele HK si HM, apoi radiiele MN si MP si asia inainte. Radiiele *reflectate* EF si HK propaganduse in aceeaasi directiune una langa alta, voru produce fenomene de interferentia; asemenea si radiiele *refractate* GI, MP voru presinta acelleasi fenomene la lumina transmissa. Deca lumin'a este omogena, fenomenulu va consta intr'ua alternativa de lumina si de intunerecu, care dupre impregiurari pote sa presinte ua symmetria in giurulu puntului de incidentia E, adico form'a ineleloru; cu lumina alba vomu avea totu de ua data si ua descompositiune a ei si prin urmare inele colorate.

Sa consideramu antein inelele prin reflexiune. Radiiele luminose cari le produc se propaga impreuna de la L pene la E si de la dropta HQ  $\perp$  HK inainte spre KF: intre E si HQ olle pereurgu drumurile differite

$$EG + GH \quad \text{si} \quad EQ.$$

Aceste drumuri reprezintă unu numeru ore-caro de lungimi de undulatiune, pre care lu gasim impartiundu drumulu  $EG + GH$  cu lungimea  $\lambda'$  de undulatiune din mediulu II, era pre acella  $EQ$  cu lungimea  $\lambda$  correspundiandu mediului I. Atunci differinti'a

$$\frac{EG + GH}{\lambda'} - \frac{EQ}{\lambda}$$

pote sa reprezinte unu numeru pariu  $2m$  seu unu numeru impariu  $2m + 1$  de diumetati de undulatiune, si radiiele  $HK, QF$  la propagatiunea ulterioara a loru voru essecuta ua miscare concordanta seu discordanta.

Innelele prin refractiune ne conduc la acelleasi rezultate. Radiiele luminoase cari le producu se propaga impreuna de la  $L$  la  $E$  si pene la  $G$ , precum si de la drept'a  $MR \perp MP$  inainte spre  $IP$ ; intre  $G$  si  $MR$  ensa, elle percorgu drumurile diferite

$$GH + HM \text{ si } GR.$$

Caturile

$$\frac{GH + HM}{\lambda'} \text{ si } \frac{GR}{\lambda}$$

represintandu era numerulu undulatiuniloru ce correspunde acestoru duoe drumuri, urmedia co, dupre cum differinti'a

$$\frac{GH + HM}{\lambda'} - \frac{GR}{\lambda}$$

este unu numeru pariu  $2m$  seu impariu  $2m + 1$  de diumetati de undulatiune, miscarile  $MP, RI$  voru fi concordante seu discordante.

Este lesne sa vedemu co

$$EG = GH = HM \text{ si } EQ = GR,$$

prin urmare va fi si

$$GH + HM = EG + GH = 2EG;$$

astu-feliu in catu amenduoe espressionile de mai susu se reducu la una, adico

$$\frac{2EG}{\lambda'} - \frac{EQ}{\lambda},$$

care pote sa represinte unu numeru pariu seu impariu de diu-  
metati de undulatiune. Acestu numeru depinde de grosimea  
lamei subtire si de inclinatiunea radielor incidente si pote fi  
determinatu precum urmedia. Fia  $i$ ,  $r$  anghiurile de inciden-  
tia si de refractiune,  $SG = g$  grosimea lamei, si vomu avea  
dupre teoreme cunoscente din trigonometria

$$EG = \frac{SG}{\cos r}, \quad ES = SG \tan r, \quad EQ = EH \sin i.$$

Observandu ca  $EH = 2ES$  vine

$$EQ = 2ES \sin i = 2ES \cdot n \sin r = 2SG \cdot n \sin r \tan r.$$

Prin urmare diferint'ia de mai susu va fi :

$$\frac{2EG}{\lambda'} - \frac{EQ}{\lambda} = \frac{2g}{\lambda' \cos r} - \frac{2ng \sin^2 r}{\lambda \cos r}.$$

Dapre § 29 indicele de refractiune  $n$  represinta raportulu  
intre iutiile de propagatiune a luminei in cele doue medii I

si II, adico  $n = \frac{v}{v_1}$ . Pre de alta parte insemnandu cu  $T$  peri-  
odulu, adico timpula in care miscarea undulatoaria inaintedia  
cu spatiulu  $\lambda$ , vomu avea dupre legile miscarei uniforme

$$\lambda = vT;$$

asemenea va fi si

$$\lambda' = v'T;$$

de unde resulta

$$n = \frac{v}{v'} = \frac{\lambda}{\lambda'} \quad \text{si} \quad \lambda = n \lambda'.$$

Substituindu acesta valoare in expresiunea de mai sus, ea se transforma in

$$\frac{2g}{\lambda' \cos r} - \frac{2ng \sin^2 r}{n \lambda' \cos r}$$

seu

$$\frac{2g}{\lambda' \cos r} (1 - \sin^2 r) = \frac{2g \cos r}{\lambda'}$$

Dupre cum va fi

$$\frac{2g \cos r}{\lambda'} = m, \text{ seu } = m + \frac{1}{2},$$

radiile reflectate seu acelle transmise sunt concordante seu discordante.

Sa punem uo lentilla plan-convessa X pre uo tabla de sticla plana Y (fig. 268); intre elle va fi cuprinsu unu stratu seu uo lama subtire de aeru a carei grosime = 0 la punctulu de contactu C cresce continuu cu departarea  $AB = \rho$  de la acestu punctu. Expresiunea de mai sus

$$\frac{2g \cos r}{\lambda'}$$

va priimi prin urmare valori din ce in ce mai mari si va deveni successiv  $= 0, \frac{1}{2}, 1, 1\frac{1}{2}, 2, 2\frac{1}{2}, 3, 3\frac{1}{2}, \text{etc.}$ , dandu, pentru lumina omogena, alternative puncturi obscure si luminoase; fiindu-co ensa essista uo symmetria completa in giurulu punctului de contactu C, vomu avea impregiurula acestuia uo successiune de innee crescende.

Observatiunea ne areta uo anomalia in privinti'a innelelor reflectate. La punctulu de contactu, unde  $g = 0$  si prin urmare numerulu  $\frac{2g \cos r}{\lambda'} = 0$  este pariu, ar trebui sa avemu lumina,

apoi unu innelu intunecosu, unu luminosu si asia mai inainte. La lumina transmisa innelele se producu intocmai asia; la aceea reflectata ensa se producu inelele luminoase in loculu celloru obscure si vice versa, adico mediulocu in locu de a se incepe cu lumina este intunecosu. Acesta impregiurare semana a ne areta co differenti'a (fig. 267)

$$\frac{EG + GH}{\lambda'} - \frac{EQ}{\lambda} = \frac{2g \cos r}{\lambda'}$$

correspondiandu luminei reflectate, ar fi cu  $\frac{\lambda'}{2}$  mai mica do catu resulta dupre calculele nostre, co adico radi'a EGH propagandu-se intr'unu mediu mai raru (aeru), patiesce la reflessiunea ei la unu mediu mai densu (sticla) ua perdere de iutiela, ua intardiere de  $\frac{\lambda'}{2}$ ; atunci tota anomali'a dispare.

Deca insemnamu cu R radi'a de curbatura a lentillei X (fig. 268), vomu avea, dupre teoreme cunoscute din geometria, perpendicular'a BA =  $g$ , care represinta radi'a innelelor colorate, media proportionala intre celle dooe segmente in cari ea imparte diametrulu, adico

$$g^2 = BC \times (2R - BC) = g(2R - g),$$

seu approssimativu

$$g^2 = 2Rg.$$

Substituindu valorile de mai susu, vomu avea pentru celle dooe sisteme de inelele luminoase si obscure

$$s_1 = \sqrt{2m \frac{\lambda' R}{2 \cos r}}, \quad s_2 = \sqrt{(2m + 1) \frac{\lambda' R}{2 \cos r}}.$$

De aici urmedia 1) co innelele suntu cu atatu mai mari cu catu  $\cos r$  este mai micu, prin urmare cu catu anghiuu  $r$  en-



susi seu  $i$  este mai mare, adico cu catu  $l_0$  observamu intr'ua directiune mai oblica.

2) Innelele suntu cu atatu mai mari cu catu  $R$  este mai mare, adico cu catu lentill'a aro ua curbatura mai mica.

3) Diametrulu inneleloru  $2p$  fiindu proportionalu cu radicin'a patrata a numerului  $2m$  seu  $2m + 1$ , urmedia co innelele crescú mai incetu de catu numerulu de'ordinu allu loru, adico co innele suntu cu atatu mai strense seu mai dese, cu catu se departedia mai multu de centru.

4) Dimensiunile inneleloru scadu pentru valori mai mici alle lui  $\lambda'$ . Lungimea de undulatiune  $\lambda'$  scadiendu pentru radiele celle mai refrangibile de la rosiiu spre violettu, urmedia co innelele de diferite colori nu se producu la acellasi locu. La lumina alba vomu avea dera innele de tote colorile cu rosiiu afara si cu violettu in antru.

Asemenea coloratiuni seu innele se producu si cu *lame grose*, candu atunci elle suntu mai mari si mai intensivu luminate. Aceste innele le potemu produce lesne, asiediendu intr'ua camera intunecosa inaintea gaurei  $A$  a oblonului, pre unde patrundu radiele sorelui, na oglinda *de sticla concava*  $XY$  (fig. 269) astu-feliu in catu centrulu seu de curbatura sa fia langa gaura. Feci'a oglindei trebuie sa fia prafuita, seu acoperita cu unu stratu de aburi seu de lapte cu apa, ca sa dea numai lumina diffusa. Atunci vomu vedea in giurulu gaurei innele colorate mari si intensivu luminate.

Ca sa ne esplicamu productiunea acestoru innele, sa consideramu ua radia de lumina  $AB$ . Ua parte a ei se refracta diffusu in sticla catre  $BC$ ,  $BD$  etc., apoi se reflecta regulatu la dosulu amalgamatu allu oglindei si transmite inderetu radiele  $CB$  si  $DE$ , cari esindu din feci'a oglindei dau era radiele dif-

fuse BP, EP, ce se intalnesc unde va la P. Aceste radie aflandu-se aici in concordantia sau in discordantia, dupre pozitiunea punctului P, voru produce puncturi alternative luminoase si obscure. Fenomenulu presintandu ua symmetria in giurulu gaurei A, se va areta in forma de inele obscure si luminoase. Deoa operamu cu lumina alba, vomu avea inele colorate; pentru co si aici, ca la acelle alle lameloru subtiri, diametrele inoleloru correspundiandu la diferite colori differa intre elle.

### § 33. FORMULELE MISCAREI UNDULATORIE

Sa consideramu ua miscare undulatoria aretata prin lini'a ABCD..... (fig. 270) reportata la ua sistema de axe coordonate rectangulare OX, OY. Fia  $\lambda = AC = CE = \dots$  lungimea de undatiune; T periodulu, adico timpulu in care ua molecula M sau N essecuta ua oscillatiune intrega, in care prin urmare miscarea undulatoria, sau lumin'a, inaintedia cu spatiulu  $\lambda$ . Insemnandu atunci iutiela luminei cu u, vomu avea

$$(1) \quad \lambda = uT \quad \text{seu} \quad u = \frac{\lambda}{T}.$$

Fia onca n numerulu vibratiuniloru essecutate intr'ua secunda si vomu avea

$$(2) \quad nT = 1;$$

si din combinatiunea acestoru duoe formule resulta

$$(3) \quad u = n\lambda.$$

Ua molecula M, prin care ne potemu inchipui co trece axulu Y, essecuta ua miscare pendulara, astu-feliu in catu la timpulu t ea trece prin punctulu M, pentru care  $x = 0$  si  $OM = y$ , cu ua iutiela

$$(4) \quad c = \frac{dy}{dt};$$

era poterea de acceleratiune in acestu momentu este

$$\frac{d^2y}{dt^2}$$

In adeveru mecanic'a analytica ne invetia co, la miscarea pendulara si la ori-ce miscare accelerata, iutiel'a este esprimata prin *derivat'a antea* a spatiului despre timp, era poterea de acceleratiune se mesora cu *derivat'a a duoa*, considerandu mass'a moleculei ecala cu una. Acesta potere de acceleratiune este ua functiune a distantiei  $y = MO$  si potemu admite co ea este proportionala cu acesta distantia, adico

$$(5) \quad \frac{d^2y}{dt^2} = -ky,$$

unde  $k$  este unu numeru positivu, ensa necunoscutu, si s'a pusu semnulu *minus*, ca sa aretamu co poterea de acceleratiune lucrea in directiune opusa la aceea a ordonatelor, cautandu sa apropie molecul'a de axu. Aplicandu la formul'a (5) regulele obicinuite de integratiune, vomu avea

$$2dy \frac{d^2y}{dt^2} = -2kydy,$$

$$d\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 = -k \cdot dy^2,$$

$$\frac{dy^2}{dt^2} = -ky^2 + C \text{ seu } c^2 = -ky^2 + C,$$

unde  $C$  represinta constant'a de integratiune, care se determina prin metodele obicinuite, facendu  $y = a$ , adico considerandu molecul'a la maximum escursiunei, candu atunci iutiel'a pendulara  $c = 0$ ; astu-feliu vomu avea

$$0 = -ka^2 + C, \text{ de unde } C = ka^2,$$

si prin urmare prin substitutiune :

$$(6) \quad c^2 = k(a^2 - y^2) \text{ seu } \frac{dy}{dt} = \sqrt{k} \cdot \sqrt{a^2 - y^2}$$

Scriindu sub form'a

$$\frac{dy}{\sqrt{a^2 - y^2}} = \sqrt{k} \cdot dt$$

si integrandu din nou gasim

$$\frac{d y}{\sqrt{1 - \frac{y^2}{a^2}}} = \sqrt{k} \cdot dt,$$

$$\text{arc sin } \frac{y}{a} = \sqrt{k} \cdot t + C,$$

unde  $C$  inseamna ca era o constanta de integratiune. Observandu co, pentru  $y = 0$ , este si  $t = 0$ , vom determina constant'a  $C = 0$ , si va fi

$$\text{arc sin } \frac{y}{a} = \sqrt{k} t,$$

seu  $y = a \sin \sqrt{k} t$ .

