

ПЕТРО ОГОНОВСЬКИЙ.

УЧЕБНИК ФІЗИКИ

ДЛЯ НИЗШИХ КЛАС СЕРЕДНИХ ШКІЛ.

ТРЕТЄ ВИДАНЄ

ЗЛАДИВ

Др. Володимир Левицький.

Ціна 20 Марок.

У ЛЬВОВІ, 1920.

НАКЛАДОМ УКРАЇНСЬКОГО ПЕДАГОГІЧНОГО ТОВАРИСТВА.

З ДРУКАРНІ НАУКОВОГО ТОВАРИСТВА ІМ. ШЕВЧЕНКА.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



01048063 (M)

2012
ПЕТРО ОГОНОВСЬКИЙ.

УЧЕБНИК ФІЗИКИ

ДЛЯ НИЗШИХ КЛАС СЕРЕДНИХ ШКІЛ.

ТРЕТЕ ВИДАНО

ЗЛАДИВ

Др. Володимир Левицький.

Ціна 20 Марок.



У ЛЬВОВІ, 1920.

НАКЛАДОМ УКРАЇНСЬКОГО ПЕДАГОГІЧНОГО ТОВАРИСТВА.

З ДРУКАРНІ НАУКОВОГО ТОВАРИСТВА ІМ. ШЕВЧЕНКА.

53(075.2)

1,00
7

ЛВІВСЬКА БІБЛІОТЕКА
АН УРСР
№ И 41974

ВСТУЛ.

§. 1. Тіла. Явища. Фізика. 1. Посредством змислів спостерігаємо довкола себе різні предмети. І так н. пр. очима бачимо дерева, домн...; дотиком розпізнаємо навіть в темноті стіл, таблицю і т. д. — Предмети ті зовемо тілами (Körper), а те, що виповняє тіла, матерією (Materie, Substanz). Скількисть матерії, що виповняє якесь тіло, зовемо його масою (die Masse).

2. Коли кусник паперу приблизимо до полуміни свічки, то він запалить ся, а zarazом почуємо тепло. Отже сей кусник паперу змінив ся, бо вперед був він несвітячий і холодний, а тепер світити і є гарячий. — Удармо по струні, натягненій на скрипках, то она почне дрогати, а рівночасно почуємо якийсь тон. Так отже

Посредством змислів спостерігаємо не лиш тіла самі, але також різні зміни на них. Ті зміни зовемо явищами (Erscheinungen).

Коли ударимо кусник соли молотком, то она розсипле ся. Ту маємо явище, котрого причиною було ударенє молотком. — Коли потягнемо крейдою по таблиці, одержимо білу лінію. Причиною того явища є потягненє крейдою по таблиці і прилипанє малих частин крейди до таблиці. З повисших примірів слідує, що

Кожде явище мусить мати свою причину.

Коли знаємо причину, що викликала якесь явище, то кажемо: Явище є вияснене або витолковане.

Хотячи вияснити якенебудь явище, мусимо слідити его перебіг від початку до кінця, щоби пізнати всі обставини, які его супроводять. До того уживаємо або спостереження (Beobachtung), коли явище само з себе появляє ся без нашої помочи, — або досьвід (Versuch, Experiment), коли ми є в силі при помочи одвітних приборів штучно викликати явище. І так н. пр. причини дощу досліджуємо при помочи спостережень, але залежність висоти тону струни від єї довготи, грубости і натягнення досліджуємо досьвідом.

3. Коли ми в силі виразити словами залежність якогось явища від всіх обставин, що його супроводять, то кажемо, що ми **найшли закон природи або фізикальне правило**.

Наука, що займає ся пізнанєм і виясненєм всяких явищ, а проте має на цілі викрити всякі закони природи, зове ся **фізикою** (*φύσις*, природа).

§. 2. Просторість тіл (*Ausdehnung*). Положимо на стіл крейду, каламар, книжку. Приглянувшись ближше тим предметам, замічаємо, що кождий з них займає якесь місце на столі, а крім того взносить ся до якоїсь висоти понад стіл. Так отже

Кожде тіло займає якийсь обмежений простір.

Простір, зайнятий тілом, а проте і тіло саме розтягає ся в трох напрямках: довготі, ширині і висоті. Великість простору, зайнятого тілом, зовемо його **обємом** (*Volume*).

Коли хочемо дізнатись про обєм якогось тіла, мусимо його **змірити** т. є. порівняти з одиницею обєму. За одиницю обєму прийнято шестистінник (*Kubus*), котрого кожда грана є одиницею довготи (1 *cm*).

§. 3. Непроникливість (*Undurchdringlichkeit*). На столі стоїть губка; коли хочемо на те саме місце покласти крейду, мусимо губку відсунути на бік. — Коли до посудини, наповненої аж по береги водою, вложимо руку, то вода переллє ся через верх. А проте

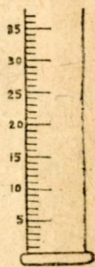
Простору, зайнятого якимсь тілом, не може зайняти рівночасно друге тіло; значить, всі тіла є непроникливі.



Фіг. 1.

Також воздух є непроникливий. О тім пересвідчимо ся, коли станемо наливати води до фляшки через лійку, що пристає щільно до шийки. Вода задержить ся в лійці і почне аж тоді дальше течи, коли піднесемо лійку і випустимо трохи воздуха. — Коли на воду в ширшій скляній посудині покладемо корок з запаленою свічкою, накриємо его склянкою (фіг. 1) і погрузимо склянку аж до дна, то склянка наповнить ся лиш в части водою, а свічка буде дальше горіти. — На тім досвіді оснований є нурковий дзвін.

Непроникливости можна ужити до означення обєму тіл, вкидаючи їх до посудини з водою, заочною в поділку (фіг. 2). Коли н. пр. вода сягала до черти 25 *cm*³, а по вкиненню тіла піднесла ся до 33 *cm*³, то обєм тіла буде 33 *cm*³ — 25 *cm*³ = 8 *cm*³.



Фіг. 2.

§. 4. Подільність (*Teilbarkeit*). Ударом кусник крейди молотком, то она розпаде ся на менші кусники. Через дальші удари будуть ті кусники ще більше роздроблювати ся, а вкінці одер-

жимо так маленькі частинки, що їх ледво оком зможемо доглянути. — Вкиньмо грудку соли до води, то одержимо вправді солону воду, але соли не видимо в ній. Отже сіль розпала ся в воді на так дрібненькі частинки, що їх годі добачити; однак в кожній краплі води мусить бути дуже багато тих частин, коли она має солоний смак.

Кожде тіло дає ся поділити механічно на части.

На подільности основує ся отесоване каменів, оброблюване будівляного матеріялу, різьба, мелене збіжа, розпускане тіл в течах і т. д.

Як далеко іде нераз подільність, бачимо на тілах пахучих і барвлячих. І так н. пр. маленький кусник м'юсу наповняє своїми пахучими частинками велику комнату через кілька літ, хоч єї що дня провітрює ся; одною 100-тисячною частию грама фуксини закрасить ся на червоно 1 dm^3 алькоголю.

Якнебудь через безнастанне діленє тіла одержуємо щораз менші частини, то однак діленє мусить мати якусь границю. Найменші частинки, на які тіло механічним способом дасть ся поділити, зовемо дробинами або молекулами (*molecula* = мала маса).

§. 5. Стани скупности (*Aggregatzustände*). Частинки, з яких кожде тіло зложене, не завсїди однаково сильно держать ся купи: у одних тіл труднійше відділити їх від себе, у других лекше (н. пр. желізо, дерево, вода). Одвітно тому розрізняємо 3 стани скупности: цїпкий (*starr*), плинний (*flüssig*) і воздушний (*luft- oder gasförmig*).

Тіло зовемо цїпким, коли єго частинки так сильно держать ся купи, що треба значнійшої сили, щоби їх розділити, н. пр. желізо, дерево, крейда. — Плинне тіло або теч є таке, котрого частинки лиш слабо держать ся купи, так що їх дуже легко розсунути. Одно зеренце н. пр. піску, впушене до води, продирає ся поміж єї частинками і паде на дно, бо є тяжше від води. — У воздушних тіл або ґазів частинки зовсїм не держать ся купи, лиш противно старають ся віддалитись від себе і заняти як найбільший простір. І так н. пр. коли склянку, наповнену зеленковатим ґазом, хльором, накриємо другою „порожною“ склянкою, то побачимо, що в короткім часі і та друга заповнить ся хльором. Те свійство ґазів, займати як найбільший простір, зовемо розпрямністю (*Expansität*).

Тіла цїпкі мають завсїди самостійний вид. Течи мають самостійний вид лиш в малій скількості і то вид кулі або краплі: в більший скількості приймають вид посудини. Тіла воздушні не мають самостійного виду; їх можна переховати лиш в щільно (*hermetisch*) замкнених посу-

динах, і ті заповняють они собою цілковито. — Майже всі тіла припадають у всіх трох видах (вода, сірка, ртуть...).

§. 6. Тягота (Schwere). 1. Коли підносимо камінь, то видаєся нам, як келиб якась сила тягнула его в діл, а коли его пустимо, то він паде на землю. — Овочі дерев, краплі дощу, нилки пороху падуть також на землю.

Всі тіла стремлять упасти на землю або є притягані землею. Те притяганє землі зовемо тяготою.

2. Нитка, держана за один кінець, звисає вільно в діл; колиж до долішного кінця прив'яжемо тягарець, то она випружить ся (фіг. 3). Напрям так випруженої нитки зовемо прямовісним або доземим (lotrecht, vertikal), а всяку нормальну площу до того напряму, поземною або горизонтальною площею (wagrecht, horizontal). — Опустім побіч так завішеного тягарця якенєбудь тіло, то оно буде падати здовж випруженої нитки. А проте

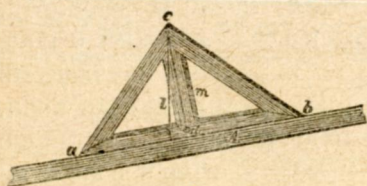


Фіг. 3.

Земля притягає до себе всі тіла в доземім напрямі.

Всі доземі лінії на поверхні землі перетинають ся в єї осередку, отже землі притягає всі тіла до свого осередка. Але що віддалене осередка землі від єї поверхні є дуже велике (858 миль географ. або 6377 *km*), то прямовісні напрямні двох близько себе лежачих місць можна уважати за рівнобіжні.

Ужиток з сили тяготи робимо, завішуючи при стінних годинниках тягарці (ваги), кетрі опускаючи ся в діл, вводять годинник в рух; моряки опускають в море олов'яну кулю на довгім, заосмотренім в поділку шнурку, щоби змірити глибину моря; мулярі уживають стрімниці або олов'янки (Bleilot) (фіг. 3), щоби пересвідчити ся, чи мур взносить ся прямовісно понад землю. Щоби пізнати, чи якась площа є позема, уживаємо поземниці (Schrot- oder Setzwage).



Фіг. 4.

Є то дерев'яний рівнораменний трикутник з привішеною у вершка олов'яною (фіг. 4). Коли досліджувана площа лежить поземо, то олов'янка впадає в ровець середньої листовки; в противнім случаю відклонює ся олов'янка в бік.

В той сам спосіб, як земля притягає тіла, що находять ся на єї поверхні, притягає она до себе і небесні тіла, н. пр. місяць; так само притягає сонце землю і иньші планети (Загальна гравітація, Newton 1682).

§. 7. Тягар беззглядний і тягар питомий. Густота. 1. Положім на виплощеній руці камінь або якенєбудь иньше тіло, а почувємо натиск на руку. — Привісьмо на довгім шнурку олов'яну

кулю, піднесім її в гору і опустім, держачи другий кінець шнурка в руці. Пересвідчимося, що, як довго та куля паде, не будемо чути ніякого тягнення в діл, доперва коли шнурок випружить ся.

Отже тягота, котра є причиною падання свобідно пущеного тіла, виявляє ся при тілах підпертих як тисненє на підставу, а при тілах завішених як тягненє в діл. Великість тиснення якогось тіла на позему підставу або великість дозеного тягнення в діл зовемо беззглядним тягарем тіла (*absolutes Gewicht*).

Беззглядний тягар тіла означає ся при помочи ваги. За одиницю до мірення тягарів прийнято тягар одного кубічного сантиметра чистої (дестильованої) води при $4^{\circ} C$ і названо той тягар грамом (гр^{ам}), малий тягарчик, уживаний в старинній Греції). Один літер такої води важить проте $1000\text{ g} = 1\text{ kg}$.

2. Поставмо на одну терезку ваги порожню флящину і приведім вагу до рівноваги (витаруймо). Опісля наповнім флящину раз водою, а другий раз ртуттю. Побачимо, що ртуть буде важити $13\frac{1}{2}$ разів більше, ніж вода.

Отже при тім самім обемі мають ріжні тіла ріжний тягар. Тягар одиниці обему якогось тіла є важною фізикальною прикметою якраз того тіла, бо відріжняє єго від иньших тіл, і тому зовемо єго питомим тягарем (*spezifisches Gewicht*).

Прийнявши 1 cm^3 за одиницю обему, одержуємо на питомий тягар води 1 g , цинку 6.86 g , цини 7.29 g , желіза 7.6 g , міді 9 g , срібла 10.5 g , олова 11.38 g , ртуті 13.6 g , золота 19.4 g , платини 21.7 g , соли 2.07 g , корка 0.24 g .

Коли знаємо питомий тягар S якогось тіла і єго обем V , то легко означити єго беззглядний тягар P . Бо коли 1 cm^3 важить S грамів, то $2, 3, 4, \dots V\text{ cm}^3$ будуть важити $2S, 3S, 4S, \dots VS$ грамів, а проте

$$P = VS, V = P : S, S = P : V.$$

Для вирази: Куля оловяна має обем 5 dm^3 ; сила важить она? — Обем желізного стовпа виносить 2.5 m^3 ; найти єго тягар. — Брила соли важить 5.4 kg ; означити єї обем. — Камінний стовп о обемі 2 m^3 важить 4500 kg ; який є питомий тягар того каменя? — Кусник золота, ваги 270 g , вкнєнений до каліброваної посудини, підносить уровень води о 15 cm^3 ; чи се чисте золото?

3. Тому що 1 cm^3 міді важить 9 разів більше, ніж 1 cm^3 води, є мідь 9 разів густійша від води. Понятно, що і який-небудь обем міді важить 9 разів більше, а проте має 9 разів більшу масу або є 9 разів густійший, як такий сам обем води. Так само скажемо: Ртуть є 13.6 разів густійша, ніж вода.

Густота (*Dichte*) якогось тіла є проте число, котре вказує, скільки разів тягар его є більший від тягару води того самого об'єму. Означивши через *D* густоту якогось тіла, через *P* его тягар безглядний, а через *p* тягар води того самого об'єму, одержимо на густоту взорець:

$$D = P : p.$$

Густота міді є проте 9, срібла 10·5, золота 19·4 і т. д. Як бачимо, густоту якогось тіла і его питомий тягар представляє те саме число. Однак з того ще не слідує, що густота і питомий тягар є одно і те саме, бо густота є числом неназваним, а питомий тягар числом названим.

§. 8. Тягар і тисненє воздуха 1. Важу літрову скляну посудину враз з воздухом, який в ній находить ся, а відтак ту саму посудину, наповнену водою о температурі $+4^{\circ}\text{C}$. Находжу, що в першім случаю важить она 301·3 *g*, а в другім 1300 *g*. Тому, що 1 *l* води важить 1000 *g*, то припадає на тягар самої посудини 300 *g*, а 1·3 *g* на тягар одного літра воздуха. Подібним способом можна пересвідчити ся, що всі гази є тяжкі.

2. Коли 1 *l* воздуха важить 1·3 *g*, то 1 *cm*³ важити ме 0·0013 *g*. Якнебудь малий є питомий тягар воздуха, то однак не є він без значіння, бо земля наша є окружена довкола атмосферичним воздухом (*αἰὴρ* = пара, *οὐρα* = куля), що сягає до висоти около 300 *km*. З тої причини тисне на кожде тіло стовп воздуха, що взносить ся над ним, цілим своїм тягарем. Тисненє те є досить значне, бо — як змірено — виносить при уровені моря около 1 *kg* на 1 *cm*². Таке тисненє зовемо тисненєм одної атмосфери.

Погрузім склянку в посудину з водою, щоби наповнила ся, а відтак обернім її під водою дном до гори і витягнім на стілько, щоби лиш криси остали в воді. Побачимо, що склянка остане наповнена водою. Причиною того явища є тисненє воздуха на поверхню води в посудині.

І. НАУКА О ТЕПЛІ.

§. 9. Тепло. Температура. 1. Коли приближимо руку до полуміни свічки, діткнемо рукою печи, леду..., то дізнаємо особливого чувства, задля котрого кажемо, що полумінь є горяча, а лід зимний. Той особливий стан тіл, задля котрого они збуджають в нас чувство тепла або зимна, зовемо теплотним станом (*Wärmезustand*), а его причину теплом (*Wärme*).

2. Тому, що одно і те саме тіло збуджає в нас чувство тепла не завсїди в однаковій мірі (н. пр. вода може бути горяча,

тепла, літна, холодна, студена), тож заключаємо, що теплотний стан тіл змінює ся. Кождочасний степе́нь тепла якого́небудь тіла зове́мо его температу́рою.

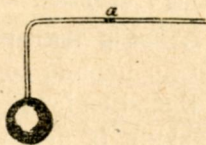
О ті́лї, котре є теплі́йше від друго́го, каже́мо, що оно має ви́щу температу́ру. І так н. пр. температу́ра поду́ми́ни є ви́ща як печа́, а печа́ ви́ща як ле́ду. Зимно́ не є проте бра́ком тепла́, а лиш низи́шим его степе́нем.

§. 10. Уді́ленє тепла (Mittheilung der Wärme). Коли вкине́мо кусник розжа́реного же́лі́за до студено́ї води, то по яки́мсь часі́ же́лі́зо охолоди́ть ся, а вода о́грі́в ся, так що оба ті́ла ста́нуть одна́ково теплі́. — Студене же́лі́зо, покла́дене на горя́чу печ, на́грі́ває ся так до́вго, доки не ста́не одна́ково тепле́ з печа́ю. А проте

Коли два ті́ла о не́рівній температу́рі сти́кають ся з собо́ю, то теплі́йше уді́ляє холо́дні́шому так до́вго тепла́, доки їх температу́ри не ви́рівняють ся.

Коли приложи́мо руку до якого́сь ті́ла, то оно предста́вить ся на́м зимня́м, е́сли тепло́ руки уді́ляє ся ті́лу, а теплим, е́сли тепло́ ті́ла уді́ляє ся руці́.

§. 11. Змі́на об'є́му ті́л при змі́ні температу́ри. а) Мі́хур, в котрі́м зав'язано́ возду́х, наду́ває ся, коли покла́демо его́ на горя́чу печ: коли́ж опі́сля да́мо его́ до холо́дного місця́, він стя́гне ся наза́д. — В скля́ній кулі́, заосмотре́ній в тонку́, зі́гну́ту ру́рку (фі́г. 5), нахо́дить ся возду́х, або якийне́будь иньши́й га́з, замкне́ний кра́плею ртуті́ *a*. Підча́с о́грі́вання кулі́ (на́віть ру́кою) посу́ває ся рту́ть напе́ред, а підча́с охоло́дження в́зад.

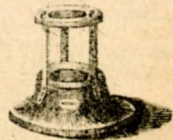


Фі́г. 5.



Фі́г. 6.

б) На́лі́ймо води́, на́фти́ або яко́їнебу́дь иньшо́ї те́чи до скля́ної кулі́ *a* (фі́г. 6), заосмотре́ної в до́вгу, тонку́ ру́рку, так що́би те́ч сяга́ла в ру́рці́ до *c*. Вложи́м відта́к ту кулю́ до горя́чої води́, то те́ч піднесе́ ся в ру́рці́ н. пр. до *d*; вложи́м її́ до студено́ї води́, то те́ч опа́де пони́жше перві́сного ста́ну н. пр. до *b*.



Фі́г. 7.

в) О́грі́ймо металеву́ кулю́ *a*, що́ переходить вільно́ через металевий обру́ч (фі́г. 7), то она за́держить ся на ні́м і до́перва по яки́мсь часі́, як охоло́дить ся, пере́йде на дру́гу сторо́ну. — З по́висших досьві́дів слі́дує, що́

При підвисше́нню температу́ри об'є́м ті́л по́бі́льшає́ ся, а при обни́женню по́меншає́ ся.

Численні досвіди показали, що при рівних змінах температури змінює ся об'єм газів найзначнійше, течий менше, а тіл цїпких найменше; дальше, що ріжні цїпкі тіла і течі при тій самій зміні температури змінюють об'єм неоднаково (н. пр. цинк значнійше ніж срібло, а срібло значнійше ніж залізо, алкоголь значнійше ніж вода), натомість всі гази розширяють ся або стягають ся однаково.

Неоднакова зміна об'єму ріжних тіл при однаковій зміні температури є причиною, що полива залізних кухонних посудин скоро пугає і відлітає з часом: меблі, яких части посклеювані з ріжних родів дерева, тріскають; цвяхи, якими прибиті бляшані дахи до дерев'яних лат, вискакують серед великого горяча; дві штаби ріжнородних металів, споєні з собою поздовжно, задержують прямий вид лини при тій температурі, при котрій їх споювано, а при всякій инній вигинають ся. — Длячого коваль робить залізний обруч менший від колеса і вбиває за горяча на колоесо? Длячого металевих кітлів не обмуровує ся щільно? Длячого кінці залізничих шин не стикають ся з собою? Длячого склянка пугає, коли налляти до неї киплячої води? Длячого грубша склянка пугає скорше, ніж тонка? Длячого в емальованих посудинах відскакує емалія легко, коли їх поставимо порожні на кухні?

Деякі тіла, як глина, шкіра, сире дерево... стягають ся при підвищенню температури, бо тратять воду. Отже є то лини мнимий виїмок від загального правила.

§. 12. Помір температури. Покладім побіч себе три посудини і налїймо до першої води студеної, до другої літної, а до третьої горячої. Вложім відтак до першої лїву руку, до третьої праву, а подержавши їх через кілька хвиль у воді, вложім обі руки до середньої посудини. Запримітимо, що лівій руці видасть ся та сама вода тепла, а правій студена.

З того слїдує, що мірою температури не може бути наше чувство, бо при одній і тій самій температурі може якесь тіло представити ся нам теплим або холодним, одвітно тому, який є стан теплотний дотикових нервів. Впрочім тяжко розпізнати чувством малі зміни температури, а мірити їх майже неможливо. — Найлучшим средством до міреня температури є те свїйство тіл, що они при огріваню розширяють ся, а при охолоджуваню стягають ся.

Щоби із зміни об'єму якогось тіла можна було легко і точно означити температуру, повинно оно: а) при однакових змінах температури однаково змінити свїй об'єм; б) прийняти первісний об'єм, коли одержить первісну температуру; в) вже при малих змінах температури змінити замітно свїй об'єм, щоби сю зміну легко було достерегти. Тіла, що відповідають тим умовам (як

ртуть, алкоголь, воздух...), зовемо термометричними тілами, а прибори, зроблені з них, що служать до міреня температури, термометрами (*θερμός* = теплий, *μέτρον* = міра).

§. 13. Термометер ртутний (Quecksilber Thermometer) складає ся з вузької скляної рурки, на однім кінці видutoї в кулю або подовгасту баню, а на другім заклепленої. Куля і часть рурки є виповнена ртуттю, а проча часть рурки пуста (без воздуха). Другою головною частию термометра є поділка або скаля, на котрій відчитуємо зміну довготи ртутної нитки, а тим самим і зміну температури.

Термометер робить ся сим способом: Наповнивши кульку і часть рурки ртуттю, ogrіваємо кульку, а коли ртуть підійде аж до кінця рурки, заклеплюємо її. Коли відтак кулька охолодить ся, ртуть в рурці опадє, а над ртуттю остане безвоздушний простір. — Щоби заосмотрити термометер в поділку, треба означити на рурці дві основні точки. В тій ціли вкладає ся термометер найперше до потовченого таяючого леду і зазначає ся точку, по котру ртуть опадє; відтак дає ся термометер до посудини, наповненої парюю киячої води (фіг. 8) і знов зазначає ся точку, до якої підійде ртуть. Першу з тих точок зовемо точкою таяня леду (Eispunkt), а другу точкою кияня води (Siedepunkt). Відступ між обома тими точками ділить ся на рівні части, звані степенями (Grade), і то після Réaumur'a (1730 p.) на 80, після Celsius'a (1742) на 100, а після Fahrenheit'a (1709) на 180 частий. Точка таяня леду означена у Реоміра і Цельзія зером, а у Фаренгайта числом 32, так що у першого стоїть при точці кияня 80, у другого 100, а у третього 212 (фіг. 9). Зладивши тим способом поділку, переносить ся степені також повисше точки кияня і понизше точки зерової. Степені повисше зєра зовуть ся додатними (+) або степенями тепла, а понизше зєра відємними (—) або степенями зима.

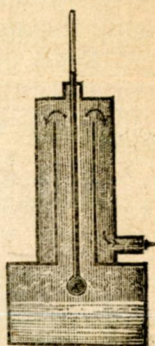


Fig. 8.

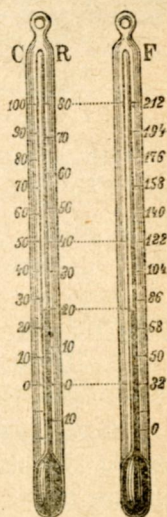


Fig. 9.

Щоби степені одної скалі перемінити на степені другої, треба зважити, що $80^{\circ} R = 100^{\circ} C = 180^{\circ} F$, а проте $1^{\circ} R = \frac{5}{4}^{\circ} C = \frac{9}{4}^{\circ} F$, $1^{\circ} C = \frac{4}{5}^{\circ} R = \frac{9}{5}^{\circ} F$ і $1^{\circ} F = \frac{4}{9}^{\circ} R = \frac{5}{9}^{\circ} C$. Тим чином буде н. пр.

$16^{\circ} R = \frac{5}{4} \cdot 16^{\circ} C = 20^{\circ} C$; $40^{\circ} C = \frac{4}{5} \cdot 40^{\circ} R = 32^{\circ} R$; $12^{\circ} R = (\frac{9}{4} \cdot 12 + 32)^{\circ} F = 59^{\circ} F$; $20^{\circ} C = (\frac{9}{5} \cdot 20 + 32)^{\circ} F = 68^{\circ} F$; $86^{\circ} F = \frac{4}{9} \cdot (86 - 32)^{\circ} R = \frac{4}{9} \cdot 54^{\circ} R = 24^{\circ} R$, а $\frac{5}{9} \cdot 54^{\circ} C = 30^{\circ} C$.

Щоби означити температуру якогось тіла, прикладаємо до него термометер, коли оно цїпке, або погружаємо в нїм термометер, коли оно плинне, і ждемо, доки ртуть не стане на одній точці. Число, що стоїть побіч тої точки, показує температуру тіла.

Крім ртуті уживають до наповнення термометра також закрашеного алькоголю, сїрчаного квасу і т. п. Термометер алькоголевий придатний особливо при дуже низьких температурах, бо ртуть при $-39^{\circ} C$ мерзне.

§. 14. Помір тепла. Тепло питоме. 1. Огріймо однаково тяжкі кульки з желїза, міді, цини і олова до рівної температури і покладім їх на восковім, около $1\frac{1}{2}$ *см* грубім кружку (фіг. 10). Побачимо, що кулька желїзна найперше перетопить кружок, пізнійше мідяна, відтак цинова, а оловяна лиш заглубить ся в кружок.



Фиг. 10.

З того бачимо, що зпоміж тих тіл о однаковій температурі має желїзо найбільше тепла, а олово найменше; що проте температура а скількість тепла не одно і те саме, та що годї мірити скількість тепла термометром.

Щоби можна мірити скількість тепла, треба поперед всего мати одиницю тепла. За одиницю тепла прийнято таку скількість тепла, котра масу 1000 g або 1 kg води огріє о 1° , і названо єї калъорією (*calor* = тепло). Так отже до огрітя маси 1 kg води від 0° до 50° треба 50 калъорій, а до огрітя маси 8 kg води від 0° до 10° 80 калъорій.

2. Щоби означити скількість тепла якогонебудь тіла, му-симо знати, скілько калъорій потреба, щоби масу 1000 g або 1 kg того тіла огріти о 1° . Після дослїдів та скількість тепла є для ріжних тіл ріжна; она є характеристичною прикметою тіл, і тому зове ся питомим теплом (*spezifische Wärme*).

Питоме тепло деяких тіл: Води 1, землі 0.25, скла 0.18, желїза 0.1, срібла 0.06, ртуті 0.03 калъорій.

Для вправи: Скілько калъорій потреба, щоби 20 kg желїза огріти з 0° на 30° , а 8 kg ртуті з 0° на 15° ? — Два kg ртуті мають температуру 125° ; до якої температури огріє тепло тої ртуті 0.5 kg води, що має 0° ? — Що має більше тепла, чи вода в склянці о температурі 100° , чи вода в ванні о температурі 30° ?

Позаяк ртуть має дуже мале питоме тепло, то надає ся вельми на термометричну субстанцію; бо мала скількість ртуті, яка містить ся

в термометрі, відбирає тілу, котрого температуру означаємо, так мало тепла, що його температура остає майже незмінена. — Яке значінє в природі має ся обставина, що вода має найбільше тепло питомє із всіх тіл? (Приморське підсонє).

§. 15. Зміна обєму води при зміні температури. Наліймо комнотної води до скляної кулі, заосмотреної в вузьку рурку, вложім її враз з термометром до ширшої посудини з водою і ogrivajmo поstepенно до $100^{\circ} C$. Побачимо, що — одвітно загальному правилу — вода в рурці буде підносити ся. Охолоджуймо відтак ту купіль, а стовпок води в рурці буде опадати, однак лиш так довго, доки купіль не охолодить ся до $+4^{\circ} C$. При дальшій охолодженю буде стовпок води знов підносити ся, значить, вода починає наново розширяти ся, так що при 0° буде єї обєм майже такий, який був при $+18^{\circ} C$, а коли вода вкінці замерзне, то лід буде мати більший обєм, як вода при $+100^{\circ} C$. — З того бачимо, що

Вода повинує ся загальному правилу що до зміни обєму лиш в границях між $+100^{\circ}$ а $+4^{\circ} C$, значить, при підвишеню температури розширяє ся, отже стає рідша, а при обниженю температури стягає ся або стає густійша; при $+4^{\circ} C$ має найменший обєм, отже найбільшу густоту, а при дальшій охолодженю знов розширяє ся.

Для чого лід плаває на воді? Для чого пукають замкнені посудини, в котрих замерзає вода? Ріля, заорана під зиму, є на весні дуже пухка. Соки ростиної, замерзаючи в часі дуже сильних морозів, розривають ростинні кліточки, наслідком чого ростиної усихають. Яке значінє в природі малоби се, коли би вода поводила ся правильно також між $+4^{\circ} C$ а $0^{\circ} C$? (Житє риб і водних сотворінь, топлєне ся леду на весні).

§. 16. Зміна стану скупности тіл при зміні температури. **Топленє** (das Schmelzen). 1. Ogrivajmo в одній посудині віск, а в другій сїрку. Побачимо, що віск почне топити ся вже при $+65^{\circ} C$, а сїрка доперва при $111^{\circ} C$; дальше, що термометер, котрий находити ся в першій посудині, буде показувати так довго $+65^{\circ}$, доки весь віск не стопить ся, а термометер в другій посудині $+111^{\circ}$, доки вся сїрка не стопить ся, хоч ми безнастанно ogrivaemo. Подібно при ogrivanю леду термометер не піднесе ся повисше 0° , доки весь лід не стопить ся. — З повисших досьвідів бачимо, що

а) Тіло цінке можна ogrіти тільки до певної, для кожного тіла характеристичної степені, почім оно топить ся. Температуру, при якій якесь уїло починає топити ся, зовемо температурою або точкою топлєня (Schmelzpunkt) того тіла.

Точки топлення деяких тіл: Ртуті — $39^{\circ} C$, терпентини — 10° , леду 0° , лозу 33° , цинку 230° , вісмуту 256° , олова 330° , цинку 360° , срібла 1000° , міді 1100° , заліза 1500° , платини 1700° . Стопи або аліажі топлять ся звичайно при низшій температурі, як їх складові частини. І так н. пр. металъ Rose'го (2 частини вісмуту, 1 ч. олова і 1 ч. цинку) топить ся вже при $+95^{\circ} C$. — Лютоване.

б) *Температура топлення якогось тіла не зміняє ся так довго, доки оно зовсім не стопить ся.* Отже все тепло, якого ми достарчаємо тілу підчас єго топлення, зуживає ся лиш на стопленє тіла, т. є. на перемену тіла із стану цїпкого в стан плинний, і тому доперва по цїлковитім розтопленю тіла можна через огріванє підвисшити єго температуру.

Підчас розмерзання вікон стає в комнаті холоднїйше, бо все тепло, потрібне до таяння, беруть частини леду від окружаючого воздуха. Те зуживанє тепла підчас таяння є причиною, що леди рік і ставів топнїють повільно; в противнїм случаю мусїли би ми мати що весни великі повені. — Кусник олова, обвинений цїльно в папір, стопить ся над свьічкою, але папір не згорить, бо топнїюче олово забирає майже все тепло паперови, і через те не може єго температура піднести ся настїлько, щоби він запалив ся.

Тепло, якого треба, щоби масу 1 *kg* якогось тіла цїпкого о певнїй температурі переменить в теч о тій самій температурі, зове ся теплом топлення (*Schmelzwärme*). Давнїйше називали те тепло утаєним (*latente Wärme*), тому що оно не дає ся викрити термометром.

Тепле топлення для леду виносить около 80 калорій. Для всїх иньших тіл оно меньше; так приміром для цинку 28, сїрки 9·4, олова 5·4, ртуті 1·8 калорій.

2. Коли вкинемо до води кусник соли або салїтри і замішаємо, щоби скоро розпустила ся, то побачимо на погруженім термометрі, що температура води обнизилася. Так отже

Болі цїпке тіло розпускає ся в течі, то на розірванє частин тіла зуживає ся якась скількість тепла. Того тепла достарчає сама теч і тому охолоджує ся.

На тім основують ся охолоджуючі мішанини (*Kältemischungen*). Н. пр. коли змішаємо 3 ч. таяючого леду з 1 ч. соли, то температура обнизить ся з 0° на $-18^{\circ} C$; потовчена глівберска сіль, підліна сїльним квасом, охолоджує ся з $+10^{\circ}$ на $-17^{\circ} C$; 1 ч. розведеного сїрчаного квасу і 1 ч. снїгу охолоджують ся з 0° на $-50^{\circ} C$. Морожене.

§. 17. Цїпненє (*das Erstarren*). 1. Коли комнатну воду покладемо на сильний мороз, то температура єї буде обнижатись, а коли дійде до 0° , почне вода цїпенїти або замерзати; дальшого обниження температури не замїтимо так довго, доки вся вода не замерзне. Так отже

а) Температуру якоїс течі можна обнизити тільки до певної точки: даліше охолодження не причиняєсь до обниження температури течі, а лиш до переміни її в стан цїпкий. Температура, при котрій те діє ся, зове ся температурою або точкою цїпнення (Erstarrungspunkt).

б) Тїло розтоплене цїпенїє при тій самій температурі, при котрій топить ся.