De aici gasim prin differentiatie :

$$c = \frac{dy}{dt} = a \sqrt{k} \cos \sqrt{k} \cdot t.$$

Constant'a  $k$  pote fi determinata prin un'a din aceste doua formule, observandu co candu molecul'a  $M$  a ajunsu la maximum escursiunei, adico la distantia  $a$  care represinta amplitudinea oscillatiunei, timpulu  $t = \frac{T}{4}$ , pentru co a trecut a patra parte din periodulu  $T$ ; atunci va fi

$$a = a \sin \sqrt{k} \cdot \frac{T}{4},$$

seu

$$\sin \sqrt{k} \cdot \frac{T}{4} = 1;$$

de unde resulta

$$\sqrt{k} \cdot \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}, \text{ sau } \sqrt{k} = \frac{2\pi}{T}.$$

Substituindu in valorile de mai susu alle lui  $y$  si  $c$  vine

$$(7) \quad y = a \sin \frac{2\pi t}{T}, \quad c = \frac{2\pi a}{T} \cos \frac{2\pi t}{T};$$

seu insemnandu pentru prescurtare

$$(8) \quad \frac{2\pi t}{T} = \varphi, \quad \frac{2\pi a}{T} = b$$

vomu potea scrie

$$(9) \quad y = a \sin \varphi, \quad c = b \cos \varphi.$$

Aici  $b$  represinta maximum iutiei de oscillatiune si depinde de amplitudinea  $a$ . — Aceste formule represinta intr'unu momentu datu  $t$  miscarea, adico positiunea si iutiel'a unei molecule  $M$  despre positiunea ei de ecilibru.

Candu molecul'a  $N$  este departata de origina cu distanti'a  $OP = x$ , atunci insemnandu cu  $t$  timpulu de la inceperea miscarei in  $O$  pene la sosirea ei la  $M$ , era cu  $t'$  timpulu pene la sosirea la  $P$ , va trebui sa inlocuim in formulele de mai susu (7) pre  $t$  prin differenti'a  $t - t'$ , ceea ce da

$$(10) \quad \begin{cases} y = a \sin \frac{2\pi(t-t')}{T} = a \sin \left( \frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi t'}{T} \right), \\ c = b \cos \frac{2\pi(t-t')}{T} = b \cos \left( \frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi t'}{T} \right). \end{cases}$$

Fia  $u$  iutiel'a luminei si vomu avea

$$x = ut', \quad \lambda = uT, \quad \frac{t'}{T} = \frac{x}{\lambda}.$$

Sa insemnamu enca arculu

$$\frac{2\pi t'}{T} = \frac{2\pi x}{\lambda} = \varepsilon$$

si va fi

$$(11) \quad \begin{cases} y = a \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = a \sin (\varphi - \varepsilon), \\ c = b \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = b \cos (\varphi - \varepsilon). \end{cases}$$

Arculu  $\varepsilon$  se numesce *anomalie*, sau *differentia de fasa*.

Formulele (7), (9) sau (10), (11), ne conduc la expresiunea matematica a intensitatii luminoase  $I$ , corespunzandu unei miscari undulatorie. In adeveru acesta intensitate nu este de catu lucrulu miscarei undulatorie, ce se mesora, dupre cum se areta in mecanica, cu *poterea viva*, adico cu patratulu iutiei  $c$  inmaltitu cu mass'a pre care amu admissu- $o = 1$ . Acestu lucru intr'unu timpu forte scurtu  $dt$  pretinesce

$$c^2 dt, \text{ sau } \frac{4\pi^2 a^2}{T^2} \cos^2 \frac{2\pi t}{T} \cdot dt.$$

si intr'unu periodu, de ess.  $\frac{T}{4}$ , pretinesce

$$\int_0^{\frac{T}{4}} \frac{4\pi^2 a^2}{T^2} \cos^2 \frac{2\pi t}{T} \cdot dt;$$

Intensitatea luminei va fi dera

$$I = \frac{2\pi a^2}{T} \int_0^{\frac{T}{4}} \cos^2 \frac{2\pi t}{T} \cdot d \frac{2\pi t}{T}.$$

Scambandu variabil'a, adico scriendu  $\varphi = \frac{2\pi t}{T}$ , si observandu

co limitele sunt atunci 0 si  $\frac{\pi}{2}$ , vomu gasi

$$\begin{aligned} I &= \frac{2\pi a^2}{T} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \varphi d\varphi \\ &= \frac{\pi a^2}{T} \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) d\varphi \\ &= \frac{\pi a^2}{T} \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\varphi; \end{aligned}$$

prin urmare

$$(12) \quad I = \frac{\pi^2 a^2}{2T}.$$

De aici se vede co,  $\pi$  si  $T$  fiindu constante, *intensitatea luminii* (seu a sunetului si in genere a ori-caria miscarei undulatorie) *este proportionala cu patratulu amplitudinei a.*

#### § 34. COMPOSITIUNEA MISCARILORU UNDULATORIE

Acesta compositiune o vomu face cu trei conditiuni, cu cari se realisa in natura interferenti'a luminei : 1) miscarile componente sa aiba acellasi periodu  $T$  si aceeasi lungime de undulatiune  $\lambda$ , adico sa fia radie de aceeasi colore ; -- 2) radiele sa fia paralele si -- 3) elle sa emane de la acellasi centru luminos.

Sa consideramu anteu *duoe* asemenea miscari undulatorie, represintate dupre formulele (9) si (11) din § precedinte prin egalitatile :

$$(1) \quad y = a \sin \varphi, \quad y_1 = a_1 \sin (\varphi - \delta_1).$$

Ordinat'a resultanta a unei molecule affectate de amenduoe a-

ceste miscari va fi

$$\begin{aligned} Y = y + y_1 &= a \sin \varphi + a_1 \sin (\varphi - \delta_1) \\ &= a \sin \varphi + a_1 \sin \varphi \cos \delta_1 - a_1 \cos \varphi \sin \delta_1 \\ &= (a + a_1 \cos \delta_1) \sin \varphi - a_1 \sin \delta_1 \cos \varphi. \end{aligned}$$

Sa introducemu duoe catimi  $A$  si  $\psi$  legate prin ecalitatile

$$(2) \quad a + a_1 \cos \delta_1 = A \cos \psi, \quad a_1 \sin \delta_1 = A \sin \psi,$$

de unde resulta prin impartire si prin adunarea patrateloru

$$(3) \quad \begin{cases} \operatorname{tang} \psi = \frac{a_1 \sin \delta_1}{a + a_1 \cos \delta_1} \\ A = \sqrt{a^2 + a_1^2 + 2aa_1 \cos \delta_1}. \end{cases}$$

Substituindu in valoarea lui  $Y$  aflamu :

$$(4) \quad \begin{aligned} Y &= A \sin \varphi \cos \psi - A \cos \varphi \sin \psi, \\ Y &= A \sin (\varphi - \psi). \end{aligned}$$

De aici vedemu ca radi'a seu miscarea resultanta este de aceeași natura ca si componentele, adico este ua miscare undulatoria cu amplitudinea  $A$  si cu differinti'a de fasa  $\psi$ , determinate amenduo prin formulele (3). Intensitatea luminei resultante, seu  $A^2$ , va fi mai mare seu mai mica de catu aceea a componenteloru  $a^2$  si  $a_1^2$ , dupre cum  $\cos \delta_1$  este positivu seu negativu.

La casurile extreme, candu

$$\cos \delta_1 = +1, \text{ seu } \cos \delta_1 = -1,$$

seu candu

$$\delta_1 = \frac{2\pi x}{\lambda} = 2m \cdot \pi, \text{ seu } = (2m + 1) \pi,$$

vomu avea valorile massimale si minimale alle lui  $A^2$ , adico luminile se voru adauga seu se voru nimici; dera atunci resulta co

$$x = 2m \frac{\lambda}{2}, \text{ seu } x = (2m + 1) \frac{\lambda}{2};$$



casuri pre cari le amu consideratu vorbindu despre principiulu lui Young; era miscarile corresponsiatoare le amu numitu concordante seu discordante, dupre cum *differinti'a de drumu* intru celle duoe miscari undulatorie represinta unu numeru pariu seu impariu de diumetati de undulatiune.

Sa consideramu unu casu specialu, acella la care componentele au ua *differintia de drumu*  $x = \frac{\lambda}{2}$ , candu prin urmare *differinti'a de fasa* este  $\varepsilon_1 = \frac{\pi}{2}$ . Formulele corresponsiatoare voru fi atunci

$$(5) \quad y = a \sin \varphi, \quad y_1 = a_1 \sin \left( \varphi - \frac{\pi}{2} \right),$$

$$(6) \quad \text{tang } \psi = \frac{a_1}{a}, \quad A = \sqrt{a^2 + a_1^2},$$

$$(7) \quad Y = A \sin (\varphi - \psi).$$

Vice-versa, considerandu miscarea undulatoria

$$(8) \quad Y = A \sin (\varphi - \psi).$$

o potemu descompune in duoe componente cu *differinti'a de fasa*  $\varepsilon_1 = \frac{\pi}{2}$  si cu amplitudinile  $a$  si  $a_1$  cari suntu respective

$$(9) \quad a = A \cos \psi \text{ si } a_1 = A \sin \psi.$$

Ăceste componente voru fi

$$(10) \quad y = A \cos \psi \cdot \sin \varphi \text{ si } y_1 = A \sin \psi \cdot \sin \left( \varphi - \frac{\pi}{2} \right).$$

Dupre aseste principii potemu lesne sa componemu ori-care numeru de miscari undulatorie, numai sa implinesca celle trei conditiuni puse la inceputulu acestui §. Fia aceste miscari represintate prin ecalitatile

$$(11) \quad y = a \sin \varphi; \quad y_1 = a_1 \sin (\varphi - \psi_1); \quad y_2 = a_2 \sin (\varphi - \psi_2); \dots$$

sa descompunemu pre fa-care din aceste miscari in duce componente cu fase differindu intre elle cu  $\frac{\pi}{2}$ ; formulele de mai susu (9) si (10) dau

$$(12) \quad y' = a \sin \varphi; \quad y'_1 = a_1 \cos \psi_1 \sin \varphi; \quad y'_2 = a_2 \cos \psi_2 \sin \varphi; \dots$$

$$(13) \quad y'' = 0; \quad y''_1 = a_1 \sin \psi_1 \sin \left( \varphi - \frac{\pi}{2} \right);$$

$$y''_2 = a_2 \sin \psi_2 \sin \left( \varphi - \frac{\pi}{2} \right); \dots$$

Resultant'a miscariloru (12) este

$$Y' = \Sigma a \cos \psi \sin \varphi;$$

era aceea a miscariloru (13) este

$$Y'' = \Sigma a \sin \psi \cdot \sin \left( \varphi - \frac{\pi}{2} \right);$$

Resultant'a totala va fi dupre formulele (5), (6), (7):

$$(14) \quad Y = A \sin (\varphi - \psi)$$

unde avemu

$$(15) \quad \begin{cases} A^2 = (\Sigma a \cos \psi)^2 + (\Sigma a \sin \psi)^2 \\ \text{tang } \psi = \frac{\Sigma a \sin \psi}{\Sigma a \cos \psi} \end{cases}$$

## ART. VII. INFLESSIONEA LUMINEI

### § 35. FENOMENULU INFLESSIONEI

*Inflessiunea* luminei, numita enca si *diffractione*, nu este de catu unu fenomenu de interferentia, produsu in casuri determinate, obicinuita la marginile unui corpu opacu, candu atunci lumin'a se intinde si in regiunea ocupata de umbra si radiele de lumina semena a se indouï, a se inflecta. Fenome-

nulu este analogu cu acella allu oglindiloru lui Fresnel si se compune de ua successiune de spectre (fig. 266), deca operamu cu lumina alba; spectrele suntu inlocuite prin bande unicolore, candu operamu cu lumina omogena, rosie, verde etc. — Deca ne uitamu la unu puntu luminos, de ess. la sore, prin pene de passere, prin foile unui arbore, pre langa marginea unei strasinei etc., se presinta ochiului dupre impregiurari coloratiuni forte frumose; *coronele* din giurulu sorelui seu allu lunei suntu fenomene analoge produse prin inflessiunea luminei la ace de gietia ce se afla in suspensiune in atmosfer'a nostra.

Ca sa producemu aceste fenomene cu tota intensitatea loru si cu mare regularitate, introducemu intr'ua camera obscura na radia solara cu ajutorulu aparateloru de projectiune descrise mai susu. Punemu apoi in drumulu acestei radie na *crepatura angusta*; seu unu *corpu opacu subtire*, de ess. unu firu de peru, verfulu unui acu etc.; seu introducemu pene la diumetate din largimea acellei radie de lumina *marginea ascutita* a unei tablite de metallu; seu in fine asiediamu na *retia* de serme subtiri, seu chiaru de trasuri facute cu diamantu pre ua sticla. Tinendu atunci unu cartonu albu la ua distantia convenabila, se voru forma pre densu spectre, alle carora dispositiunea variedia-cu form'a crepaturiloru. Aceste fenomene potu fi observate si subjectivu cu ochiane.

Teori'a undulatiuniloru si cu principiula lui Huyghens (§ 28) esplica forte simplu aceste fenomene.

1) La casulu marginei A a unui corpu opacu AB (fig. 271) na undulatiune sferica CD, venindu de la unu puntu luminos S, nu se pote propaga decatu numai partialu de la A inainte. Fia-care puntu allu portiunei AC, concideratu ca unu centru

nou, va transmite înainte undulatiuni spre cartonul MP. Puncturile M, P, N fiindu neecalu departate de acelle centre noue de undulatiune, differentiele de drumu

$$CM - AM, CP - AP, CN - AN, \text{ etc.}$$

voru fi asemenea neecale intre elle, si se voru gasi puncturi M, m, P, n, N, etc., pentru cari acelle differentie sa fia respective ecale cu

$$2\frac{\lambda}{2}, \frac{\lambda}{2}, 0, \frac{\lambda}{2}, 2\frac{\lambda}{2} \text{ etc.,}$$

adico la cari sa fia alternativu lumina si intunerecu. Largimea bandeloru PM, PN fiindu, ca si la esperienti'a oglindiloru, mai mica pentru radie mai refrangibile, urmedia co, operandu cu lumina alba, vomu avea la M si N spectre cu rosiiu afara si cu violetu in antru, era mediuloculu P, unde tote colorile se suprapunu, va fi albu.

2) La casulu unei creature anguste AB (fig. 272) undulatiunea CD este oprita, afara de portiunea ei AB care trece inainte. Fia-care punctu allu acestei portiuni, consideratu ca unu centru nou, va transmite inainte undulatiuni, cari intalninduse asemenea la puncturile M, P, N, voru produce acelleasi fenomene de interferentia.

3) La casulu unni corpu opacu angusta AB (fig. 273), undulatiunea primitiva CD se imparte in duoe AC si BD si potemu considera tote undulatiunile elementare alle acestoru portiuni ca intrunite in duoe resultante avendu centrele loru respective la C si D. Puntulu P in mediuloculu umbrei, priimindu miscari undulatorie concordante CP si DP, va fi luminos; era puncturile m, n, M, N voru fi alternative obscure si luminoase.

## § 36. CALCULUL MATEMATICU

*Fresnel* si *Schwerd* au dotatu sciinti'a cu lucrari matematiche classice in privinti'a fenomenului de inflessiune; in adeveru formulele acestoru invetiati ne dau mediulu sa calculamu *a priori* tote fasele acestui fenomenu, ori cum va fi produsu. Aici vomu da, dupre *Schwerd*, calcululu unui casu specialu, acella allu unei crepature anguste. Sa consideramu ua legatura de radie luminose SD (fig. 274), perpendiculara pre crepatur'a AB, si sa ne propunemu sa determinamu formul'a miscarei si intensitatea luminei la unu punctu E in dosulu crepaturei, presupunendu co lucramu cu lumina de ua colore determinata, pentru care lungimea de undulatiune fia  $= \lambda$ ; fia enca  $\gamma = AB$  largimea crepaturei, mesorata in millimetre, obicinuitu  $< 2^{\text{mm}}$ ; fia  $\psi = \angle DAE = \angle MAN$  *anghiulu de inflessiune*, adico oblicitatea radielor inflectate, unde AN represinta ua perpendiculara pre directiunea acestoru din urma. Fia amplitudinea totala a luminei propagate directu spre CD ecala cu 1; atunci intensitatea ensasi a ei va fi patratulu unimei, adico  $= 1$  (vedi § 33, form. 12). Sa consideramu ua radia de lumina MF inflectata in directiunea  $\psi$  si trecendu prin punctulu M, departatu de A cu distantia  $AM = x$ . Intardiarea acestei radie in rapportu cu radi'a care trece prin A este

$$MN = x \sin \angle MAN = x \sin \psi,$$

si dupre formulele (11) din § 33 differinti'a de fasa seu anomali'a correspundiatore va fi

$$(1) \quad \delta = \frac{2 \pi x \sin \psi}{\lambda}.$$

Observandu acum co amplitudinea de oscillatiune  $\alpha$ , corres-

pundiatore acestei radie o gasim prin proportiunea

$$r : dx = 1 : \alpha, \text{ de unde } \alpha = \frac{dx}{r},$$

vom putea reprezenta miscarea undulatoria care trece prin punctul M prin egalitatea

$$(2) \quad y = \frac{dx}{r} \sin(\varphi - \delta).$$

Dandu lui  $x$  toate valorile posibile de la 0 pene la  $r$ , vom reprezenta toate radiile trecandu prin crepatur'a AB prin egalitati analoge cu aceea de mai susu, cari difera intre ele numai prin anomaliiile lor  $\epsilon$ . Toate aceste radie voru avea un rezultat pre care o gasim dupre formulele (16) din § 34, adico

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{l} Y = A \sin(\varphi - \psi), \\ A^2 = \left( \int_0^Y \frac{dx}{r} \cos \frac{2\pi x \sin \phi}{\lambda} \right)^2 + \left( \int_0^Y \frac{dx}{r} \sin \frac{2\pi x \sin \phi}{\lambda} \right)^2, \\ \text{tang } \psi = \frac{\int_0^Y \frac{dx}{r} \sin \frac{2\pi x \sin \phi}{\lambda}}{\int_0^Y \frac{dx}{r} \cos \frac{2\pi x \sin \phi}{\lambda}}. \end{array} \right.$$

Aceste integrale se potu calcula lesne precum urmedia

$$\begin{aligned} \int_0^Y \frac{dx}{r} \cos \frac{2\pi x \sin \phi}{\lambda} &= \frac{\lambda}{2\pi r \sin \phi} \int_0^Y d \cdot \frac{2\pi x \sin \phi}{\lambda} \cos \frac{2\pi x \sin \phi}{\lambda} \\ &= \frac{\lambda}{2\pi r \sin \phi} \int_0^Y \cos^2 \delta \cdot d\delta = \frac{\sin 2\omega}{2\pi r \sin \phi} = \frac{\sin 2\omega}{2\pi}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_0^Y \frac{dx}{Y} \sin \frac{2\pi x \sin \psi}{\lambda} &= \frac{\lambda}{2\pi\gamma \sin \psi} \int_0^Y d \cdot \frac{2\pi x \sin \psi}{\lambda} \sin \frac{2\pi x \sin \psi}{\lambda} \\ &= \frac{\lambda}{2\pi\gamma \sin \psi} \int_0^Y \sin \delta \cdot d\delta \\ &= -\frac{\lambda}{2\pi\gamma \sin \psi} \left( \cos \delta \right)_0^Y = \frac{1 - \cos 2\omega}{2\omega}, \end{aligned}$$

unde s'a pusu pentru prescurtare  $\omega = \frac{\pi\gamma \sin \psi}{\lambda}$ .

Redicandu la patratu si adunandu vine :

$$A^2 = \frac{\sin^2 2\omega + (1 - \cos 2\omega)^2}{4\omega^2} = \frac{2(1 - \cos 2\omega)}{4\omega^2},$$

si dupre formulele trigonometriei

$$(4) \quad A^2 = \frac{\sin^2 \omega}{\omega^2} = \left( \frac{\sin \frac{\pi\gamma \sin \psi}{\lambda}}{\frac{\pi\gamma \sin \psi}{\lambda}} \right)^2.$$

Cunoscendu largimea crepaturei  $\gamma$  si lungimea de undulatiune  $\lambda$ , vomu putea calcula intensitatea luminei  $A^2$  pentru orice anghiu de inflessiune  $\psi$ .

Este lesne de vediutu ca formul'a (4) priimesce valori minimale, devenindu = 0, de ori cate ore

$$(5) \quad \sin \frac{\pi\gamma \sin \psi}{\lambda} = 0,$$

adico vomu avea minima luminei in tote directiunile pentru cari anghiu de inflessiune  $\psi$  priimesce valorile date de egalitatea

$$(6) \quad \frac{\pi\gamma \sin \psi}{\lambda} = 2m \cdot \frac{\pi}{2}, \text{ sau } \gamma \sin \psi = 2m \cdot \frac{\lambda}{2},$$

$m$  insemnandu unu numeru intreg si pozitivu.

*Fraunhofer* profitandu de aceste rezultate teoretice a essecutatu mesurile lui, devenite clasice in optica, prin cari a de-

terminata lungimea  $\lambda$  de undulatiune correspunsiendu radielor de diferite colori. In adeveru ecalitatea de mai susu (6) seu

$$(7) \quad \lambda = \frac{\gamma \sin \psi}{m},$$

ne da valorile lui  $\lambda$  cu ceea mai mare precisiune, candu mesoramu anghiurile de inflessiune  $\psi$ , correspunsiendu la  $m = 1, = 2, = 3$ , adico la minimum anteu, allu 2-lea, allu 3-lea etc. Insemnandu cu  $n$  numerulu vibratiuniloru seu allu undulatiuniloru essecutate pre secunda, cu  $u$  intiel'a luminei, avemu

$$(8) \quad n \lambda = u,$$

astu-feliu in catu cunoscendu  $\lambda$ , si  $u$  vomu potea lesne sa determinamu pre  $n$ . In modulu acesta s'au calculatu valorile lui  $\lambda$  correspunsiendu radielor spectrului de diferita refrangibilitate precum si acelle alle lui  $n$ . Tabellulu urmatoru cuprinde cate-va din aceste valori.

$\lambda$ correspunsiandu		$n$
liniei B din rosii	0. <sup>mm</sup> 000628	450000000 millione
> D > orange	0. 000589	526000000 >
> E > verde	0. 000526	589000000 >
> F > albastru	0. 000485	640000000 >
> H > violettu	0. 000393	790000000 >

Formul'a (4) priimesce si valori massimale, adico suntu valori determinate alle anghiului de inflessiune  $\psi$ , la cari correspundu maxima intensitatii luminoase. Intr'ua lucrare matematica publicata in streinetate pre la 1860, am arelatu cum se potu determina aceste massima, cari nu au potutu fi determinate pene atunci, precum si metode pentru a gasi formulele generale represintandu fenomenulu inflessiunei, ori care va fi form'a crepaturei. Derivat'a functiuni



$$A = \frac{\sin \frac{\pi \gamma \sin \psi}{\lambda}}{\frac{\pi \gamma \sin \psi}{\lambda}} = \frac{\sin \omega}{\omega}$$

despre  $\psi$  fiindu

$$\frac{\omega \cos \omega - \sin \omega}{\omega^2} \cdot \frac{d\omega}{d\psi} = \frac{\omega \cos \omega - \sin \omega}{\omega^2} \cdot \frac{\pi \gamma \cos \psi}{\lambda},$$

conditiunea mässimului este ca acesta expresiune sa se anulleie, ceea ce nu se pote de catu numai candu

$$\omega \cos \omega = \sin \omega, \text{ seu } \omega = \tan \omega,$$

seu enca

$$\frac{\pi \gamma \sin \psi}{\lambda} = \tan \frac{\pi \gamma \sin \psi}{\lambda}.$$

Ecalitatea

$$(9) \quad \omega = \tan \omega$$

pote fi satisfacuta pentru valori lui  $\omega$  cari suntu pucinu inferiore de  $3 \frac{\pi}{2}$ ,  $5 \frac{\pi}{2}$ ,  $7 \frac{\pi}{2}$ ,  $9 \frac{\pi}{2}$  etc. si se determina cu ceea mai mare precisiune, precum am aretatu in lucrarea mentionata. In tabellulu urmetoru s'au inserisu valorile lui  $\omega$  si acelle alle lui  $A^2$  correspundiandu celloru d'anteiu cinci massima.

	$\omega = \frac{\pi \gamma \sin \psi}{\lambda}$	$A^2$
0	0° 0' 0"	1, 00000
1	257 27 12	0, 04719
2	442 37 28	0, 01648
3	624 45 36	0, 00834
4	805 56 1	0, 00503

## ART. VIII. REFRACTIUNE INDUOITA

## § 37. FENOMENE LA CRISTALLE UNIAXE

Se gasescu in natura substantie cristallizate cari au proprietatea interessanta de a descompune prin refractiune ua radia de lumina in duoe, de a da prin urmare *duoe radie refractate*. Acesta a fostu observatu pentru prima ora la spatulu de Islanda pre la 1669 de catre ollandesulu *Erasmus Bartholinus*; dera *Huyghens* a studietu fenomenulu in tota estensiunea, atatu sub punctulu de vedere experimentalu, catu si sub acellu matematicu.

Deca observamu printr' unu spatu unu objectu, de ess. ua trasura seu unu punctu pre chartia, lu vedemu induoitu, spatulu ne areta duoe imagini alle objectului, una *fissa*, ceea alta *mobila* si invertinduse in giurulu cellei d'anteiu, candu invertimu spatulu in planulu seu. Spatulu si alte asemenea cristalle dau prin urmare duoe radie refractate, una cuprinsa in planulu de incidentia si supusa legei sinussiloru, care se numesce *ordinara*, se insemnedia obicinuitu cu  $O$  si are unu indice de refractiune *constantu*, numitu asemenea *ordinaru*; ceea-alta, numita *estraordinara* si insemnata obicinuitu cu  $E$ , esindu in genere din planulu de incidentia si nesupusa legei sinussiloru, presentandu prin urmare unu indice de refractiune *variabilu*, numitu *estraordinaru*.