2. Щоби яканебудь теч сцїпенїла, не досить обнизити її температуру до точки цїпнення, але треба її охолоджувати ще даліше. І так н. пр. вода ще не замерзне, коли її охолодимо до 0° ; ми мусимо держати її в місці, де температура є низша як 0° . Понятна річ, що холоднїйший від води воздух мусить уймати її тепла, а що температура її мимо того не обнижає ся, тож мусить в нїй підчас замерзання витворювати ся тепло, котре удержує її все при одній температурі. Точні досліди поучають, що

в) Підчас цїпнення розтопленого тїла вивизує ся якраз стільки тепла, скільки єго зужило ся на стопленє. Тепло те зовемо теплом цїпнення (Erstarrungswärme); давнїйше звали єго теплом освободженням (befreite Wärme).

Приморські околиці мають лагідні зими, бо наслідком замерзання великої маси води витворює ся багато тепла, яке лагодить сильні морози. Щоби картоплі в пивниці не змерзли, кладуть часто побіч них посудини з водою; тепло, що витворює ся підчас замерзання води, огріває пивницю.

При захованю деяких осторожностей, можна охолодити теч і понизше точки цїпнення, іменно коли стереже ся теч від потрясень і від доступу воздуха. І так н. пр. коли до фляшочки, наповненої вивареною водою, вложимо термометер, а налявши на верх трохи оливи, виставимо в спокійнім місці на сильний мороз, то побачимо, що термометер опадє навіть до $-10^{\circ} C$, а вода мимо того не замерзне: колиж тепер потрясемо флящиною або вкинемо кусник леду, то вода сейчас замерзне, а термометер покаже 0° . Така теч зове ся перехолоджена (überkühlt). — Творене ожеледи поясняє ся тим способом, що перехолоджені краплі дощеві, упавши на землю і діткнувшись її, сейчас мерзнуть і покривають землю гладким ледом.

§. 18. Парованє (die Verdunstung). 1. Коли мисочку з етером, алькоголем або водою докладно зваяжимо і покладемо на вільнім місці, то вже на другий день пересвїдчимо ся при помочи важення, що течі убуло. Часть течі перемінїла ся іменно в воздушний стан і улетїла або випарувала.

Також деякі тїла цїпкі, як камфора, йод, а також лїд, парують і через те зникають поволи. Біле висихає і на морозі.

2. Наліймо однакову скількість етеру на мисочку, до склянки і до фляшочки, та покладім всі ті посудини побіч себе на вільнім місці. Пересвідчимося при помочи важення, що найскорше випаровує етер з мисочки, а найповолійше з фляшочки. — Наліймо однакову скількість етеру на два скла від годинника і покладім одно з них на теплу печ, а друге на стіл. Побачимо, що етер випарує з першого скла скорше, ніж з другого. — Коли будемо рушати карткою паперу над мисочкою з етером, то парованє прискорить ся. З досвідів тих слідує, що

Парованє прискорює ся: а) через побільшенє поверхні течі, б) через підвисшенє температури, в) через відведенє пари, що вже витворила ся, і через зменьшенє зовнішнього тисненя.

Мокре біле розвішуємо, а траву розкидуємо, щоби скорше висхли. Вохкі річі вішаємо в теплій комнаті або в такім місці, де сильний продув. Болото висихає скорше підчас горячого літнього дня, як в осени, а також скорше в часі вітру, як в тихий день. Як пізнати напрям вітру, коли вохкий папєць тримаємо до гори?

3. Наліймо трохи етеру або алькоголю на руку, а почуємо холод. Обвинім кульку термометра шматинкою і поліймо її етером або водою, а побачимо, що стовпок ртуті в термометрі значно обнижить ся. Так отже

Підчас парованя течі зуживає ся тепло.

Коли в жаркий день упаде дощ, чуємо милий холод. По більших містах зливають в горячі дні улиці водою, щоби охолодити воздух. Вийшовши з купели чуємо холод; тож само, коли серед спеки станемо на продуві. Приморські околиці не мають великих спек. У вохкий день чуємо немилый холод, бо пара, що находит ся в великій кількості в воздуху, осідає на нашім тілі, а паруючи знов, відбирає єму тепло. Щоби мати в літі через довгий час студену воду, обвиваємо збанок мокрою платинкою і кладемо єго на продуві. Щоби горяча страва вистигла скорше, дуємо на ню.

§. 19. Кипінє (*das Sieden*). 1. Коли огрівати мемо воду в скляній посудині, то вневдовзі окажуть ся серед води, особливо при дні і стінах, маленькі баньки; піднимаючи ся до гори, стають они чим раз більші, а при поверхні води зникають. Є то баньки воздуха, що находит ся між частинами води і при стінах посудини. — При дальшій огріваню творять ся на дні посудини більші баньки, котрі також піднимають ся до гори, але в висших холодних верствах маліють і зникають, не дійшовши до поверхні. Чим довше огріваємо, тим більше творить ся таких баньок, а zarazом дає ся чути шипіт. То баньки водної пари; бо вода через огріванє переходить з стану плинного в стан воздушний або пару, яка баньками піднимає ся в гору. В пе-

реході через горішні, менше ogrіті верстви води охолоджує ся пара і знов переменяє ся в теч, а в порожні місця, що творять ся тим способом, втискає ся вода і через те повстає шипіт. — Вкінці, коли термометер, погружений в воді, вказує $100^{\circ} C$, устає шипіт, а вода починає перевертати ся і булькотіти; тепер витворюють ся баньки пари в цілій масі води і не зникають вже, але уходять через воду в воздух. Ми кажемо, що вода кипить. При тім замічаємо, що мимо безнастанного ogrіваня, ртуть в термометрі не підносить ся повисше $100^{\circ} C$. Коли будемо ogrівати алькоголь замість води, то той почне кипіти вже при $+78^{\circ} C$, а температура его не піднесе ся, доки весь не переменить ся в пару. З повисших дослідів слідує, що

а) Теч можна ogrіти лиш до певної, для кожної течі характеристичної температури; при дальшій ogrіваню починає теч кипіти т. є переменяє ся в воздушний стан або пару не лиш на поверхні, але в цілій своїй масі. Температура, при котрій якась теч починає кипіти, зове ся температурою або точкою кипіння течі (Siedepunkt).

Точки кипіння деяких течій після Цельзія: етеру 35° , алькоголю 78° , чистої води 100° , нафти 106° , ртуті 350° , цинку 1040° .

б) Точка кипіння якоїсь течі не змінює ся так довго, доки вся теч не переменить ся в пару; аж опісля можна через дальше ogrіванє підвисшити температуру одержаної пари.

З послідного правила слідує безпосередно, що все тепло, достарчуване течі підчас кипіння, зуживає ся на перемену її в воздушний стан. Тепло, потрібне до перемену маси 1 kg якоїсь течі в пару о тій самій температурі, зове ся теплом кипіння (Verdampfungswärme). Давнійше називано его теплом утаєним.

Тепло кипіння є найбільше для води (536 калорій). По тій причині цинкова посудина не топить ся при огні, як довго наповнена водою; самовар розлютує ся, як википить вода.

2. Якнебудь точка кипіння течі залежить передовсім від її природи, то однак деякі обставини можуть причинити ся до підвиснення або обниження точки кипіння. І так

а) Точка кипіння якоїнебудь течі залежить від тиснення, під яким теч остав. Чим більше те тиснення, тим тяжше видістатися банькам пари на верх, і тому треба більшої скількості тепла, а тим самим і висшої температури, щоби привести теч до кипіння. О тім можемо пересвідчити ся при помочи кітла Papin'a (1687). Є то сильна металева посудина, замкнена щільно при помочи напрубованої накривки. В накривці находить ся охо-

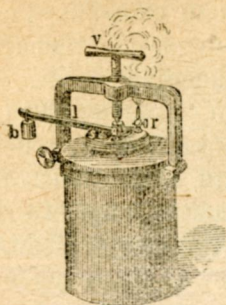


Fig. 11.

ронна затичка *s* (фіг. 11) і рурка *r*, котрою випускає ся пару, заки отворить ся накривку. Тому, що пара, яка витворює ся в кітлі, не може з него уходити і тисне сильно на поверхню води, то треба воду огріти значно понад $100^{\circ} C$, щоби закипіла.

На високих горах, де воздух рідший, як на долах, і тому тиснене его є менше, кипить вода понизше $100^{\circ} C$. На вершкy гори Chimborasso (6300 m) кипить вода вже при $77^{\circ} C$, на горі Montblanc (4800 m) при $84^{\circ} C$. — Ужиток кітла Папіна на високих горах.

б) Теч, в котрій розпущено цїнке тїло, кипить при висшій температурі, ніж чиста теч.

Вода, в котрій розпущено кухонну сіль, кипить що йно при $108^{\circ} C$, але пара, що витворює ся, має все таки температуру $100^{\circ} C$.

§. 20. Краплїне пари (Kondensation des Dampfes). 1. Пара кипячої води є так довго прозора і невидима, як довго має температуру кипіння, отже безпосередно над посудиною. Колиж она охолодить ся лиш незначно, то згущує ся, творячи маленькі водні баньки, наповнені в середині воздухом, які становлять сиваву непрозору мраку. При дальшій холодженю згущує ся пара ще більше і тоді що кілька таких баньок лучить ся в маленькі краплі. Коли проте подержимо над кипячою водою студену металеву плиту, то она гнеть покрив ся крапельками води. Так отже

Через охолодження переміняє ся пара в теч або краплїє.

Коли в фляшці будемо через довший час варити воду, так щоби пара вигнала весь воздух, а опісля закоркуємо фляшку і обернувши дном до гори піллємо студеною водою, то вода в фляшці знов закипить. Чому?

Не лиш через охолодження, але також через стисненє можна пару скрапляти. І так коли наповнимо вальцеву посудину паром води і стиснемо толоком, то часть пари скраплить ся.

Підчас коли пара (води, алькоголю...) вже при малім обниженю температури або незначнім тисненю скраплює ся, є се у газів можливе лиш при ужитю дуже великого тисненя і дуже низької температури. І так н. пр. углиний квас скраплює ся при 0° і під тисненем 36 атмосфер, воздух при -140° і 39 атмосферах. Однак кождий газ можна перемінити в теч і на відворот з течі можна одержати газ, проте між парами а газами нема сущної ріжницї.

2. Коли пару кипячої води будемо вводити до посудини з студеною водою (фіг. 12), то через охолодження буде пара

скраплювати ся, але zarazом почне підносити ся температура води в посудині. З того слідує, що

При перемінї пари в теч витворює ся тепло, і то — як досліди поучають — в тій самій скількості, в якій зужило ся на переміну течі в пару. Тепло те зове ся теплом крапління (Kondensationswärme).

На тім основує ся ogrіванє комнат парю. В тій цілі варить ся воду в плитках, замкнених кїтлах, а пару, що витворює ся, веде ся рурами через місця, котрі хочемо ogrіти. Ту скраплює ся пара, а тепло, яке при тім повстає, ogrіває рури і окружаючий воздух. — Парові лазні.

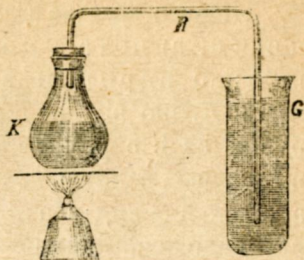


Fig. 12.

3. Із скрапління пари користаємо при перегонцї або дестилляції, що при вїй помочи можна очистити воду або иньшу теч від примішок. В тій цілі варить ся воду в скляній ретортї *R* (fig. 13), а пару, яка повстає, веде ся до банї *V*. Ту скраплює ся она через охолодженє студеною водою, а примішки остають ся в ретортї *R*.

Маючи мішанину двох течій, котрих точки кипіння не є однакі, можна при помочи дестилляції відділити до певної степені одну від другої, ogrіваючи мішанину до точки кипіння течі, що скорше кипить. В той спосіб очищує ся алкоголь від води, коли ogrіємо

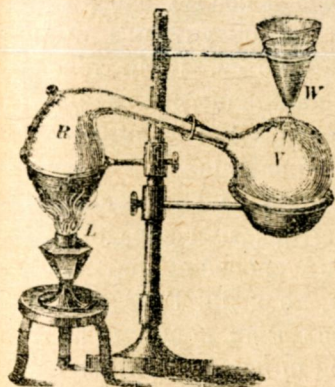


Fig. 13.

мішанину тих течій до точки кипіння алкоголю.

§. 21. Розпрямність пари. Парова машина. До порожньої металевої кулі (fig. 14) є прикріплена сильна скляна рура, в котрій порушає ся толоч, який щільно пристає до стїн. Налїймо до кулі води і ogrіваймо її аж до кипіння, то пара водна, що витворює ся, піднімати ме толоч в гору. З того бачимо, що водна пара (як і всі гази) змагає заняти як найбільший простір і тому виконує тисненє на стїни посудини, що її замикає. Те свїєство пари зове ся розпрямністю (Expansität). Розпрямність пари стає тим більша, чим висша температура пари. На тій засадї основує ся

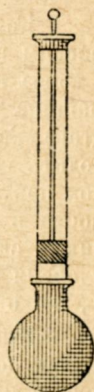
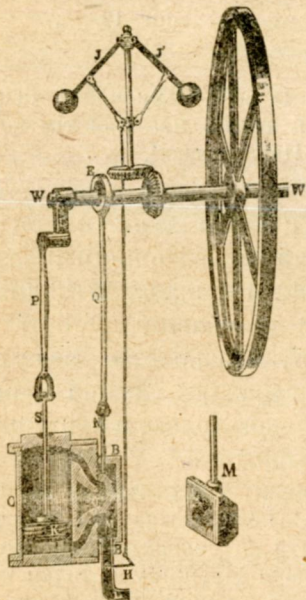


Fig. 14.

Парова машина (Dampfmaschine). Головні частини парової машини є: а) котел, в котрім варить ся вода і витворює ся водна пара; б) паровий валець *C*, (фіг. 15), в котрім порушає ся толоч *K*, що вільно прилягає до стін; в) засувка *M*, що порушає ся в окремії паровій коморі *B* до гори і в діл. — Пара, витворена в кітлі, входить трубою *L* до комори з засувкою, а відси йде під або над толоч парового вальця, одвітно тому, яке положенє займає засувка. Коли іменно засувка є в горішній



Фіг. 15.

частини комори (як на фігурі), то пара йде під толоч і піднімає его своєю розпрямністю, а zarazом витискає горішнім проводом пару, що находит ся над ним. Витиснена пара йде до середини засувки, а відси отвором *o* в воздух або до кондензатора, т. є. до посудини з зимною водою, де скраплює ся. Коли толоч *K* підійшов вже в найвисше положенє, тоді зсуває ся засувка в діл і замикає долішній провід до вальця, а отвирає горішній. Тепер йде пара над толоч і зсуває его в діл, витискаючи zarazом пару зпід толоча. Тим способом порушає ся толоч то в гору, то в діл. Рух той переносить ся посредством корби *D* на вал *W*, а з того при помочи скіряних пасів на иньші машини. Вал порушає також засувку *M*, бо та є з ним получена посредством ексцентрика *E* і прута *Q*.

Коли толоч, а з ним і корба, находит ся в найнижшій або найвисшій положеню, то пара не може порушити толоча, бо тоді прут *S* і корба стоять нормально до вала («мертва точка»). Щоби в тім случаю машина не станула, то на валі є тяжке розгонне колесо (Schwungrad). Задля безвладности обертає оно дальше вал *W*, а через те виходить корба з найнижшого (зглядно найвисшого) положеня в бік і толоч порушає ся дальше під натиском пари. — До удержання рівномірности в обороті вала служить регулятор *JF*, котрого кульки віддаляють ся тим більше від себе, чим скорше обертає ся вал. В міру розклоненя кульок замикає підойма *H* більше або меньше закрутку в рурі *L*, що нею допливає пара з кітла.

Вже Рарін (1690) висказав гадку, що розпрямности пари можна ужити до виконаня руху; однак доперва Newkomen (1705) побудував першу парову машину. В машині тій підносила пара толоч до гори, а атмосферичний воздух зсував его в діл. Watt (1765) побудував першу

машину з кондензатором, а його конструкція в головнім задержана ще до нині. Fulton (1807) побудував перший паровий корабель, а Stephenson (1814) першу локотиву.

§. 22. Вохкість воздуха. Водні метеори. I. Вода моря, рік, ставів, мочарів... парує безастанно, і тому в воздухі находить ся завжди пара. Скількість тої пари залежить головнo від температури: чим вища температура, тим більше пари в воздухі. Однак якийсь певний простір може містити в собі при даній температурі тільки означену скількість пари водної, і то тим більше, чим вища його температура; всяка надвишка пари, доведена до того простору, сейчас скраплює ся. — Коли воздух містить в собі вже так багато пари, що більше не може її прийняти, кажемо, що є паром насичений (gesättigt). Воздух, близький насичення, зове ся вохким (feucht); в противнім случаю є він сухий (trocken).

Хоч воздух в якімсь місци не є ще зовсім насичений паром, то через обниженє температури можна привести його до точки насичення; при дальшій охолодженю скраплює ся часть пари, так що в воздухі остане лиш стілько пари, скілько потреба до насичення. З тої причини фляшка з студеною водою, внесена до теплої комнати, орошує ся зверха.

II. Коли водна пара, що находить ся в воздухі, згустить ся через охолодженє, то повстають т. зв. метеори або водні опади. До тих належить: роса (Tau), иней (Reif), мрака (Nebel), хмари (Wolken), дощ (Regen), сніг (Schnee), крупи (Graupeln) і град (Hagel).

Роса. Повставанє роси є схоже з орошенем склянки, наповненої студеною водою. Коли іменно літом по заході сонця предмети на поверхни землі значно охолодять ся, охолоджує ся від них і окружаючий воздух, аж вкінці дійде до точки насичення. При дальшій охолодженю скраплює ся часть пари і осідає на предметах в виді маленьких крапель.

Иней то нічо иньшого, як замерзла роса. Творить ся тоді, коли температура предметів на землі обнизить ся понизше зера.

Мрака. Водна пара є так довго прозора і невидима, як довго температура її не багато ріжнить ся від температури паруючої води. При значнійшій охолодженю згущає ся она в маленькі баньки водні, наповнені в середині воздухом, через що повстає непрозора сивава мрака.

Мрака появляє ся по холодних ночах, особливо над ріками, ставами, мочарами і т. д., коли пара, що повстає по заході сонця із теплих

шої від воздуха води, над раном значно охолодить ся. Однак нераз (іменно в зимі і осени) покриває мрака не лиш води, але і землю. Така мрака повстає тоді, коли теплий, парою насичений воздух, що пливе від полудневого заходу, втисне ся в студений зимовий воздух; мрака осінна повстає, коли теплий а вохкий воздух охолодить ся зимнім північно-східним вітром. — Опаданє мраків віщує погоду, а піднесенє слоту. Чому?

Хмари то мрака, що уносить ся в висших верствах воздуха. О тім переконує нас ся обставина: Коли вершок гори видимо окружений хмарами, то чоловік, що стоїть на вершку тої гори, находить ся серед мраків. — Хмари повстають, коли теплий а вохкий воздух, принесений полуднево-західним вітром, підноситься в гору і там охолоджує ся, або коли на теплий і вохкий воздух надтягне студений вітер.

Дощ. Коли баньки пари, що творять хмару, значнійше охолодять ся, то зближають ся до себе і зливають ся в повні водні краплі. Ті краплі є вже так тяжкі, що не можуть удержати ся в воздуху і падають на землю яко дощ. Зразу они дуже маленькі, але в переході через насичені парою верстви воздуха стають що раз більші. Коли воздух дуже вохкий і теплий, а нараз охолодить ся північно-східним вітром, тоді паде дощ коротко, але великими краплями (Злива). Довше триваючий полуднево-західний і полудневий вітер спроваджує слоту.

Сніг. Коли температура хмари опаде нагло понизше 0°, то баньки пари водної кристалізують (стинають ся) в тоненькі іголочки. Кристалики ті лучать ся в шести-кінчасті зьвіздочки, які підчас спадання лучать ся дальше з собою і творять сніжні платки. Зьвіздочки і іголочки падають нераз поодинокі в часі сильних морозів. Біла краска їх поясняє ся заключеним воздуху.

Крупи то круглі, білі, непрозорі сніжні зерна, що падають на весні і в осени при наглих змінах температури. На початку весни іменно і при кінці осени є нераз довші верстви воздуха помітно тепліїші від горішніх; тоді спадаючі платки снігу топлять ся зверху, а метані вітром, сполучають ся з собою і заокругляють ся.

Град. Градові зерна складають ся із непрозорого осередка, покритого верствами чистого, прозорого леду. Звичайно є они круглі, але часом також сплюснені або і гранчасті. Град паде в горячі, літні дні (рідко в ночі) при громах і блискавицях, і займає вузкий, але нераз дуже довгий пояс землі. — Град поясняють в сей спосіб: Градова хмара складає ся із крапель перехолодженої води; колиж з висших верств воздуха падають

через таку хмару крупн або снігові платки, то перехолоджена вода сейчас мерзне і покриває зерно верствою леду; при дальнім переході через таку хмару збільшає ся градове зерно новими верствами леду.

§. 23. Проводженє тепла (Wärmeleitung). 1. Коли один кінець желізного прутика держати над полумінню спіритусової лампки, то небавком стане і другий кінець теплий, а з часом навіть горячий. Отже огріті частинки прутика уділяють тепла сусіднім, ті дальшим, і так доходить тепло аж до другого кінця.

Таке уділюванє тепла від частинки тіла до частинки зове ся проводженєм тепла.

2. Вложім до полуміни кінець желізного прутика і так само завеликого деревяного. Замітимо, що перший вже в короткім часі проведе тепло аж до нашої руки, але від другого не учуваємо тепла, хоч він на пернім кінці горить. — З того слідує, що одні тіла проводять тепло дуже скоро, а другі повільно. Перні зовемо добрими провідниками тепла, а другі злими (gute und schlechte Wärmeleiter).

3. Положім металеву і деревяну палочку на горячу печ, щобі обі огріли ся до однакової степени, а відтак приложім до них руку. Зауважимо, що металева палочка видасть ся нам теплійша, ніж деревяна. — Покладім тепер обі палочки на мороз і по якімсь часі приложім до них знов руку. Помимо однакової температури видасть ся нам металева палочка холоднійша, ніж деревяна.

Причиною тих явищ є ся обставина, що металъ уділяє своє тепло руці богато скорше, ніж дерево, і тому передасть руці в тім самім часі далеко більше тепла, ніж дерево; в другім случаю переймає металъ від руки скорше тепло, ніж дерево, і тому забере руці в однаковім часі більше тепла, ніж се послідне. — Так отже

Добрі провідники переймають скоро тепло від тіл, що з ними стикають ся; але і скоро віддають єго; злі протизно.

Добрими провідниками тепла є металі, але не в однаковій степені. Найлучше проводить тепло срібло, відтак мідь, золото, мосяж, желізо, олово... — До злих провідників належать: дерево, уголь, попіл, солома, волосє, піре, шовк, папір, сніг. — Мінерали, скло, палена глина... є мірними провідниками тепла.

Течи (кромі ртуті) є взагалі злими провідниками тепла. Щобі о тім пересвідчити ся, прикріплюємо на дні скляної

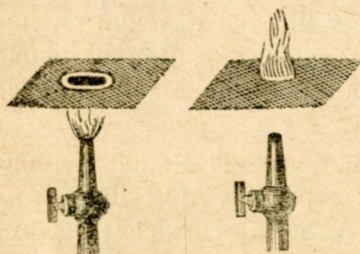
рурки кусник леду, вливаємо зимної води, або якої иньшої течії і ogrіваємо з гори (фіг. 16). Вода у горі почне кипіти, а лід на дні не стопить ся. — Подібним способом через ogrіване з гори можна пересвідчити ся, що і воздушні тіла є злими провідниками тепла.



Фіг. 16.

Злих провідників уживаємо, коли хочемо якесь тіло охоронити перед скорим охолодженням. З тої причини надягаємо в зимі грубу вовняну одіж або кожух, обвиваємо на зиму молоді деревця і керничі соломою, кладемо на камінні помости дошки або килими, даємо загати при хатах; звівирята, що живуть в студених прибігунових сторонах, є покриті густим тоненьким волосом, а птахи мягоньким пухом; воздух, замкнений між подвійними вікнами або дверми, не допускає зима до комнати. — Крім того уживаємо злих провідників, щоби охоронити якесь тіло від скорого ogrітїя. І так металеві знаряди, уживані при огні (як гачки, дверці від печий, желізка до прасованя), заосмотрюємо в деревині ручки; ледівні окладаємо в літї соломою і дошками; між подвійні стіни желізних кас насипає ся понелу. Під солом'яним дахом в літї холодійше, а в зимі теплійше, як під блишаним.

Добрих провідників уживаємо, коли розходить ся о скоре ogrітє (металеві кухонні посудини, желізні печи), а також, щоби не допустити до сильного ogrітїя тіл. І так н. пр. коли густу дротяну сітку держати мемо над газовою полумінню, то полумін'є буде неначе стїтї (фіг. 17); бо металева сітка яко добрий провідник, забирає газова, що через ню переходить, так багато тепла, що він охолодить ся понизше температури, яка є потрібна до єго горіння. З тої самої причини не буде горіти газ під сіткою, коли запалимо єго над сіткою. На тім основує ся лампа Даву-го, уживана в копальнях угля.

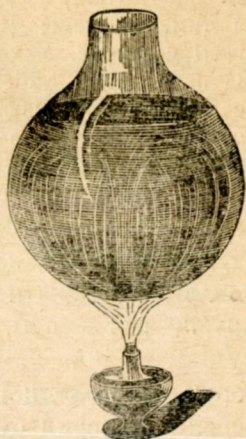


Фіг. 17.

Чому склянка, до якої вливаємо кип'яток, не пугає, коли до неї вложимо срібну ложочку? Чому під склянку, яку ставимо на горячу піч, підкладаємо кусник паперу? Коли дотикаємо кусника з металю і з дерева о тій самій температурі, то кусник металю видає ся теплійший або зимнійший як дерево після того, чи єго температура є вища або низша, як температура руки; чому? Чому господар бажає собі, щоби засіви прикрила груба веретва снігу, аби не змерзли: прецінь сніг є сам зимний?

§. 24. Переношенє тепла в течях посредством струй. Ogrіваймо зі споду в скляній посудині воду, до котрої всипано трохи янтарового порошку або трачина з мягкого дерева. Побачимо, що

трачине, плаваюче при дні, стане підносити ся серединою посудини до гори, а те, що плавало близько поверхні, опадати ме попри стіни на діл (фіг. 18). Той рух трачиня переконує нас, що частини води, ogrіті при дні, піднімають ся яко лекші в гору, а верхні холодніші і тяжші опадають на діл. — Такий рух частин, званий струями (Strömungen), триває так довго, доки вся вода не одержить однакової температури. — Також при охолодженю води з гори повстають подібні водні струї.

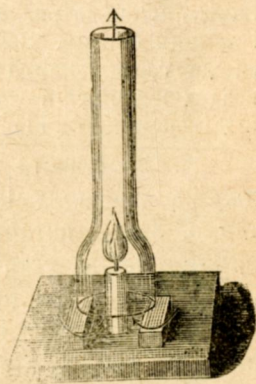


Фіг. 18.

Струї на більші розміри стрічаємо в природі підчас замерзання стоячих або спокійно плывучих глибоких вод. Коли іменно починає ся студнь, охолоджуєсь вода найперше на поверхні, при чім охолоджені частини падають на дно, а тепліші з долу підходять до гори; сі послідні, охолодившись на поверхні, падають знов на діл, і так триває сей рух доти, доки вся маса води не охолодить ся до $+4^{\circ} C$. При дальшій обниженю температури воздуха, обнижає ся і температура верхних частин води, однак ті тепер розширюють ся, а яко лекші остають на поверхні, де і замерзають, коли температура обнижить ся до 0° . Тим способом творить ся лід на поверхні води, грубше з часом що раз більше і, яко злий провідник, хоронить долішню воду від студени, так що в ній можуть жити риби і иньші водні животины. Подібні дві струї єствують і в великих морях, але в напрямі поземім, а не доземім. Вода ogrіта сильно близько рівника, пливе горою к бігунам, а зимна від бігунів долом к рівнику.

§. 25. Переношенє тепла струями в газах.

1. Покладім між два кусники дерева за палену свічку, а на них скло від лампи (фіг. 19). Кусник позлітки, держаний над склом, буде підносити ся до гори, а покладений в долі коло скла, буде втягнений до середини. — З того бачимо, що також в газах повстають підчас ogrівання струї. Ogrітий воздух піднімає ся в гору, а на его місце підступає холодний, який по ogrітю також підносить ся до гори.



Фіг. 19.

Ogrіванє воздуха в комнатах відбуває ся також посредством струй. Ogrітий при печи воздух піднімає ся до гори, а відтак спливає попри стіни на діл; охолодившись при стінах, допливає до печи, ogrіває ся від неї і знов піднімає ся в гору. Щоби той круговий рух

комнатного воздуха прискорити, а проте комнату скорше ogrіти, окружає ся печ стінкою, котра в горі є відкрита, а в долі має отвори (Meissner, 1822). — Ogrіване воздухом великих будинків відбуває ся тим способом: В пивниці будинку, котрого комнати мають бути ogrіті воздухом, находить ся ogrівальна комора, а в ній печ. Ogrітий від печі воздух уходить рурами, що ведуть від горішньої часті комори, до комнат, котрі мають бути ogrіті, коли тимчасом до долішньої часті комори допливає холодний воздух. — Протяг в комині є тим сильніший, чим вищий комин і чим тепліший дим в прирівнаню до вишнього воздуха; тому тягне комин в зимі лучше, ніж в літі. — Чому заєвки при печах є злишні, коли дверцята щільно замикають ся?

2. Коли відхилимо двері з теплої комнати до холодної, або на двір, і держати мемо запалену свічку раз в горі дверей, другий раз в долі, а вкінці по середині, то по нахилению полуміни свічки замітимо, що ogrітий воздух теплої комнати іде горою до холодної, а студений холодної долом до теплої; по середині дверей буде полумінь горіти майже зовсім спокійно.

Коли два стовни воздуха о ріжній температурі стикають ся з собою, то горою пливе воздух з теплішого простору до холоднішого, а долом з холоднішого до теплішого. — Такі бокові струї воздуха зовемо протягом (Luftzug), а коли се діє ся на вільнім місци, вітром (Wind).

Тому, що за дня нагріває ся земля скорше і сильніше, ніж вода, а в ночи скорше охолоджує ся, то в день є воздух над сушею тепліший, ніж над морем, озером або ставом, а в ночи противно. З тої причини над берегами великих вод віє за дня холодний вітер долом від води до суші, а теплий горою від суші к воді; по заході сонця діє ся противно. Вітри ті зовемо вітрами прибережними або брізами. — Замітніші є вітри, які повстають з причини нерівного ogrітя рівника і земних бігунів. Воздух, ogrітий сильно в рівниковім поясі, взносить ся до гори і пливе к бігунам, а рівночасно пливе долом холодний воздух від бігунів до рівника. Вітри ті є звисні (особливо на морях) під іменем пасатів.

§. 26. Лучисте тепло (strahlende Wärme). 1. Коли зближимо долоню до полуміни, чуємо, що від неї допливає до долоні тепло. Коли вставимо між долоню і полумінь картку паперу, доплив тепла устас; значить, тепло походить не від ogrітого воздуха, але просто від полуміни.

З повисшого слідує, що горяче тіло висилає з себе на всі сторони тепло, котрим нагрівають ся подальше стоячі тіла, однак воздух, що находить ся між тілом висилаючим тепло а нагріваючим ся, не бере участи в тім ogrіваню. Тепло, що розходить ся тим способом в просторі, зове ся лучисте тепло.

Тепло сонця нагріває землю, не ogrіваючи воздуха. Воздух ogrіває ся доперва від ogrітої землі, і тому висщі верстви воздуха є зимнійші.

2. Наліймо киплячої оливи до бляшаного шестистінника, котрого одна стїна добре вигладжена, друга шерстка, третя покрита саджею, а четверта білим покостом. Побачимо, що термометри, завішені против кожної стїни в однаковім віддаленю, не ogrіють ся до однакової степені: Термометер, що висить против шерсткої стїни, піднесе ся висше, як той, що против гладкої, а так само той, що висить против темної стїни, піднесе ся висше, як против ясної. — Покладім на сонці два термометри, почорнивши кульку одного з них саджею. Побачимо, що в почорненім підійде ртуть значно висше, як в непочорненім. А проте

а) *Тїла темні і шерсткі висилають при рівній температурі більше тепла, чим ясні і гладкі.*

б) *Тїла, котрі висилають більше тепла, також сильнійше нагрівають ся лучистим теплом (більше влігують тепла).*

Чайникам і машинкам від кави надає ся гладку поверхню. Глязурована печ задержує довше тепло, як неглязурована. — Вода закипить скорше в оковченій посудині, ніж в лискуцій. Сніг топить ся скорше під чорним покривалом, як під білим. Яена одїж є в літі приємнійша, ніж темна. — Спідна сторона листя є шерстка, щоби влігувала тепло, яке по заході сонця земля висилає; противно верхня сторона є гладка, щоби листе в день не надто ogrівало ся від сонця, а в ночі щоби не висилало багато тепла і не охолоджувало ся надмірно. — Підчас хмарної ночі є теплійше, як підчас ясної, бо тепло, що ого земля висилає, відбивася від хмар і вертас назад. Задля того по хмарній ночі нема роси. — Чому безхмарний день спричиняє ogrіте землі, а безхмарна ніч остуджене? (приморозки навіть на Сагарі). Чому иней творить ся в часі яєних весняних і осїєних ночий?

§. 27. Жерела тепла (Wärmequellen). I. *Механічні жерела тепла.* Протягнім через корок дрїт і посуваймо корком скоренько здовж дрота там і назад. Запримітимо, що вже в короткім часі розігрів ся дрїт дуже сильно. — Удармо кусником стали о кремїнь, то частини стали, що відривають ся, ogrіють ся через удар аж до червоности. — Воздух, стиснений нагло в склянїм вальци (фіг. 20), нагріває ся до тої степені, що губка, прикріплена під толоком, запалює ся. (Пневматичне кресало). — З повисєших примірів слїдує, що



Фіг. 20.

Через тертє, удар, стисненє, загалом через механічну роботу створює ся тепло.

Пили, сверли, гальми... нагрівають ся підчас довшого уживання. Неомажені осі возів нагрівають при скорій їзді так сильно, що ~~нераз~~ запалюють ся. Дикарі розпалюють огонь тим способом, що труть о себе два кусники сухого дерева. Токарі украшують дерев'яні вироби бурими прутами в той спосіб, що вводять ті вироби на токарни в скорій оборот і прикладають кусник дерева до того місця, що має бути украшене. Монети, що виходять підчас чеканення зпід праси, є так гарячі, що не можна їх в руці удержати.

II. *Тепло сонця.* В місци, до котрого доходять лучі сонця, чуємо більше тепло, як в тіни. Тіло, виставлене на діланє сонішних лучів, нагріває ся тим сильнійше, чим довше, а також чим менше скосо падуть на него сонішні лучі. — Так отже

Лучі сонця ділають ogrivayuchо.

Скількість тепла, що его досилає сонце в протягу року землі є після дослідів так велика, що ним можна би стояти грубу на 30 *m* верству леду, покриваючу цілу земну поверхню.

III. *Тепло землі.* З причини злого проводження тепла землею, в глибині 24 *m* вже не слідний вплив сонішного тепла; в тій глибині удержує ся у всіх порах року постійна температура около 12° C. (Півниця париської астрономічної обсерваторії). Коли однак почнемо глибоше вкопувати ся в землю, то — як досвіді в копальнях показали — на кождих 35 *m* вглуб підноситься температура о 1° C. Ся обставина, як також гарячі жерела і вулькани переконують нас, що в нутрі землі є дуже висока температура, в якій всі мінерали топлять ся. Мимо того се внутрішнє тепло землі не обявляє ся замітно на вні, а то задля грубости земної кори і її злого проводження.

Чому та сама півниця видає ся нам в зимі тепла, а в літі зимна? Чи дійсно она змінє свою температуру о стільки, як нам здає ся?

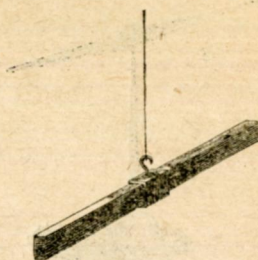
Пізнійше спізнаємо ще иньші жерела тепла, іменно: хемічні процеси і електричність.

II. НАУКА О МАГНЕТИЗМІ.

§. 28. *Магнети природні і штучні.* В деяких горах (н. пр. Герцинських, Рудних, Уральських, Шведських) находить ся желізна руда, звісна під іменем магнетний желізняк, котра визначає ся тим, що малі кусники желіза притягає і придержує. Зовемо її магнетом, а свійство те магнетизмом. Також штучним способом можна збудити в желізі те свійство, і тому розрізняємо природні і штучні магнети (natürliche u. künstliche Magnete).

Природні магнети були звісні вже старинним Грекам, а назва їх походить мабуть від міста Магнесії в Малій Азії, де такі руди знаходжено. Магнетам, особливо штучним, надає ся звичайно вид штабок, палочок, підков або стрілок, чи радше видовжених ромбів.

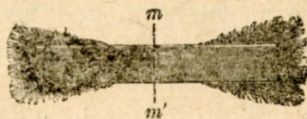
§. 29. Магнетні явища. I. Завісьмо на тонкій нитці маленьку залізну кульку і приблизім до неї магнет. Побачимо, що кулька почне приближати ся до магнета, а відтак пристане до него і буде держати ся єго з замітною силою. — Ужйємо при тім досьвіді кульки мідяної, скляної, деревяної..., а не замітимо ні найменшого єї руху. — Завісьмо тепер магнет на нитці (фіг. 21) і приближаймо до одного з єго кінців залізо, дерево, мідь...; побачимо, що магнет притягне лиш залізо. Так при тім досьвіді, як і при попереднім, картка паперу, дощинка, а навіть скляна шибга не нищить притягання. — А проте



Фіг. 21.

1) *Магнет притягає залізо: 2) Притягання між магнетом і залізом є взаємне, а притягання того не нищать инші тіла (кромі заліза).*

На тім основує ся відділене опилок залізних від мідяних при помочи магнета. та приладжене деяких забавок, як плаваючих гусей, рухомих зьвірят.



Фіг. 22.

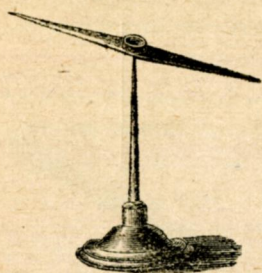
II. Вложім магнет в залізні опилки, а відтак виймім єго. Побачимо, що найбільше опилок поначіпає ся по кінцях (фіг. 22); чим ближше середини, тим менше їх, а по середині не причепить ся зовсім нічого.

Притягаюча сила магнета є найбільша в точках, що положені близько кінців, а меньшає що раз більше, чим ближше середини. — Обі ті точки, в котрих притягаюча сила є найбільша, зовемо бігунами (die Pole), а лінійю, що їх сполучає, осію магнета (Magnetachse).

III. Завісьмо магнетну штабку при помочи паперової трубки або мосяжної оправы на нитці (фіг. 21) так, щоби висіла по земо, а коли она прийде до спочинку, виведім її з того положення. Побачимо, що по кількох колибанях верне она назад до первісного положення, при чім один бігун звертає ся завсідн до півночи, а другий до полудня. — Те саме явище побачимо,

коли магнетну штабку покладемо на корок, плаваючий по воді, або коли магнетну стрілку осадимо на вістрю доземої оси (фіг. 23). А проте

Один бігун магнета, що свободію обертає ся, вказує підчас рівноваги завсѣди к півночи, а другий к полудню. Перший зове ся бігуном північним (Nordpol), а другий полудневим (Südpol).



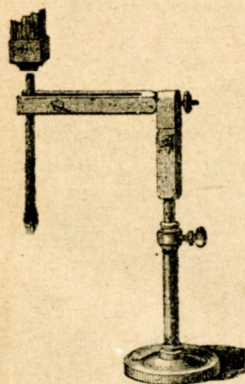
Фіг. 23.

IV. Зближім до північного бігуна магнетної стрілки (фіг. 23) північний бігун магнетної штабки, а відтак полудневий. Побачимо, що в першім случаю бігун стрілки буде відішкнений, а в другім притягнений. Подібне явище побачимо і при полудневім бігуні стрілки: Північний бігун магнетної штабки притягне его, а полудневий відішкне. А проте:

Одноіменні бігуни магнетні відшкнують ся, а ріжноіменні притягають ся.

V. З взаємного притягання і відшкняття двох магнетних бігунів слідує, що в кождім магнеті є дві магнетні сили, два магнетизми: північний і полудневий, яких діланє є противне.— Те противне діланє двох ріжнородних бігунів можна показати отсим досьвідом: Приложім до одного бігуна магнета кусник желіза, а відтак покладім на той магнет другий так, щоби ріжноіменні бігуни прикрили ся. Побачимо, що желізо відпаде. Колиж покладемо другий магнет на перший так, щоби одноіменні бігуни впали на себе, то желізо не лиш не відлетить, але магнет зможе удержати навіть більший кусник желіза. З того слідує, що

Ріжноіменні магнетизми ослаблюють ся, а одноіменні скріпляють ся.



Фіг. 24.

§. 30. Магнетизованє через вплив. Приблизім один бігун сильного магнета до прутика мягкого желіза, а відтак підставмо мисочку з желізними опилками. Побачимо, що опилки попричіпають ся до кінця прутика (фіг. 24), і то тим більше, чим близше магнетний бігун. Віддалім магнет, а опилки сейчас відпадуть. Коли приближений магнет є достатчно сильний, то до першого прутика можна приложити другий, до другого третій..., а всі они будуть держатись купи; колиж відда-

лимо магнет, то прутики сейчас відпадуть. — Коли при повисшім досьвіді уживемо стали замість мягкого желіза, то опилки желізнi також попричіпають ся, лиш в меншій скількості, але по віддаленю магнета будуть дальше держатись прутика. З досьвідів тих слідує, що

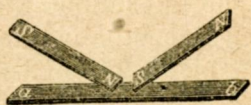
Мягке желізо і сталь стають під впливом магнетного бігуна магнетами, при чім на близшім кінци буде бігун противний, а на дальшій одноіменний. Різниця є лиш та, що мягке желізо тратить магнетизм по віддаленю магнета, а сталь або тверде желізо ні, — хоч перше магнетизує ся сильнійше, чим друге.

Такий спосіб магнетизованя зове ся магнетизованєм через вплив (Magnetisierung durch die Influenz).

Як пояснити на основі повисше сказаного притяганє між магнетним бігуном а мягким желізом? Дячого мягке желізо ділає притягаючо на оба бігуни магнета? — Коли вложимо оба кінці магнетної підкови в желізнi опилки, а відтак піднесемо її, то утворить ся безпереривний ланцух з опилок між одним а другим бігуном. Чому?

§. 31. Магнетизованє через потиранє (Magnetisierung durch das Streichen). Магнети, які можна одержати через вплив, є звичайно досить слабi. Богато сильнійші магнети одержує ся через потиранє стали готовим магнетом. — В тій цілі кладемо один бігун сильного магнета по середині сталевій пластинки, котру хочемо намагнетизувати, і суємо ним до кінця пластинки; відтак підносимо магнет в гору, кладемо знов по середині пластинки і суємо знов до того самого кінця. Потерши в сей спосіб кільканащять разів одну половину пластинки по обох сторонах, потираємо так само другу половину другим бігуном магнета. Половина, потерта північним бігуном, буде мати бігун полудневий, а потерта полудневим, північний.

Щоби потиранє прискорити, беремо два рівно сильні магнети, ставляємо їх противними бігунами під кутом 20—30° по середині сталевій штабки (фiг. 25) і суємо один к одному кінцеві штабки, а другий к другому; повернувши через воздух знов на середину штабки, повтаряємо потиранє кільканайцять разів.



Фiг. 25.

Сила збудженого в стали магнетизму змагає ся з числом потирань, але лиш до певної границі, котра залежить від сили потираючого магнета, та від розмірів і твердості стали. Коли

сила магнетизму в штабці не збільшався, хоч ми раз-враз потираємо, а навіть уживаємо сильніших магнетів до потирання, то кажемо, що сталь є насичена магнетизмом. — Треба ще замітити, що потираючий магнет не тратить нічого на магнетній силі, ані на тягарі, а так само потирана штаба не дізнає ніякої зміни на своїм тягарі.

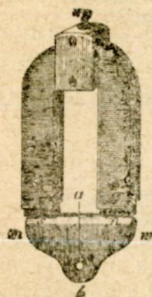


Fig. 26.

Щоби одержати дуже сильні магнети, магнетизуєся більше сталевих пластинок і складає їх одноіменними бігунами. Тим способом одержуєся магнетну батарею.

Щоби сила магнета не ослабала, прикладаємо до его кінців кусники мягкого желіза (fig. 26), звані якорями або котвичками (Anker). Магнетизм, збуджений через інфлюенцію в якорі, ділає з своєї сторони інфлюенційно на магнет, і через те сила его ще збільшаєся, особливо коли до якора привішуєся від часу до часу нові тягарі.

§. 32. Внутрішня будова магнета. Коли перетнемо магнет на дві половини, то кожда з них буде для себе магнетом з обома бігунами (fig. 27). Те саме явище покажеся, коли кожду з тих частин будемо даліше ділити.

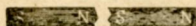


Fig. 27.

Тому, що й найменша частина магнета є цілковитим магнетом, заключаємо, що кождий магнет складаєся із множества дуже маленьких молекулярних або елементарних магнетів, котрих одноіменні бігуни є всі звернені в ту саму сторону. — Даліше представляємо собі, що і ненамагнетизоване желізо складаєся з таких молекулярних магнетів, але ті є неупорядковані, значить, лежать безладно у всяких можливих напрямках, через що їх діланє на вні зноситься. Коли до такого желіза приближимо один бігун магнета, н. пр. північний, то молекулярні магнети звертають ся своїми полудневими бігунами в сторону приближеного бігуна, а тоді їх діланє на вні вже не зносять ся і желізо оказуєся магнетом. Тому, що в твердім желізі або стали тяжше повертати ся тим молекулярним магнетам, чим в желізі мягкім, проте сталь намагнетизовуєся труднійше, ніж мягке желізо, але тревало.

Пояснити на основі повисше сказаного: Яким способом магнетизуєся сталь через потиранє? Длячого кожду штабку можна намагнетизувати лиш до певної границі? Длячого при тім сила потираючого магнета не меншаєся? Длячого через огріванє або потрясенє ослабаєся магнет?

§. 33. Магнетизм земний (Erdmagnetismus). Магнетна стрілка, завішена на нитці над довгим магнетом (фіг. 28), уставляє ся над вго серединою рівнобіжно до осі магнета, звертаючись бігуном s до N , а бігуном n до S . Колиж почнемо посувати її до одного з бігунів магнета н. пр. до N , то она своїм бігуном s буде що раз більше наклонювати ся в діл.

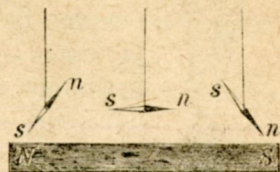


Fig. 28.

Подібне явище достережено, коли досліджувано положенє свободної завішеної магнетної стрілки в різних географічних ширинах: Близько рівника уставляє ся она поземо; на північній земній півкулі наклонює ся бігуном північним, а на полудневій полудневим в діл, і то тим значнійше, чим-дальше від рівника. З того слідує, що

Земля є магнетом, котрого один бігун лежить на північній півкулі, а другий на полудневій.

§. 34. Магнетне відклоненє. Вісь магнетної стрілки, що обертає ся свободної в поземній площі (фіг. 23), не спадає з лінією полуденною, але замикає з нею якийсь кут. Той кут зовемо магнетним відклоненєм (magnetische Deklination), а стрілку таку стрілкою відклонення (Deklinationssnadel). Площа, поведена доземо через вісь стрілки відклонення, зове ся магнетним полуденником. Так отже магнетний і географічний полуденник замикають з собою якийсь кут, а з того слідує, що магнетні і географічні бігуни землі не спадають разом.

Капітан Ross дослідив (1831), що один магнетний бігун землі лежить на північ від Америки (на півострові Boothia felix); другий бігун відкрив капітан Shackleton (1909) в краю Вікторія.

Магнетне відклоненє на різних місцях землі є ріжне і змінє ся з часом. Тепер оно в Європі західне, а в Азії східне. У Львові виносить відклоненє около 8° на захід.

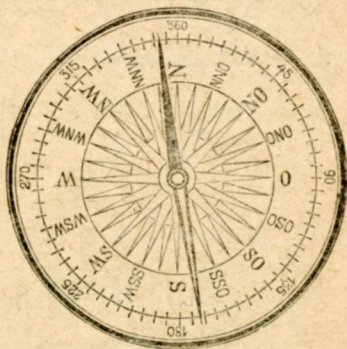


Fig. 29.

Важний ужиток із стрілки відклонення робимо при бусолях або компасах (cum = з, passus = крок), т. є приладах, що служать до розпізнання сторін світа. Компас складає ся з мосяжного низького вальця, що в вго нутрі находить ся стрілка відклонення, а під нею вітрова рожа (фіг. 29).

Щоби при помочи компаса означити точно сторони світа, треба знати магнетне відклоненє того місця, на яким находимо ся. — В Европі звичний ужиток компаса від XII. віку, але Китайці знали его вже на 2000 літ перед Христом.

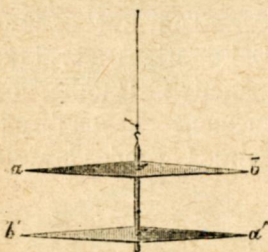


Фіг. 30.

§. 35. Магнетне наклоненє. Магнетна стрілка, що обертає ся около поземої осі, унятої в вилки (фіг. 30), уставляє ся виправді в магнетнім полуденнику, але крім того наклонює ся одним кінцем в діл. Кут, під яким так завішена стрілка наклонює ся до горизонту, зове ся магнетним наклоненєм (*magnetische Inklination*), а стрілка сама стрілкою наклонення (*Inklinationsnadel*).

На різних місцях землі є магнетне наклоненє ріжне. Близько рівника є наклоненє рівне 0° ; на північній півкулі наклонює ся стрілка північним бігуном в діл, а на полудневій полудневим, і то тим значнійше, чим далше від рівника, так що на самих магнетних бігунах уставляє ся стрілка доземо. У Львові виносить наклоненє около 66° .

Коли штабу м'якого желіза держати в положеню стрілки наклонення, то она стане магнетом. Се є також доказом, що земля є магнетом.



Фіг. 31.

§. 36. Астатична стрілка. Коли дві рівно сильні магнетні стрілки злучимо з собою м'яким дротом так, щоби ріжноіменними бігунами лежали над собою (фіг. 31), то они заховують ся як немагнетні, значить, у всякім положеню будуть в поземій рівновазі, бо діланє земного магнетизму на них зносить ся. Таке сполученє двох магнетних стрілок зовемо стрілкою астатичною або безнапрямною (*astatische Nadel*).

III. НАУКА О ЕЛЕКТРИЧНОСТИ.

§. 37. Електричний стан. Потрім скляну палочку флянелею і приближим до окравків паперу. Побачимо, що паперці ті поприсакують к палочці, а відтак відпадуть. — Приближим потерту палочку скляну до т. зв. електричного маятника т. є. легонької кульки (н. пр. з бзинового стрижня), завішеної на шовковій нитці (фіг. 32). Побачимо, що палочка притягне до себе кульку маятника, а відтак відіпхне. — Те саме явище

повторить ся, коли до досьвіду ужиємо палочки ляку або ебоніту. Так отже

Через потиранє збуджає ся в тілах особливий стан, по причині котрого притягають они з невеликого віддаленя легкі тіла, а опісля їх відштовхують. Той особливий стан тіл зовемо електричним, а тіло в тім стані — наелектризованим.

Вже старинні Греки (Талес з Мілету 640 р. перед Христом) замітили те свійство на янтарі (*Електрон*), але доперва Англієць Gilbert (1600) дослідив, що і всі інші тіла можна через потиранє наелектризувати.

Коли скляну або ебонітову палочку потremo сильно в темноті і приближимо до неї сустан зігненого пальця, то на палець перескочить з тріскотом маленька іскра, при чім учуємо легке уколєне. При довнім потираню замічаємо також волю, подібну до запаху фосфору.



Fig. 32.

§. 38. Уділенє і проводженє електричності. I. Потрім сильно скляну палочку, приложім її кілька разів до металевої кулі, осадженої на склянім стовпку, а відтак приближім до тої кулі електричний маятник. Побачимо, що металева куля притягне кульку маятника, а опісля відішхне. Так отже

Тіло стає також електричним, коли приложимо до него наелектризоване тіло. — Той спосіб електризуваня тіл зове ся електризуванєм через уділенє (*Elektrisierung durch Mittheilung*).

II. Положім металевий прут на склянку, уділім одному кінцеві єго електричності, а відтак приближім до него електричний маятник. Пересвідчимо ся, що прут буде і на другім кінці наелектризований. Приложім до котрогогонебудь місця того прутика палець і приближаймо тепер електричний маятник, а побачимо, що прутик утратив зовсім свою електричність. — Ужйємо до того досьвіду замість металевого прутика такий сам скляний або ебонітовий, а пересвідчимо ся при помочи електричного маятника, що лиш той кінець буде наелектризований, до котрого приложено потерту палочку. Потрім скляну палочку і приложім до неї палець, то она утратить електричність лиш на тім місці, якого ми діткнулись. З досьвідів тих слідує, що

З огляду на проводженє електричності ділять ся тіла на добрі і злі провідники. Добрі провідники (*кондуктори*) приймають скоро електричність, розпроваджують її по цілій

поверхни, але і скоро тратять її. Злі провідники не розповсюджують електричності по цілій поверхні, а приймають і тратять її лиш в точці дотику.

Найлучшими провідниками електричності є метали, а відтак руди, кокс, добре випалений уголь, многі течі (розчини солей і кислоти), вихідний повітря, вихідна земля, зваринне тіло. До злих провідників належать: скло, ебоніт, шеляк, живиця, сірка, янтар, шовк, воїсс, сухий повітря, віск, товщі. По середині стоять: алкоголь, етер, смола, дерево, мармур, папір...

Як ogrіте тіло хоронимо від охолодження, окружаючи його злими провідниками тепла, так також наелектризоване тіло можна охоронити перед утратою електричності, коли його відділимо від добрих провідників електричності злими провідниками, або зізолюємо. Задля того зовуться злі провідники електричності також ізоляторами (або діелектриками).

Для чого не удають ся досвідки з електричності при вихідному повітрі? Для чого скляна паличка наелектризується через потирання, а металеві ні? Як можна наелектризувати металеву паличку? Для чого електричний маятник висить на шовковій нитці? — Перед потиранням ogrіваємо паличку, щоб її осушити.

§. 39. Два роди електричності. 1. Уділим кулькам двох маятників електричності потертого скла і зближимо їх до себе. Побачимо, що обі кульки будуть відпихати ся. Те саме явище одержимо, коли обом кулькам уділимо електричності ебоніту. Коли ж кульці одного маятника уділимо електричності скла, а кульці другого електричності ебоніту і зближимо їх до себе, то обі кульки притягнуться, а зіткнувшись з собою, утратять електричність (якщо обі були однаково сильно наелектризовані). — З того бачимо, що иньша є електричність потертого скла, а иньша ебоніту або живиці. Першу з них зовемо електричністю додатною (+ е), а другу відємною (— е). Заразом поучають нас повисші досвідки, що

а) Одноіменні електричності відпихають ся, а ріжкоіменні притягають ся; б) Ріжкоіменні електричності ослабляють ся, а одноіменні скріпляють ся.

2. Обв'яжимо шийку фляшки шовковим платком і трімо о неї ебонітовою паличкою. При помочи електричного маятника пересвідчимо ся, що так ебоніт, як і шовк наелектризували ся, і то перший відємно, а другий додатно. Потрімо тепер о шовк паличку скляну, то вона наелектризується додатно, а шовк відємно. З того слідує, що

Коли два тіла трімо о себе, то кожде з них наелектризується і то протилежними електричностями.

З повисених досвідів дізнаємося разом, що одно і те саме тіло може наелектризуватися через потирання додатно або відємно, а залежить це від другого тіла, яким потираємо.

§. 40. Електроскопи є прилади, при помочі котрих можна визнати, чи якесь тіло є наелектризоване і якою електричністю. Найпростішим електроскопом є електричний маятник, а лиш він за мало чутливий. — О много чутливіший є

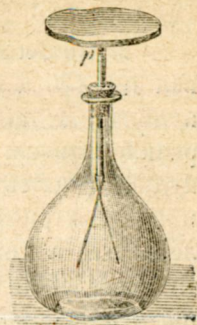


Fig. 33.

Дволистовий електроскоп (Fig. 33). Складаєся він із двох вузких листків позлітки, приклеєних до кінця мідяного прута так, щоби стикали ся поздовжно. Для охорони від продуву вітру вкладаєся той прут з листками до фляшки. Вистаючий з фляшки кінець прута є звичайно заосмотрений в металеву кульку або кружок. — Коли досліджуванім тілом диткнемо кружок, а листки розклонять ся, то ми певні, що тіло є наелектризоване. Щоби пізнати, яка то електричність, прикладаємо до кружка дуже легко потерту скляну палочку. Коли листки ще більше розклонять ся, то електричність досліджуваного тіла є додатна; колиж розклонення зменшить ся, то она відємна.

§. 41. Електризоване через вплив або розділ. 1. До металевого вальця *AB* (Fig. 34), заокругленого на обох кінцях і осадженого на склянім стовпку, попривішувано в різних місцях на металевих нитках по дві кульки з бізенового стрижня. Приблизім до одного з кінців того вальця якесь

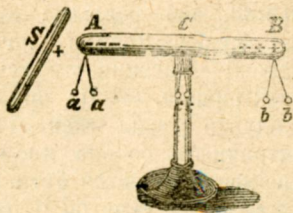


Fig. 34.

наелектризоване тіло, н. пр. потерту скляну палочку *S*. Побачимо, що кульки порозклонюють ся (з виїмком тих, що висять по самій середині *c i c*) і то тим сильнійше, чим ближше кінців *A i B*. Віддалім наелектризоване тіло *S*, а кульки опадуть. Розклонення кулек буде замітне і тоді, коли межі валець *AB* а наелектризоване тіло *S* вставимо скляну шибу. — Так отже за приближенням наелектризованого тіла до доброго провідника збуджує ся в тім посліднім електричність через вплив або інфлюєнцію (Influenz).

Щоби дослідити, якою електричністю наелектризував ся валець *AB*, приблизім додатно наелектризований маятник раз

до кінця *A*, а другий раз до кінця *B*. Побачимо, що в першій случаю буде кулька маятника притягнена, а в другій відіхнена. З того слідує, що

Наелектризоване тіло збуджує в поближкїм добрім провіднику оба роди електричності, і то на ближшій кінци різноіменну, а на дальшій одноіменну.

2. Приближїм знов наелектризовану палочку скляну *S* до вальця *AB*, а відтак приложїм до него палець. Побачимо, що кульки на дальшій кінци опадуть, а на ближшій ще більше розклонять ся. Віддалїм палець, а опісля і палочку *S*, то всі кульки (навіть середуші) розклонять ся. Досліджуймо при помочи електричного маятника, яку електричність має тепер валець *AB*, а пересвідчимо ся, що она відємна, отже противна тій, яку мало приближене тіло *S*. — Досвід сей поучає нас, що з обох електричностей, збуджених через інфлюенцію в добрім провіднику, можна відвести лиш одноіменну з електричністю приближеного наелектризованого тіла, а різноіменної нї. З тої причини зовемо першу свободною (*frei*), а другу увязненою (*gebunden*). — Заразом пізнаємо, що

Добрий провідник можна наелектризувати через інфлюенцію противною електричністю, як має тіло приближене.

Щоби пояснити явища інфлюенції, приймаємо, що неелектричне тіло має вже з природи в рівній скількості додатну і відємну електричність, однак дїйсва обох тих електричностей на внї зносять ся, і тому тіло оказує ся неелектричним. Колиж приближимо до доброго провідника наелектризоване тіло, то електричність сего послїдного притягає різноіменну першого на ближшій кінець, а відіхнає одноіменну на дальшій, або розділює природну електричність доброго провідника. Коли усунемо причину того розділу (т. є. наелектризоване тіло), то обі розділені електричності лучать ся назад і добрий провідник оказує ся неелектричний. — По приложеню руки до доброго провідника, в котрім послїдував розділ електричності, уходить до землі лиш одноіменна електричність, бо она, яко відіхана, змагає віддалитись як найдальше: різноіменна не може бути відведена, як довго находить ся близько наелектризоване тіло, бо її притягає і придержує електричність сего послїдного.

3. Коли приближимо потерту скляну палочку *S* до вальця *AB*, а відтак приложимо, то цілий валець буде мати додатну електричність. Причина тому ся, що з обох електричностей, які втворили ся в вальци через інфлюенцію підчас приближення, при дотику різноіменна — *e* знеутралїзувала ся з одвітною скількістю $+e$ палочки, а остала лиш одноіменна $+e$. Так отже удїлене електричності є властиво розділенем і знеутралїзованем різноіменної.

Якою електричністю розклоняють ся листки електроскопа, коли до кружка его приближимо потерту скляну палочку? Що стане ся, коли приложимо палець до кружка, не віддаляючи палочки? Якою електричністю розклоняють ся листки, коли віддалимо палець, а відтак скляну палочку? Що буде, як віддалимо найперше палочку, а відтак палець? — Описати ділане інфлюенції між потертою палочкою ебоніту, а кулькою електричного маятника. Длячого кулька найперше приближає ся до палочки, а опісля відсакає? — Що спільного мають інфлюенція електрична і магнетна, а в чім різнять ся?

Підіпрім дерев'яну палицю в середині (пр. на березі крісла), приложім до її кінця картку паперу, яку ми огріли над лямпою, а опісля перетягнули під пахою сурдута, то папір притягне палицю; а коли мемо папір віддаляти від палиці, она починає за папером обертати ся; чому?

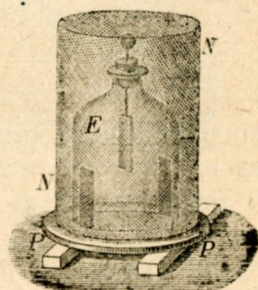
§. 42. Розміщенє електричності на тілах. 1. Накриємо електроскоп *E* (фіг. 35), що стоїть на ізолюваній металевій плиті *P*, дротяною сіткою *N* і доводім електричності до сітки. Побачимо, що електроскоп не окаже і сліду електричності, підчас коли листки позлітки, прикріпленої до внїшньої сторони сітки, будуть відклонюватись. З того слідує, що

Електричність гromaдиться тільки на поверхні добрих провідників.

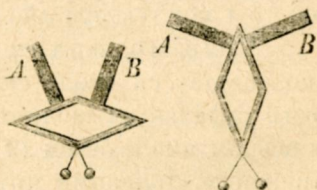
2. Наелектризуємо ізолювану металеву кулю, котрої дотикає кілька електричних маятників. Побачимо, що всі они однаково відклоняють ся. — Наелектризуємо металевий валець (фіг. 34, стор. 35), то кульки по кінцях розклоняють ся сильнійше, ніж по середині вальця. — Наелектризуємо призму, зроблену з чотирох картонових квадратів (фіг. 36), то кульки, завішені при одній грані, розклоняють ся тим сильнійше, чим острійший кут буде при тій грані.

З досвідів тих виходить, що тільки на поверхні кулі розміщує ся електричність рівномірно, а на тілах иншого виду нагромаджує ся там більше електричності, де сильнійше закривленє (заостренє). — Скількисть електричності, нагромаджену на одиници поверхні, зовемо її густотою. Так отже

Густота електричності на якімсь місци доброго провідника є тим більша, чим сильнійше оно закривленє.



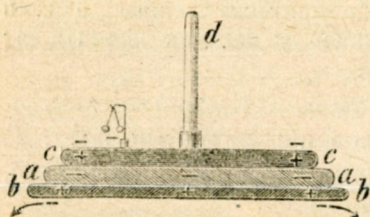
Фиг. 35.



Фиг. 36.

Електричність, нагромаджена на поверхні якогось тіла, змагає покинути те тіло і перейти на инше. Змагане те є тим сильнійше, чим більша густина електричності, і зове ся напругою або потенціялом електричності. — Коли наелектризований добрий провідник заосмотримо в вістрі, то електричність задля великої густоти в тім місці уходить вістріем у воздух, і тіло вже в короткім часі стане неелектричне. — Електричний вітер.

§. 43. Електрофор — найпростійший прилад до витворення електричності — складає ся з ізолятора (живичного або ебонітового кружка) *aa* (фіг. 37), металевої підставки *bb* і металевої накривки *cc*, заосмотреної в скляну ручку *d*. — Коли живичний кружок натріпаємо лисім хвостом або натremo флянелею, то він наелектризує ся відємно. Коли тепер покладемо на кружок накривку, то і та окаже ся відємно-електричною, однак піднесена не буде оказувати ніякої електричності. Колиж до



Фиг. 37.

накривки, що лежить на кружку, приложимо палець, а відтак віддалимо его і піднесемо накривку, то она окаже ся додатно-електрична, і ми можемо ужити тої електричності до досвідів. — З того слідує, що накривка наелектризувала ся через інфлюенцію.

Електрофор витворює виправді не багато електричності, однак є через те догідний, що по одноразовім натріпаню живичного кружка можна накривку кілька разів наелектризувати, кладучи її на кружок. Назва електратора походить віден, що кружок, раз наелектризований, задержує (зарю = ношу) через довший час електричність, а то з тої причини, що витворена через інфлюенцію $+e$ в накривці і підставці вязить $-e$ живиці. — Volta (1775). — Як буде, коли кружок є скляний?

§. 44. Електрична машина (Elektrisirmaschine) Winter'a складає ся із трох головних частий: тіла потираного, тіла потираючого і кондуктора або збирателя електричності.

Тіло потиране є то скляний круг *S* (фіг. 38, стор. 39), що обертає ся около скляної поземої осі *EL*. — Тіло потираюче складає ся із двох скіряних подушок, потягнених кінмаєрівським амальгамом (2 ч. ртути, 1 ч. цинку, 1 ч. цинку) і притиснених сталевими пружинками до скляного круга. Подушки ті спочивають на склянім стовпку *H*, а до них є прикріплені крида з китаики, що покривають часть круга і хоронять електричність перед розсіянєм у воздух. — Кондуктор то порожня мосяжна куля *A*, осаджена на склянім стовпку *G*. Віх

той кулі виходять два дерев'яні перстені *D*, що обіймають скляний круг і по стороні, зверненій до круга, заосмотрені в металеві вістря. На кондуктор накладає ся часто ще дерев'яний обруч, через котрий протягнуто спіралью звинений дріт, а то в тій цілі, щоби збільшити поверхню до назбирування електричності. Також подушки є сполучені з кондуктором *O*, котрий має вид вальця, на обох кінцях заокругленого.

Коли почнемо обертати скляний круг *S*, то через потирання о подушки наелектризовує ся він додатно, а подушки відємно. Додатна електричність круга розділює природну електричність кондуктора *A*, притягаючи — *e* на вістря перстенів *D*, а відшнхаючи + *e* на дальший кінець кондуктора; із

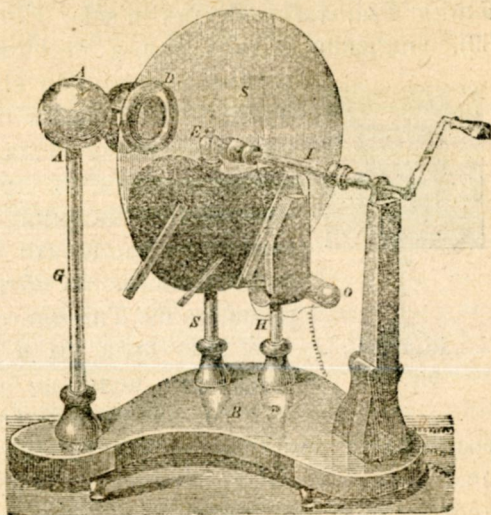


Fig. 38.

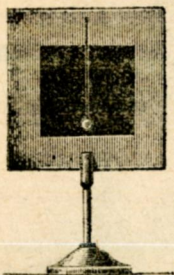
вістр впливає — *e* на скляний круг і неутралізує ся тут з + *e* скла, так що на кондукторі остає лиш відшнхана + *e*. Електричність відємна, витворена на подушках, переходить на кондуктор *O*, звідки дротом або ланцюжком уходить до землі. Противно відводимо додатну електричність кондуктора *A* до землі, коли хочемо мати відємну електричність.

Коли відємний кондуктор, замість з землею, сполучимо з додатним, тоді + *e* з *A* пливе до *O*, а — *e* з *O* до *A*. Через те знеутралізують ся електричності обох кондукторів, так що ні на *A* не буде + *e*, ні на *O* — *e*, хоч ми скляний круг безпачинно обертаємо. Той рух електричності зовемо електричним током (*elektrischer Strom*). — Коли кінець дрота, що веде від відємного кондуктора, лиш зближимо до додатного кондуктора, то в добрім провіднику, сполучаючим оба кондуктори, є перерва, виповнена ізолятором (воздухом), і тоді знеутралізують ся обі електричності в виді електричної іскри.

О много лучші від машини Winter'a є машина Holtz'a і машина Wimshurst'a. Ся послідня машина складає ся з двох ебонітових плит, на яких є наклеєні пасочки станіолу; обі плити обертають ся в про-

тивних напругах, а електричність $+e$ і $-e$ збирають з них металеві шпички і відводять їх до кондукторів. — Перший прилад до витворення електричності через потиране зладив Otto Guericke (1663), бурмістр Магдебурґа.

§. 45. Прилади до згущення електричності (кондензатори). 1. Таблиця Франкліна (Franklin'sche Tafel), є то скляна тафля (фіг. 39), виклеєна з обох сторін станіолом, так що остає лиш на



Фіг. 39.