Indicele de refractiune variabilu allu radieloru *estraordinare* este in permanentia *mai micu* pentru une cristalle, *mai mare* pentru celle alte, de catu indicele *ordinaru*. Deca insemnamu cu  $i$  unu anghiu ore care de incidentia, cu  $O$  si  $E$  anghiuirile de refractiune *ordinara* si *estraordinara* *correspondi* tore acei incidentie, cei doi indici voru fi *representati* prin

caturile respective

$$\frac{\sin i}{\sin o} \text{ si } \frac{\sin i}{\sin e}$$

De aici resuta co pentru celle d'anteiu cristalle, la cari indicele radiei extraordinare remane in permanentia *mai micu* de catu acellu ordinaru, anghiulu de refractiune extraordinara e este *mai mare* de catu  $\theta$  si prin urmare *radi'a extraordinara este mai departata de normala de catu aceea ordinara*; asemenea cristalle suntu spatulu, mic'a, rubinulu etc. si se numescu *negative* seu si repulsive. Din contra la cristalle, la cari indicele radiei extraordinare remane in permanentia *mai mare* de catu acellu ordinaru, anghiulu de refractiune extraordinara e este *mai micu* de catu  $\theta$  si prin urmare *radi'a extraordinara este mai apropiata de normala de catu aceea ordinara*; asemenea cristalle suntu cuarzulu, gieti'a etc. si se numescu *positive* seu si attractive.

Studiendu mai de aproape directiunile celloru duoe radie refractate prin aceste diferite cristalle, vomu gasi ua directiune determinata si *unica*, in care radi'a incidenta se propaga prin cristallu fara a se despica in duoe; acesta directiune, care represinta ua sistema de drepte paralele intre elle si cu axulu cristallograficu, s'a numitu *axu opticu*, era tote cristallele birefringente, cu *unu* axu opticu, s'au numitu *uniaxe*, ca sa fia deosebite de alte cristalle, asemenea birefringente, presintandu ensa duoe directiuni, inclinate intre elle, in cari nu se face bifurcatiunea radielor de lumina. — Unu planu paralelu cu axulu opticu unui cristallu si normalu pre ua fecia a lui se numesce *sectiune principala* a acestei fecie; sectiunea principala cuprinde dera axulu opticu si normal'a puntului de incidentia, nu coincide ensa totu de una cu planulu de incidentia.

In fine sa observamu co fenomenulu refractiunei induoite pote fi aretatu si in projectiune printr'ua dispositiune analoga cu aceea a microscopului solaru, unde in loculu objectului microscopicu se asiedia unu cristallu birefringentu.

### § 38. LEGILE LUI HUYGHENS

Huyghens a aretatu printr'ua seria de experimente si de calcule matematice, alle carora espunere ne ar conduce prea departe, co candu ua radia de lumina patrunde intr'unu cristallu uniaxu, ea se propaga inainte prin duoe undulatiuni cu iutieli diferite, una sferica si ceea-alta avendu form'a unui elipsoidu de rotatiuno. Dopre positiunea axului opticu despre feci'a de intrare a luminei si despre radii'a incidenta, se scamba si positiunea undulatiunei ellipsoidale, si impreuna cu densa directiunea radiei estraordinare. Ecce aici cate-va din rezultatele celle mai principale aflate de Huyghens.

1) Ua radia de lumina *ore care*, intrandu printr'ua fecia naturala seu artificiala a unui cristallu uniaxu, se bifurca in genero in duoe, cari se propaga in interiorulu cristallului in duoe directiuni diferite, una supusa legiloru de refractiune ordinara, ceea-alta, estraordinara, supusa unei legi speciale, exprimate printr'ua formula matematica forte complicata. Aceste duoe radie nu mai au tote calitatile luminei naturale, elle suntu modificate intr'unu modu specialu, suntu *polarisate*, precum vomu areta in articolulu urmetoru.

2) Ua radia de lumina *normala* pre feci'a de intrare se desface in duoe in interiorulu cristallului, una ordinara, propaganduse nedevietu in directiunea normalei; ceea-alta estraordinara, devieta lateralu.

3) Ua radia *normala* pre feci'a de intrare, propaganduse

in *directiunea axului opticu*, nu se bifurca, se propaga in interiorulu cristallului fara refractiune induoita.

4) Candu planulu de incidentia cuprinde axulu opticu, adico candu radi'a incidenta se propaga in *sectiunea principala*, radiiele refractate remanu amenduo cuprinse in acestu planu; ensa numai ceea ordinara este supusa legeri sinussiloru, era indicele radiei estraordinare variedia cu anghiulu de incidentia.

5) Candu radi'a incidenta este cuprinsa *intr'ua sectiune perpendiculara pre axulu opticu*, ea se bifurca in interiorulu cristallului in duoe, cari amenduo remanu cuprinse in aceea sectiune si supuse legeri sinussiloru. Indicii de refractiune corrispundiatori suntu constanti, ensa differa intre ei; unulu, *indicele ordinaru*  $n$ , este acellasi ca si pentru celle-alte radie ordinare din ori ce sectiune; cellu-altu  $n_e$ , numitu mai specialu *indice estraordinaru* si constantu pentru tote incidentiele din acesta sectiune, este cellu *mai micu* (cristalle negative) seu cellu *mai mare* (cristalle positive) dintre toti indici de refractiune ai cristallului ce consideramu. Astu-feliu avemu

pentru spatu  $n_o = 1,654$ ,  $n_e = 1,484$ ;

pentru cuarzu  $n_o = 1,542$ ,  $n_e = 1,551$ .

6) Dintre tote radiiele considerate sub 5), adico cuprinse in sectiunea perpendiculara pre axulu opticu, este una singura, *normala* pre fecia de intrare, care se propaga fara deviatune si in apparintia fara bifurcatiune; in realitate ensa ea se desface in duoe, mergendu amenduo in aceeaasi directiune, ensa cu iutieli diferite, *polarisate rectangularu* intre elle si producendu fenomene speciale de interferentia. (Vedi art. IX si X.)

## § 39. OCHIANULU LUI ROCHON

Ochianulu lui *Rochon*, represintatu in sectiune (fig. 275), este ua applicatiune a refractiunei induoite si servece pentru a mesora distantia a unui objectu de marime cunoscuta, seu pentru a determina marimea objectului, candu cunoscemu distantia a lui de la punctulu de unde lu observamu cu acestu ochianu. Acestu ochianu se compune, ca ori ce ochianu astronomicu, de unu objectivu si unu ocularu, are ensa in interiorulu lui ua prisma de *cuarsu*  $P$  mobila in lungulu ochianului. Ua scara  $FP$  servece spre a mesora distantia a prisme  $P$  de la focarulu  $F$  allu objectivului. Prism'a  $P$  ensasi este formata din duoe prisme rectangulare suprapuse la feciele hypotenuse alle loru; prism'a I are feci'a de immergentia  $MM$  taiata perpendicularu pre axulu opticu allu ei, astu-feliu in catu acesta se afla in directiunea axului ochianului; prism'a II are feci'a de emergentia  $RS$  paralela cu axulu opticu; modulu in care aceste duoe diumetati suntu riglate in figura areta directiunea axeloru respective. Radie de lumina venindu de la unu objectu departatu  $AB$ , cadiendu aprope normalu pre feci'a  $MM$ , se transmite inainte pene la hypotenus'a  $NR$ , fara deviatune si fara bifurcatune (3), § 38). De la  $NR$  inainte radiiele intrandu in prism'a II in sectiuni perpendiculare pre axu, se voru bifurca, dupre cum s'a disu la 5) § 38, in radie ordinare cari dau imaginea *ordinara*  $ab$ , si in radie *estraordinare* cari dau imaginea *estraordinara*  $bb'$ . Aceste duoe imagini  $ab$  si  $bb'$  voru avea positiuni si intensitati luminoase forte variabile si voru fi in genere departate intre elle, seu acoperite partialu; invertindu ochianulu in giurulu axului seu si miscandu prism'a in lungulu ochianului, vomu face ca amenduoe imaginile sa

aiba aceeași intensitate luminoasă, să fie pe aceeași linie dreaptă și, ceea ce este mai principalu, să se atingă între ele precum se arată în figura; atunci mesorăm distanța FP. Triunghiurile asemenea AOB, aOb dau

$$\frac{AB}{AO} = \frac{ab}{aO};$$

era din triunghiulu dreptunghi **bax** resulta

$$ab = ax \operatorname{tang} axb,$$

de unde

$$\frac{AB}{AO} = ax \cdot \frac{\operatorname{tang} axb}{aO}.$$

Să însemnăm cu  $\varepsilon$  unghiulu **axb**, adică deviatiunea constantă între razi ordinari și extraordinari, cându ele suntu cuprinse într'ua secțiune perpendiculară pe axulu opticu (vedi 5. § 38), să observăm că  $ax = PF = \mu$  este distanța mesurată pe scară, era  $aO = f$  distanța focală a obiectivului, și vomu avea

$$\frac{AB}{AO} = \mu \cdot \frac{\operatorname{tang} \varepsilon}{f}.$$

*Tang  $\varepsilon$*  se poate calcula prin formulele matematice ale refracțiunei inducite, adică din

$$\varepsilon = e - o, \quad \frac{\sin i}{\sin o} = n_o, \quad \frac{\sin i}{\sin e} = n_e;$$

distanța focală **f** a ocularului poate asemenea fi presupusă ca cunoscută; vomu putea dera să calculăm mărimea obiectului AB, cându cunoștem distanța AO și vice-versa.

Să observăm în fine că putem fi scutiți de a determina de a dreptulu deviatiunea  $\varepsilon$  și distanța focală **f**. Nu avem de cătu să facem o experiență prealabilă într'unu casu, în care cunoștem mărimea AB, distanța AO, și numărulu di-

visiuniloru  $\mu$ . Atunci ecalitatea de susu ne da ua data pentru totu de una valorea raportului  $\frac{\text{tang } \delta}{f} = c$  si la fia-care esperimentu nouu nu avemu de catu sa observamu divisiunile  $\mu$ , cari correspondu la coincidenti'a celloru duoe imagini. Formul'a

$$\frac{AB}{AO} = c\mu$$

ne da atunci pre AB seu pre AO, dupre cum vomu cunosce mai de inainte pre AO seu pre AB.

#### § 40. CRISTALLE BIAXE

Suntu cristalle birefringente, ca aragonitu, gipsu etc., la cari *amenduo*e radiiele frante suntu estraordinare, esindu amenduo<sup>e</sup> din planulu de incidentia si deviendu amenduo<sup>e</sup> de legea sinussiloru. La aceste cristalle se observa *duoe directiuni*, dupre cari ua radia de lumina strabatandule in conditiuni determinate, *nu se bifurca*, cellu pucinu in apparitia; aceste directiuni s'au numitu *axe optice*, dera nu coincide cu axele cristallografice; bissectricea anghiului ascutitu dintre aceste axe s'a numitu *linia media*, era aceea a anghiului obtusu, *linia supplementara*; cristallele ensusi s'au numitu *biaxe*. *Sectiuni principale* suntu aici *duoe*, amenduo<sup>e</sup> perpendiculare pre planulu axeloru optice si trecendu una prin lini'a media, era cea alta prin lini'a supplementara.

Deviatiunea celloru duoe radie frante prin aceste cristalle este in genere forte mica si de aceea mai greu de observatu directu. Aceste radie fiindu ansa modificate, *polarisate*, si forte apropiete intre elle, producu fenomene speciale si caracteristice de interferentia, ce vomu cunosce mai tardiu.

Axele optice alle acestoru cristalle nu reprezinta in reali-



tate directiuni in cari radiile de lumina trecu fara bifurcatiune; din contra ua radia de lumina, care se propaga in directiunea axului opticu, se descompune intr'ua *multime* nenumerala de radie seu miscari undulatorie elementare, asiediate tote pre suprafeci'a convessa a unui conu forte angustu, astufeliu in catu unu ochiu observandu in acesta directiune unu puntu luminos, lu vede desfasioratu in form'a unui innelu micu luminos; acestu fenomenu s'a numitu *refractiune conica* si se pote observa cu cristalle ceva mai mari de aragonitu.

#### § 41. CATE-VA IDEI TEORETICE

*Fresnel* a impartitu tote mediile transparente in duoe, in *isotrope* cari ne dau refractiunea obicinuita si suntu tote corpurile amorge, si acelle cristallisate in sistem'a anteia seu cubica; si in medii *anisotrope* cari producu fenomenulu refractiunei induoite si suntu tote corpurile din celle alte sisteme cristalline, ensa acelle din sistem'a tetragonala si hexagonala suntu *uniaxe*, era acelle din sistem'a rombica, clinorombica si romboedrica suntu *biaxe*; asemenea unu corpu amorge areta caracterele corpuriloru anisotrope, candu structur'a lui a fostu modificata intr'unu modu violinte, de ess. prin operatiunea calitului, seu printr'ua compressiune mare.

Indicele de refractiune variendu intre duoe limite,  $n_0$  si  $n_1$ , urmedia co si iutiel'a de propagatiune a luminei variedia in differitele directiuni alle mediiloru anisotrope. *Fresnel* a admissu co acesta ar fi consecinti'a *differitei elasticitatici* a eterului in differitele directiuni alle cristallului. In timpii moderni *MacCullagh* si *Neumann*, autoritatile actuale celle mai mari in cestiuni de optica matematica, admittu din contra co eterulu are ua elasticitate constanta, attribuescu ensa anisotropi'a

*variatiunei densitatiei* lui si ajungu in modulu acesta la rezultate multu mai generale si mai conforme cu observatiune. Dupre aceste principii essista in interiorulu corpuriloru anisotrope duoe directiuni de elasticitate massimala si minimala, respective densitate minimala si massimala; ua miscare undulatoria intrandu intr'anu asemenea mediu nu se pote propaga de catu numai in aceste duoe directiuni, ceea ce da celle duoe radie refractate. Ua desvoltare mai lunga si matematica a acestoru principii trece preste limitele acestui tractatu.