кілька сантиметрів вільний край. Той край задля лучшего ізолювання потягає ся шеляком. — Коли одну станіолову обкладку сполучимо з наелектризованим тілом, п. пр. з додатним кондуктором електричної машини, то з кондуктора буде до неї так довго напливати електричність, доки густоти електричності на обкладці і на кондукторі не вирівнають ся. Тим способом одержалаб ся обкладка $+E$ і не була би в силі прийняти більше електричності, колиб не було другої обкладки. Однак $+E$ першої обкладки ділає інфлюенційно на другу,

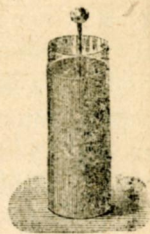
розділюючи природну її електричність на $+e$ і $-e$. З витворення через інфлюенцію електричностей уходить відніхана $+e$ дротом до землі, а притягана $-e$ іде на скляну тафлю і вязнить одвітну часть додатної електричності першої обкладки. Задля зменшення густоти свободної електричності на першій обкладці, допливає до неї знов електричність з кондуктора так довго, доки густота на ній і на кондукторі не вирівнають ся. Новоприбувши електричність переводить знов розділ в другій обкладці, притягаючи відємну, а відніхаючи до землі додатну; і так діє ся той процес доти, доки свободна електричність на



Фіг. 40.

першій обкладці не одержить тої самої густоти, яка є на кондукторі. Тоді кажемо, що таблиця є наряджена електричністю. — Щоби таблицю Франкліна розрядити, треба сполучити обі обкладки добрим провідником. До того служить т. зв. розряднич (Auslader). Є то каблукато зігнений дріт, заосмотренний на обох кінцях в металеві кульки, а по середині в скляну ручку (фіг. 40). Коли одну кульку того розрядника приложимо до одної обкладки, а другу зближимо до другої, то при певнім віддаленію одержимо сильну іскру. — Франклін в Філядельфії (1756).

2. Лейденська бутелька (Leydner Flasche) є то таблиця Франкліна в виді фляшки або слоя (фіг. 41).



Фіг. 41.

До середини того слоя входить металевий прут, заосмотрений у горі в кульку, а в долі закінчений ланцюшком, що сягає аж до станіюлю. Щоби таку бутельку нарядити, беремо її до рук і прикладаємо або зближаємо кульку прута до кондуктора електричної машини. — Сподуваючи виїшні обкладки кількох таких бутельок з собою, а внутрішні знов з собою, одержуємо електричну батарею (elektr. Batterie).

§. 46. Дійства електричності. 1. *Механічні дійства* (mechanische Wirkungen) електричності обявляють ся передовсім як притяганє і відпиханє. — Коли до кондуктора електричної машини приблизимо кульку, завішену на шовковій нитці, то она прискочить до кондуктора, а відтак зараз відскочить. Колиж підчас відскакування діткне ся доброго провідника, сполученого з землею, н. пр. нашої руки, то утратить одержану електричність, і тому притягне її знов кондуктор, потім відіпхне і т. д.

На тім основує ся електричний мотиль, електричний град, електричні скочки, електричні дзвінки. — Волосє чоловіка, що стоїть на ізольованім стільці і дотикає одною рукою кондуктора, їжить ся до гори.

До механічних дійств електричності належить також розриванє і продіравлюванє злих або мірних провідників, як скла, паперу, дерева.

2. *Фізіологічні дійства* (physiologische Wirkungen). Коли до кондуктора електричної машини приблизимо руку або лице, то дізнаємо чутя, як коли би ми дотикали павутини; при дальшім приближеню перескакує іскра, котра, подражняючи шкірні нерви, спричинює уколєнє. Колиж одну руку приложимо до відємного кондуктора електричної машини, а другу приблизимо до додатного, то кожного разу, як перескакує іскра з додатного кондуктора на нашу руку, дізнаємо в сугавах болєсного вєтрясеня.

При розрядженю дуже сильно нарядженої бутельки або батєрії дає ся чути прикий біль в грудях, при чім може послїдувати навіть пораженє. — Малє звїря можна убити електричною іскрою.

3. *Дійства світла* (Lichtwirkungen) Сюда належить передовсім електрична іскра, яку одержуємо, коли до наелектризованого тіла приблизимо добрий провідник. Дуже сильні і яснї іскри повстають при розрядженю лейденської бутельки, або коли кєнєць дрота, що веде від відємного кондуктора, приблизимо до додатного. Іскра така є філяста, буває нераз довга на кілька центимєтрів і часом розгалужена.

Чим рідший воздух, тим легше перескакує іскра і тим она довша, а коли воздух сильно розріджений, то она розходить ся сніпкато і стає блідо-фіолетова. Впрочім залежить краса іскри від газу, через котрий она перескакує. — Рурки Geissler'a.

Коли додатний кондуктор електричної машини заосмотримо в вістріє, то побачимо в темноті сніпок фіолетового світла, що виходить з вістрія. При відемнім кондукторі замість світлячого сніпка покаже ся лиш блестяча точка або зьвізда на вістрію. Є се новим доказом ріжницї між електричністю додатною а відємною.

4. *Дійства тепла* (Wärmewirkungen). Тепло електричної іскри обявляє ся тим, що она зажегає легко запальні тіла, як етер, огрітий алкоголь, стрільну бавовну, споронковану кальфонію, котрою посипано вату, і иньші.

5. *Хемічні діїства* (chemische Wirkungen). Під впливом електричної іскри змінє ся кисень на стілько, що одержує свійственный запах (подібний до запаху фосфору). Змінений в сей спосіб кисень зове ся озоном (*ôzen* = воняти). — Коли електрична іскра перескакує через мішанину кисня і водня, то оба єї гази лучать ся хемічно з сильним взривом. (Електричний пістолет).

6. *Магнетні діїства* (magnetische Wirkungen). Коли же-лізну або сталеву штабку обвинемо ізольованим дротом, то она стане магнетом, скоро через дріт пропустимо електричний ток. — Магнетна стрілка відклонює ся з магнетного полуденника, коли попри ню поведемо електричний ток.

§. 47. **Електричність атмосфери.** 1. Вже сам вид лискавки і єї діїства кажуть догадувати ся, що лискавка є електричного походження. Правду того здогаду ствердив Франклін (1752 р.), мустивши підчас тучі на коноплянім шнурку китайкового змія, заосмотреного в металеве вістріє. Кожу шнур промок і через те став лучшим провідником електричності, одержував Франклін з металевої кулі, привязаної до кінця шнура, довгі електричні іскри. — Пізнійші досьвіди, роблені при помочи довгих ізольованих жердок, сполучених з чутливими електроскопами, показали, що атмосфера, хоч слабо, але завєди є електрична. Значнійші сліди електричності замічено при хмарнім небі, а дуже сильні підчас тучі або бурі з градом, коли то великі маси пари нагло згущують ся і скрапляють ся.

2. Коли дві противно а сильно наелектризовані хмари наближать ся к собі так, що їх електричності лучать ся з собою

в виді іскри, то маємо лискавку (Blitz). Іскра та, нераз на кількасот метрів довга, викликає сильне встрясенє воздуха, і то є причиною грохоту (Donner).

Блисканє по заході сонця в часі погідного неба є відблеском далекої тучі.

Електрична хмара, що уносить ся над землею, ділає на землю інфлюєнційну; Она відпихає одноіменну електричність в глѹб землі, а ріжноіменну притягає у верхки предметів, що вистають понад землю. Коли хмара є близько землі, а інфлюєнційна електричність в якімсь предметі, що вистає понад землю, достаточна сильна, то електричність хмари лучить ся з електричністю того предмету, і ми кажемо, що ударив перу н або грім (Blitzschlag).

Дійства грому є такі самі, як і іскри електричної машини, лиш багато сильнійші. Грім ломить дерева, продіравляє мури, запалює стріхи, топить метали, а навіть пісок (гromові стріли), оголомиує або й забиває звірята і людей. — Щоби устережи ся від громового удару, не треба ставати під високі дерева, особливо стоячі поодинокі; треба уважати, щоби не бути найвисшим предметом серед поля; держатись здалека від металевих предметів: не бічи, бо пара, що вивизує ся з людського тіла, є добрим провідником електричності; погасити в печи огонь. Чи може грім, місто вдарити з хмари в дім, вдарити з дому в хмару?

В цілі охороненія дому перед громовим ударом, ставляє ся на нїм громозвід (Blitzableiter). Є то металева жердка, до 6 m довга, на верхку остро закінчена, котру уставляє ся доземо на даху дому. Додішний кінець тої жердки сполучає ся грубим дротом з землею. Дійство громозводу полягає на тім, що притягана ріжноіменна електричність впливає вістрем к хмарі, через що та звільна розряджує ся. По тій причині ударає грім дуже рідко в громозвід, а коли те лучить ся, то електричність уходить дротом до землі, не ушкоджуючи дому. На великих будівлях уставляє ся більше громозводів, бо досліджено, що дійство громозвода обмежає ся на просторонь, обняту колом, котрого луч рівнає ся подвійній его висоті. — Часом можна бачити поночю, як електричність впливає з вістрія громозводу або корабельної щогли. Явище те зовемо огнем св. Єлени.

Полярне сьвітло є також електричної природи. При его поночі сильно колибає ся магнетна стрілка.

§. 48. Гальванічна електричність. 1. Коли до скляної посудини наліємо розведеного сірчаного квасу і вложимо плитку цинкову і мідяну, то вистаючий кінець міді окаже ся додатно-електричний, а вистаючий кінець цинку відємно-електричний. О тім можна пересьвідчити ся при помочи дуже чутливого електроскопа, коли одну плитку сполучимо з кулькою електроскопа, а другу з землею. — Значнійші сліди електричності

одержимо, коли возьмемо кілька таких посудин (фіг. 42) і сполучимо грубим мідяним дротом цинк з першої з мідню k другої,

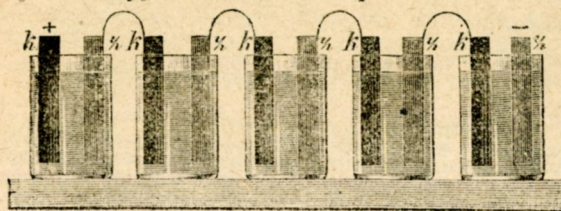


Fig. 42.

цинк другої з мідню третьої і т. д. Найсильніша електричність оказує ся на обох крайних плитах, а чим ближше середини, тим її менше.

З електричністю, витвореною при помочи висше описаного приладу, можна робити такі самі досьвіди, як з електричністю, одержаною посредством електричної машини. І так н. пр.: 1) коли кінці дротів, що ведуть від обох крайних плиток, сполучимо з дротом, спірально звиненим, то желізна штаба, всушена в ті звої, стане магнетом; 2) коли кінці дротів сполучимо з дротом, поведеним рівнобіжно до магнетної стрілки, то та відклонить ся з магнетного полуденника; 3) коли кінець одного дрота приложимо до пильника, а кінцем другого будемо черкати по пильнику, то одержимо сьвітлячі іскри.

З досьвідів тих слідує, що витворена тут електричність нічим не ріжнить ся від електричності, витвореної при помочи електричної машини, а лиш спосіб збудження обох відмінний: одна збуджує ся через потиранє двох ріжних тіл, а друга через хемічне діїство при зіткненю двох ріжних тіл (металів) з течію. Щоби зазначити відмінний спосіб збудження сеї послідної, названо її електричністю гальванічною або вольтаічною, а то з тої причини, що Galvani, лікар в Болонії, перший попав (1789) на її слід, а професор в Павії Volta викрив (1793) її жерело.

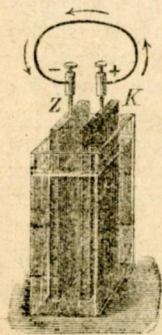
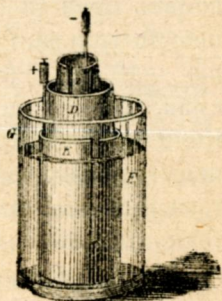


Fig. 43.

2. Прилад (фіг. 43), при помочи котрого витворюєсь гальванічна електричність, зове ся гальванічним звеном або елементом (das galvanische Element), а вистаючі з течі кінці плит его бігунами (Pole), іменно вистаючий кінець міді бігуном додатним, а вистаючий кінець цинку бігуном відємним. Кілька звен, злучених способом, вказаним на фіг. 42, становлять гальванічну батерію. Бігунами батерії є обі крайні плити.

Як довго оба бігуни гальванічного звена (або батерії) в злучені дротом, або як довго звено є замкнене, так довго магнетна стрілка, що знаходить ся близько замикаючого дрота, задержує тревале відклоненє; колиж отворимо звено, значить, перервемо дріт, що сполучає оба бігуни, то стрілка вертає в первісне положенє. З того слідує, що в замкненім звені (або батерії) пливе електричний ток, а в отворенім ні. Ток той пливе від бігуна додатного через провідний дріт до бігуна відємного, а відтак через теч пазад до бігуна додатного.

§. 49. Важнійші гальванічні звена. *Звено Вольти* (фіг. 43), зложене з цинку і міді, погранижених в розведенім сірчанім kwasі, дає зразу досить сильний електричний ток; однак вже в короткім часі починає ток чим раз більше ослабати, а то з причини хемічного процесу, який відбуває ся у нутрі звена. Сю хибу звена Вольти усунуто в т. зв. постійних звенах (konstante Elemente), до котрих належать:



Фіг. 44.

1. *Звено Daniell-а* (1836) зложене сим способом: В скляній посудині знаходить ся мідяна плита *K* (фіг. 44), звинена в валець, в ній посудина з легко випаленої пороватої порцелянової глини т. зв. перепонка (Diaphragma) *D*, а в тій цинкова плита *Z*. До скляної посудини наливає ся насиченого розчину сірчану міді (синього каменя), а до діяфрагми розведеного сірчаного kwasу. Так отже в иньшій течі знаходить ся цинк, а в иньшій мідь.

2. *Звено Bunsen-а* ріжнить ся тим від попередного, що замість міді, пограниженої в міднім сірчані, є уголь ретортовий в азотнім kwasі.

3. *Звено Leclanché*, уживане по домах при електричних дзвінках, має в діяфрагмі ретортовий уголь в мішанині бравнштайну і потовченого угля, а в скляній посудині цинкову палочку, погранижену в розчині сальміяку.

4. *Звено Meidinger-а*, уживане при телеграфії, складає ся з цинку, пограниженого в розчині гіркої соли, і з міді, пограниженої в розчині сірчану міді.

Меньше постійне, але дуже догідне при досвідках є:



Фіг. 45.

5. *Звено Grenet-а*, зложене з двох угляних плит *I* (фіг. 45)

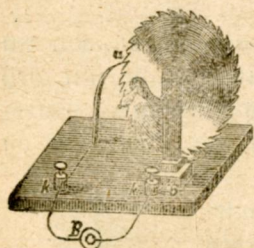
і одної цинкової *II*, що погружають ся в одній течі, іменно в розчині двохроману потасового і сірчаного квасу.

Кожде звено має певну різницю напруг на обох бігунах або електромоторну силу, яка є причиною електричного тока. За одиницю сеї сили прийнято електромоторну силу елементу Meidinger'a і названо її „одним вольтom“ (в честь італійського фізика Вольти).

Електромоторна сила звена *Daniell*-а виносить 1·07 вольт, *Bunsen*-а 1·94 вольт, *Leclanché*-а 1·46 вольт, а *Grenet*-а 2·01 вольт. Електромоторну силу називаємо також різницею потенціалів.

§. 50. Фізіологічні дії гальванічного тока. 1. Коли чистий кінець провідного дрота, що веде від додатного бігуна якогонебудь гальванічного звена, покладемо на язик, а кінець дрота, що веде від від'ємного бігуна, під язик, то почуємо квасковатий смак, котрий за переминою дротів змінить ся в луговатий. — Коли приложимо кінець одного провідного дрота до чола, а кінець другого до ясен, то за кожним замкненем і перерванем тока замітимо миготінє сьвітла. — З того бачимо, що вже слабії токи ділають подразнюючо на нерви смаку і зору.

2. Коли кінці провідних дротів сильної батерії заосмотримо в металеві валочки і возьмемо їх до рук, то за кожним замкненем і перерванем тока почуємо судорожне стяганє мускулів і біль в сугавах. Корченє мускулів повстає по причині подразнення нервів руху, а біль в сугавах по причині подразнення нервів чутя.



Фіг. 46.

Щоби скоро раз-пораз переривати і замикати ток, уживаємо колієцяті *Neef*-а (фіг. 46). Є то металевий зубчатий кружок, що обертає ся довкола металевої осі. Ток іде від батерії *B* через шрубку *k* і еластичну пружинку *a* до кружка, а відтак через єго вісь, стовпчик *b* і шрубку *k*₁ назад до батерії. Коли почнемо обертати кружок, то за кожним перескакуванням пружинки з зубця на зубець перериває ся ток. — Перериваних токів уживає ся якo средства против пораженія частий організму.

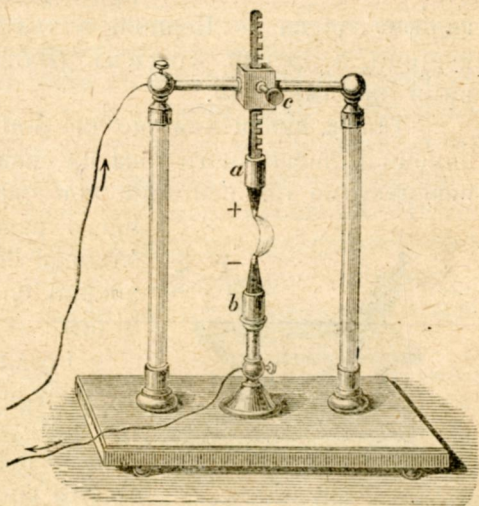
§. 51. Дії тепла і сьвітла. 1. Коли кінці провідних дротів батерії сполучимо тоньким желізним або платиновим дротиком і обвинемо ним термометер, то ртуть підійде в гору. Коли батерія є досить сильна, то дротик той розжарить ся до червоности, а вкінци стопить ся. — Досьвіди показали, що тим самим током нагріває ся дріт тим сильнійше, чим він тоньший і коротший.

При помочи дротів, розжарених гальванічним током, вирізують нарости на людськiм тілі без впливу крові. — Також уживають розжарених дротів до підпалювання підземних і підводних мін. В тій цілікладають до патрони, наповненої порохом або динамітом, два грубіші дроти, сполучають їх по середині тоненьким желізним дротиком, а кінці, вистаючі на зверх, лучать довгими дротами з батареєю. — Важний ужиток з розжарених дротів робить ся в жарових лампах (Glühlampen). Зуглена нитка бамбусова або рижова *K* (фіг. 47) є прикріплена до платинових дротиків *A* і *B*, що влютовані в долішню часть скляної бані *G*. Коли дротики *A* і *B* сполучимо з бігунами батареї, то зуглена нитка *K* розжарить ся і буде світити. Тому, що уголь згаряє на воздуху, то з бані випомповує ся воздух (Edison 1879). Місто зугленої нитки уживає ся в жарових лампах дротів з ріжних металів, пр. осму (подібного до платини), танталю, вольфраму і т. п. Лампа вистарчає на яких 800—1000 годин. Чому лампа гасне сейчас, коли баня розбіє ся?



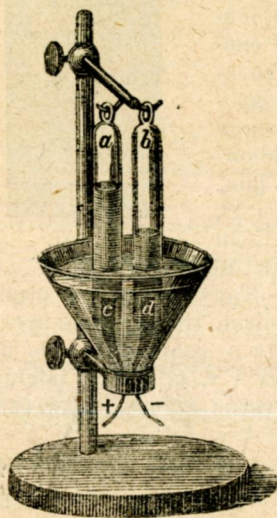
Фіг. 47.

2. Коли кінці провідних дротів сильної батареї (пр. 30—40 звен Бунзена) заосмотримо в остро закінчені углині стіжки і зіткнемо їх з собою, то перепливаючий ток огріє частини угля до тої степени, що они розжарять ся, і ми побачимо між обома стикаючими ся кінцями стіжків ясно світячу зьвізду. Коли тепер стіжки трохи віддалимо від себе, то одержимо між ними світильний лук (фіг. 48), утворений із розжарених частин угля, перекидваних з бігуна додатного на відємний (Davy, 1812) (лукова лампа). Тому, що при тім згаряють поволі вістря углїв, стає віддаленє їх чим раз більше, так що наконєць ток перериває ся і світло гасне. (Регулятор). — Таке електричне світло є найяснійше зі всіх земних світел, а єго температура є так висока (около $3000^{\circ}C$), що в нїм топлять ся і найтяжше топливі металі (як платина).



Фіг. 48.

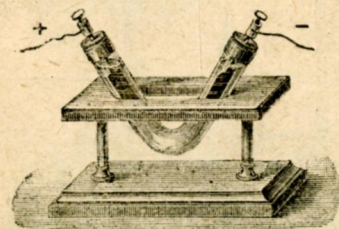
§. 52. Хемічні діїства ґальванічного тока. 1. До скляної посудини (фіг. 49) в влючовані дві плятинові бляшки *c* і *d*, над



Фіг. 49.

котрими взносять ся рурки *a* і *b*. Наліймо до сеї посудини води, розведеної сірчанним квасом, і виповнім рурки водою, а відтак пропустім через воду в посудині електричний ток, сполучаючи бляшки *c* і *d* з бігунами батарей. Побачимо, що при бляшках почнуть витворювати ся численні ґазові баньки, які, підносячи ся в рурках до гори, стікати муть воду в діл. Замітимо при тім, що в рурці *b* буде два рази стільки ґазу, що в рурці *a*. Ґази ті мають зовсім відмінні свійства. Бо коли до рурки *a*, виповненої ґазом, введемо ледво тліючу тріску, то она загорить сейчас ясною полумінію; колиж введемо горіючу тріску до рурки *b*, то ґаз запалить ся при берегах рурки, але в середині згасне

горіюча тріска. — Перший, з тих ґазів зове ся кисень (*Oxygenium*), а другий водень (*Hydrogenium*). Оба они в складовими частинами води.



Фіг. 50.

Також инші хемічно зложені течі можна розложити при помочи ґальванічного тока на складові части. І так н. пр. коли перепустимо ґальванічний ток через розчин сірчану міді (спинього каменя) (фіг. 50), то плятинова бляшка, сполучена з відємним бігуном, покриве ся в недовгім часі блискучою мідію.

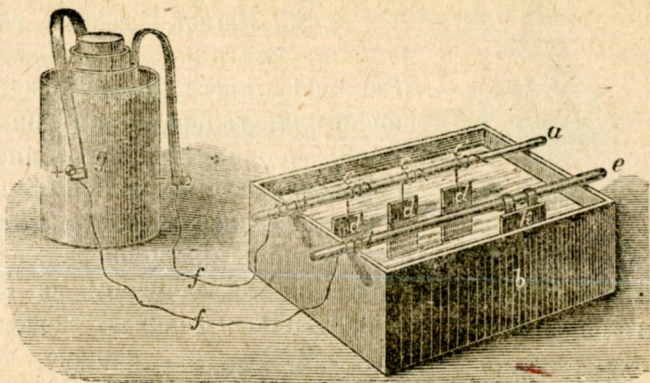
Розклад хемічно зложеного тіла на складові части при помочи електричного тока зовемо електролізою (*λύω* = розвязую). Тіло, що розкладає ся тим способом, зове ся електролітом, а кінці дровів, що ведуть від батарей, електродами (*ὁδός* = дорога). Додатна електрода зове ся також анодою (*ἀνά* = в гору), а відємна катодою (*κατά* = в діл). Части, на які електроліт розкладає ся, зовуть ся йонами (*ἰόνι* = іду); часть, виділена при аноді, зове ся аніоном, а виділена при катоді катіоном.

Додатна електрода зове ся також анодою (*ἀνά* = в гору), а відємна катодою (*κατά* = в діл). Части, на які електроліт розкладає ся, зовуть ся йонами (*ἰόνι* = іду); часть, виділена при аноді, зове ся аніоном, а виділена при катоді катіоном.

§. 53. Ужиток електролізи. На досвіді, що при електролізі розчинів, які содержать метали, ці метали виділюють ся при катоді, основує ся *Гальванопластика* т. є. штука роблення плястичних відбиток з різних предметів при помочи гальванічного тока (Jacobi, 1837).

В посудині *b* (фіг. 51) находить ся розчин сірчану міді. Анодою є мідяна плита *k*, завішена на металевім пруті *e*, а катодою якийсь

предмет *d* (добрий провідник електричності), завішений на пруті *a*. Предмет сей вже по кількох годинах покривє ся верствою міді, на котрій відображені всі висипення і заглиблення пред-



Фіг. 51.

мету. Сю мідяну поволочу можна легко при помочи ножа відірвати, если предмет перед вложенєм до купели натерто графітом. Ті місця предмету, на котрих не має осідати мідь, треба поволочи злим провідником електричності (воском або гутаперхою).

На одержаній відбитці виходять очевидно висипення предмету яко заглиблення, а его заглиблення яко висипення. Ми називаємо таку відбитку матрицею. Звичайно споряджуємо найперше з гутаперхи матрицу предмету, якого вірну відбитку хочемо одержати, потягаємо її задля доброго проведення графітом і робимо катодою.

Гальванічне позолочуванє, посріблюванє, платинованє... предметів (гальваностегія) основує ся на виділюваню золота, срібла, платини... з розчинів одвітних хемічних сполук.

§. 54. Міренє сили тока. Чим сильнійший гальванічний ток, тим більшу скількість складових частин виділить він в означенім часі. З того слідує, що електролізи можемо ужити до міреня сили гальванічного тока різних звен.

В тій цілі накриває ся обі електроди апарату до розкладу води одною руркою, заосмотреною в поділку (фіг. 52), і з скількості гремучого газу, витвореного в 1 минуті, заключаємо на

силу гальванічного тока. Прилад сей, званий вольтаметром, придумав Faraday (1835).

За одиницю сили тока приймаємо тепер силу такого тока, котрий в одній хвилині витворює 10^4 cm^3 гремучого газу. Сю одиницю сили тока названо „одним ампером“ в честь французького фізика Ampère (1775—1836).

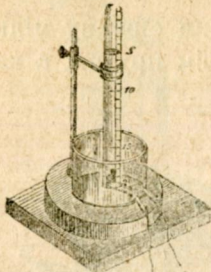


Fig. 52.

§. 55. Магнетні дієства гальванічного тока.

1. Вплив гальванічного тока на магнетну стрілку. (Oersted і Ampère, 1820). Поведім поверх магнетної стрілки гальванічний ток від полудня на північ, то она сейчас відклонить ся з положення рівноваги, і то бігуном північним на захід. Поведім ток поверх магнетної стрілки в противнім напрямі, або в тім самім напрямі, що вперед, але долом стрілки, то она відклонить ся північним бігуном на схід. — Так отже гальванічний ток ділає відклонюючо на магнетну стрілку. Від-

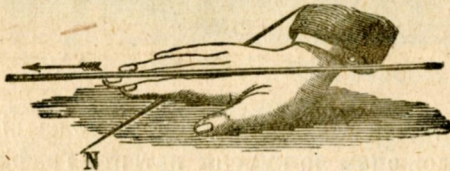


Fig. 53.

клонення те можна у всіх случаях означити після слідующего правила:

Коли праву руку положимо на провідник тока так, щоби пальці вказували напрям тока, а долоня була звернена до магнетної стрілки, то великий палець вкаже сторону, в котру відклонить ся північний бігун стрілки (fig. 53).

2. Уставмо магнетну стрілку в середині дрютяного прямокутника (fig. 54) і пропустім ток через той прямокутник. Тому,

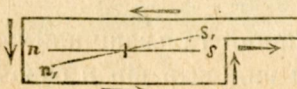


Fig. 54.

що в кождім з чотирох боків прямокутника відклонює ся північний бігун стрілки в ту саму сторону, то відклонення буде о много сильнійше, ніж тоді, коли ток пливе лиш по одній стороні стрілки. — На тім основує ся

Гальванометер т. в. прилад, що служить до того, щоби викрити і найслабші токи, та означити їх напрям і силу. Мідяний дріт, обвинутий шовком, є намотаний на деревяну

рамку AB (фіг. 55), серед котрої находить ся магнет ns , що обертає ся около поземо уставиної грани. Чим більше обвоїв около магнета, тим сильнійше він наклонить ся, і з тої причини зове ся гальванометер також мультіплікатором.

Гальванометри, що мірять силу гальванічного тока в амперах, зовуть ся амперметрами, а ті, що мірять електромоторну силу в вольтах, вольтметрами.

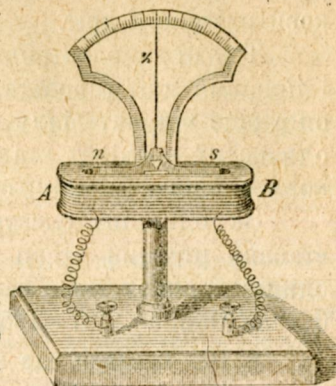
**II. Вплив Гальванічного тока на же-
лізо.** Коли палочку м'якого желіза об-
винемо ізольованим дротом (фіг. 56)
і пропустимо через той дріт гальваніч-
ний ток, то палочка намагнетизує ся
тим сильнійше, чим сильнійший ток

і чим більше обвоїв. Положенє бігунів магнетних легко озна-
чити після правила, поданого під I. сего §. — Одержаний тим
способом магнет зове ся *електро-*
магнетом.

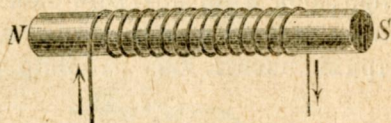
— Коли перервемо ток, то палочка желізна утратить май-
же зовсім магнетизм; колиж за-
мість м'якого желіза уживемо ста-
ли, то та стане тревалим магнетом.

Звичайно надає ся електромагнетам вид підковп (фіг. 57). Як
довго пливе ток обвоями, держить ся приложенний якір з такою силою,
що годі его відірвати. З сего слідує, що
цївка, на якій є навіннений дріт, стає магне-
том на так довго, як довго пливе через ню
електричний ток. Коли таку цївку повісимо
поземо на нитці і пустимо через єї ток, то
она зверне ся одним кінцем на північ, дру-
гим на полудне, чому? Що стане ся, коли
змінимо напрям тока? Коли до цївки, через
яку пливе сильний ток, приблизимо куєник
м'якого желіза, то она притягає его до себе
і з силою втягає до середини цївки; чому?

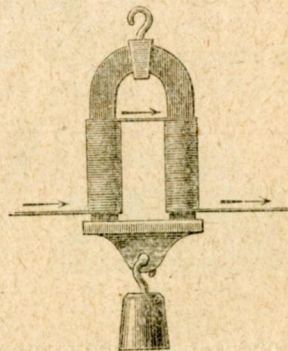
§. 56. Електричний опір. Коли в про-
відник, що замикає батарею, влучимо
гальванометер, то сей окаже якесь від-
клоненє. Те відклоненє буде очевидно
тим більше, чим сильнійший ток. Коли при такій самій силі
тока замкнемо батарею довгим і тонким дротом, то зменьшить ся



Фіг. 55.



Фіг. 56.



Фіг. 57.

відклонення гальванометра. Зменшене сили тока приписуємо в тім случаю т. зв. опорони (Widerstand), що його ставляє токови влучений дріт.

Так отже електричний опір є тим більший, чим довший і тонший дріт (провідник), яким пливе ток. Крім того залежить опір ще від матеріялу дрота. Дроти з різних матеріалів при однакових розмірах ставляють різні опори. Течі ставляють токови о много більший опір, чим тіла цїпкі.

За одиницю електричного опору прийнято той опір, який ставляє ртутний стовп, довгий на 106 *см* о перерізі 1 *мм*². Ся одиниця опору зове ся „одним омом“, в честь німецького фізика Ohm-a (1787—1854).

§. 57. Прилади, що основують ся на електромагнєтах. I. Телеграф Морзе'го (1837) складає ся із трох головних частин: а) ключа, б) приладу пишучого, в) батерії.

Ключ є то мосяжна вигнєна штабка, що обертає ся около поземої оси і одним кінцем дотикає металєвого вивиснєня *a* (фіг. 58), а на другім є заосмотрєна в кістяну головку. — Прилад до писаня складає ся із двох електромагнєтів, над котрими висить якір *m*. Якір той є прикріплєний до прута *i*, що

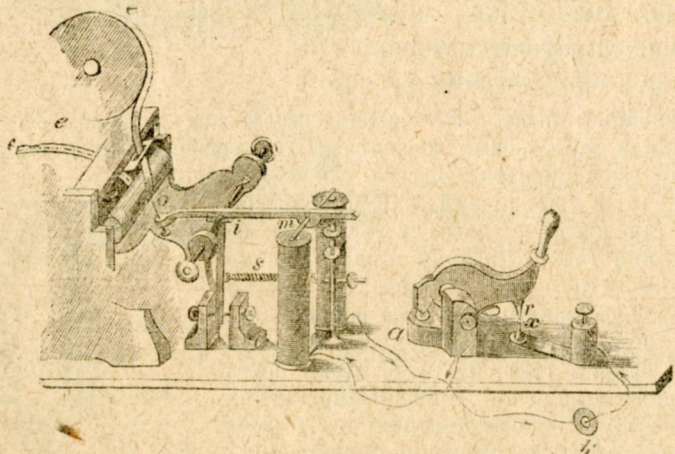
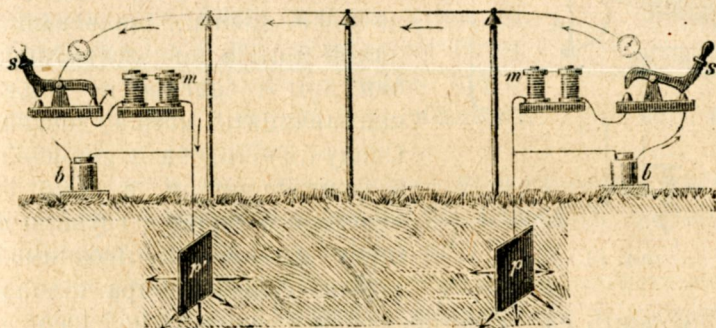


Fig. 58.

обертає ся около поземої оси і на кінци має вістрє *o*. Напротив вістрє є два валочки, поміж котрими пересуває ся тасьма наперу, коли їх вправить ся в оборот посредством годинникового приладу. — Електричний ток іде з батерії *k* до стовпика *x*, однак натрафляє тут на перерву. Колиж потиснемо за головку ключа,

щоби т. зв. молоток *r* зіткнувся з стовпком *z*, то ток переходить до осі ключа, відси провідним дротом до приладу пишучого, уміщеного на другій станції, а обігши обвої електромагнетів, вертає назад до батареї. В хвили, коли ток обігає обвої електромагнетів, сі притягають якір *m*, наслідком чого другий кінець прута підносить ся в гору, а вістрє *o* робить знак на папері. Одвітно тому, чи ток при помочи ключа є лиш хвилинку замкнений, чи трохи довше, витискає вістрє на папері точку або лінійку, з котрих уложено цілу азбуку.

Щоби можна було і з другої станції телеграфувати до першої, мусять на обох станціях находити ся всі части телеграфічного апарату, і всі они мусять стояти з собою в сполученю. Фіг. 59 показує, яким способом сего dokonує ся. — До сполучення обох станцій треба властиво

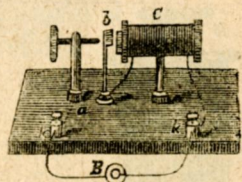


Фіг. 59.

двох дротів: однак показало ся, що другий дріт, котрим ток вертає до батареї, можна заступити землею, если кінці дрота, сполучаючого обі станції, заосмотримо в мідяні плити і ті вкопаємо в вохку землю.

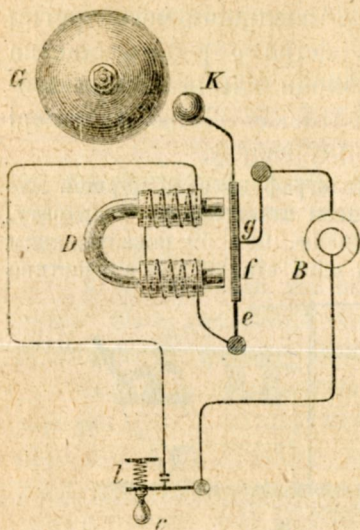
При підморськїм телеграфі уживає ся замість надземних дротів підморських каблів, т. є. дротів, старанно ізолюваних гутаперхою, а замість пишучого апарату гальванометра.

II. *Переривач тока* (фіг. 60) складає ся з електромагнета *c* і молотка *b*, т. є. кусника мягкого желіза, прикріпленого до сталевій листовки, до котрої притикає шрубка, проведена через металевий стовпчик *a*. Електричний ток іде від батареї *B* до шрубки *k*, відси через стовпчик *a* і шрубку до сталевій листовки, від тої до обводів електромагнета, а вкінці вертає через шрубку *k* назад до батареї. — Скоро ток почне обігати обвої електромагнета, стає тої магнетом і притягає молоток *b*. В наслідок того перериває ся ток, електромагнет тратить магнетну



Фіг. 60.

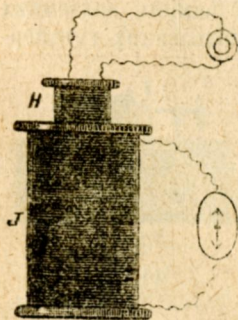
силу, а молоток відскакує на своє місце і замикає знов ток. Тим способом вводиться молоток в скорі колибання, а ток що хвиля то перериває ся, то замикає ся.



Фіг. 61.

вона відклонить ся, а відтак верне в первісне положенє. Виймим тепер вузшу цівку з ширшої, а стрілка відклонить ся в протилежну сторону. Є се знаком, що за зближенєм гальванічного тока до обвоїв ширшої цівки і за віддаленєм повстає в тих послідних хвилюєвий ток.

— Так само повстане хвилюєвий ток в обвоях ширшої цівки, коли вузшу оставимо в ширшій, а ток, що іде від батерії, будемо переривати або ослабляти і скріпляти. За кожним замкненєм тока відклонить ся стрілка в одну сторону, а за кожним перериванєм в другу. — Так отже



Фіг. 62.

При зближеню і віддаленю, відтак при замкненю і отвореню, а вкінці при кожній зміні сили гальванічного тока повстають в замкненім провіднику хвилюєві токи о протилежних напрямках. — Токи ті зовемо наведеними або індукційними (Induktionsströme), а ток, що іде від батерії і є їх причиною, токєм наводячим або головним (induzierender oder Hauptstrom).

Коли сталєва листовка є продовжена і закінчена кулькою, а близько знаходиться дзвінок G (фіг. 61), то підчас колибання молотка ударає кульку раз-враз о дзвінок. (Електричні дзвінки).

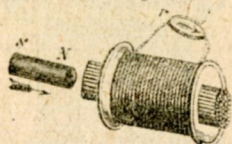
§. 58. Індукційні токи. I. Маємо дві дерев'яні цівки: одна ширша J (фіг. 62), а друга вузша H, щоб дала ся всунути до першої. Довкола ширшої цівки є навінений тонкий, до 100 m довгий, ізолюваний мідяний дріт, а довкола вузшої грубий дріт і заледво на кілька до кільканайцять метрів довгий. — Сполучім кінці обоїв ширшої цівки з гальванометром, а кінці обоїв вузшої з батерією і всунемо другу цівку до першої. Побачимо, що стрілка гальванометра підчас всу-

вання відклонить ся, а відтак верне в первісне положенє. Виймим тепер вузшу цівку з ширшої, а стрілка відклонить ся в протилежну сторону. Є се знаком, що за зближенєм гальванічного тока до обвоїв ширшої цівки і за віддаленєм повстає в тих послідних хвилюєвий ток.

Індукційний ток, що поветас при замиканю (зглядно зближеню) головного тока, має напрям противний головному, а ток, що поветас при отвираню (зглядно віддаленю) головного тока, напрям згідний.

Індукційні токи є тим сильніші, чим сильніший головний ток, чим тонший і довший дріт індукційної цівки, чим лучше поодинокі веретви обвоїв від себе ізольовані. — Дійства тих токів є такі самі, як токів з електричної машини, а особливо сильні є їх дійства фізіологічні, механічні, теплотні і світляні.

II. Сполучім кінці обвоїв індукційної цівки з гальванометром і всуньмо до середини бігун сильного магнета SN (фіг. 63), а опісля виїмім его. Побачимо, що при зближеню бігуна відклонить ся стрілка гальванометра в одну сторону, а при віддаленю в противну. — Те саме явище покаже ся, коли в середині цівки находить ся м'яке желізо, а ми до него зближаємо і від него віддаляємо бігун сильного магнета, або коли в середині цівки находить ся магнет, а ми до него зближаємо і від него віддаляємо желізо. — Так отже



Фиг. 63.

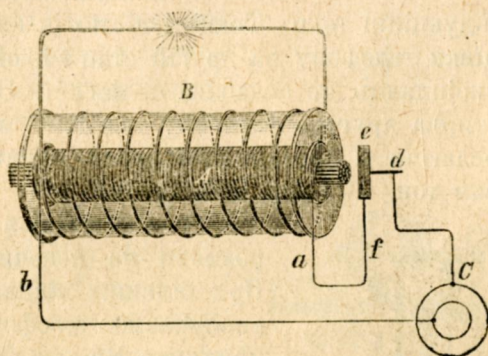
При зближеню магнетного бігуна до замкнутого в собі провідника і при віддаленю повстають в тім посліднім хвилеві токи о противних направах (перемінні токи).

Збуджене індукційних токів посредством магнета зове ся магнетною індукцією (Magneto-Induktion), в противности до електричної індукції (Elektro-Induktion), при котрій індукційні токи збуджують ся посредством електричного тока. — Індукційні токи викрив Faraday (1831 р.).

Такзвані динамо-електричні машини, котрих токи уживають ся до електричного освітлення, до порушення трамваєвих возів і т. п., основують ся на магнетній індукції.

§. 59. Індуктор Ruhmkorff'a складає ся з цівки індукуючої або головної A (фіг. 64), цівки індукційної

або побічної B, переривача тока ef і батареї C. В середині цівки головної находять ся прутики м'якого желіза. Прутики ті магнетизують ся хвилево головним током, а повстаюча наслідком того магнетна індукція скріплює електричну; заразом служать они



Фиг. 64.

за електромагнет переривача тока. — За кожним замкненем і перерванем головного тока повстає в обвоях цівки *B* сильний індукційний ток, а між кінцями тих обвоїв являють ся іскри.

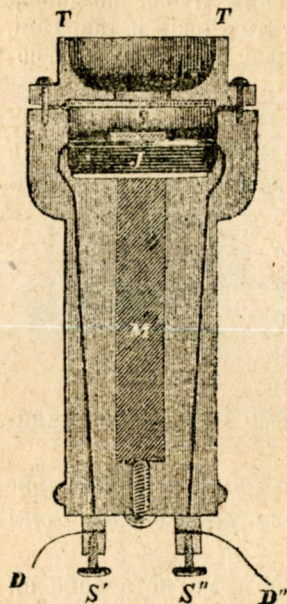


Fig. 65.

індукційні токи. Токи ті дістають ся провідними дротами *D* до мійки телефону на другій стації і, одвітно своєму напрямови, то скріплюють, то ослабляють магнет. З причини того дрогає пластинка другого телефону так само, як пластинка першого, а передаючи ті дрогоаня воздуху, викликує на другій стації такий сам тон. (Graham Bell, 1876).

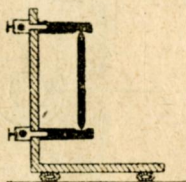


Fig. 66.

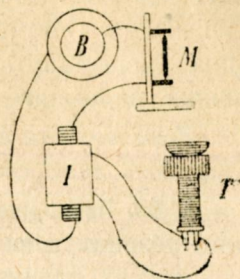
Індукційні токи такого апарату розжарюють желізні дроти і дають чудові явища, коли їх пропустити через рурки Geissler'a. — Малих індукційних апаратів уживають лікарі. Дуже важне примінене індукційних токів маємо при телефоні.

§. 60. Телефон служить до переносення звука на велике віддаленє посредством індукційного тока. — Телефон складає ся із магнета *M* (фіг. 65) і дерев'яної цівки *J*, насуненої на магнет і обвинутої тонким ізольованим мід'яним дротом. Перед одним з бігунів магнета знаходиться тоненька желізна пластинка, осаджена в дерев'яній оправі *TT*, лійковато заглублений. Коли о сю пластинку ударяє звукова філя, починає пластинка дрогати, при чім то зближає ся до магнета, то відділяє ся від него. Через те магнетна сила магнета то скріплює ся, то слабне, а та переміна в магнетизмі викликує в обвоях цівки *J*

Телефон Беля надає ся досить добре до розмови на невелику просторонь (до 70 km). При більших віддаленнях (н. пр. Львів-Відень) сполучаємо телефон з мікрофоном, який придумав Hughes (Юс) в Лондоні 1878.

Мікрофон в найпростійшій виді складає ся з двох кедрових дощич, склеєних з собою під прямим кутом (фіг. 66). Долішня (позема дощичина) спочиває на кавчукових підкладках, а до прямоїсної є прикріплені поземо два углі з вижолобленнями, в котрі входить угляна палочка, на обох кінцях за-

етрена. — Сполучім батарею *B* (фіг. 67) посредством мікрофона *M* з головною цівкою малого індукційного апарату *I*, приближивши вперед молоток Neef-а при помочи шрубки до мягкого желіза так, щоби не дрогав, а цівку другорядну сполучім довгими провідними дротами з телефоном. Положім тепер на позему дощину тикаючий годинник, то тиканє годинника почуємо в телефоні незвичайно сильно.



Фіг. 67.

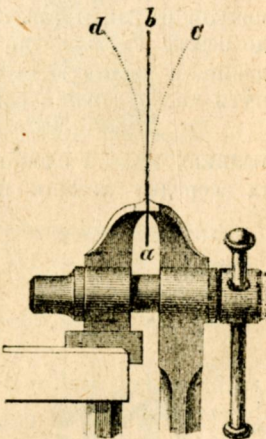
Поясненє: Всяке потрясенє поземої дощинки викликає зміну дотику угляної палочки з поземими углями. Через те змінєє ся на місцях дотику опір тока, наслідком чого сила тока стає то більшою, то меншою. Всяка така зміна сили тока викликає в другорядній цівці індукційні токи, котрі спричиняють в телефоні дроганє желізної пластинки, яке уділяє ся воздуху. Нийживає ся найчастійше мікрофонів, де місто угляної палочки є велике число коксових зернят, замкнених в скринці угляною плиткою, получе-ною з тубою.

IV. НАУКА О ЗВУЦІ.

(АКУСТИКА).

§. 61. Звук. Всяке вражінє, яке одержуємо посредством уха, як сьпів, тон струни, гук, шум..., зовемо звуком (der Schall).

§. 62. Повстанє звука. а) Коли сталевий прут прикріпимо при однім кінці, а другий кінець *b* (фіг. 68) виведемо з місця рівноваги до *c* і пустимо, то він верне назад в первісне положєнє, відтак вихилить ся на другу сторону до *d*, відси верне знов в первісне положєнє і т. д. Такий рух пруживого прута зовемо рухом дрогаючим. Рух від *b* до *c*, а відтак від *c* через *b* до *d*, і від *d* назад до *b*, зове ся одним дроганєм (eine Oszillation), а час до того потрібний часом одного дроганя.



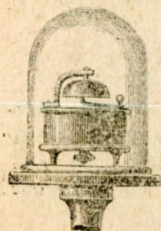
Фіг. 68.

Коли дрогаючий пруживий прут є до-сить довгий, то єго дроганя будуть так по-вільні, що ми зможемо замітити їх оком. Ко-лиж скорочувати мемо прут, то дроганя єго ставати муть що раз скорші; ми вже не зможемо запримітити оком поодиноких положєнь прута, але зате замітимо ухом звук.

б) Завісимо побіч дзвінка кілька легоньких кульок, щоби дотикали криси, і ударом дзвінок молотком або потягнім по крисі смичком. Почуємо звук, а разом побачимо, що кульки відскакують. Обіймим дзвінок рукою, то звук утихне, а кульки сеїчас перестануть відскакувати. Є се доказом, що частинки дзвінка, видаючого звук, дрогають. — Так отже

Звук повстає завжди, коли частини якогось пруживого тіла відбуввають дуже скорі дрогання.

§. 63. Проводжене звука. Звук будильника, покладеного під дзвін розріджуючої помпи (фіг. 69), стає що раз слабший, коли почнемо випомповувати воздух зпід дзвона, а вкінці утихне майже зовсім. Коли відтак впускати мемо поволи воздух до дзвона, то звук ставати ме що раз виразнійший.



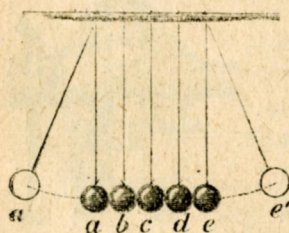
фіг. 69.

Щоби звук почути, то між тілом, що звучить, а ухом мусить находити ся безперервне послїдство пруживих тіл, котрі дрогання звучаючого тіла проводять до нашого уха.

Звичайно провідником звука є атмосферичний воздух. Однак також течі і цїпкі тіла проводять звук, і то навіть лучше, нїж воздушні тіла, коли лише они достаточнo пруживі.

Тиканє годинника, що лежить на однім кінці дошки, чуємо дуже добре, коли приложимо ухо до другого єї кінця, хоч того тиканя не почули би ми з так великого віддаленя через воздух: приложивши ухо до землі, зможемо почути тупіт далекої кінноти або вистріл пушки; дзвінком скликають часто риби на жир. — Чому підчас метільниї чути голос дзвонів слабше?

Поясненє проводженя звука. Завісимо на шнурках кілька однаково великих куль з слонової кости так, щоби одна дотикала другої, і щоби їх осередки лежали в прямій лінії. Відклонім відтак першу кулю *a*



Фіг. 70.

(фіг. 70) і пустім її, щоби ударила о сусїдну. Побачимо, що відскочить лиш послїдна *e*, а всї посередні остануть на своїх місцях. Причина тому є ся, що перша куля посредством посередних куль віддає свій рух послїдній і тому відскакує она до тої висоти, до якої відклонено першу кулю. Колиб близько кулі *e* находила ся болонка бубна, то куля, ударивши о болонку, введе єї частинки в дрогання і болонка буде звучати.

Так отже рух кулі *a* перенїс ся посредством прочих куль на болонку бубна, але сама куля *a* не відбувала дороги аж до болонки. — Подумаймо собі тепер на місци спадяючої кулі *a*

дзвінок, а на місці прочих куль частинки воздуха, що окружає дзвінок. Коли частинки дзвінка вихиляють ся підчас дрогання на виї, то ударяють о прилежну верству воздуха і виправляють єї частинки в рух в напрямі удару. Ті частинки воздуха передають одержаний рух частинкам сусідньої верстви і т. д. Коли так рух передає ся від верстви до верстви що раз дальше, починають частинки дзвінка дрогати до середини і не натискають більше на окружающий воздух. Наслідком того вертають частинки першої верстви воздуха на свої місця і вихиляють ся на другу сторону. За ними посліднують частинки другої верстви, за тими частинки третьої і т. д. Так отже частинки воздуха, що проводить звук, не порушають ся наперед, лиш дрогають около своїх місць рівноваги. Тому, що тут поодинокі частинки воздуха відбувають дрогання в тім самім напрямі, в яким дрогающий рух уділяє ся від частинки до частинки, то сей дрогающий рух зовемо поздовжнім (*longitudinal*), — в противности до поперечного (*transversal*), де поодинокі частинки тіла дрогають поперек напрямі, в яким дрогання наперед поступають (н. пр. при пруживім пруті, при струні). — Коли частинки дзвінка підчас дрогання вихиляють ся на виї, то всі частинки воздуха, що одержали удар, наближають ся трохи до частин сїдуючої верстви; через те повстає довкола дзвінка згущенє воздуха. Колиж частинки першої верстви починають вертати на свої місця, то частинки другої верстви порушають ся ще наперед, і тому творить ся тепер довкола дзвінка розрідженє. Ті згущеня і розрідженя воздуха сїдують по собі дуже скоро і переносять ся у всіх напрямх на що раз дальші верстви



Фіг. 71.

воздуха. Через те повстають довкола дзвінка чим раз більші, на переміну згущені і розріджені кулисті верстви (фіг. 71). — Згущеня верства воздуха враз з розрідженою становлять одну звукову філю; а проте звук розходить ся в воздухі посредством звукових філь. Коли така звукова філя ударяє о ухо, чуємо звук.

Із сказаного доси сїдуює, що три річи є конечні, щоби почути звук: 1) Якесь пруживе тіло мусить дуже скоро дрогати; 2) Простір між тілом, що звучить, а нашим ухом мусить бути виповнений якимсь пруживим тілом, котре дрогання звучачого тіла проводить до нашого уха; 3) Знаряд слуху мусить находится ся в нормальнім і здоровім стані.

§. 64. Сила звука (Stärke des Schalles). 1. Удармо дзвінок молотком раз легонько, а другий раз сильно. В першій случаю почуємо тихий звук, а в другім голосний. Заразом побачимо, що в першій случаю кулька, що дотикає криси дзвінка, ледво рушає ся, а в другім замітно відскакує. — З того слідує, що

Звук є тим сильніший, чим даліше відклонюють ся (драгають) частинки того тіла, що звучить.

2. Удармо молотком два дзвінки неоднакової величини, то більший видасть сильніший звук. — При вистрілі з пушки чуємо сильніший гук, як при вистрілі з рушниці. Отже

Звук є тим сильніший, чим більша маса звучачого тіла.

3. Загально звісно, що звук чуємо тим слабше, чим даліше від нас жерело звука. Причиною того є ся обставина, що філії звукові розходять ся кулями навкруги того тіла, яке звучить: а що при 2, 3, 4... рази більшим лучу звукової філії уділяє ся дрогающий рух 4, 9, 16... рази більший скількості частин воздуха (бо поверхність кулі є 4, 9, 16... рази більша), проте при 2, 3, 4... рази більшим віддаленю мусить бути звук 4, 9, 16... рази слабший. — Так отже

Сила звука меньшає в квадратнім відношенню до зростающего віддаленя жерела звука.

§. 65. Скорість звука. Коли придивляємо ся робітникови, що прибиває щонебудь на даху високої камениці, то не чуємо удару рівночасно з ударом молотка о дах, але аж по піднесеню молотка. При вистрілі із пушки видимо найперше блеск і дим, а гук чуємо аж по якімсь часі, і то тим пізнійше, чим даліше від нас пушка. — З того слідує, що звук потребує якогось часу, щоби перейти якусь дорогу.

При помочи дуже точних дослідів (Arago, 1822) обчислено, що у воздуху перебігає звук в одній секундї около 333 *m*, т. зн. що скорість звука у воздуху виносить 333 *m*.

В течах і ційких тілах розходить ся звук скорше, ніж в тілах воздухних. І так н. пр. досліджено, що скорість звука в воді є 4 рази, а в сосновім дереві (здовж волокон) 18 разів більша, ніж в воздуху. До когось вистрілено з віддалі: чи гук вистрілу може его остеречи перед небезпечною? — Як далеко вдарив перун, коли ми начислили між лисавкою а громом 10 секунд?

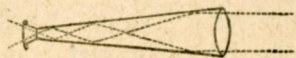
§. 66. Відбиванє звука. Їдучи желізницею попід міст, чуємо туркіт возів о много сильнійше, як в отвертій поли; бесідняка чути лучше в комнаті, як під голим небом. — Коли крикнути близько ліса або скали, то нераз чути повторенє голосу, що виходить від ліса або від скали.

Причиною всіх тих явищ є відбиване звука. Коли іменно звукова філя дійде до якої стіни, то частини тої веретви воздуха, що знаходиться безпосередно при стінї, ударяючи о ню, відбиваються так, як пружинні кулі. Частини воздуха, що відбилися, ударяють о частини найближшої, перед ними лежачої веретви, ті о слїдуючі і т. д. Тим способом повстає нова звукова філя, що поступає від стіни до нашого уха і справляє таке саме вражінє, як первісна, лиш трохи слабше. Коли відбитий звук можна докладно відрізнити від первісного, тоді явище те зовемо відгомном або луною (*das Echo*); колиж відбитий звук лиш продовжає і скріплює первісний звук, то явище зовемо поголосом (*der Nachhall*).

Не тяжко найти віддалене стїни, яке є конечно, щоби почути відгомін. Досвідчить, що людське ухо вміє розрізнити на секунду що найбільше 9 по собі слїдуючих звуків. Щоби проте можна було відрізнити якийсь звук від попереднього, мусить той другий слїдувати що найменше по $\frac{1}{9}$ секунди по першій. В $\frac{1}{9}$ секунди перебігає звук $333:9 = 37 m$; коли проте дорога звука до відбиваючої стіни і назад виносить 37 *m*, або коли стїна є в віддаленю що найменше 18·5 *m*, то відбитий звук почуємо окремо від первісного, значить, той сам звук почуємо другий раз. — Коли відбиваюча стїна є віддалена від нас є 218·5 *m*, 318·5 *m*, то може повстати відгомін 2-, 3-... складний. Колиж є більше відбиваючих стїн в різних віддаленях, то повстає многократний відгомін. — Увага гідні є: 17-складний відгомін в парку Woodstock в Англії; 18-кратний коло Кобленції над Реном; 30-кратний на подвірю замку Сімонета коло Медиолану; 7-складний 3-кратний коло Adersbach в Чехах.

На відбиваню звука основує ся туба або говірна труба (*Sprachrohr*), що її уживають на кораблях, при пожарах... до передачі команди. В тубі відбивають ся звукові лучі кілька разів о єї стїни так, що виходять з неї майже рівнобіжно (фіг. 72).

Через те чути звук на велике віддаленє. — Відверненою і поменшеною тубою є акустичний ріжок або слухова труба (*Hörrohr*). Вузкий кінець єї вкладає ся в ухо слухаючого, а ширший кінець звертає ся до бесїдуючого. Звукові філі, що входять в більший скількох широким отвором, згущують ся в вузкій кінці; через те ділають сильніше на барабанну оболонку і справляють вражінє навіть на ослаблений слуховий знаряд. — Еліптичні склепіння.



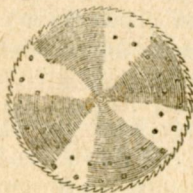
Фіг. 72.

§. 67. Роди звука. Коли вистрілити з рушниці або спалити милянну баньку, наповнену гремучим газом, то повстає лиш одно хвилеве потрясенє воздуха, і тому дізнає ухо лиш одного вражіння, котре зовемо гуком, тріском (*der Knall*). Коли слїдує більше потрясень по собі, але звільна, то ухо замічає

цілий ряд поодиноких звуків. Колиж они дуже скоро по собі сліднують, то ухо не в силі відрізнити їх від себе, бо они зливаються з собою і дають один довше триваючий зложений звук. Тут можливі є два случаи: Або потрясеня ті всі однакові і сліднують по собі в рівних відступах часу, або ні. В першій случаю повстає правильно зложений звук, званий тоном, а в другій неправильно зложений звук, на котрий маємо різні назви, як туркіт воза, грохот грому, шум дерев, гамір людий, журкіт потоку, свист вітру і т. д.

§. 68. Висота тону (Tonhöhe). Тони різнять ся між собою висотою. Щоби дізнати ся, від чого залежить висота тону, уживаємо т. зв. сирен.

а) Сирена Savart'a є зубчатий металевий кружок (фіг. 73), що обертає ся довкола осі, проведеної через єго осередок. Коли до одного зуба того кружка приложимо кусник картону і почнемо звільна обертати, то будемо чути поодинокі удари картону, що спадає з зуба на зуб. Колиж прискоримо оборот кружка, то удари ті зливають ся разом і ми чуємо якийсь тон. Чим скорше обертає ся кружок, тим більше дрогань відбуває картон і тим висший чуємо тон.



фіг. 73.

б) Сирена Seebeck'a є металевий кружок, заосмотрений в один або більше рядів дірок, уложених в рівних відступах на обводах співосередних кіл (фіг. 73). Коли почнемо скоро обертати сей кружок, а рівночасно при помочи димача будемо дути крізь скляну рурку проти одному рядови дірок, то по другій стороні кружка повстає підчас одного обороту стілько згушень і розріджень, а проте стілько дрогань воздуха, скілько є дірок в тім ряді. Чим скорше обертаємо, тим більше буде тих дрогань і тим висший чуємо тон. — З того слідує, що

Висота тону, який видає звучаче тіло, залежить від скількості дрогань того тіла на секунду: чим більше тих дрогань, тим висший тон.

Скількість дрогань, яка відповідає якомусь тонові, можна обчислити при помочи сирен. Потребуємо лиш знати скількість оборотів кружка на секунду і скількість зубів (зглядно дірок), та оба ті числа з собою помножити.

§. 69. Музична скаля. 1. Людське ухо спосібне є замітити тони, котрим відповідає 16 до 24.000 дрогань на секунду; однак всіх тих тонів не уживає ся в музиці. Найперше не уживає ся

дуже низьких і дуже високих тонів, бо ті разять наше ухо; відтак введено в музику лиш такі тони, що мило вражають наше ухо, коли сліднують по собі. Поміж два тони, з котрих другий є два рази висший від першого, містять музики ще 6 тонів. Ті 8 тонів становлять музичну гаму або скалю (Tonleiter) і означають ся латинськими буквами:

C, D, E, F, G, A, H, c або *ut, re, mi, fa, sol, la, si, ut*.

Перший тон зове ся тоном основним або прімою, а по ній сліднують: секунда, терца, кварта, квінта, секста, септіма і октава.

Принявши тон *c* за основний, одержуємо знов 8 тонів або висну октаву, котрої тони означаємо буквами *c, d, e, f, g, a, h, c*. Тони слідуєчої висшої октави означає ся: *c, d, e, f, g, a, h, c*, а при кожній дальшій октаві збільшає ся число черт о одну. Октави, що лежать нижше *C*, означають ся тим способом, що одвітні букви підчеркуємо в долі: *C, C*. Тони, уживані в музиці, обнимають 7 октав і лежать між раз в долі підчеркненим *C* і 5 разів у горі перечеркненим *c*. Першому відповідає 32, а другому 4096 дрогань на секунду. Тон *C* приходить лиш в деяких музичних інструментах (фортеп'я, органи).

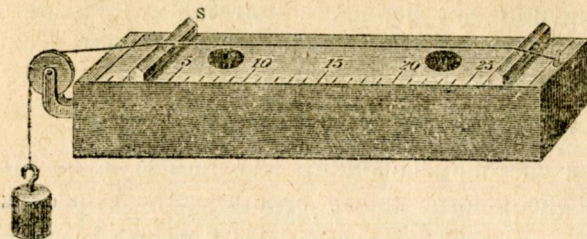
2. Всі 8 тонів одної октави можна одержати при помочи сирени Seebeck'a, котрої поодинокі ряди мають по 24, 27, 30, 32, 36, 40, 45 і 48 дірок. З того слідує, що висоти тонів октави відносять ся до себе, як повиспі числа, або як $1 : \frac{9}{8} : \frac{5}{4} : \frac{4}{3} : \frac{3}{2} : \frac{5}{3} : \frac{15}{8} : 2$. — Числа ті зовуть ся зглядними висотами (relative Tonhöhen), бо подають висоти поодиноких тонів з огляду на основний тон, або вказують, скільки разів число дрогань якогонебудь тону скалі є більше від числа дрогань основного тону.

Повиспа скаля зове ся скалею *dur*. Коли замість терци $\frac{5}{4}$ возьмемо т. зв. малу терцу $\frac{6}{5}$, то змінить ся характер скалі, і тоді зове ся она скалею *moll*.

§. 70. Созвучність і несозвучність (Konsonanz und Dissonanz). Коли два тони, що звучать рівночасно, мило вражають наше ухо, то зовемо їх созвучними; в противнім случаю несозвучними. Найбільше созвучні є пріма і октава; відтак ідуть по порядку: пріма і квінта, пріма і кварта, пріма і терца, пріма і секста. Пріма і секунда, а також пріма і септіма є несозвучні. — Більше як два созвучних тонів творять акорд. Такими є: пріма, терца і квінта, а також пріма, кварта і секста.

Замітні є своєю созвучністю ще тони, котрих висоти відносять ся до себе, як числа природного ряду, іменно *C, c, g, c, e, g*... Називаємо їх горішними тонами (Obertöne) основного тону.

§. 71. Тони струн. I. Щоби пізнати, від чого залежить висота тону струни, уживаємо монохорду ($\mu\acute{o}\nu\omicron\varsigma$ = сам, один; $\chi\omicron\rho\delta\acute{\iota}$ = струна). Її то вузка, довга і в поділку заосмотрена



Фіг. 74.

деревяна скринка, на котрій при помочи звисаючого тягарця натягає ся струну (фіг. 74).

а) Введім найперше цілу струну в дроганя, відтак при помочи пере-

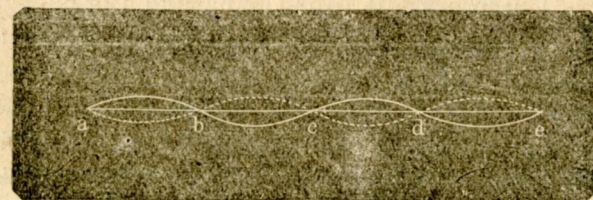
сувної підставки (кобилки) половину, а вкінці четвертину. Пересвідчимо ся, що в другім случаю буде струна видавати октаву, а в третім другу октаву першого або основного тону. —

б) Натягнім однаковими тягарцями дві рівно довгі струни, з котрих друга є два рази грубша. Пересвідчимо ся, що тон першої струни буде октавою другої. — в) Натягнім ту саму струну раз тягарцем 1 *kg*, а відтак тягарцями 4 *kg* і 9 *kg*. В другім случаю видасть она тон 2 рази висший (октаву), а в третім 3 рази висший (квінту октави), ніж в першім случаю. З досвідів тих слідує, що

Струна видає тон 2, 3, 4... рази висший, коли а) її довжина є 2, 3, 4... рази менша, або б) її грубість 2, 3, 4... рази менша, або в) її натягненє 4, 9, 16... рази більше.

Також матеріал, з котрого струна зроблена, впливає на висоту тону. Взагалі ті струни видають тон висший, котрі мають менший витомий тягар.

II. Покладім на струні монохорду в різних місцях легонькі наперці, диткнім її відтак в одній третій або четвертій части



Фіг. 75.

злегка пальцем і потягнім смичком коротшу часть. Почуємо, що струна видасть три, зглядно чотири рази висший тон від основного; разом побачимо, що паперці і на дов-

шій, непотягненій смичком части будуть підсакувати, крім тих, що знаходять ся в точках поділу. Очевидно точки ті не беруть

участи в дроганю струни; їх названо узлами (Knotenpunkte). — Так отже

Струна, що видає тон, може дрогати не лиш як цілість, але також частями (фіг. 75), при чім видає тим висший тон, чим більше тих частий.

Тони, які повстають, коли злегка діткнемо струни і коротшу її часть потягнемо смичком, зовуться фляжеолетовими або птичими.

III. Коли введемо струну як цілість в дроганя, а відтак в половині, або в одній третій части діткнемо її злегка гусячим пером, і тим способом приглушимо основний тон, то почувемо два, зглядно три рази висший тон від основного. — Тому, що тих висших тонів ми не могли викликати самим дотиком пера, проте були они рівночасно з основним тоном, значить, тон струни не є поєдинчий, але складаєся з сильного основного тону і кількох тонів горішних. Вправне ухо замічає ті горішні тони і без дотику струни.

Тони тої самої висоти і сили, добуті на різних інструментах, мають відмінні що до висоти і сили горішні тони, і то становить т. зв. барву тону (Klangfarbe).

Струнові інструменти можуть бути троякого рода, одвітно тому, чи добуваємо тон через потягнене смичком (скрипка, віолончель, бас), чи через порушене струн пальцями (арфа, гітара, цитра), чи через удар (фортеп'яно, п'яніно).

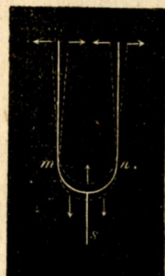
§. 72. Тони пружинних прутів. Покладім гранчастий сталевий прут на двох острих підставках, уміщених в $\frac{1}{4}$ части від кінців (фіг. 76) і потягнім по середині смичком. Почуємо якийсь тон, а zarazом побачимо, що пісок, посипаний здовж прута, буде підскакувати, зсуваючись до підпертих місць. Є се знаком, що підперті частинки прута не беруть участи в дроганю, отже суть узлами. — Досліджено, що



Фіг. 76.

Пружинний прут видає тон тим висший, чим менша його довгота, а чим більша грубість. Впрочім змінюєся висота тону того самого прута, коли змінюємо точки підпори.

Найважнішим приміненєм звучачих прутів є т. зв. строеві вилки (Stimmgabel), яких уживаєся до строеня музичних інструментів. Є то сталевий прут, зігнений в два рівні рамена і заосмотрений у долі в сталеву ручку s (фіг. 77). Коли одно рамя потягнемо



Фіг. 77.

смичком або ударимо дерев'яним молотком, то вилки видадуть тон. При помочи кульки, завішеної на нитці, легко пересвідчити ся, що оба рамена дрогають, та що притім творять ся узли при *m* і *n*.

Звучачих прутів уживає ся в цимбалах і позитивках. Сюди належать також: дримба і тригольник, уживаний у військових музиках.

§. 73. Тони пруживих плит. Прикріпім скляну або мосяжну плиту рівномірної грубости в поземім положенню, посипмо сухим піском і потягнім смичком. Почуємо тон, а заразом побачимо,

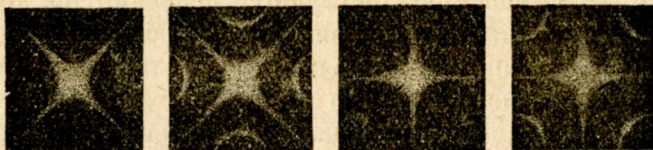


Fig. 78.

що пісок буде підсакувати, збираючись на певних лініях. Через те повстануть особливого рода фігури (фіг. 78), т. зв. фігури Chladni-ro (1787). Так отже і пружива плита, коли звучить, ділиться (узловими лініями) на часті. — Досвідчить нас, що

Чим висший тон видає пружива плита, тим на більше частий она ділиться ся.



Fig. 79.

Також криві плити, як дзвони, склянки... ділять ся узловими лініями на часті, коли видають тон. Звучачий дзвін ділиться ся на 4 або і більше частий лініями, що перехрещують ся у вершка. О тім можемо пересвідчити ся, коли до дзвінка наллємо трохи води, посиплемо її пядиковим пилом і по крисі потягнемо сильно смичком.

§. 74. Тони воздушних стовпів. Прилади, в котрих звучачим тілом є воздух, зовуть ся духовими інструментами (Blasinstrumente). Всі духові інструменти дадуть ся звести на сопілки губні і язичкові.