## ART. IX. POLARISATIUNEA LUMINEI

### § 42. NATUR'A SI PRODUCTIUNEA LUMINEI POLARISATE

Ua radia de lumina refractata sau reflectata in conditiuni speciale patiesce ua modificare mai multu sau mai pucinu profunda a constitutiunei selle fisice, numita *polarisatiune* si descoperita de *Huyghens* la 1690. Ua radia polarisata perdo natur'a ei simetrica in giurulu directiunei selle de propagatiune si se cunoose in esterioru prin impregiurarea ce nu ma pote fi transmissa (prin refractiune sau reflexiune) de catu numai in directiuni sau *azimuturi* determinate. Lumin'a pote fi polarisata in diferite moduri :

1) *Prin refractiune induoita* precum a descoperitu *Huyghens*. Celle duoe radie in cari se despica lumin'a la cristalle birefringente nu mai constituiescu lumina naturala; fiecare din elle este polarisata, adico a perdutu proprietatea de a se transmite in tote directiunile. Deca punemu unu spatu de Islanda pre ua foia de chartia cu ua trasura negra, vomu vedea duoe

imagini alle acesteia, una  $O$  si alta  $E$ ; deca acoperimu pre un'a din elle, lasandu numai pre  $O$  de ess., si punemu preste acellu spatu unu allu duoilea spatu, vomu vedea in genere imaginea  $O$  desfacuta in alte duoe,  $o$  si  $e$ , de differite intensitati lumineuse, si potemu stinge dupre voia imaginea  $o$  seu  $e$ , invertindu pre allu duoilea spatu in planulu seu. Candu sectiunile principale alle acestoru duoe spaturi suntu paralele intre elle, se propaga numai radi'a  $o$ , era ceea alta este stinsa, nu se pote propaga in acesta positiune a cristallului allu duoilea; candu intorcemu spaturile astu-feliu, ca sectiunile loru sa fia perpendiculare intre elle, atunci trece numai radi'a  $e$ , era  $o$  este stinsa. Radi'a  $O$  din spatula anteu este prin urmare modificata, *polarisata*. Asemenea potemu experimeta si cu radi'a  $E$ .

2) *Prin reflexiune*, precum a aretatu *Malus* pre la 1810. Ua radia de lumina reflectata printr'ua oglinda sub ua incidentia determinata, nu mai pote fi transmisa printr'ua a duoa oglinda seu printr'unu spatu de catu numai la azimuturi determinate alle acestora, este prin urmare polarisata.

3) Lumin'a pote enca fi polarisata si *prin refractiune simpla*, precum au aretatu *Brewster*, *Malus* si *Biot* pre la 1811; se cere numai pentru acesta ca refractiunea sa se repete de mai multe ore, ceea ce se face, candu ua radia de lumina strabate prin mai multe table de sticla suprapuse.

Numimu *planu de polarisatiune* allu unei radie de lumina polarisata, acellu planu de incidentia despre a duoa oglinda (vedi mai susu 2), pentru care radi'a reflectata are maximum intensitatiei lumineuse.

#### § 43. APPARATE DE POLARISATIUNE

S'au construitu *apparate de polarisatiune* destinate sa ne

procure cu inlesnire lumina polarisata , cari ne permittu totu de ua data sa observamu tote fenomenele de polarisatiune si de interferentia a luminei polarisate. Aici vomu descrie numai *pincett'a cu turmaline* si aparatulu lui *Nörremberg* , cari suntu celle mai usitate.

*Pincett'a de turmaline* (fig. 276) se compune din duoe table mici de turmalina, taiate paralelu cu axulu cristallograficu si cari se potu inverti in planulu loru. Turmalin'a este unu cristallu din sistem'a hexagonala , da prin urmare prin refractiune duoe radie polarisate , are ensa proprietatea interesanta de a stinge pre aceea ordinara, transmitiandu numai radi'a estraordinara. Acesta singura radia, care trece prin turmalin'a A , o potemu lasa sa treca si prin B , seu o potemu stinge, dupre cum axulu opticu, seu sectiunea principala a lui B, va fi paralela seu perpendiculara pre aceea a lui A. Intre turmalinele A si B se potu pune diferite cristalle pre cari vomu sa le studiemu sub puntulu de vedere opticu.

*Apparatulu de polarisatiune*, numitu si *microscopu de polarisatiune* , allu lui *Nörremberg*, se compune de ua oglinda orizontala O (fig. 277) de ua tabla de sticla inclinata S seu *polarisatorulu*, si de unu tubu t care porta *analisorulu* A ; acestu din urma pote sa fia ua oglinda negra, seu ua impreunare de mai multe tablitie de sticla, seu ua astu-feliu numita *prisma lui Nicol*. Ua radia de lumina naturala cadiendu pre polarisatorulu S sub unu anghiu convenabilu se *polariscidia* reflectanduse catre oglind'a O ; de aici se reflecta in directiune verticala catre analisorulu A. Dupre cum planulu de polarisatiune allu acestui din urma va fi paralelu cu acella allu polarisatorului S , seu perpendicularu pre densa , ochiulu va vedea in directiunea axului verticalu allu instrumentului cam-

pulu luminatu seu obscuru. Pre disculu P se potu pune lame de cristallu pentru diferite studii optice; era lentill'a I, care pote fi inlocuita chiaru printr'unu microscopu intregu, servece pentru a mari campulu instrumentului.

Unu *nicolu* este unu cristallu de spatu, taiatu si preparatu astu-feliu, in catu sa nu pota esi dintr'ensu de catu numai una din radiele in cari se bifurca ua radia de lumina incidenta XA (fig. 278). La unu spatu, allu carui sectiune longitudinala este unu paralelogramu MN cu anghiurile din M, N ecale cu  $71^\circ$ , se taia feciele Mm, Nn astu-feliu ca inclinatiunea loru pre comele longitudinale Mn sa fia micusiorata si redusa numai la  $68^\circ$ , precum se vede la EF. Cristallulu astu-feliu preparatu cu feciele artificiale ED si CF se taia in duoe bucati EDC si DCF, in directiunea diagonala CD, perpendiculara pre feciele ED si CF; aceste duoe bucati se lipescu la locu cu *balsamu de canada*, indicele de refractiune allu acestuia fiindu cuprinsu intre cei doi indici  $n_o$  si  $n_e$  ai spatului. Ua radia XA se bifurca la A in duoe, una estraordinara Ae care se propaga inainte spre Y, ceea-alta ordinara Ao care in conditiunile de fecia, cadiendu forte oblicu si propaganduse catre unu mediu mai raru (pentru ce  $n$  allu balsamului este  $< n_o$ ), patiesce reflexiunea totala catre OZ si nu se mai pote transmite inainte. Radi'a eY, singura care ese, este polarisata.

Fenomenele de polarisatiune potu fi aretate si in projectiune printr'unu apparatusu analogu cu microscopulu solaru; oglind'a acestuia se face atunci negra, pentru ce ogliindile ordinare nu dau lumina polarisata, reflexiunea facenduse in realitate la suprafeci'a *metallica* din dosulu ogliindei si polarisatiunea metalleloru fiindu aprobe nulla.

## § 44. CATE-VA NOTIUNI TEORETICE DESPRE POLARISATIUNE

1) Refractiunea inducita a luminei este totu de una inso-cita de fenomenulu polarisatiunei. Cella duoe radie in cari se desface ua radia de lumina la medii birefringento suntu *polarisate rectangularu* intre elle. La cristalle *uniaxe radi'a ordinara este polarisata paralelu cu sectiunea principala*, a-dico si are planulu de polarisatiune paralelu cu acesta sectiune; era *radi'a extraordinara este polarisata perpendicularu pre sectiunea principala*.

2) La *refractiune simpla* planulu de polarisatiune este perpendicularu pre planulu de refractiune, prin urmare si pre acella de incidentia.

3) La *reflessiune* planulu de polarisatiune este paralelu cu acella de incidentia.

4) De aici resulta co la aparate de polarisatiune vomu avea lumina seu *intunerecu*, dupre cum polarisatorulu si analysatorulu voru avea planurile loru de polarisatiune *parallele* seu *perpendicularare* intre elle.

5) *Legea lui Brewster*. Reflessiunea si refractiunea simpla nu ne dau totu de una lumina polarisata in maximum; acesta se produco numai candu incidenti'a se faco sub unu anghiu favorabilu, acella numita *anghiu de polarisatiune*, care variedia dupre substantie si este pentru stiela de  $54^{\circ} 30'$ . *Brewster* a aretatu experimentalu si teoreticu co *tangent'a anghiu-lui de polarisatiune este ecala cu indicele de refractiune*, a-dico

$$\tan i = n;$$

si fiindu-co

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n,$$

urmedia co :

$$\cos i = \sin r, \text{ seu } i + r = 90^{\circ}.$$

Acestă este condițiunea polarisatiunei prin reflexiune sau refractiune simplă, adică ca *radi'a incidenta sa fie perpendiculară pe aceea refractată.*

6) Lumin'a nu se polarisa nici în totalitate prin refractiune simplă sau prin reflexiune, înainte din cauza luminei difuze și alina douăle din cauza dispersiunei; indicele  $n$  variendu după colore, variația și tang  $i$ , adică cându incidenti'a va da unghiulu de polarisatiune a raziilor roșii, acele violette nu voru prezenta incidenti'a cerută pentru polarisatiunea completă.

7) Lumin'a *atmosferei* este polarisată parțial, în maximum la ună distanță de  $90^\circ$  de la soare.

Asupra naturii interioare a luminei polarisate nu avem încă cunoștințe exacte. Se admite pentru explicațiunea polarisatiunei, că vibrațiunile moleculelor eterice se fac la lumina naturală în toate azimuturile în direcțiuni perpendiculare pe aceea în care se propaga radi'a sau mișcarea undulatorie; la lumina polarisată vibrațiunile aru fi marginite într'unu singuru plan, perpendicularu pe acela de polarisatiune după *Fresnel*, paralelu cu acesta după *Mac-Cullagh* și *Neumann*.

S'au mai observat încă fenomene mai rare care ne arată că lumin'a, fără a fi descompusă, primește încă și alte feluri de modificări analoge cu polarisatiunea. Acele fenomene s'au putut explica admittendu, că moleculele eterice vibrendu descriu cercuri sau ellipse în jurulu pozițiunei lor de echilibru. Aceste modificări ale luminei s'au numit *polarisatiune circulară* și *elliptică* spre a le deosebi de polarisatiunea ordinară sau *drept-lineară*. Unu studiu mai întinsu alu acestor teorii trece peste limitele acestei cărți.

## ART. X. INTERFERENȚA LUMINEI POLARISATE, SEU POLARISATIUNEA CROMATICĂ

### § 45. FENOMENUL ȘI LEGILE INTERFERENȚEI LUMINEI POLARISATE

Radiale de lumina polarisată care se propaga prin cristale birefringente produc fenomene interesante de interferență, descoperite de *Wollaston*, *Seebeck*, *Brewster* și alți, și care pot fi observate cu aparatul de polarizare al lui *Nörrenberg*, sau pot fi arătate în proiecție. Cele mai interesante din aceste fenomene sunt cele următoare.

1) Dacă punem între polarizator și analizator pe tablă P (fig. 277) o lamă de cristall uniax, de es. de spatul de Islanda, tăiată perpendicular pe axul optic, vom vedea o serie de inele colorate (fig. 279), tăiate printr-o cruce neagră sau albă, după cum planurile de polarizare a analizatorului și a polarizatorului vor fi rectangulare sau paralele între ele; mediulocul va fi asemenea negru în cazul al celui, alb în al doilea caz, era nici o dată colorat.

2) Când lamă de cristall este tăiată paralel cu axul optic și destul de grosă, atunci se vedu linii colorate în forma de hiperbole; era mediulocul și spațiul asimptotic este colorat uniform (fig. 280). Colorile se scambă după poziția analizatorului și a lamei. — Dacă lamă este subțire, atunci hiperbolele dispar și se vede numai câmpul colorat uniform.

3) Lamă de cristale biaxe, perpendiculară pe liniă medie, prezintă două sisteme de inele în forma de lemniscate cu cruce neagră, era câmpul este colorat uniform. Invertind lamă în planul său se scambă formă și poziția lemniscatelor



si a crucei; candu planulu axeloru face anghiuri de  $45^\circ$  cu planurile de polarisatiune incrucisiate alle aparatului, atunci fenomenulu ia form'a din fig. 282 si crucea negra se scamba in hyperbola.

4) Lame de cristalle biaxe, paralele cu planulu axeloru optice dau coloratiuni.

5) Substantie amorse seu cristallisate in sistem'a cubica, prin urmare substantie isotrope, presinta fenomenele cristalleloru birefringente, candu structur'a loru a fostu modificata intr'unu modu violinte; astu-feliu sticla calita, seu comprimata tare, areta fenomene analoge cu acelle alle cristalleloru biaxe.

Tote aceste fenomene si alte analoge se producu prin interferenti'a luminei polarisate, precum vomu esplica cate-va din elle in § urmatoru. *Fresnel* si *Arago* au descoperitu prin observatiunea acestoru fenomene legile dupre cari se face interferenti'a radielor polarisate. Ecce aceste legi :

a) duoe radie de lumina, polarisate paralelu intre elle, interfera ca lumina naturala si producu tote fenomenele de interferentia descrise in art. VI.

b) duoe radie de lumina polarisata nu se influintiedia una pre alta, deca planurile loru de polarisatiune suntu rectangulare intre elle, era la impreunarea loru dau lumina cu intensitate constanta, ori care va fi differenti'a de fasa a loru.

Aceste duoe legi se potu demonstra experimentalu, acope-rindu gaurile lui Young A (fig. 266) cu duoe lame de turmalina, taiate paralelu cu axulu loru si cari potu fi invertite in planulu loru, astu-feliu incatu sa lase sa treca dupre voia radie polarisate paralelu seu rectangularu.