I. *Губна сопілка* (Lippenpfeife) є призма, заосмотрена близько одного кінця в отвір, котрого горішній берег стятий в остру грану *b* (фіг. 79), т. зв. губу. — Вдуваний піжкою *q* воздух, виходячи з неї вузкою щелинкою, ударяє о грану *b* і ділиться ся на дві часті. Одна з тих частий

виходить на вні, а друга ударає о воздух, що находить ся в сопілці, і спричинює в долі сопілки згущенє воздуха. По причині того згущеня не може дальше допливаючий воздух входити до сопілки; він виходить весь на вні, а тимчасом на місци поступившого наперед згущеня творить ся розрідженє. Тепер впадає на ново воздух до сопілки, творить нове згущенє і т. д. Тим способом вводиться ся воздух в сопілці в дроганя (подібно як при сирені Seebeck'a) і ми чуємо тон. — Одвітно тому, чи горішній кінць сопілки є затканий, чи ні, розрізняємо сопілки закриті (gedeckt) і відкриті (offen).

Коли задуємо однако сильно дві відкриті або дві закриті сопілки неоднакової довготи, то два рази коротша видасть два рази висший тон. Колиж задуємо дрі рівно довгі сопілки, з котрих одна є відкрита, а друга закрита, то перша видасть о октаву висший тон. — З того слідує, що

а) Висота тону сопілки, без огляду на те, чи она закрита, чи відкрита, є відвотно пропорціональна її довготі. — б) Закрита сопілка дає такий сам тон, як відкрита о подвійній довготі.

До губних сопілок належать: сопілка органова, сопілка пастуша, свиставка сигналова, флет.

II. *Язичкова сопілка* (Zungenpfeife) складає ся з вітрової комірки *F* (фіг. 80), до котрої входить замкнена при однім кінци мосяжна ринва *c*. Ся ринва є прикрита пруживою пластинкою або язичком *d*. — Воздух, вдуваний ніжкою до вітрової комірки, натискає на язичок, а втискаючи єго до середини ринви *c*, впадає до неї і спричинює там згущенє. Однак задля пруживости вертає язичок сейчас в первісне положенє, а замикаючи ринву, здержує дальший доплив воздуха. Тепер творить ся в ринві розрідженє воздуха, язичок подає ся під натиском воздуха знов до середини, через що повстає нове згущенє і т. д. Тим способом вводиться ся воздух в ринві і язичок в правильні дроганя, наслідком чого повстає тон. При помочи ключки *f* можна довготу язичка, а тим самим і висоту тону змінити. Для екріплення тону насаджує ся на ринву *c* ширшу лійковату рурку *G*.

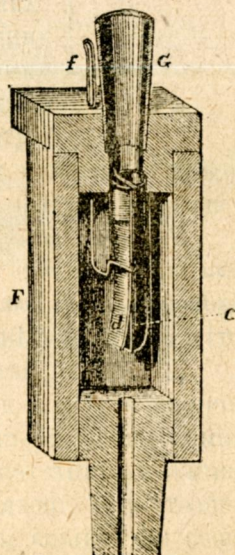
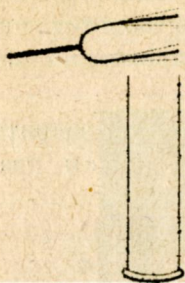


Fig. 80.

До язичкових сопілок причисляють ся: клярнет, обоя, фагот, язичкові сопілки органів, діточі трубки. — При трубах і ловецьких ріжках виладає ся губи в лійковате дульце, а ті, отвираючись і замикаючись, заступають дрогаючий язичок.

§. 75. Співзвук і відзвук. I. Настріймо дві струни монохорда на один тон, потягнім одну з них смичком, а по хвилі приглушим її тон. Почуємо тон, що походить від другої струни. Є се



Фіг. 81.

доказом, що друга струна також дрогає, о чім можна впрочім пересвідчити ся при помочи легоньких паперців. — Коли над відкритим фортецяном співваємо сильно якийнебудь тон, то відізве ся та струна, котра настроєна на той тон.

Держім звучачі строві вилок над вузким скляним вальцем (фіг. 81), а вливаючи до середини води, скорочуймо стовп воздуха. Пересвідчимо ся, що тон вилок буде ставати що раз сильніший, а дійшовши до найбільшої сили, почне відтак ослабати. З того досвіду слідує, що можна відмежити такий стовп воздуха, котрий буде співзвучати з вилками. — Так отже

Звучаче тіло може побудити до видавання звука инше тіло, що находит ся в сусідстві, коли лиш те друге спосібне є відбувати такі самі дроганя, як перше. — Явище се зовемо співзвуком (Mittönen).

II. Строві вилок, держані в руці, а так само струна, натягнена в руках, дають дуже слабкий звук. Колиж вилок приложимо ручкою до стола, або струну натягнемо на дощину, то тон значно скріпить ся. Причина сему є та, що строві вилок передають свої дроганя дереву, а дерево окружаючому воздуху, через що більша маса воздуха вводиться в дрогаючий рух. — Явище се зовемо відзвуком (Resonanz).

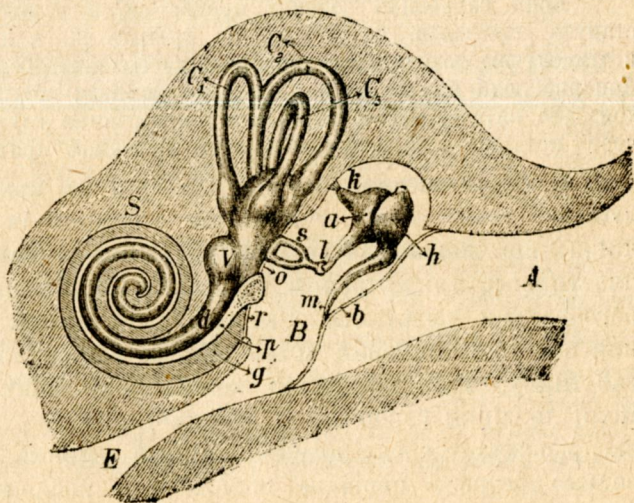
У струнових інструментів скріплює ся тон відзвуком тонких пружних стін скринки і воздуха, що в ній находит ся; тим самим себособом скріплює ся тон стрових вилок. Тон дрімби скріплює ся співзвуком воздуха в роті і відзвуком зубів та челюстних костей. — Для чого уміщують оркестру на подіум (порожнім помості)?

§. 76. Голосовий знаряд (Stimmorgan) чоловіка має велику схожість з язичковою сопілкою. Складає ся він передовсім із диници (Lufttröhre), зложеної із хрящоватих обручок, і гортани (Kehlkopf), утвореної із чотирох хрящок. На тих хрящках є розпняті дві пруживі болонки, т. зв. голосові вязла (Stimmbänder), закриваючі диницю так, що між ними остає лиш

вузка поздовжна щелинка, звана голосницею (Stimmritze). Підчас дихання не в'язла напружені; колиж їх при помочи одвітних мускулів напружить ся і зближить до себе, то воздух, що виходить дищицею із легких, вводить їх в дрогання, котрі уділяють ся воздухови в гортани і устній ямі. Чим коротші в'язла і чим сильнійше напружені, тим висший тон видають они. Добуванє і уриванє голосу через отвиранє і замиканє устної ями при помочи губ, зубів і язика, витворює співзвуки: самозвуки повстають через наданє ріжного виду устній ямі.

§. 77. Слуховий знаряд або ухо складає ся з трох частий: виїшньої, середної і внутрішньої. Часть виїшню становить про-

від слуховий *A* (фіг. 82), що починаєсь ушною частиною, акінчить ся пруживою барабанною болонкою *b*. Безпосередно за барабанною болонкою протягає ся середна часть уха т. є. еліптична барабанна яма *B*. Та є виповнена воздухом



Фиг. 82.

і сполучена трубою Евстахія *E* з устною ямою, через що густота воздуха в ній така сама, як виїшнього. В барабанній ямі містять ся чотири слухові кісточки. Перша з них, молоток *h*, опирає ся держакон о барабанну болонку, а головкою спочиває на клепалі *a*, котре знов при помочи маленької кісточки *l*, сочки Сільвія, є сполучене з стременцем *s*. Стременце прилягає своєю поздовжною стопою до болонки, яка замикає овальне віконце *o*, що веде до внутрішньої части уха або до лябіринту. — Лябіронт складає ся з передсінки *V*, трох півкулих, майже нормально до себе уставлених каблуків *C* і слимака *S*. В долішній части *g* слимака находит ся ще другий круглий отвір *r*, що веде до лябіринту і є

замкнений також болонкою. Цілий лабіринт є виповнений воднистою течією, в котрій плавають кінчики слухового нерву, що виходить від мозку.

Вражіня звука доходять до нашої свідомости слідуючим способом: Звукові філії, зібрані ушною чашиною, ідуть слуховим проводом до барабанної болонки, а удараючи о ню, вводять її в дроганя. Дроганя ті уділяють ся посредством слухових кісточок болонці, що замикає овальне віконце *o*, а через те вводить ся в дрогаючий рух теч в лабіринті і кінчики слухового нерву. Тим способом подражняє ся слуховий нерв, а коли ті подражнення дійдуть до мозку, одержуємо вражіне звука.

Коли барабанна болонка продре ся, а навіть і слухові кісточки стануть ушкоджені, то слух ще не тратить ся, а лиш ослабає ся, бо в тім случаю доходять звукові філії до овальної болонки через воздух. Дперва коли продре ся болонка, що замикає кругле віконце *r*, і слухова теч витече, настане цілковита і невилічима глухота. Заткане ушій через нехарність буває проминаючою причиною притуплення слуху.

§. 78. Фонограф Edison'a (1877) є то прилад, що записує людську мову, спів..., а відтак повторяє їх. Говорить ся до лійки, що збирає звукові філії. Лійка є замкнена пруживою пластинкою, заосмотреною металевим вістрем, що дотикає воскового вальця, насадженого на металевий валець. Малий електричний або годинниковий мотор обертає валець, а заразом пересуває лійку, при чім вістрє жолобить у воску шпрубову лінійку. Коли до лійки говорить ся, то пластинка дрогає, а з нею вістрє, яке різьбить у воску ровець о змінній глибині. Коли відтак приведемо вістрє в первісне положенє, і введемо валець і лійку в такий самий рух, як перед тим, то вістрє западає в ровець і повторяє ті самі дроганя, які жолобили криву лінійку у воску. Наслідком того дрогає пружива пластинка так само, як при виголошеню слова, витворює отже в воздуху такі самі філії і ми одержуємо таке саме вражіне, як при безпосереднім виголошеню слова.

Подібно ділають т. зв. грамофони (Berliner 1888), з тою різницею, що голосу не записують, лиш віддають слова і музичні звуки, виписані в виді рівця на твердих ебонітових плитах.

У. НАУКА О СВІТЛІ.

(ОПТИКА).

§. 79. **Світло. Тіла світлячі і темні.** 1. В темній комнаті не видимо предметів, хоч при помочи дотику, а в часті і слуху, можемо пересвідчити ся, що они там є. Колиж запалимо свічку, спостерігаємо посредством ока ті предмети і розпізнаємо їх краску. Отже полумінь свічки є причиною, що ми видимо предмети. Ми кажемо, що она світить або видає світло.

Те, що справляє видіне або є причиною вражіння, яке одержуємо посредством ока, а також саме вражінє зовемо світлом (das Licht).

2. Тіла, які видимо без помочи других (як сонце, тіла, що горять, жарять ся і фосфоризують), зовемо світлячими тілами. Тіла, які можемо видіти що йно тоді, коли они є освітлені світлячими тілами (як дерева, дома, місяць...), зовемо темними.

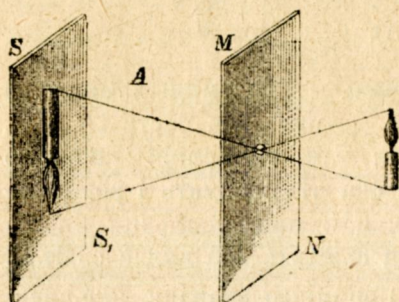
Тіла можуть бути прозорі (durchsichtig), просвічені (durchscheinend) і непрозорі (undurchsichtig), одвітно тому, чи видимо через них инші тіла освітлені або світлячі зовсім виразно, чи лише в головніших чертах, чи зовсім не видимо.

Воздух є прозорим тілом. Скло і вода в верствах не дуже грубих є також прозорі; в грубших верствах они лиш просвічені, подібно як матове скло або папір, напущений товщию. Непрозорі є: дерево, папір, металі і т. и. Однак в дуже тоненьких листках є они майже всі просвічені, навіть металі.

§. 80. **Розпросторенє світла** (Ausbreitung des Lichtes). 1. Світляче тіло, н. пр. горіючу свічку, видимо зі всіх сторін; колиж уставимо між оком а свічкою непрозоре тіло, н. пр. дощину, то не бачимо свічки. Зробім в дощині дірку, а побачимо знов свічку, однак лиш тоді, коли дірка лежить на лінії, що сполучає око з свічкою. — Коли випустимо маленьким отвором сонішне світло до комнати, в котрій є багато диму або пороку, то будуть освітлені лиш ті частини диму, що лежать на лінії, яка сполучає отвір з сонцем. З всего того слідує, що

З світлячого тіла розходить ся світло на всі сторони в лінійєх прямих. Лінії ті зовемо лучами світла (Lichtstrahlen). Коли світляче тіло має дуже малий розмір, то зовемо його світлячою точкою.

II. Прямолінійним розпросторенням світла пояснюють ся деякі явища: 1) Коли в віконниці MN (фіг. 83) затемненої

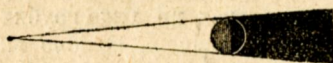


Фиг. 83.

комнати зробимо дуже маленький отвір, то на протилежній стіні SS_1 утворить ся відвернений образ освітленого предмету, який знаходиться перед отвором. Образ сей повстає тим способом, що із множества лучів, які кожда точка предмету висилає, один дістає ся через отвір до комнати, а упавши на протилежну стіну, дає там образ одвітної точки.

Вид отвору не має впливу на вид образу; для того соншні лучі, що продирають ся поміж листя дерев, дають на землі круглі пляна. Як буде в часі частинного затемня сонця? — Однак величина отвору впливає на виразистість образу; іменно коли отвір є за великий, то на однім місці стіни повстають образи від більше точок предмету, наслідком чого буде образ цілого предмету невиразний.

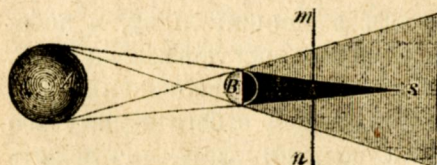
2) Коли в темній комнаті побіч запаленої свічки уставимо непрозору кулю, а за нею картку білого паперу, то побачимо на картці темне коло, котре буде тим більше, чим далше картка від кулі. — Так отже за непрозорим, з одної осторони освітленим тілом знаходиться неосвітлений



Фиг. 84.

простір, званий тінню (der Schatten). Причиною того явища є також прямолінійне розпросторення світла.

Коли жерело світла є світлячою точкою (фіг. 84), то тіннь легко означити. Потреба лиш з світлячої точки повести стичні до непрозорого тіла, а простір, що лежить за тілом між стичними, буде тінню. Коли ж жерело світла має



Фиг. 85.

якусь розтяжність, н. пр. є кулею (фіг. 85), то можемо зго уважати за зложене з множества світлячих точок, з котрих кожда спричинює тіннь. В тім случаю є простір BS , до котрого не доходять лучі ні від

одної точки світлячого тіла, а відтак простір, до котрого виравді доходять лучі від одних точок світлячого тіла, але від інших ні. Перша часть тінни зове ся глухою тінню (Kernschatten), друга півтінню (Halbschatten).

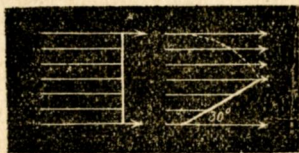
Вид, величина і довгота тіні залежать від виду, величини і взаємного положення тіла освітячого і освітленого. Коли порушає ся одне або друге, то і тінь порушає ся. — Тіла, освітлені сонцем, дають рано і під вечір найдовші тіні, а в полудне найкоротші. Також порушає ся та тінь з причини сповидного руху сонця від сходу на захід, і на тім основує ся построєне сонішних годинників.

Повстананє тіний за непрозорими тілами грає дуже важку ролю в всесвітнім просторі при освітленю землі і місяця сонцем, бо є причиною затьміннь місяця і сонця (гл. §. 164), зміни дня і ночі (гл. §. 158), та фаз місяця (гл. §. 163).

III. Серед темної ночі освітлює лискавка в одній хвили цілу околицю, а доперва трохи згоді чуємо грохит. — З того заключаємо, що скорість світла є дуже велика. Данський астроном Olaf Römer обчислив (1675), що світло перебігає в 1 секундї дорогу 300.000 *km* або около 40.000 миль.

В яким часї доходить до нас світло від місяця, а в яким від сонця, коли віддалене першого виносить 375.000 *km*, а другого 150 мільонів *km*? — В яким віддаленю від землі є найблизша стала зьвізда, коли єї світло доходить до нас по $3\frac{1}{2}$ літах? — Яку дорогу робить світло в однім році?

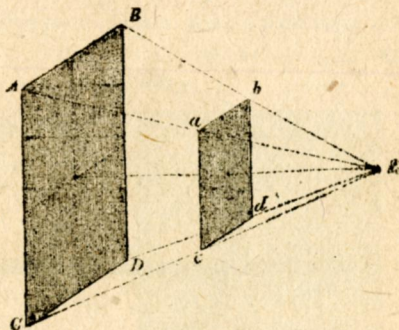
§. 81. Сила освітлення (*Beleuchtungsstärke*). 1. Газова полумінь освітлює комнату яснійше, чим полумінь свічки. — Коли картку паперу, на котру надуть лучі світла нормально, відклонимо (фіг. 86), то на ню упаде менше лучів, а проте і освітленє ві буде слабше. — Так отже



Фіг. 86.

Сила освітлення залежить від жерела світла і є тим меншою, чим скіснійше падають лучі світла.

2. Коли віддаляємо книжку від свічки, то письмо стає що раз невизначнійше, а вкінці не зможемо зовсім читати. — Як з фігури 87. бачимо, ті самі лучі, що освічують в певнім віддаленю площу *abcd*, освітять в віддаленю 2 рази більшим площу 4 рази більшу, в віддаленю 3 рази більшим площу 9 разів більшу і т. д. Так отже



Фіг. 87.

Сила освітлення є відворотно пропорціональна до квадрату віддалення.

До порівняння яркості різних жерел світла служать фотометри. Фотометер Rumford'a (fig. 88) складає ся з тонкого прута і білої

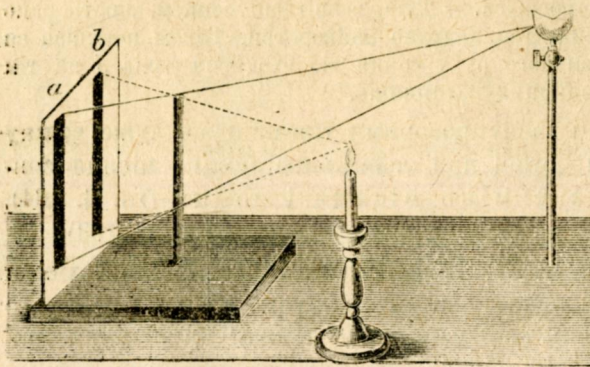


Fig. 88.

прослони. Коли устави́мо перед тим фотометром два жерела світла побі́ч себе воднаковім віддаленю від прута, то одержимо на прослоні дві ті́ні, з яких темні́ша буде належати до яркі́йшого світла. Можна однак через віддалене яркі́йшого світла привести до того, що обі́ ті́ні будуть однаково темні.

Коли при ті́м яркі́йше світло буде н. пр. 3 рази дальше від прослони, ніж друге, то яркі́сть его́ буде 9 разів більша.

§. 82. Відбиванє світла (Reflexion des Lichtes). 1. Встави́мо в дорогу соні́шних лучі́в, що впадають до ко́мнати, зеркало, то побачимо на проти́лежній сті́ні ясне п'ятно, котре́ буде зм'я́нати місце, коли́ рушати мемо́ зеркалом. Устави́мо наше око́ на лі́нії, що сполу́чає зеркало́ з я́сним п'ятном, то лучі́ світла́ будуть разити́ око́. Так отже лучі́ світла́, упавши на вигладжену по́верхню, зм'я́няють свій на́пря́м, але бі́жать знов по лі́нії пр'ямі́й. Я́вище те зо́вемо відби́ванє́м світла́.

2. Пу́стї́м до темної́ ко́мнати́ через отвір в ві́конни́ці́ на по́зе́ме зеркало́ ss' (фі́г. 89) вязку́ світля́них лучі́в і устави́мо

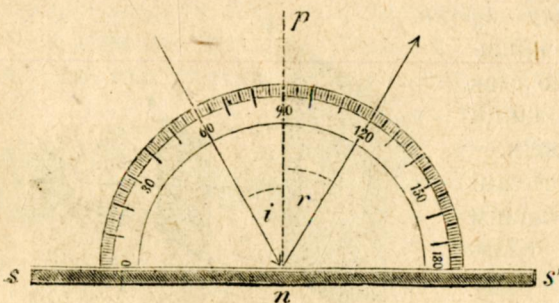


Fig. 89.

нормально́ до пло́щі зеркала́ півколо́ (заосмотрене в поді́лку) так, щоби́ впадаючі́ лучі́ ішли́ попри́ те півколо́, а его́ осередок щоби́ спа́дав з то́чкою зеркала́, на яку́ па́дуть лучі́ світла́. Побачимо́, що відбі́тні

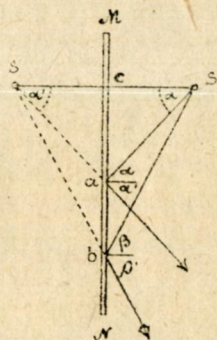
лучі́ будуть іти́ також попри́ саме півколо́, і будуть зами́кати з нормально́ю pn , постро́єною в то́чці па́дання́ світла́, ку́т r , що́ рівна́є ся ку́тови па́дання́ i . Нормальну́ pn зо́вемо впа́днни́цею (Binfallslot). — З досв'ї́ду того́ слі́дує, що́

а) Впадаючий і відбитий луч лежать по протилежних сторонах впадіння. б) Впадіння, впадаючий і відбитий луч лежать в одній площі. в) Кут відбиття рівняє ся кутові впаданя.

Коли луч світла паде нормально на площу, то відбиває ся по собі. Чому?

§. 83. Плоске зеркало (Planspiegel) є всяка добре вигладжена площа. — Уставмо перед таким зеркалом свічку, то по другій стороні зеркала побачимо її образ в тім самім віддалені і тої самої величини. — Щоби явище се пояснити.

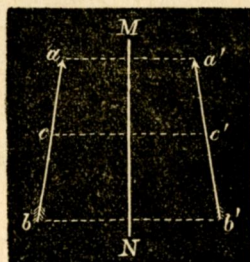
Представмо собі перед зеркалом плоским MN (фіг. 90) світячу точку S . З множенства лучів, які з тої точки падають на зеркало, возьмім на увагу два лучі: Sa і Sb . Після сказаного в попереднім параграфі відбивають ся они так, що $\alpha = \alpha'$ і $\beta = \beta'$. Коли відбиті лучі дійдуть до нашого ока, то видає ся нам, як колиб они виходили з точки S' , в котрій перетинають ся їх вспятні продовженя (поза зеркало). Отже ми одержуємо таке вражінє, як колиб світяча точка S находила ся в S' , і тому видимо в S' образ світячої точки S . Образ той зовемо сповидним або мнимим (scheinbar oder virtuell), бо відбиті лучі не перетинають ся в дійсности, а лиш їх продовженя. — З пристайности трикутників acS і acS' слідує, що $Sc = S'c$. отже



Фиг. 90.

Образ світячої точки, витворений плоским зеркалом, лежить на нормальній лінії, прощеній з світячої точки на зеркало, в та-кім самім віддалені за зеркалом, в яким находит ся світяча точка перед зеркалом.

На основі того правила найдемо образ $a'b'$ якогось світячого предмету ab , уставленого перед зеркалом MN (фіг. 91), коли з єго кінців пустимо нормальні на зеркало і продовжимо їх о таку саму довжину поза зеркало. Як бачимо



Фиг. 91.

Образ і предмет мають ту саму величину і той сам вид, а також симетричне положенє зглядом зеркала.

Як представляє ся нам в зеркалі права рука, що дотикає великим пальцем зеркала? — В яким положеню бачимо в зеркалі води дерево, що стоїть на березі? Представити те рисунком. — Нарисувати образ дозеного предмету, а відтак позеного, стоячого перед зеркалом, що наклонене до позему під кутом 45° . — Чому в зеркалі права сторона предмета стає лівою і наоборот, але горішня часть предмета не стає доліжною?

Також в тім случаю, коли зеркалом є прозора, але добре вигладжена шибга, повстає образ по другій стороні. (Горіюча свічка мнимо в посудині з водою. Ужиток таких зеркальних шиб в театрах).

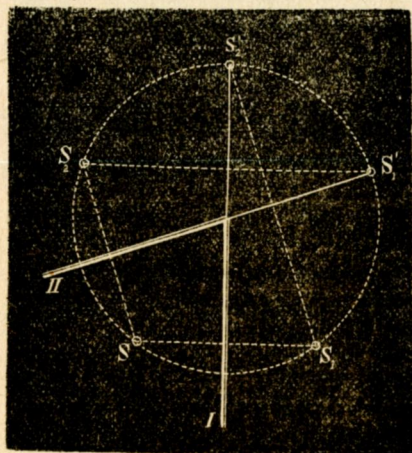


Fig. 92.

Відбиванє на більшє плоскєх зеркалах. Нехай S (Fig. 92) буде світячою точкою, уставленою між двома зеркалами, що замикають кут 72° ($\frac{1}{5}$ часть із 360°). Так в зеркалі I , як і II , повстане образ S_1 і S_2 . Однак S_1 є світячою точкою для зеркала II і дає в нїм образ S'_1 , а S_2 є світячою точкою для I і дає в нїм образ S'_2 . Рисунком легко пересвідчити ся, що чим менший кут замикають зеркала, тим більше буде образів, але завжди будуть они лежати на обводі кола, котрого осередком є точка пересічєня обох зеркал. Також легко добачити, що скількисть образів є о 1 менша як число, що вказує, якою частию із 360°

є кут, замкнений обома зеркалами. (Калейдоскоп). Скільки буде образів, і як будуть они уложені, коли оба зеркала замикають кут 0° , т. зв. коли зеркала є до себе рівнобіжні?

§. 84. Вгну́те сферичне зеркало (Sphärischer Konkavspiegel).

Відрізок кулі, вигладжений добре на внутрішній, вгну́тій стороні, зове ся сферичним вгну́тим зеркалом. Лінія, що сполучає осередок C кулі (Fig. 93) з серединою K зеркала, називає ся оптичною осію (для пень до *ὀπτική*). — Світляні лучі відбивають ся від вгну́того зеркала після правил, поданих для плоского зеркала.

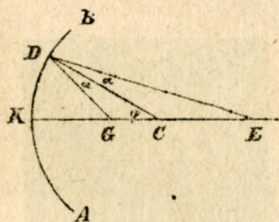


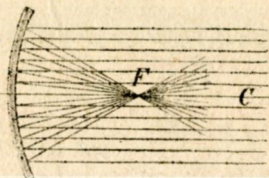
Fig. 93.

Нехай E буде світяча точка. Щоби найти напрям, в яким відібє ся н. пр. світляний луч ED , треба в точці D построїти впадницю DC (луч кулі) і по другій стороні єї нарисувати кут $GDC = EDC$. Тим способом найдемо, що луч ED відбиває ся в напрямі DG .

світляний луч ED , треба в точці D построїти впадницю DC (луч кулі) і по другій стороні єї нарисувати кут $GDC = EDC$. Тим способом найдемо, що луч ED відбиває ся в напрямі DG .

Луч EK , що переходить через осередок C , паде на зеркало під кутом 0° , проте відбиває ся в напрямі KC (по собі). Луч сей зовемо головним. Точка G , в котрій відбиті лучі перетинають ся, буде образом світячої точки E . Тому, що тут перетинають ся самі лучі відбиті, а не їх вспятні продовження (поза зеркало), то образ сей є дійсний (reelles Bild).

I. Звернім зеркало вгнуте так проти сонця, щоби сонішні лучі падали на него рівнобіжно до осі, і держім перед зеркалом кусник білого паперу. Побачимо на папері кругле ясне пятно, котре в точці F (фіг. 94) т. є. в половині луча кулі буде найменше і найясніше. З причини, що папір в тій точці запалить ся, зовемо її *огнищем* (Brennpunct, Focus).

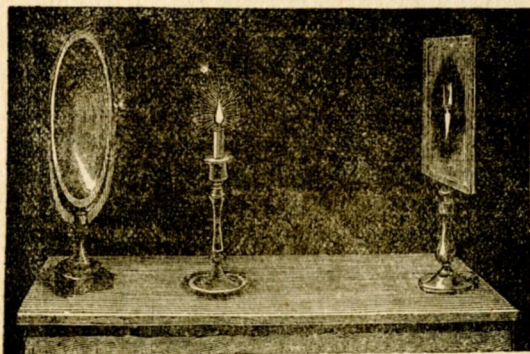


Фиг. 94.

Уставмо в притемненій комнаті полум'я свічки в огнищу F зеркала, то на білій прослоні, держаній перед зеркалом, побачимо ясне коло, якого величина не зміняє ся за зближенем або віддаленем прослони. — З повисшого слідує, що

а) Лучі світла, що падають на вгнуте зеркало рівнобіжно до осі, ідуть по відбиттю всі через огнище. б) Лучі світла, що пересодять через огнище, ідуть по відбиттю рівнобіжно до осі зеркала.

II. Уставмо свічку перед вгнутим зеркалом між осередком а огнищем, то на білій прослоні, уставленій поза осередком, побачимо відвернений і побільшений образ свічки (фіг. 95). — Віддаляймо свічку від зеркала, зближаючи її до осередка, то образ буде приближати ся до зеркала і меншати; колиж свічка приїде в осередок, то образ і предмет прикриють ся і будуть однакової величини. — Віддалім

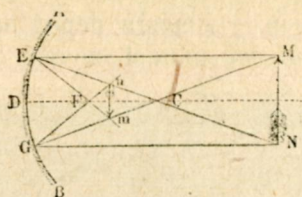


Фиг. 95.

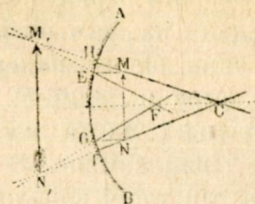
свічку ще більше, уставляючи її поза осередком, то образ постане між осередком а огнищем, буде поменшений і також відвернений. — Уставмо вкінці свічку між огнище а зеркало,

то перед зеркалом не знайдемо нігде її образу: натомість, глядячи в зеркало, побачимо за ним прямий і побільшений образ свічки.

Щоби пояснити повстання тих образів, шукаймо образа світячого предмету MN , уставленого поза осередком C зеркала (фіг. 96). В тій цілі поведім з точки M предмету два лучі: головний і рівнобіжний до осі, та шукаймо точки їх пересічи по відбитю. Тому, що перший луч відібе ся по собі, а другий перейде по відбиттю через огнище, то



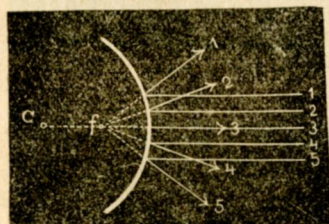
Фіг. 96.



Фіг. 97.

точка їх пересічи m буде образом точки M . Найшовши тим самим способом образ n точки N , одержуємо mn яко образ предмету MN . Образ сей, як бачимо, лежить між осередком а огнищем зеркала, є дійсний, відвернений і помельшений. — На фіг. 97 представлено, як творить ся образ предмету, уставленого між огнищем а зеркалом.

Вгнутих зеркал уживаємо до освітлення великих просторів в певнім напрямі (вгнута бляха при кухонних лампах), до одержання побільшених образів, до представлення магічних шук. — Рефлектори.



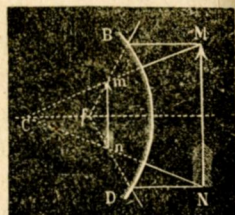
Фіг. 98.

§. 85. Вигнуте сферичне зеркало (Sphärischer Konvexspiegel) є відрізок кулі, котрий зеркалить на внішній, вигнутій стороні.

Коли на вигнуте зеркало падуть лучі світла рівнобіжно до осі, то по відбиттю розходять ся, як колиб виходили з точки f (фіг. 98), що лежить за зеркалом. Точка та зове ся сповидним огнищем вигнутого зеркала.

Уставмо свічку в якімнебудь віддаленю від вигнутого зеркала, то завсїди одержимо сповидний і помельшений її образ по другій стороні зеркала.

Бо коли MN (фіг. 99) представляє предмет, уставлений перед вигнутим зеркалом, то луч головний і рівнобіжний до осі, що виходять з точки M (зглядно з N), розходять ся по відбиттю, і дають сповидний образ в m (зглядно в n).



Фіг. 99.

Вгнутих зеркал уживають до знимання краєвидів, яко оздобних куль по городах...

§. 86. Розсіяєє світла (Zerstreuung des Lichtes). Пустім до темної комнати вязку світляних лучів, раз на зеркало, а другий раз на шерсткий папір. В першім случаю відібє ся світло правильно і освітить лиш одно місце на стінї або стели, а в другім розяснить ся в цілій комнаті. Причиною сего послідного явища є та обста- вина, що поверхня шерстка є неначе зложена з множества маленьких зеркал плоских о ріжнім наклоненю, і тому від- биває ся від неї світло у вся- ких можливих напрямх (фіг. 100) або розсіває ся.

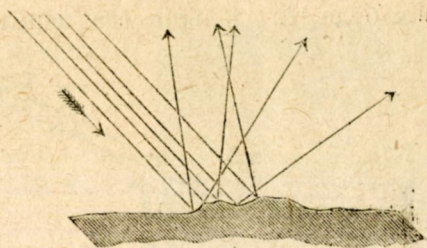


Fig. 100.

Колиб не було розсіяннє світла, то ми могли би видіти в день лиш ті предмети, на котрі падають лучі сонця; в комнатах булоб зовсім темно, хіба що до них впадали би сонїшні лучі. — Смерканє і сви- танє має свою причину також в розсіяннє світла. Коли іменно сонце зайде вже під горизонт, то все ще падають деякі сонїшні лучі на хмари, баньки водної пари..., а відбиваючись на всі сторони, розяснюють по- трохи темряву. Те саме діє ся перед сходом сонця. По тій причині не переходить день нараз в ніч, ані ніч в день.

§. 87. Переломанє світла (Brechung des Lichtes). Налїймо до чотиригранної скляної посудини мутної води, а воздух над нею наповнім димом. Поведім відтак при по- мочи зеркала S_1 (фіг. 101) сонїшний луч скісно до поверхні течі. Побачимо, що на границі воздуха і течі розді- лить ся падачий луч світла на дві части: Одна відібє ся після звісних правил в напрямі oa , а друга вступить в теч, але відклонить ся від первісного напряму, творячи з впадницею mn кут nob . Коли будемо збільшати кут паданнє світла moS_1 , то і кут nob буде збіль- шати ся, але завжди буде він менший від кута паданнє. Ми кажемо, що луч світла переломив ся до впадниці (zum Einfallslot).

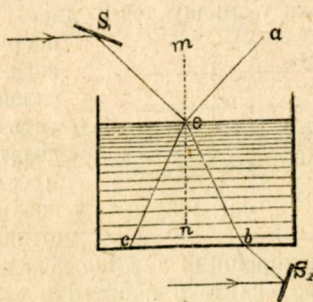


Fig. 101.

Поведім тепер при помочи зеркала S_2 луч світла з долу через теч. І в тім случаю одна часть відібє ся від граничної поверхні в напрямі oc , а друга вийде з воздух в напрямі ob , і буде творити з впадницею кут більший від кута паданнє bon . —

Ми кажемо, що луч світла переломився від впадіння (vom Einfallslot).

Пустім вкінці луч світла нормально до поверхні течі, то він буде йти даліше без переломання в тім самім напрямі. —

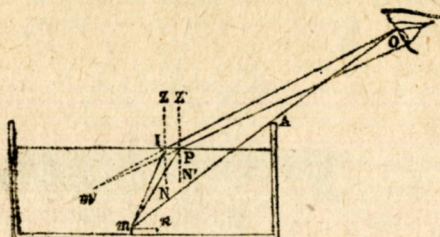


Fig. 102.

З повисших досвідів слідує отсі правила на переломанє світла:

а) Коли луч світла переходить з рідшого середовища до густішого, то переломлює ся до впадниці, в противнім случаю від впадниці. б) Луч падучий і переломаний лежать по противних сторонах впад-

ниці, але в одній площі з нею. в) Луч світла переходить до другого середовища без переломання, коли паде нормально на граничну площу. (Snellius, 1621; Descartes, 1637).

Переломанєм світла пояснює ся багато явищ в природі. І так н. пр. посудини, наповнені водою, ріки... видають ся нам плитні, ніж є дійсно. Бо коли mn (фіг. 102) представляє бляшку, що лежить на дні посудини, то лучі ml і mP , що виходять з точки m , переломившись при поверхні води від впадниці і дійшовши до ока O , справляють вражінє, як колиб виходили з точки m' . Те саме дасть ся сказати про кожду иншу точку дна, і тому видає ся оно піднесене. — Палиця,

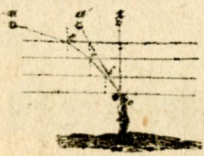


Fig. 103.

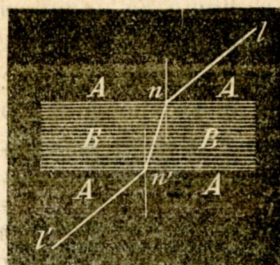
погружена кінцею у воду, видає ся при поверхні води неначе переломана. Зв'язди видимо на небосклоні висше, ніж они є дійсно, хіба що знаходять ся в зеніті. Бо коли луч світла, який виходить від зв'язди a (фіг. 103), вступає із пустого простору в земну атмосферу, що ломить ся до впадниці. Переходячи відтак через що раз густіші верстви воздуха, переломлюєсь безпастанно

до впадниці, так що доходить до нашого ока по лінії ломаній. А що око видить в напрямі послідного переломаного луча, то видає ся нам, що зв'язда знаходить ся в a' . По тій самій причині видимо сонце, коли оно зайшло вже під горизонт, або ще не зійшло над горизонт (гл. §. 150).

§. 38. Переломанє світла в плитах і призмах. І. Прикриймо часть прямої лінії, потягненої на папері, грубою скляною плитою і глядїм на ню кінцею. Побачимо, що прикрита часть лінії є трохи пересунена рівнобіжно зглядом части неприкритої.

Щоби те явище пояснити, подумаймо собі, що луч світла ln (фіг. 104) паде скісно на скляну плиту, обмежену рівнобіжними площинами. Входячи в скло ломить ся він до впадниці в напрямі ni , а виходячи зі скла у воздух, переломлює ся вдруге від впадниці в напрямі $n'l'$. Тому, що кут переломаня при n є рівний кутови паданя при n' , то і кут переломаня при n' буде рівний кутови паданя при n ; значить

Коли луч світла паде скісно на тіло, обмежене рівнобіжними площинами, то виходить з него в напрямі рівнобіжнім до первісного напрямку.

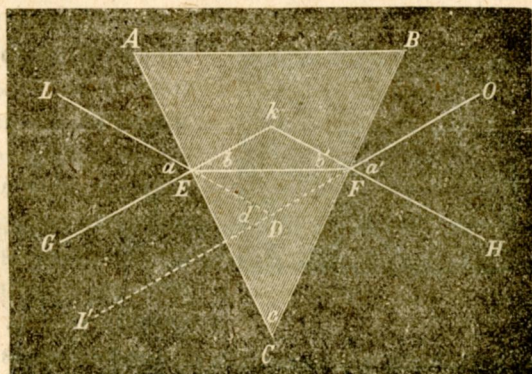


Фіг. 104.

Коли глядимо через скляну плиту на якийсь предмет, то не бачимо его на властивім місці, але трохи пересуненим. Пересуненє те є тим значнійше, чим грубша плита і чим скіснійше лучі через ню переходять. При тонких плитах (як н. пр. скляна шибa) оно майже незаметне. — Коли глядимо через таку плиту на більше предметів, що лежать побіч себе, то кождий з них видає ся однаково пересуненим, і тому взаїмне положенє їх не змінє ся.

II. Прозоре тіло, обмежене двома нерівнобіжними площинами, зове ся в оптиці призмою ($\rho\rho\omega$ = пилюю); лінія, в котрій обі площі перетинають ся, називає ся ломлячою гранюю, а кут, ними замкнений, ломлячим кутом. — Звичайно надаємо такому тілу вид тригранної призми.

Коли через таку призму глядимо на якийсь предмет, то бачимо его не на властивім місці, але на пересуненим до ломлячої грани. Бо луч LE (фіг. 105), що виходить н. пр. з сьвітячої точки L і паде на призму, переломлює ся найперше до впадниці в напрямі EF , а виходячи у воздух, ломить ся вдруге



Фіг. 105.

від впадниці в напрямі FO . Дійшовши до ока O , робить той луч вражінє, як колиб сьвітляча точка находила ся не в L , але в L' .

Як бачимо, луч сьвітла, що виходить з призми, не іде рівнобіжно до падучого луча, але творить з ним якийсь кут. Кут той, званий кутом відклонєня, є тим більший, чим більший ломлячий кут; крім того залежить він від матеріялу, з якого зроблена призма.

О тім легко пересвідчимо ся, коли до посудини з плоским дном наллємо трохи води, а нахлинивши посудину, будемо глядіти на пряму лінію одним оком через воду, а другим безпосередно через воздух. Чим більше нахлинемо посудину і через те збільшимо ломлячий кут, тим більше замітимо відклонєне. Уживаючи замість води иньшої течі, н. пр. нафти, одержимо при тім самім нахлонєнє посудини иньше відклонєне.

§. 89. Сочки. Прозоре тіло, обмежене двома кулистими поверхнями, або одною кулистою а одною плоскою, зове ся

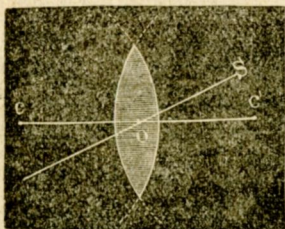


Фиг. 106.

сочкою (die Linse). Розрізняємо сочки збираючі (Sammellinsen) і розсїваючі (Zerstreuungslinsen). До перших належать: а) двовигнута (bikonvex), б) плоско-вигнута (plankonvex) і в) вгнуто-вигнута (konkavkonvex).

Всі вони є по середині грубіші, ніж по краях (Фиг. 106). — До розсїваючих сочок належать: d) двовгнута (bikonkav), e) плоско-вгнута (plankonkav) і f) вигнуто-вгнута (konvexkonkav). Ті сочки є по середині тоньші, ніж по краях.

Лінія CC' (Фиг. 107), що сполучає осередки обох кулистих поверхнь, зглядно нормальна, пущена з осередка одної кулистої



Фиг. 107.

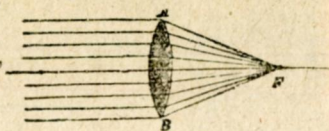
поверхні на другу плоску, зове ся о сию (die Achse) сочки. — В кожній сочці находить ся на осі особливша точка O , котру зовемо оптичним осередком (der optische Mittelpunkt). В сочці двовигнутій або двовгнутій, котрої обі кулісті поверхні мають однаковий луч, лежить оптичний осередок по самій середині сочки. Тому, що лінія пряма,

поведена через оптичний осередок, є однаково нахлонєна до обох поверхнь сочки, то луч сьвітла SO , що переходить через оптичний осередок, не змінє свого напрямку, а лиш трохи пересуває ся (як при переході через плиту). Такий луч сьвітла

зове ся головним лучем (der Hauptstrahl). Позаяк сочки є звичайно тонкі, то пересуненє головного луча є дуже незначне, і тому можна сказати:

Головний луч переходить через сочку без зміни напрямку.

§. 90. Збираючі сочки. I. Звернім збираючу сочку так проти сонця, щоби сонішні лучі падали на ню рівнобіжно до осі. На папері, уставленім за сочкою, побачимо кругле ясне пятно, яке в певнім віддаленю від сочки буде майже точкою F (фіг. 108). Папір запалить ся в тім місці, і тому зовемо точку F огнищем сочки. — Обернім сочку другою стороною ід сонцю, то лучі сьвітла, перейшовши через сочку, зберуть ся знов в одній точці за сочкою. Кожда сочка має проте два огнища, що лежать по противних єї сторонах.

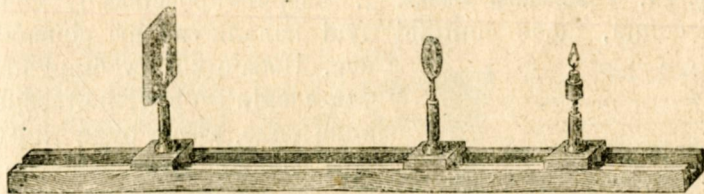


Фіг. 108.

Уставмо тепер полумінь сьвічки в огнищу сочки. На папері, держанім по другій стороні сочки, побачимо ясне коло, котрого величина не змінє ся, коли пересувати мемо папір. З повисших досвідів слідує, що

- а) *Лучі сьвітла, рівнобіжні до осі сочки, переломлюють ся так, що збирають ся по другій стороні сочки в єї огнищу.* —
- б) *Лучі, що переходять через огнище сочки, переломлюють ся в ній так, що виходять в напрямі рівнобіжнім до осі сочки.*

II. Уставмо сьвічку перед сочкою в віддаленю більшім, ніж поодинокє віддаленє огнища. На білій прослоні, уміщеній по другій стороні сочки, побачимо побільшений і відвернений образ сьвічки (фіг. 109) в віддаленю більшім, ніж подвійне віддаленє огнища. — Уставмо сьвічку в подвійне віддаленє огнища,



Фіг. 109.

а одержимо образ єї по другій стороні сочки також в подвійнім віддаленю огнища. Образ той буде знов відвернений, але так само великий, як сьвічка. — Віддалім сьвічку ще більше від сочки, уставляючи її в віддаленю більшім, ніж подвійне відда-

лене огнища, то образ зближить ся ще більше до сочки; іменно повстане він в віддаленю більшим ніж поодиноке віддаленя огнища, буде знов відвернений і поменшений. — Уставмо

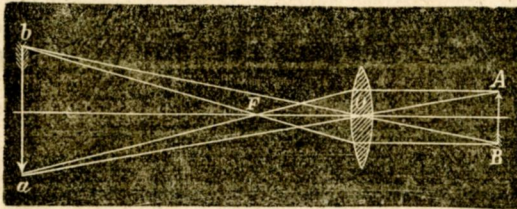


Fig. 110.

Щоби пояснити повстання тих образів, нарисуймо образ світячого предмету AB (fig. 110), уставленого в більшим віддаленю від сочки, ніж поодиноке віддаленя

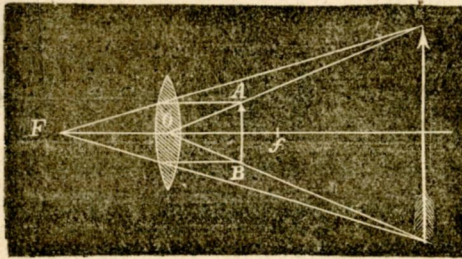


Fig. 111.

ставлена конструкція образа в тім случаю, коли предмет AB знаходиться між сочкою а огнищем. — Порівняти образи, витворені збираючою сочкою і вгнутим зеркалом.

§. 91. Розсіваючі сочки. 1. Звернім розсіваючу сочку так проти сонця, щоби соняшні

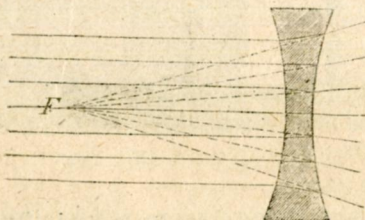


Fig. 112.

сповидним огнищем сочки.

вкінці свічку між огнищем а сочку. Образа по другій стороні сочки тепер не буде, але око, що знаходиться по другій стороні, побачить по першій образ сповидний, прямий і побільшений.

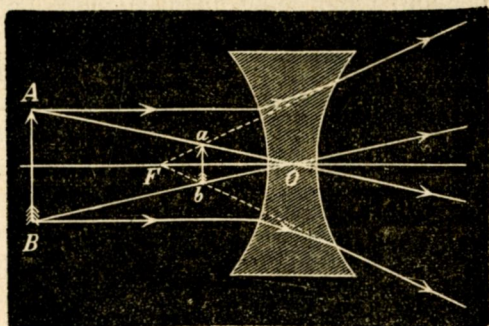
огнища. В тій цілі поведім два лучі з точки A : рівнобіжний до осі і головний. Перший, переломившись в сочці, перейде через її огнище F , а другий піде далі в своїм напрямі. Точка a , в котрій оба лучі по переході через сочку перетнуться, буде образом точки A . Найдіючи тим самим способом образ b точки B , сполучім a і b , а одержимо ab яко образ предмету AB . — На fig. 111 пред-

ставлена конструкція образа в тім случаю, коли предмет AB знаходиться між сочкою а огнищем. — Порівняти образи, витворені збираючою сочкою і вгнутим зеркалом.

2. Уставмо свічку в якімнебудь віддаленню від розсіваючої сочки, а пересвідчимо ся, що по другій стороні не буде нігде її образу. Натомість око, що знаходить ся по другій стороні сочки, побачить прямий і поменьшений образ свічки по першій стороні.

Образ світячого предмету, утворений розсіваючою точкою, є завжди сповидний, прямий і поменьшений.

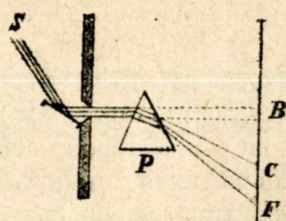
Щоби те пояснити рисунком, поведім із точки A світячого предмету AB (фіг. 113) головний і рівнобіжний луч до осі. По виході із сочки розходять ся они, але продовження їх перетинають ся в a , і там буде образ точки A . Найшовши подібним способом образ b точки B , одержимо ab яко образ предмету AB .



Фіг. 113.

§. 92. Розщиплене світла (Farbenzerstreuung des Lichtes).

1. Коли пустимо маленьким отвором до затемненої комнати вязку сонішних лучів, то на протилежній стіні або прослоні одержимо ясне пятно B (фіг. 114). Колиж в дорогу лучів вставимо оптичну призму P , то вязка та не лиш відклонить ся (по причині переломаня), але і розширить ся, а на прослоні побачимо прямокутник CF о різнобарвній закрашеню. Красок тих є дуже много, але они не є різко від себе відділені, лиш одна переходить ріжними відтінками незаметно в другу, так що людське око розрізняє всего 7 красок: червону, помаранчеву, жовту, зелену, синю, темносиню (індігову) і фіолетову; червона краска є найменьше, фіолетова найбільше відклонена. Той закрашений прямокутник, що повстав із білого сонішного світла, перепущеного через призму, зове ся дуговиною або спектром (species = гляджу, виджу).



Фіг. 114.

2. Зробім в прослоні, на котру паде дуговина, маленький отвір і перепустім через него лучі одної краски н. пр. червоні.

Побачимо, що лучі ті, упавши на другу призму, відклоняють ся, однак не змінять своєї краски.

3. Уставмо за призмою, з котрої виходять різнобарвні лучі, збираючу сочку, то в певнім віддаленю за сочкою одержимо на прослоні знов біле пятно. — З повисених досвідів слідуєть отсі правила (Newton, 1666):

а) Біле світло є зложене з різнобарвних лучів, на які дасть ся через переломанє розложити. б) Різнобарвних лучів дуговини не можна дальше розложити, отже они є світлом простим і ріжнять ся між собою не лиш краскою, але й різною ломливостию: іменню червоні переломлюють ся найслабше, а фіолетові найсильнійше. в) Краски дуговини, зібрані разом, дають барву білу. — Розложене світла білого на его складові краски зове ся розщипленєм світла.

Щоби пояснити причину світляних явищ і різних красок, приймаємо, що весь простір є виповнений незвичайно ніжною, прозорою і пруживою матерією, яку звемо космічним етером. Етер є провідником лучів тепла, світла і електричних явищ: він переносить їх при помочі поперечних дрогань і поперечних філь зі скоростию 300.000 *km* на секунду. Червона краска поветає тоді, коли скількість дрогань виносить около 400 біліонів на секунду, фіолетова, коли дрогань є около 800 біліонів. Коли число дрогань є меньше, як 400 біліонів на секунду, не бачимо світла, але відчуваємо лучисте тепло; ще меньша скількість дрогань є причиною електричних філь, які примінено пр. в бездротнім телеграфі. Скількість дрогань більша як 800 біліонів на секунду є причиною різних хемічних явищ (пр. фотографія).

4. Задержім прослоною одну краску дуговини, н. пр. червону, а всі прочі зберім сочкою. Побачимо на другій прослоні, уставлений в одвітнім віддаленю, зелене пятно. Задержім зелену барву, а всі прочі зберім разом, то одержимо червоне пятно. Барвне пятно стане знов біле, коли до одержаної тим способом зложеної краски допустимо задержану краску. — Дві краски, котрі разом зібрані дають білу краску, зовуть ся доповняючі (komplementär); такими є: червона і зелена, помаранчева і синя, жовта і фіолетова.

Краски, зложені повисеним способом, роблять на око майже таке саме вражінє, як прості краски дуговини; однак ріжнять ся від них тим, що дадуть ся розложити призмою на складові часті.

§. 93. Природні краски тіл. 1. Пересуваймо здовж дуговини кусник білого паперу, то в червоній часті дуговини представить ся він нам червоним, в жовтій жовтим і т. д. — Червоний папір окаже ся в червоній часті дуговини яскраво-червоним, в помаранчевій і жовтій часті буде чим раз більше темніти,

а в зеленій і дальших частях представить ся нам чорним. Зелений папір окаже ся чорним в червоній часті дуговини, а чорний папір у всіх частях дуговини буде чорний. — Так отже білий папір відбиває всі роди лучів білого світла; червоний відбиває переважно червоні, зелений зелені, а інші вглитує; чорний вглитує всі роди світляних лучів.

На основі того поясняємо собі природні краски тіл тим способом, що тіла деякі роди лучів сонішного світла відбивають, а деякі вглитують. Можливо є, що тіло відібе тільки один рід лучів білого світла, а всі інші вглитне. Тоді представить ся оно нам в тій красці, яку відбиває. Однак звичайно відбиває тіло кілька родів лучів, і ті дають зложену краску. Тіло представить ся нам біле, коли відбиває всі роди лучів, а чорне, коли всі вглитує.

В світлі, котре не містить всіх тих родів лучів, які приходять в сонішнім світлі, представляють ся тіла в трохи відмінній красці, як в деннім світлі, бо тоді не відбиває тіло всіх тих лучів, які оно спосібне відбивати. Відси походить різниця в красці тіл за дня а ночію.

2. Коли сонішне світло перепустимо через червоне скло, а опісля через призму, то одержимо в дугвині лиш часть червону і помаранчеву. Так отже червоне скло перепускає з білого світла лиш червоні і помаранчеві лучі, а інші вглитує. — Подібним способом пересвідчимо ся, що синє скло перепускає лиш сині і фіолетові лучі. — З того слідує, що

Краска просвічних і прозорих тіл в перепущенім світлі залежить від того, які роди лучів тіло перепускає, а які вглитує. Коли тіло перепускає всі роди лучів, то представляє ся нам зовсім прозоре; в противнім случаю представить ся оно нам в красці, яка є мішаниною з закрашених перепущених лучів.

Деякі тіла перепускають той сам рід лучів, що і відбивають, н. пр. скло червоне, синє і т. п. Деякі знов інші роди лучів відбивають, а інші перепускають. І так н. пр. тоненький лист золота відбиває головнo жовті лучі, а перепускає зелені; вода в грубих верствах відбиває синяво-зелені, а перепускає помаранчево-червоні. — Синь неба походить від барвних лучів, що відбивають ся від частин парі, яка уносить ся в воздух, а зарево ранішнє і вечірнє від перепущених барвних лучів.

§. 94. Дуга. Коли перед собою маємо дощеву хмару, а за собою сонце, то на тлі хмари бачимо вирізок колового перстенья з красках дуговини, який зове ся дугою або веселкою (der Regenbogen). Краски слідують по собі в таким порядку, як в ду-

говині, при чім червона краска є на вигнутій, а фіолетова на вгну́тій стороні. Осередок того вирізка лежить в точці, в котрій лінія, що сполучає наше око з сонцем, пробиває небесний звід. Коли отже сонце знаходить ся в горизонті, то дуга представляє ся нам як півколо; чим сонце висше, тим низша дуга, а коли висота сонця переви́сшає 42° , то дуги зовсім нема.

Причиною того явища є переломане і розцілене сонішних лучів в краплях дощової хмари. Бо коли луч світла Sa (фіг. 115) паде на

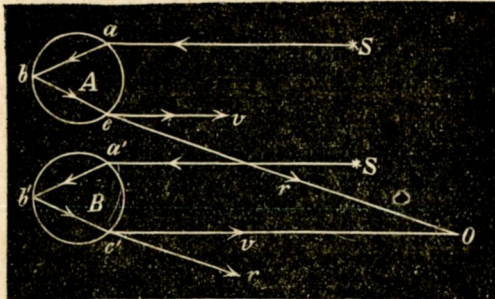


Fig. 115.

якусь краплю A , то найперше переломлює ся до впадіння в напрямі ab . При b луч в часті переломлює ся і, виходячи на внї, не доходить до нашого ока, а в часті відбиває ся в напрямі bc . При c світло знов в часті відбиває ся, а в часті переломлює ся. Відбита часть не доходить до нашого ока, а з переломаної дістає ся до ока O лиш червоний луч cO . Від нижше положеної краплі B

доходить до ока лиш фіолетовий луч $c'O$, а від крапель, що лежать між тими двома, всі прочі лучі барвні. — Коловий вид дуги походить віден, що всі дощеві краплі, які лежать на обводі кола о визначенім повисше осередку, мають однакове положене зглядом ока і сонця, і досилають до ока лиш однобарвні лучі.

Часом появляє ся повисше такої дуги ще друга, побічна дуга, котрої краски є блідні і йдуть в противнім порядку. Дугу таку творять сонішні лучі, що падають на долішню часть дощевих крапель і два рази серед них відбивають ся, заки дістануть ся до ока. Тому,

що при кожній рефлексії світло ослабляє ся, краски побічної дуги є слабіші, чим головної. — Чи в місячній ночі може також повстати дуга?

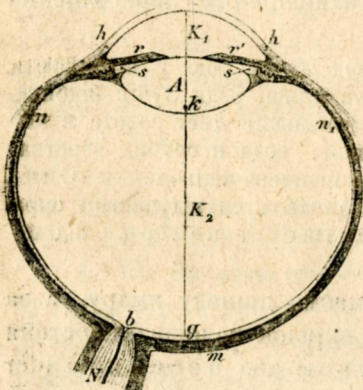


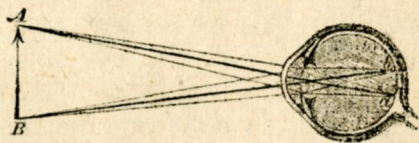
Fig. 116.

§. 95. Людське око складає ся з очного яблука, котре лежить в ямі, вистеленій мягкою тканиною, і може при помочи шести мускулів повертати ся на всі сторони. Яблуко те є покрите твердою, на внїшні дійства видержимою болонкою. Більша її часть hnh (фіг. 116), звана білком (Sehnenhaut), є непрозора і біла; меньша передна і більше

вигнена *hoh*, звана роговаткою (Hornhaut), є прозора. Внутрішня сторона білка є вистелена судинною болонкою (судинниця, Aderhaut), яка складає ся з тонких жилок, виповнених кровю. В тім місці, де білок переходить в роговатку, є судинниця грубша і лучить ся з радужкою *rr'* (iris, Regenbogenhaut), що є непрозора і у різних людей ріжно закрашена. Радужка має по середині круглий отвір, званий зіницею (Schloch, Pupille), куди дістають ся світліяні лучі до ока. При помочи одвітних мускулів може зіниця розширяти ся і звужати, в міру того, чи освітлене є слабше, чи сильніше. Так судинниця, як і радужка, є на внутрішній стороні покриті чорною матерією (чорнівка, Pigment), якої призначенем є, вглитувати світло, відбите від стін ока. На судинниці розпостирає ся сітчатка *nbm* (Netzhaut) т. є. тканина з волокон оптичного нерву, що отвором при *b* вступає до ока. Безпосередно за радужкою лежить сочка *A*, т. є. прозоре тіло, зложене із співосередних верств ріжної густоти. Сочка та є прикріплена при помочи окремих волокон до країв судинної болонки і ділить око на дві нерівні часті: передна і менша часть K_1 є виповнена воднистою течію, а задна K_2 дриглястою масою, т. зв. склистим тілом.

Лучі світла, що виходять від якогось предмету і падають на око, переломлюють ся найперше в роговатці, відтак у воднистій течі, а дальше в сочці і склистім тілі. Дійшовши вкінці до сітчатки, подразняють оптичний нерв і викликають вражінє світла. — Як в одній сочці, так і в цілій системі переломлюючих тіл є оптичний осередок, т. є. точка, через котру переходять лучі без переломаня.

Точка та лежить близько задної поверхні сочки. Коли отже *AB* (фіг. 117) є якийсь предмет перед оком, то всі лучі, що виходять з *A* і *B*, збирають ся по переломаню

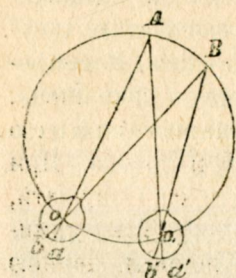


Фіг. 117.

на сітчатці в *a* і *b*, та дають поменьшений і відвернений образ предмету. Але що око відносить всяке вражінє на внї в тім напрямі, в котрім доходять до сітчатки головні лучі, то ми бачимо предмети в дійснім положеню.

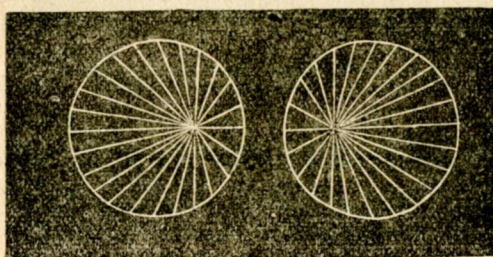
§. 96. Зріне двома очима; обемистість. Глядячи обома очима на якийсь предмет *A* або *B* (фіг. 118), звертаємо наші очі

к неїм так, щоби образи a і a' (зглядно b і b'), витворені в обох очах, падали на ті самі місця кожної сітчатки. Наслідком того дізнають нерви обох сітчаток однакового подражнення і до нашої свідомости доходить виображене лиш одного предмету. Однак коли одно око натиснемо трохи в бік або в гору, то образ в тім оці упаде на иньше місце, як в першім, і тому бачимо тоді предмет подвійно.



Фіг. 118.

II. Хоч тоді, як глядимо на якийсь предмет, витворять ся його образи на відповідаючих собі місцях обох сітчаток, то однак образи ті не є зовсім однакі, бо положенє предмету зглядом правого і лівого ока не є однакове. Стіжок н. пр. представляє ся лівому оку, як показує фіг. 119 a , а правому як b . Оба ті образи доповняють ся взаємно і та обставина



Фіг. 119 a .

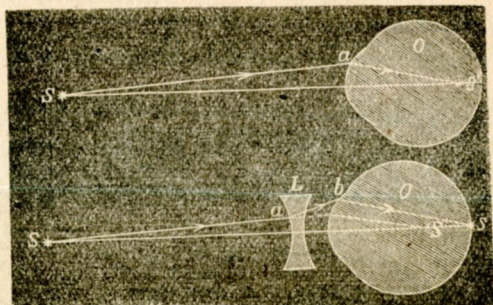
Фіг. 119 b .

є якраз причиною, нію ми бачимо предмет як тіло о трох розмірах, хоч образ на сітчатці є плоскою фігурою. При тім осуді є помічним також розклад світла і тіни, задля чого у недалеких тіл вже одним оком можемо розпізнати їх обемистість. — Стереоскоп.

§. 97. Свійство ока „приспособляти ся“ (Akkommodationsvermögen). 1. Щоби ми могли бачити якийсь предмет, мусить його образ упасти на сітчатку. Колиб сочка і течі, що находять ся в оці, переломлювали лучі світла все однаково, то образ повставав би на сітчатці лиш при певнім і незміннім віддаленю предмету від ока. Однак досвід учить, що око має особливше свійство, приспособляти ся до предметів, які находять ся в ріжнім віддаленю. Після дослідів основує ся те свійство ока на тім, що коли глядимо на близькі предмети, то (через натиск одвітних мускулів) посуває ся очна сочка трохи наперед і передна її поверхня стає більше вигнута. Наслідком тої зміни переломлюють ся лучі світла сильнійше і збирають ся в меньшій віддаленю, ніж мали зібрати ся. Коли глядимо на дальші предмети, стає сочка більше плоска. — Однак свійство ока,

приспособляти ся до віддалення, має свої границі. І так н. пр. не будемо ніколи добре видіти ігли, коли держимо її на кілька сантиметрів перед оком. Найменше віддалення, з якого без напруження можемо добре видіти предмет, виносить у здорового ока около 25 см і зове ся нормальною далекостію виразного зріня (*normale Sehweite*). Почавши від того віддалення може око приспособляти ся на дуже значні простори.

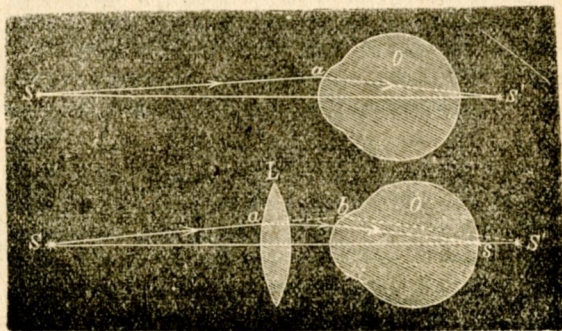
2. Є люди, у яких далекість виразного зріня є значно менша, ніж нормальна, і котрих очі лиш з трудом або й зовсім не можуть приспособляти ся на більші віддалення; називаємо їх близькозорими (*kurzsichtig*). У інших людей далекість виразного зріня є значно більша, ніж нормальна, і они не можуть приспособляти ся до зріня з близькості; тих називаємо далекозорими (*weitsichtig*).



Фіг. 120.

Щоби добре видіти, уживають одні і другі окулярів, і то перші розсіваючих, а другі збираючих.

Коли S є світляча точка перед близькозорим оком в нормальному віддаленню виразного зріня, то луч Sa (фіг. 120) переломлює ся в очі так, що образ S' творить ся перед сітчаткою. Близькозорий мусів би проте приближити точку S так довго до ока, доки її образ не упаде на сітчатку. Щоби єю недогідність усунути, уживає ся розсіваючої сочки L , а тоді луч Sa відклонює ся так, що по переломанню перетинає ся з головним лучем в s . — У далекозорого ока паде образ точки S (фіг. 121), що знаходить ся в нормальному віддаленню виразного зріня, поза сітчаткою, і тому треба точку S віддалити від ока, щоби її можна добре бачити. Коли однак уживемо збираючої сочки, то луч Sa по переломанню перетне ся з головним лучем на сітчатці s .

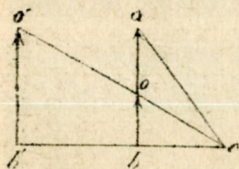


Фіг. 121.

Далекозорість являє ся звичайно в старшій віці задля сплюснення очної сочки. Близькозорість приходить вже замолоду, коли очна сочка є надто вигнута: однак часто причиною близькозорости є привичка, читати дрібний друк з близька і при слабім освітленю. — Окуляри винайдено в ХІІ. віці в Італії.

§. 98. Оцінка величини і віддалення предметів. Величину якогось предмету оцінюємо після величини кута, який замикають лінії, поведені від крайніх точок предмету до оптичного осередка ока. Кут той зовемо кутом зріня (Gesichtswinkel).

Однак кут зріня залежить не лиш від величини, але також від віддалення предмету від ока. І так два предмети ab і $a'b'$ (фіг. 122) неоднакової величини бачимо під таким самим кутом, а противно з двох однаково великих предметів ab і $a'b'$ бачимо дальший під меньшим кутом. Коли отже не звертаємо уваги на різницю в віддаленю, то часто нерівні предмети представляють ся нам однаково великі (н. пр. сонце і місяць, гори близькі і далекі) і противно желізничі шини збігають ся сповидно в значнійшій віддаленю. — Отже щоб не помиляти ся в оцінці величини предметів, треба знати їх віддаленє.

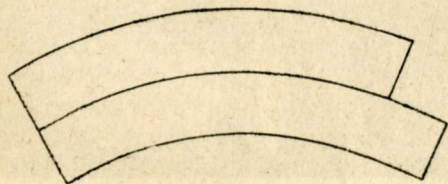


Фіг. 122.

В оцінці віддалення набуваємо вирази через поміри. Вирочім приходить нам при тій в поміч присутність иньших предметів на просторі між оком а помічуванім предметом, як також досвід, що близкі предмети представляють ся нам при однакових обставинах яснійші і виразнійші. Тому то помиляємо ся при оцінці віддалення на морю, на степу..., де око не має точки опору на цілій простороні аж до помічуваного предмету, або при оцінці доземних віддалень. Ся послідна обставина є причиною, що звід неба видає ся нам сплюснений: що предмет

на вежі видає ся нам меньший, як на землі в тій самій віддаленю, а сонце при сході і заході більше, ніж коли оно високо на небі.

В оцінці величини предмету помиляємо ся нераз, коли побіч него находить ся такий сам другий, але в иньшій положеню. І так н. пр. з двох вирізків колового перстения (фіг.



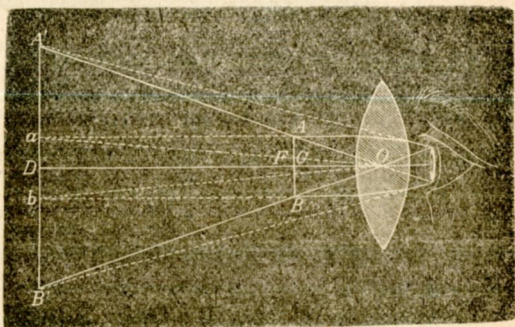
Фіг. 123.