Duoe radie de lumina polarisate rectangularu intre elle, potu fi aduse la acellasi planu de polarisatiune, deca le trans-

mittemu printr'unu nicolu , asediatu intr'unu azimutu convè-  
nabilu ; atunci acelle radie

e) interfera intre elle ca lumina obicinnuta, deca aru si fostu  
provenite prin despicarea a unei singure radie polarisate ;

d) elle nu interfera, nu se influintedia una pre alta , deca  
aru proveni din lumina naturala.

#### § 46. TEORIA INNELELORU PRODUSE PRIN LAME PERPENDICULARE PRE AXULU OPTICU

Fia L (fig. 283) ua lama uniata taiata perpendiculararu  
pre axulu opticu ; U ua lentilla convergenta ; P ua legatura  
de radie paralele, polarisate prin oglind'a S a aparatului de  
polarisatiune din fig. 277. Lentill'a va transmite catre lam'a  
L radie convergente DO, DE, cari intrandu oblicu in acesta se  
voru bifurca ; astu-feliu se voru intalni la fia-care punctu B,  
B', B"... allu lamei L si voru esi imprenna cate duoe radie  
de lumina, una ordinara oB, ceea-alta extraordinara eB, po-  
larisate rectangularu intre elle si presintandu ua differentia de  
drumu COB — eB, care la differitele puncturi B, B', B"... pote  
sa fia =  $\frac{\lambda}{2}$ , =  $2 \frac{\lambda}{2}$ , =  $3 \frac{\lambda}{2}$ , etc. Fia-care din aceste duoe ra-  
die trecendu prin nicolulu N, se desface in duoe componente :  
un'a cu planu de polarisatiune paralelu cu allu nicolului si  
trecendu singura prin acesta ; ceea-alta polarisata perpendicu-  
laru este stinsa , nepotendu fi transmisa inainte. Acelle radie  
oB si eB aduse astu-feliu la acellasi planu de polarisatiune  
voru interfera dupre legea c) din § precedinte, producendu la  
puncturile B, B', B",... lumina si intunerecu, respective puncturi  
colorate, deca operamu cu lumina alba.

Deca ne inchipuimu cercuri descrise de la A ca centru cu

radie AB, AB', AB'', totu acelleasi rationamente se voru aplica asupra tutulu puncturulu alle acestoru circumferentie; ensa celle duoe componente alle radielu O si E cari potu trece prin nicolulu N, differindu intre elle in intensitate luminosa dupre azimutu, effectulu interferentiei va fi (§ 28) asemenea differitu dupre azimutulu, mesoratu de la planulu de polarisatiune allu nicolului, adico de la  $0^{\circ}$ , in celle patru cadrante pene la  $90^{\circ}$ ; interferenti'a va inceta chiaru la azimuturulu  $0^{\circ}$  si  $90^{\circ}$ , la cari nu trece de catu numai cate ua radia o seu e, ceea alta fiindu stinsa de catre nicolu; effectulu interferentiei va fi maximum la azimuturulu  $45^{\circ}$ , unde celle duoe componente alle radielu o si e au intensitati ecale. De aici se vede pentru ce inelele suntu intrerupte in duoe directiuni rectangulare (fig. 279) prin crucea negra seu alba, adico la acelle azimuturi la cari nu se produce interferentia; aici nu se producu de catu simplu fenomene de polarisatiune. In directiunea centrala axulu opticu A, se propaga numai ua radia, prin urmare nu se potu produce fenomene de interferentia si mediuloculu remane luminatu seu intunecatulu dupre positiunea analisatorulu.

La cristalle biaxe aceste fenomene se grupedia in giurulu fia-caruia axu opticu, de unde resulta duoe sisteme de inele, presintandu ua symmetria despre *lini'a media*; crucea se scamba in hyperbola.

#### § 47. TEORIA LAMELORU PARALLELE CU AXULU OPTICU

Fia MN (fig. 284) ua asemenea lama, taiata paralelu cu axulu opticu AA. Dupre ceea ce s'a disu la § 38 ua radia de lumina trecendu prin ori care punctu allu lamei, fia chiaru prin O, si propagandu-se normalu seu oblicu, se va bifurca in duoe polarisate rectangularu cari, aduse prin nicolulu analisatoru-

lui la acellasi planu de polarisatiune, voru produce la ori-ce punctu si azimutu fenomene de interferentia, colorate la lumina alba.

Radiete cari se propaga in sectiunea BB, perpendiculara pre axulu AA, avendu dupre § 38, 5) indicii  $n_o$  si  $n_e$  constanti, au si iutieli de propagatiune constante, differindu ensa intre elle cu' na catime asemenea constanta. Differintiele de drumu alle radielor cari interfera in acestu azimutu depindu dera numai de oblicitatea loru, care cresce de la O spre B, B, si voru deveni la differite puncturi  $= \frac{\lambda}{2}, = 2 \frac{\lambda}{2}, = 3 \frac{\lambda}{2}$ , producendu puncturi colorate in directiunea BB (vedi fig. 280).

Radiete cari se propaga in directiunea AA (fig. 280 si 284) presinta asemenea ua differintia de drumu...  $= 3 \frac{\lambda}{2}, = 2 \frac{\lambda}{2}, \frac{\lambda}{2}$ ; acesta nu provine ensa atatu din oblicitate, catu din caus'a co differinti'a de iutiela a celloru duoe radie, mica pentru radie forte oblici, cari tindu a se propaga in directiunea axului AA, cresce in directiuni mai normale. De unde resulta si in directiunea AA alternative de lumina si de intunereco, seu puncturi colorate.

In directiunile diagonale seu asymptotice MN, M'N', facendu cu AA si BB anghiuri de  $45^\circ$ , scaderea in differintia de iutiela a celloru duoe radie compensedia crescerea in differinti'a de drumu produsa de oblicitate si se stabileste ua differinti'a constanta intre parechiile de radie ce se propaga in acesta directiune, ceea ce produce colorea uniforma a mediolocului dintre hyperbole.

#### § 45. POLARISATIUNEA ROTATORIA

*Cuarzulu* care este unu cristallu uniaxu face esceptiune de

celle alte cristalle uniaxe, presintandu la mediulocula inueleloru din fig. 279 ua coloratiune, care varièdia dupre grosimea lamei si dupre positiunea analisatorului. Deca operamu cu lumina omogena si introducemu ua lama de cuarzu grosa de 1<sup>mm</sup> intre polarisatoru si analisatoru, rectangulari intre ei, campulu se luminedia si va trebui sa intorcemu analisatorului cu unu anghiu ore-care, ca sa intunecamu campulu din nou. A-cesta varièdia dupre colore; pentru lame de 1<sup>mm</sup> ellu este

de 17° pentru lumin'a rosie,

> 25 > > verde,

> 34 > > albastra,

> 44 > > violetta,

pentru lame mai grose cresce proportionale cu grosime. Deca operamu cu lumina alba, nu potemu sa intunecamu campulu nici ua data, ci intorcendu analisatorulu, vomu avea successiunea coloriloru spectrului. Suntu cristale de cuarzu, la cari rotatiunea analisatorului trebe sa se faca la drepta, ca sa se produca colorile in ordinea rosii-violettu; la alte cristalle rotatiunea trebe facuta la stenga, ca sa se produca colorile in aceeași ordine; *celle d'anteiu dicemu co intorcu planulu de polarisatiune la drepta, era celle din urma la stenga*. Intorcendu analisatorulu continuu spre drepta, vomu produce colorile rosii-violettu in mai multe ronduri. Intre violettulu finalu si rosulu urmetoru se produce ua colore speciala, ua combinatiune a acestoru duoe colori, numita *colore sensibila (teinte sensible)*.

*Arago* a observatu cellu d'anteiu acestu fenomenu la cuarzu; apoi *Seebeck* si *Biot* lu au observatu si cu alte substantie, mai cu sema cu *licide*, din cari unele, ca siropurile de zaharu, intorcu planulu de polarisatiune la drepta, altele, ca

terpentinu, lu intorcu *la stenga*. Anghiulu cu care trebue sa intorcemu analisatorul din positiunea rectangulara pre polarisatoru, ca sa producemu colorea sensibila, cresce cu lungimea colonei licide, seu cu *gradulu de concentratiune* a licidului, lungimea colonei strabatute de radiiele polarisate romanendu atunci constanta. Acesta ne da unu mediulocu comod, ca sa cunoscemu calitatea unui siropu de sacharu, care va cere ua rotatiune a analisatorului cu atata mai mare cu catu siropulu este mai incarcatu cu sacharu. Acestu mediulocu este practic si se intrebuintiedia in industria; aparatele destinate pentru acesta s'au numitu *sacharimetre*. Fig. 285 represinta unu sacharimetru forte simplu si practic allu lui *Mitscherlich*; ellu se compune de unu tubu  $\frac{1}{2}$  inchisu cu table de sticla, in care se pune licidulu, si de duoi nicoli *a, b*; cerculu gradatu din *b* ne permite sa mesoramu anghiulu de rotatiune.

Rotatiunea planului de polarisatiune pote enca fi produsa si prin *magnetismu*. Esperienti'a o potemu face lesne cu aparatulu din fig. 162, tab. XII, in care ferulu electromagnetiloru este gauritu in directiunea axului. Se scotu atunci bucatile de feru *a, b* si se asiedia la extremitatile opuse duoi nicoli, precum se areta in figura. Incrucisiamu nicolii ca sa avemu intunerecu; magnetisandu ensa ferulu prin introducerea currentului galvanicu, campulu se luminedia; va trebui atunci sa intorcemu analisatorul cu cate va grade la dreapta seu la stenga, dupre directiunea currentului, ca sa restabilimu intunereculu.

Rotatiunea planului de polarisatiune se esplica prin teori'a polarisatiunei circulare; ensa cere ua desvoltare mai intinsa a acestei din urma, precum si calcule lungi, pre cari trebue sa le lasamu in acestu scurtu espusu allu fenomenelor generale.

# TABULA DE MATERII

	PAGINA
Titlu . . . . .	I.
Prefecia. . . . .	III.
Litteratura . . . . .	VII.

## INTRODUCTIUNE

§ 1. Fenomene fizice. . . . .	1
2. Proprietati generale ale materiei. . . . .	4
3. Notiuni despre miscare . . . . .	7
4. Notiuni despre poteri. . . . .	8
5. Compositiunea poteriilor si a miscariloru. . . . .	9
6. Poteri paralele; parghii. . . . .	11
7. Poteri centrale . . . . .	14

## SECT. I. GRAVITATE

§ 1. Greutatea si echilibrul corpuriloru . . . . .	16
2. Cantarulu. . . . .	19
3. Caderea corpuriloru pre pamentu. . . . .	21
4. Pendulu simplu. . . . .	26
5. Pendulu fisicu seu compusu. . . . .	28
6. Intensitatea gravitatiei pre pamentu . . . . .	31
— Form'a si dimensiunile pamentului . . . . .	32
7. Mass'a si densitatea media a pamentului . . . . .	34

SECT. II. CELLE TREI STARI DE AGGREGATIUNE ALLE COR-  
PURILORU

	PAGINA
§ 1. Proprietatile principale alle solideloru. . . . .	37
2. Proprietati generale alle licideloru. . . . .	40
3. Ecilibrulu licideloru independentu de gravitate . . . . .	42
4. Ecilibrulu licideloru sub influinti'a gravitatiei . . . . .	44
5. Determinarea densitatiei corpuriloru . . . . .	49
6. Actiuni moleculare la licide . . . . .	51
7. Miscarea licideloru . . . . .	53
8. Proprietatile principale alle gazeloru . . . . .	55
9. Aerulu atmosfericu . . . . .	56
10. Barometrulu. . . . .	58
— Mesura inaltimiloru cu barometru . . . . .	63
11. Compresiunea si dilatatiunea gazeloru. . . . .	65
— Machine pneumatice . . . . .	68
12. Diferite applicatiuni alle presiunei gazeloru . . . . .	72
— Aerostate . . . . .	75

SECT. III. MAGNETISMU

§ 1. Caracterele magnetiloru . . . . .	77
2. Metode de magnetizare. . . . .	79
3. Poterea magnetiloru . . . . .	81
4. Actiunea mutuala a duoi magneti. . . . .	82
5. Magnetismulu pamentului. . . . .	89

SECT. IV. ELECTRICITATE STATICA

§ 1. Productiunea si natur'a electricitatiei. . . . .	94
2. Machine electrice . . . . .	100
3. Cate-va experientie cu machina electrica. . . . .	107
4. Distributiunea si actiunea electricitatiei . . . . .	109
5. Condensatiunea electricitatiei . . . . .	111
6. Efectele descarcarei electrice . . . . .	113



	PAGINA
§ 7. Electricitate atmosferica . . . . .	116
— Lumin'a polara. . . . .	119

### SECT. V. GALVANISMU SEU ELECTRICITATE DINAMICA

§ 1. Currenti hydroelectrici . . . . .	122
2. Differite feliori de elemente si baterii galvanice. . .	125
3. Differite alte cauze de electricitate ; termoelectricitate	129
4. Effectele currentiloru galvanici. . . . .	130
5. Effecte chimice seu electrochimia ; galvanoplastia. .	132
6. Effecte magnetice seu electromagnetismu . . . . .	136
7. Reometre. . . . .	138
8. Propagatiunea si iutiel'a electricitatiei. . . . .	140
9. Intensitatea currentiloru electrici ; legile lui Ohm. .	142
10. Actiunea mutuala a currentiloru si magnetiloru pre currenti, seu electrodinamica . . . . .	145
11. Currenti de inductiune . . . . .	146
12. Apparate de inductiune. . . . .	149
— Machine magneto-electrice . . . . .	152
— Machine dynamo-electrice . . . . .	154
13. Diamagnetismu . . . . .	155
14. Telegrafulu electricu . . . . .	156
15. Cate-va alte aplicatiuni alle electromagnetismului	161

### SECT. VI. CALDURA

§ 1. Natur'a caldurei ; termometrulu. . . . .	164
2. Dilatatiunea corpuriloru prin caldura . . . . .	167
3. Dilatatiunea solidelor . . . . .	168
4. Dilatatiunea licideloru . . . . .	172
5. Dilatatiunea gazelor . . . . .	174
6. Caldur'a specifica a corpuriloru . . . . .	176
7. Scambarea starei de agregatiune ; lificatiune . . .	17
8. Transformarea licideloru in vapori . . . . .	182

	PAGINA
— Apparate pentru gietia . . . . .	184
— Condensatiunea vaporiloru. . . . .	185
— Esperienti'a lui <i>Leidenfrost</i> . . . . .	186
9. Determinarea densitatiei vaporiloru . . . . .	187
10. Tensiunea vaporiloru. . . . .	189
11. Machine cu vapori . . . . .	191
— Differenti motori ; lucrulu machineloru ; locomotiv'a	198
12. Propagatiunea caldurei. . . . .	200
13. Productiunea caldurei . . . . .	202
14. Distributiunea caldurei pre suprafeci'a pamentului	202
15. Hygrometre si hydrometeore. . . . .	205
—16. Teoria mecanica a caldurei . . . . .	208

#### SECT. VII. ACUSTICA

—§ 1. Natur'a sunetului. . . . .	215
2. Propagatiunea sunetului . . . . .	216
3. Calitatea sunetului . . . . .	217
4. Legile vibratiuniloru . . . . .	220
5. Sunete musicale si combinatiunea loru . . . . .	223

#### SECT. VII. OPTICA SEU TEORI'A LUMINEI

##### ART. I. NOTIUNI PRELIMINARE

—§ 1. Natur'a si productiunea luminei. . . . .	228
2. Propagatiunea si iutieli'a luminei . . . . .	232
3. Fotometria. . . . .	236

##### ART. II. CATOPTRICA

4. Fenomenele si legile reflexiunei luminei . . . . .	238
5. Reflexiune la oglindi plane . . . . .	240
6. Cate-va applicatiuni alle oglindiloru plane. . . . .	242
7. Reflexiune la oglindi curbe . . . . .	244
8. Imaginile oglindiloru curbe . . . . .	246
9. Formule essactæ alle oglindiloru sferice . . . . .	248

## ART. III. DIOPTRICA

§ 10. Fenomenulu si legile refractiunei . . . . .	249
11. Refractiune atmosferica . . . . .	252
12. Prisme . . . . .	254
— Camer'a lucida . . . . .	255
— Calculu . . . . .	255
— Diviatiunea minimala . . . . .	256
13. Determinarea indiceloru de refractiune . . . . .	257
14. Lentile . . . . .	259
15. Formul'a approssimativa a lentilleloru . . . . .	260
16. Imaginile lentilleloru . . . . .	262
17. Formule essacte alle lentilleloru . . . . .	264
18. Puntulu de intersectiune a duoe radie, seu focarulu conjugatu . . . . .	267

## ART. IV. DISPERSIUNEA LUMINEI

19. Fenomenulu si legile dispersiunei . . . . .	268
20. Liniile spectrului . . . . .	270
— Analysa spectrala . . . . .	271
21. Diferite proprietati alle radieloru spectrului . . . . .	273
— Fotografia . . . . .	274
22. Acromatismulu . . . . .	276
23. Meteore produse prin dispersiunea luminei . . . . .	279
— Fenomenele relative la curcubeu . . . . .	281

## ART. V. OCHIULU SI INSTRUMENTE OPTICE

24. Vederea simpla; ochiulu . . . . .	283
25. Microscopulu si telescopulu . . . . .	286
26. Instrumente optice pentru projectiunea imaginilor . . . . .	291

## ART. VI. TEORIA UNDULATIUNILORU SI INTERFERENTI'A LUMINEI

— 27. Natur'a miscarei undulatorie . . . . .	293
28. Principiile fundamentale alle acestei teorii . . . . .	295

	PAGINA
§ 29. Legile reflexiunii si alle refractiunii . . . . .	296
30. Iutiel'a luminei in diferite medii . . . . .	297
31. Esperientie fundamentale de interferentia . . . . .	300
32. Innelele lameloru subtiri si grose . . . . .	303
— Innele cu lame grose . . . . .	308
33. Formulele miscareii undulatorie . . . . .	309
— Intensitatea luminei . . . . .	313
34. Compositiunea miscariloru undulatorie . . . . .	314

## ART. VII. INFLESIUNEA LUMINEI

35. Fenomenulu inflesiunii . . . . .	317
36. Calcululu matematicu . . . . .	320
— Lungimea undulatiunii $\lambda$ . . . . .	323
— Massimum intensitatiei luminoase . . . . .	324

## ART. VIII. REFRACTIUNEA INDUOITA

37. Fenomene la cristalle uniaxe . . . . .	325
38. Legile lui Huyghens . . . . .	327
39. Ochianulu lui Rochon . . . . .	329
40. Cristalle biaxe . . . . .	331
41. Cate-va idei teoretice . . . . .	332

## ART. IX. POLARISATIUNEA LUMINEI

+ 42. Natur'a si productiunea luminei polarisate . . . . .	332
43. Apparate de polarisatiune . . . . .	334
44. Cate-va notiuni teoretice despre polarisatiune . . . . .	337

## ART. X. INTERFERENTIA LUMINEI POLARISATE, SEU POLARISATIUNEA CROMATICA

+ 45. Fenomenulu si legile interferentiei luminei polarisate . . . . .	339
--	-----

46. Teori'a ineleloru produse prin lame perpendiculare pre axulu opticu . . . . .	341
47. Teori'a lameloru paralele cu axulu opticu . . . . .	342
48. Polarisatiune rotatoria . . . . .	343
— Sacharimetre . . . . .	345
— Polarisatiune prin magnetismu . . . . .	345



## TABULA ALFABETICA DE MATERII

**A**beratiunea lentileloru 264.  
 — luminei 234.  
 — oglinziloru 249.  
 Acceleratiune 8.  
 Accomodatiune 284.  
 Accorduri 228.  
 Ace astatice 138.  
 Acromatismu 276.  
 Actiunea mutuala a doi magneti 82.  
 Actiunea electricitatii 110.  
 Acustica 215.  
 Adhesiune 6.  
 Aerostate 75.  
 Aeru atmosfericu 56: — compozițiunea lui 57.  
 Amestecaturi frigorifero 181.  
 Amplitudine de oscilatiune 294  
 Analisa spectrala 271.  
 Analisatoru 335.  
 Anamorfose 248  
 Anghiu de polarisatiune 337.  
 Anomalia 313.  
 Aparate de inductiune 149  
 — de polarisatiune 334. 339.  
 Aparatu lui Harrison 185.  
 — lui Masson 45.  
 — lui Silbermann 251.  
 Arcometre 49. 50.

Aretatoru de nivelu 193.  
 Armonica chimica 215.  
 Atmosfera 56: — inaltimea ei 58;  
 — greutatea ei 61; — electricitateea ei 116; — colorea ei 279; — polarisatiunea ei 338.  
 Atome 6.  
 Aurora boreala 119.  
 Aru de suspensiune 28.  
 — de oscilatiune 29.  
 — lentileloru 259.  
 — oglinziloru 244.  
 — opticu 326. 331.

**B**aco-Verulam 2.  
 Balancieru 196.  
 Barometru 58: — correctiunile lui 60: — variatiunile lui 62: — mesur'a inaltimiloru 63.  
 Barometru lui Torricelli 58.  
 — lui Fortin 59.  
 — lui Gay-Lussac 59.  
 — lui Buntzen 59.  
 — cu cadranu 60.  
 — metallicu, aneroidu.  
 Bolostericu 60.  
 Baroscops 55.  
 Battaille sunetului 226.  
 Batteria electrica 118.

- Batteria galvanica 129.  
 — termo-electrica 129.  
 Berbece hydraulicu 74.  
 Bilancia 19.  
 — lui Cavendish 35.  
 — lui Coulomb 82. 110.  
 — hydrostatica 47.  
 Bobin'a lui Ruhmkorff 150.  
 Brewster 337.  
 Bruma 206  
 Bussola de declinatiune 90.  
 — de inclinatiune 92.  
 — de sinusse 139.  
 — de tangente 139.  
 — lui Gauss 140.  
 Butilla de Leyden 111.
- Cable** 160.
- Caderea corpuriloru 21; — in  
 golu 21; — legile 22; — de-  
 viatiunea loru in cadere 25.  
 Caldarea machineloru cu va-  
 pori 192.  
 Caldura 164; — teoria mecanica  
 a ei 208.  
 Caldura animala 202.  
 — a pamentului 202.  
 — latentă 181. 184.  
 — radiatore 200.  
 — specifica 176; — a ga-  
 zeloru 179.  
 Caleidoscopu 241.  
 Caloria 176.  
 Camera barometrica 59.  
 — fotografica 291.  
 — lucida 255.  
 — obscura 291.  
 Campulu lentilleloru 264.  
 Cantaru 19.  
 — decimalu 20.  
 Cantitate de miscare 9.
- Capacitate calorica 176.  
 Capillaritate 51.  
 Catoptrica 238.  
 Caustice 244.  
 Celeritate 7.  
 Centru poteriloru paralele 12.  
 — de gravitate 17.  
 — de curbatura 244.  
 — opticu 259. 260.  
 Cercuri, halos 281.  
 Cetia 207.  
 Ciocanu de apa 22.  
 — lui Wagner 150.  
 Coefficientu de dilatatiune 167.  
 Cohesiune 6.  
 Colonn'a lui Volta 125.  
 — lui Zamboni 126.  
 Colorea atmosferei 279.  
 Colori complementare 270.  
 — subjective 285.  
 Combinatiunea sunetelor 227.  
 Commutatoru 151.  
 Comparatiun. diapasonelor 226.  
 Compositiunea miscariloru undu-  
 latorie 314.  
 Compressibilitate 5.  
 — a licideloru 42.  
 — a gazelor 65.  
 Condensatiun. electricitatiei 111.  
 Conductibilitatea corpuriloru pen-  
 tru caldura 201.  
 Constitutiunea sorelui 272.  
 Contractiunea venei licide 53.  
 Cornea 283.  
 Corpuri conductore, izolatore 95.  
 — diatermane 201.  
 — luminoase, obscure, trans-  
 parinti, opace 228.  
 Correctiunile barometrului 60.  
 Cristalle positive, negative 326.  
 — uniaxe 326. 332.  
 — biaxe 331. 332.

Cristallisațiune 37.  
Cryoforu 183.  
Curbatur'a oglindiloru 244.  
— lentileloru 259. 264.  
Curcubeu 279; — dimensiunile  
lui 281; — formule 282.  
Currenti electrici 122. 124.  
— de inductiune 146.

Daguerrotypia 274.

Declinațiune magnetica 89.

Densitatea 16.

— pamentului 34.  
— solidelor 49.  
— licideloru 50.  
— gazelor 50.  
— vaporiloru 187.

Deviatiunea corpuriloru in cade-  
rea loru 25.

— prismelor 254.

Diamagnetismu 155.

Diametru aparinte 286.

Diapason 225.

Differintia de fasa 318.

Difracțiunea luminei 317; — cal-  
culu 320.

Diffusiunea gazelor 56.

— luminei 238. 250.

Digestorulu lui Papin 183.

Dilatabilitate 5.

Dilatatiune prin caldura 167.

— a solidelor 168.

— a licideloru 172.

— a gazelor 174.

Dioptrica 249.

Dispersiunea luminei 268.

Dissolving-wiew 292.

Distantia focala 246. 260. 262.

— vederei distincte 284.

Distributiunea electricitatii 109.

— vaporiloru 192. 194.

Divisibilitate 6.

Drumu de feru atmosfericu 74.

Ductilitate 39.

Pcilibrulu corpuriloru 17.

— licideloru 42. 44.

Ecivalentu mecanicu alu caldu-  
rei 209.

Effectele descarcarei electrice 113.

— currentiloru electrici 130.

Elasticitate 5. 38.

Electricitate statica 94; — con-  
densatiunea ei 111; — distri-  
butiunea ei 109.

— atmosferica 116.

— prin influintia 96.

— positiva, negativa 97.

— dinamica 122.

Electrochimia 132.

Electrode 125. 133.

Electrodinamica 145.

Electroforu 100.

Electrolysa 133.

Electromagnetismu 135.

Electromagnetu 137.

Electrometru 97.

— lui Henley 103. 113.

— lui Lane 115.

Electromotori 161.

Electroscope 97.

Elemente galvanice 125.

— lui Wollaston 126.

— lui Bunsen 127.

— lui Daniell 128.

— lui Grove 128.

— lui Ruhmkorff 128.

— lui Smee 128.

— cu bicromatu de po-

tassa 128.

Emisfere de Magdeburg 57.

Endosmosa 53.



- Escentricu 195.  
 Escitatoru 112.  
     — universalu 113.  
 Espansibilitate 55.  
 Esperienti'a lui Leidenfrost 186.  
 Eteru 231.  
 Evaporatiune 182.  
 Extra-currentu 148.
- F**antasmagoria 292.  
 Faraday 110. 123. 133. 146. 148.  
     155. 186.  
 Fata morgana 253.  
 Fenomene fizice; clasificarea  
     loru 3.  
 Ferberea licideloru 183.  
 Figuri acustice 221.  
     — lui Leichtenberg 107.  
     — magnetice 79.  
 Filosofia naturala 1.  
 Fisica; definitiunea ei 1.  
     — matematica 3.  
 Fisicu lui Stateham 152.  
 Fluide neelastice 40.  
 Fluorescentia 273.  
 Focaru 245. 259.  
     — principalu 246. 259.  
     — conjugatu 245. 259; —  
     calculu 267.  
 Fonantografu 219.  
 Fontana lui Heron 72.  
 Formul'a lui Mariotte-Gay-Lus-  
     sac 211.  
     — oglindiloru 246.  
     — lentileloru 260.  
     — curcubeului 282.  
 Formule exacte alle oglindi-  
     loru 248.  
     — — alle lentille-  
     loru 264.  
     — relative la prisme 255.
- Formule miscareii undulatorie 309.  
 Fosforescentia 230.  
 Fotografia 274.  
 Fotometre 237.  
 Fotometria 236.  
 Foucault 30.  
 Fulgeru 117.  
 Fulgurite 117.
- G**alileo 2. 5. 10. 27. 38. 40.  
 Galvanismu 122.  
 Galvanocaustica 131.  
 Galvanometre 138.  
 Galvanoplastia 134.  
 Gamma 221.  
 Gay-Lussac 59. 174. 187.  
 Gaze; proprietatile loru 55.  
 Generatorulu machinei cu va-  
     pori 192.  
 Gietia artificiala 184.  
 Goniometru lui Wollaston 243.  
     — lui Babinet. 243.  
 Grammu 19.  
 Gravitate 4. 16. 21; — intensi-  
     tatea ei 31.  
 Greutate 16.  
     — specifica 16. 49.  
 Grindinea 208.
- H**alos 281.  
 Heliostatu 243.  
 Huyghens 14. 27. 29. 30. 31.  
     231. 295. 325. 333.  
 Hidraulica, hydrodynamica, hy-  
     drostatica 40.  
 Hydrometeore 206.  
 Hygrometre 205.  
 Hyperbole colorate 339; — es-  
     plicatiunea loru 342.  
 Hypotesa 2.

- Imagini** alle oglinzilor curbe 247.  
 — alle lentileloru 262.  
 — virtuale 240. 247.  
 — produse prin crepaturi mici 233.  
**Inaltimea** nuoriloru 207.  
 — sunetului 218.  
**Incandescența** 230.  
**Inclinatiune** magnetica 91.  
**Incrustatiunile** caldariloru 193.  
**Indice de refractiune** 250; — determinarea lui 257; — Insemnarea lui 297.  
**Indice absolutu** 251.  
 — ordinaru, extraordinaru 325. 328.  
**Inertia** 4.  
**Inflesiunea** luminei 317; — calculu 320.  
**Innelele lameloru** subtiri seu alle lui Newton 303; — dimensiunile loru 307.  
**Innelele lameloru** grose 308.  
 — lameloru cristallizate 339;  
 — explicarea loru 341.  
 — lui Nobili 133.  
 — lui S'Gravesand 168.  
**Innotatoru** lui Descartes 48.  
**Intensitatea** currentiloru electrici 142.  
**Intensitatea** luminei 236. 313.  
 — sunetului 217.  
**Interferența** luminei 293. 300.  
 — luminei polarizate 339.  
**Intervalle** 224. 227.  
**Intindere** 4.  
**Intruptoru** cu mercuriu 150.  
**Inversiunea** liniiloru spectr. 272.  
**Iris** 283.  
**Irradiatiune** 286.  
**Isocronismu** 27.
- Istoria** naturala 1.  
**Iutiela** 7.  
 — electricitatiei 141.  
 — luminei 233. 298.  
 — sunetului 216.
- Lacrimi** batavice 39.  
**Laterna** magica 291.  
**Legea** lui Brewster 337.  
 — lui Mariotte 65.  
 — lui Dulong si Petit 178.  
 — sinussiloru 250.  
**Legile** caderei corpuriloru 22.  
 — lui Ohm 143.  
 — lui Fresnel si Arago 340.  
 — polarisatiunei 337.  
 — reflesiunei 239. 296.  
 — refractiunei 250. 297.  
 — refractiunei induoite 327.  
 — vibratiuniloru 220.
- Lentilla** ochiului 283  
**Lentille** 259.  
 — aplanatice 264.  
 — convergente 262.  
 — divergente 264.
- Licefactiune** 179. 180.  
**Licide** 40; ecilibruloru 42. 44;  
 — miscarea loru 53; — reactiunea loru 51.
- Licide** omogene, eterogene 44.  
 — suprapuse 48.
- Linia** media, supplementara 331.  
**Linii** caustice 244.  
 — isogone 90.  
 — isocline 91.  
 — isodinamice 93.  
 — isoterme, isotere, isochimene 204.
- Linii** nodale 221.  
 — spectrului 270.  
 — lui Fraunhofer 271.

- Linii luminoase 271.  
 — tellurice 271.  
 — ultraviolette 271.  
 Lissajous 225.  
 Locomobila 196.  
 Locomotiva 198.  
 Lucrul machinelor 198.  
 Lumina 228; — iutiel'a ei 233.  
 298; — intensitatea ei 236.  
 313; — inflexiunea ei 317.  
 320; — interferenti'a ei 293.  
 300. 339; — polarisatiunea  
 ei 333. 339.  
 Lumina artificiala 229.  
 — difusa 238. 250.  
 — electrica 131.  
 — lui Drummond 230.  
 — naturala 229.  
 — omogena 269.  
 — polara 119.  
 — polarisata 333. 339.  
 Lungimea undulatiunilor 222.  
 294. 302. 323.  
 Lupa 286.

### Machina centrifugala 15.

- lui Atwood 23.  
 — lui Morin 25.  
 — pneumatica 68.  
 — de compresiune 72.  
 — electrica 100.  
 — a lui Ramsden 102.  
 — a lui Winter 103.  
 — hydroelectrica 104.  
 — a lui Holtz 105.  
 — magnetoelectrica 152.  
 — a lui Clarke 152.  
 — a lui Stöhrer 153.  
 — lui Nollet 153.  
 — lui Siemens 154.  
 — lui Ladd 154.

- Machina pentru gietia 185.  
 — cu vapori 191.  
 — atmosferica 192.  
 — cu condensatiune 197.  
 — cu expansiune 197.  
 — cu presiune inalta 197.  
 — calorica 197.  
 — cu gazu 198.  
 Magneti 77; — poli loru 78; —  
 puterea loru 81; — actiunea  
 mutuala a loru 82.  
 — permanenti, temporari 79.  
 Magnetismu 77; — teori'a lui  
 Ampère 146.  
 — pamentului 89.  
 — remanentu 138. 155.  
 Magnetometru lui Gauss 83.  
 — electricu allu lui  
 Weber 140.  
 Malleabilitate 39.  
 Manometru 67.  
 — cu aeru comprimat 67.  
 — metallicu 68.  
 Massa 16.  
 — pamentului 34.  
 Maximum de densitate a apei 174.  
 — de tensiune a vaporu-  
 loru 189.  
 Medii isotrope, anisotrope 332.  
 Megascopu 292.  
 Meridiana magnetica 78.  
 Messur'a inaltimiloru cu barome-  
 tru 68.  
 Metode de magnetizare 79. 137.  
 Micrometru lui Rochon 329.  
 Microscopu 286.  
 — solaru 292.  
 — de polarisatiune a lui  
 Nörrenberg 336. 339.  
 Minimum de deviatune 255.  
 Mirage 253.  
 Miscare 7; — cantitate de ... 9.

- Miscare accelerata 8.  
 — a licideloru 53.  
 — uniforma 7.
- Miscari undulatorie 293; — com-  
 positiunea lor 314; — for-  
 mule 309.
- Molecule 6.
- Momentu staticu 13.
- Myopia 284.
- N**
- Nepenetrabilitate 4.
- Newton 3. 4. 21. 25. 51. 53. 231.  
 255. 258. 269. 290. 307.
- Nicol 335.
- Noduri 221. 222.
- Normala 239.
- Nörrenberg 335.
- Nuori 207; — inaltimea lor 207.
- O**
- Ochiann 288.  
 — astronomicu 288.  
 — olandesu 289.  
 — terestru 289.  
 — lui Rochon 329.
- Ochielari 284.
- Ochiulu 283.
- Octava 224.
- Oglindi plane 240.  
 — de argintu 240.  
 — curbe 244.  
 — alle lui Fresnel 301.
- Optica 228.
- Organu musicalu 223.
- Otto de Güericke 56. 100.
- Ou electricu 109.
- Ozonu 115.
- P**
- Pamentu; form'a lui 32; — ro-  
 tatiunea lui 32; — turtirea
- lui 33; — dimensiunile lui 34;  
 — mass'a si densitatea lui 34.
- Parafulgeru 117. 160.
- Parghii 13.
- Pendulu simplu 26; — amplitu-  
 dinea oscilatiunei 26; — iso-  
 chronismu 27.
- Pendulu compusu 28; — aru de  
 suspensiune 28; — de oscilla-  
 tiune 29; — aplicatiuni la  
 orologii 30; — esperienti'a lui  
 Foucault 30.
- Pendulu electricu 96.  
 — reversibilu 29.
- Penumbra 229.
- Petra 208.
- Piezometru 41.
- Pincett'a de turmaline 335.
- Pistolu lui Volta 114.
- Planu de incidentia 239.  
 — de polarisatiune 334.  
 — nevariabilu 30.
- Planuri de Magdeburg 6.
- Ploia 208.
- Plutirea corpurilor 48.
- Polarisatiunea luminei 333.  
 — drept-lineara, cir-  
 culara, elliptica 338.
- Polarisatiunea cromatica 339.  
 — rotatoria 343.  
 — prin magnetismu 345.
- Polarisatoru 335.
- Pompa de apa 73.  
 — de focu 74.  
 — motore 192. 194.
- Porositate 5.
- Potere acceleratrice 7.  
 — coercitiva 79.  
 — centrala, centrifugala, cen-  
 tripetala 14.  
 — elastica a vaporilor 189.  
 — a magnetiloru 81.

- Potere unui calu 198.  
 Poteri 8; — messur'a loru 9; —  
   compositiunea loru 9; — pa-  
   rallelogrammulu loru 10; —  
   projectiunea loru 11.  
 Poteri paralele 11; — centrulu  
   loru 12; — parecii de poteri 12.  
 Presbytismu 284.  
 Pressa hydraulica 43.  
 Pressiunea licideloru 45.  
   — gazeloru 56.  
 Principiulu lui Archimede 46.  
   — lui Pascal 42.  
   — lui Huyghens 295.  
   — lui Young 295.  
 Prisme 254.  
   — lui Nicol 335.  
 Propagatiunea caldurei 200.  
   — electricitatiei 140.  
   — luminei 232.  
   — sunetului 216.  
 Psychometru 206.  
 Pupilla 284.  
 Putiuri artesiane 54.  
 Pyroelectricitate 129.  
 Pyrometru 166. 168.  
   — lui Borda 170. 172.  
   — cu aeru 176.
- R**adie active 280.  
   — centrale 244. 249. 259.  
   — de curbatura 244. 259.  
 Reactiunea licideloru 54.  
 Reflexiunea luminei 238.  
   — aeriana 253.  
   — totala 252.  
 Refractiunea luminei 249.  
   — astronomica 253.  
   — atmosferica 252.  
   — conica 332.  
   — induoita 325.
- Regulatoru cu potere centrifuga  
   196.  
   — a luminei electrice 162.  
 Relai 160.  
 Reofori 125.  
 Reometre 138.  
 Resistentia relativa 38.  
   — reoforiloru 141.  
 Retina 283.  
 Rochon 329.  
 Rot'a lui Savart 219.  
 Rotatiunea planului de polarisa-  
   tiune 344.  
 Roua 206.
- S**acharimetru 345.  
 Scanteerea stelleroru 302.  
 Scanteia electrica 108.  
 Scara musicala 224.  
 Sciintie naturale 1.  
 Sclerotica 283.  
 Sectiune principala 326. 331.  
 Sextantu 242.  
 Sirena 218.  
 Solenoidu 146.  
 Spectroscopu 273.  
 Spectru 269.  
   — continuu 271.  
 Stare de aggregatiune 37.  
   — sferoidala 187.  
 Stereoscopu 285.  
 Sunetu galvanicu 137.  
   — lui Trevelyan 215.  
   — musicalu 223.  
   — resultentu seu de combi-  
   natiune 227.
- T**able lui Franklin 111.  
   — scanteetore 109.  
 Taria 39.  
 Teinte sensible 344.

Telegrafu electricu 156.  
 — Casselli 161.  
 — Digney 159.  
 — Hughes 160.  
 — Morse 158.  
 — Siemens 157.  
 Telescopu 290.  
 — lui Foucault 290.  
 — lui Newton 290.  
 Temperatura absoluta 212.  
 — de fusiune 180.  
 Tenacitate 38.  
 Tender 199.  
 Teoria 2.  
 — electricitatiei 98. 99.  
 — electrochimica 132.  
 — emanatiuniloru 231.  
 — undulatiuniloru 231.  
 — mecanica a caldurei 208.  
 — inneleloru lui Newton 303.  
 — coloriloru produse prin  
 cristalle birefringente 341. 342.  
 343.  
 Termoelectricitate 129.  
 Termometru 165.  
 — metallicu 172.  
 — de maxima si mi-  
 nima 204.  
 Timbru 220.

Trasnetu 117.  
 Tuburi acustice 222.  
 — lui Geissler 109.  
 — scanteetore 109.  
 Turbine 54.  
 Turmalina 335.  
 Turtirea pamentului 33.

**U**mbra 229.  
 Undulari 226.  
 Undulatiune 231. 294. 323.

**V**ariatiunile barometrului 62.  
 — alle acului magne-  
 ticu 89. 91.  
 Ventile de siguritate 193.  
 — de alarma 193.  
 Vertegiu electricu 107.  
 Verticala 17.  
 Volentu 196.  
 Voltmetru 132.

**W**att 192.

**Z**apada 208.