123) видає ся нам горішній коротший від долішнього, хоч оба они, положені на себе, цілковито прикривають ся. Причина тому є ся: Оба перстеневі вирізки мають по лівій стороні різні точки виходу (бо горішній і довший лук другого починає ся в тій самій точці, що доліш-

ний і короткий першого) і тому також по правій стороні не можуть вибігати однаково далеко; тимчасом око, вражене значною різницею по правій стороні, не замічає різниці в положенні по лівій стороні. і тому помиляє ся в оцінці. Однак, колиб ми приложили ті перстеневі вирізки так до себе, щоби коротні луки обох стикали ся кінцями, то они представлять ся нам однаково великі.

§. 99. Мікроскоп. Коли хочемо якийсь дрібний предмет докладно видіти, зближаємо єго до ока, щоби збільшити кут зріня. Однак тому зближенню є покладена границя, бо здорове око не може приспособляти ся до меншого віддалення, як нормальна далекість виразного зріня. Щоби мимо того малий предмет можна було докладно видіти, стараємо ся збільшити єго кут зріня при помочи одвітно побільшеного образа. Прилади, яких до того уживаємо, зовуть ся мікроскопами (*μικρός* = малий, *σκοπέω* = гляджу).

Мікроскоп простий або люна (*lunette* = побільшаюче скло) є збираюча сочка, у котрої далекість огнища виносить 1.5 до 5 *ст.* Предмет *AB* уставляє ся між сочку і єї огнище *F* (фіг. 124 і 111), а тоді око, що знаходить ся за сочкою, видить єго побільшеним в далекості виразного зріня *OD*. Кут зріня *A'OB'* є тепер значно більший, ніж колиб предмет находив ся в далекості виразного зріня *OD*, а ми гляділи на него свободним оком.



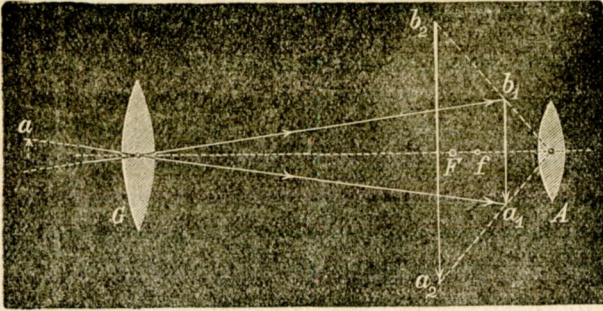
Фіг. 124.

До розелідування дуже малих предметів послугуємо ся зложеним мікроскопом, що складає ся з двох збираючих сочок, меншої т. зв. об'єктива і більшої т. зв. окуляра, поміщених в металевій рурі. Об'єктив витьворює дійсний образ предмета, а окуляр ділає як люна і побільшає сей образ. Нині осягаємо побільшення в мікроскопах до 2000 разів.

§. 100. Телескоп. Щоби предмет, який задля великого віддалення бачимо під дуже малим кутом, представити під більшим кутом і в далекості виразного зріня, уживаємо приладів, що зовуть ся телескопами (*τῆλε* = далеко) або люнетами (*lunette*).

Астрономічний телескоп (фіг. 125) складає ся з двох збираючих сочок, уміщених в металевій рурі, яка дає ся зсувати

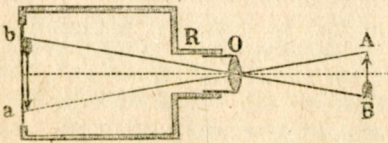
і розсувати, через що обі сочки можна до себе зближити або від себе віддалити. Від якогось дуже далекого предмету ab



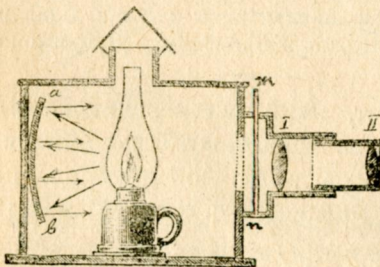
Фиг. 125.

повстає за предметовою сочкою G дійсний і відвернений образ a_1b_1 . Образ сей паде на оптичній лінії очної сочки A і є для неї предметом. Коли отже глядімо на него через сю сочку, то бачимо в a_2b_2 значно побільшений і відвернений образ предмету ab , але се ніщо не вадить при обсервації зьв'язд. — Kepler, 1611.

В земних лунетах додає ся еще одну сочку, яка відвернений образ ще раз відвертає, так що через таку лунету бачимо все просто.



Фиг. 126.



Фиг. 127.

§. 101. Оптична темниця (Dunkelkammer, camera obscura) є то скринка, в середині почорнена і заосмотрена в рурку з збираючою сочкою O (фиг. 126). Протилежна сочці стіна є з матового скла, на котрім можемо бачити образ ab предмету AB . Щоби образ був виразний, треба рурку з сочкою зсувати або розсувати.

Важний ужиток оптичної темниці маємо при штудії фотографування.

§. 102. Магічна ліхтарня (Zauberlaterne, laterna magica). Лямпа, уміщена в огнищу вгнутого зеркала ab (фиг. 127),

світлює ярко якийсь образець *m*, нарисований на склі. Дві сочки I і II, уміщені в розсувальній рурі в відповідних віддаленнях, дають відвернений (отже прямий) образ того образця, який побачимо на протилежній білій прослоні, уставлений в одвітнім віддаленню.

Лучше уладжена магічна ліхтарня, з електричним світлом або Drummond-a, зове ся скіоптіконом.

VI. НАУКА О РУХУ І РІВНОВАЗІ ТІЛ.

(МЕХАНІКА).

§. 103. Рух і супочиннок (Bewegung und Ruhe). Коли коні почнуть тягнути віз, то він приближає ся до ріжних предметів, які стоять по дорозі, — значить, змінює своє положенє супроти окруженя.

Коли тіло змінює своє положенє зглядом окружуючих его тіл, то кажемо, що оно порушає ся або відбуває рух; в противнім случаю є оно в супочинку.

Тому, що о супочинку або руху якогось тіла заключаємо із его положеня супроти окруженя, то нераз заключене те буває хибне. І так видає ся нам, що тіло є в супочинку, коли оно вправді задержує незмінне положенє зглядом окружуючих тіл, але разом з ними відбуває рух (сповидно спочиваючі тіла на землі, котра обертає ся около своєї осі і рівночасно кружить около сонця); противно нераз видає ся, що спочиваюче тіло порушає ся, коли глядимо на него з точки, що сама є в руху (сповидний рух сонця, ошибки при їзді желізницею).

Наука, що займає ся досліджуванем законів руху і супочинку тіл, зове ся механікою (*μηχανή* = знаряд).

§. 104. Роди рухів. I. Камінь, свободно пущений, порушає ся здовж лінії прямої, а кинений скісно в гору, описує лінію криву. Лінію, по якій порушає ся тіло або точка, зовемо дорогою (der Weg).

З огляду на вид описаної дороги розрізняємо рухи: прямолінійний (geradlinige Bewegung) і криволінійний (krummlinige Bewegung). При першім напрям руху є незмінний, а при другім змінює ся безнастанно. Напрямок руху в кожній точці кривої дороги дає стична в тій точці.

II. Кінь біжить скорше ніж чоловік, а желізничий поїзд скорше ніж кінь, і то стілько разів скорше, скілько разів довшу дорогу перебігає в тім самім часі. — Дорогу, яку тіло перебігає в секундї, зовемо скоростію (die Geschwindigkeit).

З огляду на те, чи шкпрість підчас цього руху остає незмінна, чи она зміняє ся, розрізняємо рухи: рівномірний (gleichförmig) і нерівномірний (ungleichförmig). Сей последний може бути прискорений (beschleunigt), коли тіло порушує ся з чим раз більшою шкпростоіію, або припізнений (verzögert), коли шкпрість руху стає чим раз менша.

Рівномірним рухом ідуть жовнірі після ударів бубна: кінь, ступаючий звільна, відбуває рух рівномірний. Желізничий поїзд виїздить зі стації прискореним рухом, а віджає на стацію припізненим рухом.

§. 105. Рівномірний рух. Тому, що при рівномірнім руху шкпрість не зміняє ся, то тіло перебігає в рівних часах рівні дороги. Отже коли якесь тіло перебігає в одній секунді пр. 4 *m*, то в двох секундах перебіжить 4.2 *m*, в трох секундах 4.3 *m* і т. д. А проте

Дорога (s), яку тіло перебігає рівномірним рухом в яким-небудь часі (t), рівнає ся шкпрости (c), помножений через час.

$$s = ct, \text{ а відси } c = s:t, \quad t = s:c.$$

Рівномірний рух являєсь в природі дуже рідко (задля причин виказаних в §. 108). Коли проте говоримо о шкпрости н. пр. желізного поїзду, то розуміємо при тім шкпрість середню, т. є. таку, з якою поїзд мусів би порушати ся, щоби перебічи дану дорогу в данім часі рівномірним рухом. — Важнійші середні шкпрости є: Чоловіка 1.20 *m*, вітру 3 *m*, вихру 15 *m*, урагану 40 *m*, особового поїзду 8 *m*, поспішного 12.5 *m*, вірла 35 *m*, почтового голуба 40 *m*, голосу 333 *m*, світла і електричності 300.000 *km* (на секунду).

Для вирави: Як далеко є хмара, від котрої доходить грохот до панного уха в $\frac{1}{4}$ мінути по появленню лисавки? — Два післанці виходять рівночасно з двох міст проти себе і стрічають ся по 4 годинах: в яким віддаленю від себе є оба міста, если перший післанець робить на годину 4 *km*, а другий 3.5 *km*? — З якою шкпростоіію порушає ся тіло, котре в 4 мінутах перебігає 22 *m*? — Яка є шкпрість кінця міпутної вказівки годинника, если той конець в протягу години описує коло о лучу 9 *cm*? — В яким часі перебігає світло одну милю?

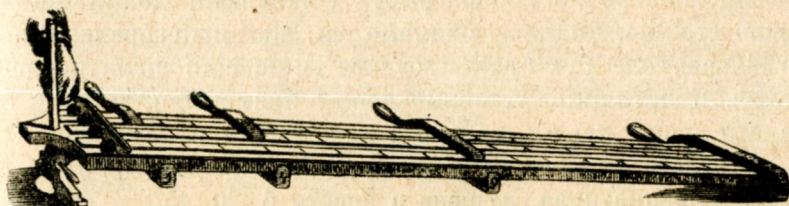
§. 106. Рівномірно-прискорений рух. Коли при прискоренім руху збільшає ся шкпрість в рівних, по собі слідуючих часах все о ту саму величину, то такий рух зовемо рівномірно-прискореним (gleichförmig beschleunigte Bewegung), а приріст шкпрости в одиниці часу прискоренєм (Beschleunigung).

I. Тому, що шкпрість підчас рівномірно-прискореного руху безнастанно зміняє ся, то можемо говорити лиш о шкпрости в якійсь точці дороги або по якимсь часі. Прийім, що тіло порушає ся з прискоренєм 5 *cm*, то, коли на початку 1. сек. оно

не мало нійкої скорости, по 1, 2, 3... секундах буде мати скорость 5.1, 5.2, 5.3... Назв'їм прискоренє через a , а скорость по часї t через v , то

$$v = at.$$

II. Куля, покладена на дошку, що є наклонена до позему, котить ся з тим більшим прискоренєм в діл, чим більше стрімко уставлена дошка. Возьм'їм дошку з чотирма гладкими рівцями, відотн'їм на ній поперечками (фіг. 128) довжини, що стоять до себе в відношеню як 1:4:9:16, н. пр. 5 *см*, 4.5 *см*, 9.5 *см*, 16.5 *см*, і надаймо тій дошці таке наклоненє, щоби куля скотила ся в 1 секундї о 5 *см*; влож'їм відтак в рівці 4 однаково тяжкі



Фіг. 128.

кулї і пуст'їм їх рівночасно. Пересвїдчимо ся, що коли перша куля ударить о поперечку по одній секундї, то друга по двох, трета по трох, а четверта по чотирох.

Так отже в одній секундї виносить дорога	5 <i>см</i> = 5.1 ² <i>см</i>
в двох секундах	" " 20 <i>см</i> = 5.2 ² "
в трох " "	" " 45 <i>см</i> = 5.3 ² "
в чотирох " "	" " 80 <i>см</i> = 5.4 ² "

а в слїдуючих по собі секундах:

в першій секундї виносить дорога	5 <i>см</i> = 5.1 <i>см</i>
в другій " " "	20 — 5 = 15 " = 5.3 "
в третій " " "	45 — 20 = 25 " = 5.5 "
в четвертій " " "	80 — 45 = 35 " = 5.7 "

З тих чисел бачимо, що дорога що секунди збільшає ся о 10 *см*, а проте котять ся кулї в діл рівномірно-прискореним рухом; дальше, що при тім руху прискоренє є 2 рази так велике, як дорога 1-шої секунди. Заразом вичитуємо з повисшого слїдуючі правила рівномірно-прискореного руху:

а) Дороги, які тіло перебігає в ріжних часах, відносять ся до себе як квадрати одвітних часів.

б) Дороги, які тіло перебігає в поодиноких по собі сліду-
ючих секундах, відносять ся до себе як числа непаристі.

в) Дорога, перебіжена в якімнебудь часі, рівнає ся добут-
кови з половини прискорення і квадрату часу.

$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2.$$

Для вправи: Тіло порушає ся рівномірно-прискореним рухом з прискоренем 2 dm . Які скорости буде оно мати і які дороги перейде по 1, 2, 3, 4... секундах? — Тіло, що порушає ся рівномірно-приско-
реним рухом, має при кінці 4-ої секунди скорість 60 dm . Яку дорогу
перейшло оно?

§. 107. Свобідне паданє (freier Fall). 1. Коли будемо робити
досвѣди попередного параграфу, уставляючи дошку чим раз
більше стрімко, то пересвѣдчимо ся, що прискоренє буде що
раз більше, але рух буде відбувати ся завѣди після повисших
правил. Коли вкінці уставимо дошку прямовісно, то куля буде
спадати здовж неї свобідно з найбільшим прискоренєм. Отже

Свобідне паданє тіл є рівномірно-прискореним рухом.

2. Оловяна куля, пущена з висоти 5, 20, 45... m , спадає на
землю по 1, 2, 3... секундах. Таких самих часів буде потребу-
вати також куля желізна, мідяна або иньша, пущена з тих ви-
сот. — Малий і великий камінь, пущені рівночасно з тої самої
висоти, спадають рівночасно на землю. З того слідує:

а) Прискоренє тіл спадаючих свобідно виносить около 10 m .

б) Прискоренє свобідного паданя не залежить анї від тя-
гару тіла, анї від якості матерії, значить, всі тіла спадають
з однаковим прискоренєм.

Коли пустимо рівночасно камінь і перо, то перо упаде значно
пізнійше на землю, бо не може так скоро продертись крізь воздух, як
тяжке тіло. Коли грінш накриємо папером, не вистаючим поза его бе-
реги, і пустимо з рук, то папір спадає разом з грошем, бо сей робить
ему дорогу через воздух. — В довгій рурі, з котрої випомповано воз-
дух, спадають оловяна кулька і перо рівночасно. — Правила свобідного
паданя розслѣдив перший Galilei (1564—1642).

Для вправи: Камінь, пущений до студні, спадає через 3 се-
кунди; як глубока студня? — Якого часу треба, щоби камінь злетів
з вершка вежі св. Стефана у Відні (136 m) і вежі Ефеля в Парижі
(300 m); з якими скоростями спадає камінь з тих висот на землю?

§. 108. Перешкоди руху (Bewegungshindernisse). I. Тертя.
Положім деревяну призму раз на площу добре вигладжену
і мало наклонену, а другий раз на площу так само наклонену,
але рапаву. Побачимо, що по першій площі зсуне ся призма
в діл, а на другій задержить ся в якійсь висоті. — Желізна

куля котить ся дальше по підлозі, як по землі, а по леду дальше, як по підлозі.

Тіло, що порушає ся по поверхні другого, перемагає передовсім прилипанє. Крім того поверхні тіл, хоч і найлучше вигладжених, мають маленькі вивисшеня і заглубленя. Вивисшеня одного тіла западають в заглубленя другого і підчас руху розгнітують ся і вигладжують. Наслідком того всего тратить тіло часть своєї скорости і рух спинює ся. Сю перешкоду руху зовемо тертєм (*die Reibung*).

Розрізняємо два роди тертя: 1) при посуваню тіл (*gleitende Reibung*) і 2) при коченю (*rollende Reibung*). При тих самих впрочім обставинах є перше значно більше, ніж друге.

Лекше є рушити стіл, котрого ноги заосмотрені в колісцята, як такий сам стіл без колісчат; щоби дуже великий і тяжкий камінь по-сунути, підсуваємо під него круглі валки. При помочи гальм зводимо терте другого рода на терте першого рода.

Терте взагалі є тим більше, чим меньше гладкі поверхні, що стикають ся, і чим більший натиск.

Терте є в многих случаях хосенне, ба навіть конечно потрібне. Колиб не терте, тяжко було би якунебудь річ в руках удержати, щонебудь завязати шнурком, або прибити цвяхом. Для того стараємо ся нераз нарочно збільшити терте, н. пр. лід посипуємо піском або робимо в нім заруби. Часто уживаємо тертя до переносення руху; н. пр. посредством ливв або ременів переносимо рух одної машини на другу. Терте межі колесами льокомотиви а шинами є причиною поступаючого руху; коли оно за мале, то льокомотива стоїть на місці, хоч колеса обертають ся.

II. *Опір середовища* (*Widerstand des Mittels*). Кожде тіло порушає ся в воздуху, воді або иньшій яким середовищі. Те середовище мусить тіло підчас руху розсувати, наслідком чого рух спинює ся або скорість руху поменьшає ся.

Лекше порушати дошку в воздуху, як у воді. Лекше порушати дошку вузкою стороною, як плазом. Чим скорше порушаємо дошку, тим сильнішого дізнаємо опору. Отже

Опір середовища є тим більший, чим оно густійше та чим більша поверхня і скорість тіла, що порушає ся.

Кінчасть голова риби улекнує їй плаванє; кораблі є з переду вузні як з заду; птиця витягає підчас лєту голову наперед. — З опору середовища користуємо при плаваню, веслованю і т. д.

§. 109. Белвладність. Крейда, що лежить на столі, не змінить так довго свого місця, доки єї не потрутимо. — Коли склянку, наповнену водою, порушимо скоро по столі, то з по-

чатком руху перелле ся вода через верх назад, а при кінці руху наперед. — З того слідує, що

Кожде тіло змагає задержати той стан, в яким находиться, то значить, тіло, що є в спочинку, не може само з себе почати порушати ся, а тіло, що порушає ся, не може само з себе прийти до спочинку. — Це свійство тіл зовемо безвладністю (*die Trägheit*).

Сидячи на возі, похиляємо ся в зад, коли коні нечаяно рушать з місця, а наперед, коли віз нараз задержить ся. Іздець може власти через голову коня, коли той чвалаючи нараз стане. Чоловік, розбігшись з гори, не в силі задержати ся, мимо того, що находиться ся вже на рівнині. Коли хочемо перескочити рів, розбігаємо ся. Щоби вбити сильно сокиру на топоринце, ударяємо другим кінцем топоринця о камінь; сокира продовжає рух, хоч топоринце прийшло уже до спочинку, і заходить далше на него. Коли перо, на котрім висить крапля чорнила, піднесемо нараз в гору, то чорнило упаде на землю. Коли на склянку покладемо карту, а на ню якийсь гріш і з боку вдаримо сильно о карту, то гріш упаде в склянку. — Чи можна піднести себе самого до гори разом з кріслом, на яким сидить ся, коли вхопимо безпосередно за крісло?

§. 110. Сила. І. Щоби тіло зі спочинку перейшло в рух або з руху в супочинок, а так само, щоби тіло, яке порушає ся, могло змінити скорість або напрям руху, мусить бути якась внішня причина. Сю внішню причину зовемо силою (*die Kraft*).

Розрізняємо різні сили, як: сила мускулярна, сила тяготи, сила води, вітру, пари...: але також всяку перешкоду руху, як терте або опір середовища, треба вважати за силу, бо они поменьшують скорість руху, а вкінці приводять тіло до супочинку.

Силу зовемо хвилевою (*momentan*), коли она ділає дуже коротко, як удар, мет, експльозія..., а тревалою (*kontinuierlich*), коли она ділає через довший час, як тиснене, тягнене і т. д. Сила тревала може бути ще стійна (*konstant*), або змінна (*veränderlich*), одвітно тому, чи єї міць (напруга) все однакова, чи ні.

Хвилева сила викликає рівномірний рух, бо з причини безвладности задержує тіло скорість і напрям руху, які одержало в наслідок ділання такої сили. — Тревала сила спричинює взагалі нерівномірний рух, а з окрема сила стійно-тревала рівномірно-прискорений рух, бо її можна вважати за силу, що складає ся з множества однаких, по собі слідующих хвилевих сил. Коли перша з тих хвилевих сил уділить тілу скорості н. пр. $3m$, то з тою скоростію порушало би ся оно в безконечність; однак слідуоча хвилева сила уділяє тілу знов скорості

3 *m*, тому в другій хвилині порушає ся оно вже з скоростию 6 *m*, в третій з скоростию 9 *m* і т. д., значить, відбуває рух рівномірно-прискорений.

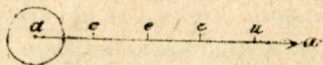
II. При кожній силі треба зважати на: 1) Точку зачепу (Angriffspunkt) сили, т. є. ту точку тіла, на котру сила безпосередно ділає; 2) напрям (Richtung) сили, в котрім она старає ся точку зачепу порухнути; 3) великість або міць (напругу) (Größe oder Intensität) сили.

Великість сили оцінюємо з її діїства, яке виявляє ся або тисненнєм, зглядно тягненнєм, або яко рух.

Пружину н. пр. можна стиснути (зглядно розтягнути) рукою або також одвітним тягарем. Всяку силу можна проте порівнати з тягарем, а тим самим і мірити тягарем. Як одиницю сили прийнято в практиці таку силу, котра в напрямі свого ділання виконує тисненнє, зглядно тягненнє, одного кілограма, і одвітно тому кажемо: на тіло ділає сила 1, 2, 3... кілограмів.

Беззглядний тягар тіла є те саме, що сила тяготи (гл. §. 6 і 7); є він мірою притягання тіла через землю. — Чому тіло, пущене свобідно з гори, паде рухом рівномірно-прискореним? — Чи тіло, пущене свобідно на місяці з тої самої висоти, що на землі, спаде в тім самім часі, що на землі? (місяць є менший від землі, отже притягає слабше)? А як буде на сонця? — Чи тіло буде на місяці важити тільки, що на землі? — Хтось, що важить пр. 60 *kg*, стоїть на землі свобідно; чи він може сам з себе (через тисненнє на землю) збільшити свій тягар на 100 *kg*? Хтось стоїть в човні і тисне ногами на его дно; чи човен через се може погрузити ся глибоше в воді? А що буде, коли сей човен пливе під мостом, а чоловік, що в ній стоїть, запре ся сильно руками о міст?

Великість сили представляємо графічно, відтинаючи на напрямі руху стілько одиниць довготи, скільки одиниць сили виносить дана сила. На фіг. 129. представлена є сила 4 *kg*, яка ділає на точку зачепу *a* в напрямі *ax*, лінією *an*, коли *ac* представляє одиницю сили.

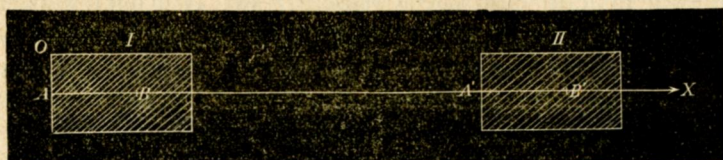


Фиг. 129.

Коли діїство сили виявляє ся яко рух, то великість сили можемо оцінити із маси і прискорення тіла, що порушає ся. Сила буде очевидно тим більша, чим більша маса тіла, що его сила виравляє в рух, і чим більше прискореннє, яке сила надає тілу. Тому то в науці як одиницю сили приймаємо одну дину (*Dyn* = сила): є то сила, яка надає масі, що міститься в однім грамі, прискореннє одного сантиметра на секунду (дина є менше більше рівна 1 міліграмови).

§. III. **Складанє однородних рухів.** I. Віз порушає ся по шлях так, що в протягу одної секунди приходить з положення I

в положеннє II (фіг. 130), роблячи дорогу AA' . Куля, що лежить на возі в A , є з огляду на віз в супочинку, але з огляду на землю відбуває она такий самий рух, як віз, бо по секундї буде



Фіг. 130.

находити ся в A' . Коли однак в тій самій хвилі, як віз починає порушати ся, потрутимо кулю так, щоби в секундї перебігла дорогу AB , то куля відбувати ме з огляду на віз виравді лиш один рух, але з огляду на землю підлягає она рівночасно двом рухам в тім самім напрямі, і робить в 1 секундї дорогу $AB' = AA' + A'B = AA' + AB$. Зовсім ту саму дорогу зробила би куля, коли би найперше лиш віз порушав ся і прийшов з нею в положеннє II, а ми кулю потрутили доперва тоді, як віз станув. — Коли би куля находила ся не в A , але в B , і в хвили, як віз починає порушати ся до A' , одержала удар в противну сторону, то з огляду на віз зробила би дорогу $BA = B'A'$, але з огляду на землю дорогу $BA' = AA' - BA$, т. є. таку саму, як колиб найперше віз порушав ся, а опісля куля через той сам час.

Рух, котрий є вислідом двох або більше рівночасних рухів, зове ся рухом зложеним або вислідним (*zusammengesetzte oder resultierende Bewegung*), а поодинокі рухи рухами складовими (*komponierend*). — З повисших примірів бачимо, що

а) Тіло, яке порушає ся зложеним рухом, доходить до того самого місця, до котрого прийшло би, колиб поодинокі складові рухи відбувало по черзі.

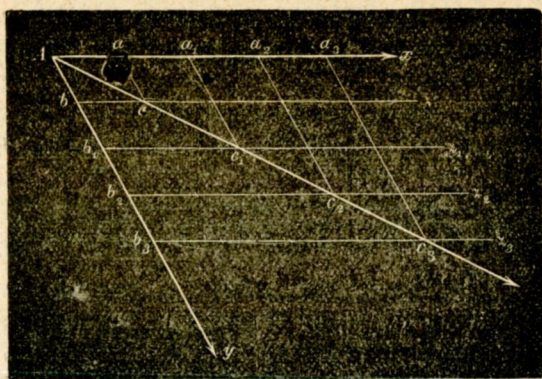
б) Коли складові рухи мають той сам напрям, то дорога зложеного руху рівнає ся сумі складових доріг; колиж складові рухи мають напротивні напрями, то дорога зложеного руху є рівна різниці складових доріг.

Тому, що дорога, перебіжена в одній секундї, є шкоростю, то повисше сказане має вагу і для вислідної шкороости.

II. Представмо собі, що по дошці Ax (фіг. 131), яка пливе з шкоростю Ab в напрямі Ay , порушає ся куля A з шкоростю Aa . По першій секундї прийшла би куля до a , але що в тім самім часі заняла дошка положеннє bz , то куля буде находити ся

в с, так як колиб найперше сама дошка порушала ся, а кулю доперва тоді потручено, коли дошка прийшла в положенє bz . Подібним способом найдемо, що по двох секундах буде куля находити ся в c_1 , по трох в c_2 і т. д. — З того бачимо наглядно, що

в) Коли складові рухи замикають кут, то по якійнебудь часі буде тіло находити ся на кінці перекутній рівнобіжника, побудованого на одвітних дорогах складових рухів.



Фіг. 131.

Рівнобіжник той зове ся рівнобіжником руху (Bewegungsparallelogramm).

В повисшій примірі є оба рухи рівномірні, а проте однородні. Як бачимо, точки c, c_1, c_2, c_3 лежать в прямій лінії, отже куля A порушає ся по прямолінійній дорозі так, що в одній секундї робить дорогу Ac , в двох секундах дорогу $Ac_2 = 2Ac$ і т. д. — значить, рух вислідний є прямолінійний і рівномірний. Так само легко при помочи рисунку пересвідчити ся, що коли оба рухи складові є рівномірно-прискорені, то вислідний рух буде прямолінійний і рівномірно-прискорений.

Вирази: Куля одержала в двох, до себе нормальних напрямках скорість 3 м ; означити рисунком напрям і скорість вислідного руху. Які кути творить напрям вислідного руху з напрямками складових? Що з того слідує? — Скорість одного складового руху виносить 2 м , а другого $3\text{ м}, 5\text{ м}, 9\text{ м}$; означити в кождім з тих случаїв напрям і скорість вислідного руху. Що дізнаємо ся з порівняння тих трох примірів? — Зложити два рівномірно-прискорені рухи з прискореннями 2 см і 4 см .

§. 112. Розкладанє руху (Zerlegung der Bewegung). Як з фігури 131. бачимо, можна рух, що відбуває ся в напрямі Ac_3 з скоростію Ac , заступити обома, що відбувають ся рівночасно в напрямках Ax і Ay зі скоростями Aa і Ab . Таке заступленє одного руху двома иньшими рівночасними і однородними рухами зовемо розкладанєм даного руху. — Тому, що та сама лінія може бути перекутнею множества рівнобіжників, то один і той сам рух дасть ся в різні способи розложити на два скла-

дові рухи. Лиш в тім случаю можна даний рух одним способом розложити, коли є даві напрямі обох складових, або коли є даний напрям і скорість одного зі складових.

§. 113. Складане різнородних рухів. I. *Доземий мет в гору* (Vertikaler Wurf nach oben). Тіло, кинене доземо в гору з скорістю н. пр. 40 *м*, порушало би ся задля безвладности рівномірним рухом, відбуваючи що секунди дорогу 40 *м*. (Опору воздуха не узглядняймо). Однак в напрямі противнім до напряму руху ділає сила тяготи і зменьшає скорість що секунди о 10 *м*. З тої причини буде тіло порушати ся в гору рівномірно-опізненим рухом і по 4 секундах скінчить свій рух.

Дорога в гору буде так велика, як колиб тіло порушало ся найперше через 4 секунди рівномірним рухом в гору, а опісля через 4 секунди спадало свобідно в діл (§. 111. I.). Так отже висота, до якої тіло піднесе ся, буде

$$40 \cdot 4 - \frac{10}{2} \cdot 4^2 = 80 \text{ м.}$$

З висоти 80 *м* спадає тіло свобідно в 4 секундах і одержує скорість наконечну $10 \cdot 4 = 40 \text{ м.}$ — З того бачимо, що

а) Тіло, кинене доземо в гору, порушає ся найперше рівномірно-опізненим рухом, а дійшовши до найбільшої висоти, спадає свобідно в діл. — б) Час, через який тіло піднімає ся в гору, є такий сам, через який опісля тіло спадає на діл. — в) Наконечна скорість спадання рівняє ся скорости мету.

Вирави. Як довго буде підніматись куля, вистрілена доземо в гору з скорістю 500 *м*, і до якої висоти она взнесе ся? Чи висліди рахунку будуть цілковито схожі з дійсністю? — Камінь, кинений доземо в гору, унав на землю по 20 секундах; з якою скорістю був кинений і до якої висоти підняв ся?

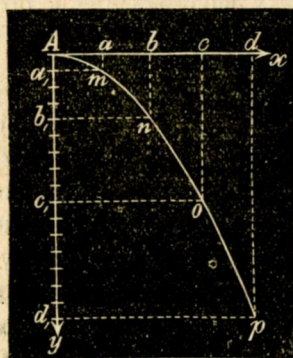


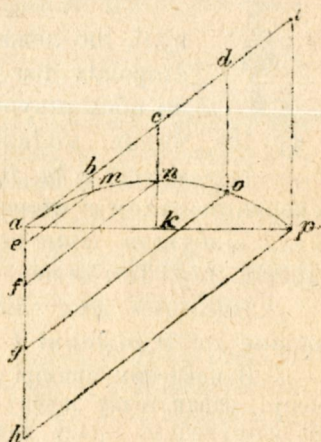
Fig. 132.

Який рух відбуває тіло, кинене доземо в діл? — З вершка вежі кинено камінь з скорістю 2 *м*. Як висока є вежа, если камінь унав на землю по 5 секундах?

II. *Поземий мет* (Horizontaler Wurf). Коли кинемо тіло A в напрямі поземім Ax (фіг. 132) з скорістю Aa, то з причини безвладности порушало би ся оно рівномірним рухом. Однак рівночасно ділає на те тіло сила тяготи доземо в діл, котра спричинює рівномірно-прискорений рух. Під впливом лиш тої сили

відбувало би тіло в слідуючих по собі секундах дороги: $Aa_1 = 5\text{ м}$, $a_1b_1 = 3 Aa_1$, $b_1c_1 = 5 Aa_1$ і т. д. Тому, що тут підлягає тіло рівночасно двом рухам під кутом, то по першій секунді буде оно находити ся в m (§. 111. II.), по другій секундї в n , по третій в o і т. д. Сполучивши ті точки, бачимо, що тіло, кинене поземо, порушає ся по лінії кривій. Лінія та зове ся параболою.

III. *Скисний мет* (Schiefer Wurf). Коли кинемо тіло в напрямі ad , наклоненім до позему ap під якимнебудь кутом, то оно описує також параболу, якої конструкція унагляднена на фіг. 133. — Віддалене точки, з якої кинено тіло, від того місця, в котрім оно упаде назад на позем, т. є. лінію ap зовемо далекостію мету (Wurfweite), а віддалене найвисшої точки криволінійної дороги, яку тіло описує, від позему т. є. лінію ak — висотою мету (Wurfböhe). — Рисунок легко пересвідчити ся, що далекість мету буде найбільша, коли кут нахилу виносить 45° , а при кутах доповняючих до 90° (як н. пр. 75° і 15°) буде она однакова), лиш висота иньша.



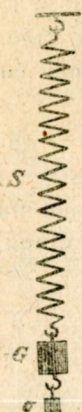
Фіг. 133.

З причини опору воздуха є дорога мету лиш в приближеню параболою. — Як мусить стрілець цілити до якогось предмету, коли хоче єго trafiти?

Вислідний криволінійний рух відбуває місяць довкола землі. Задля безвладности змагає місяць порушати ся по прямолінійній дорозі, однак земля притягає єго безнастанно (подібно як всі земні тіла) до свого осередка і безнастанно відклонює з прямолінійної дороги (т. зв. осередний рух). Наслідком того кружить місяць довкола землі по лінії кривій, званій еліпсою, яка видом своїм мало що різниться від кола. — Такий сам рух відбуває земля довкола сонця (гл. §. 159 і 160). — Про сповидний рух неподвижних зьвізд і сонця гл. §. 153 і 154.

§. 114. Складанє сил (Zusammensetzung von Kräften). Три хлопці тягнулиб за шнур, привязані до гака, вбитого у великий камінь, і потягнулиб той камінь в одній минуті о 5 метрів. Замість тих трох хлопців міг би і один сильний чоловік виконати той сам рух. — З того бачимо, що кілька сил можна заступити одною або зложити в одну.

Силу, яка спричинює те саме дійство, що кілька даних сил, а проте може їх заступити, зовемо вислідною (Resultierende), а дані сили складовими (Komponenten).



I. *Сили діляють в тім самім напрямі.* Привісьмо до пружини S тягарці $G = 5\text{ kg}$ і $g = 2\text{ kg}$ (фіг. 134), то они розтягнуть її до певної довготи. Однак до тої самої довготи розтягне сю пружину і один тягарець $= 7\text{ kg}$. Отже

Вислідна кількох сил, що діляють в тім самім напрямі, рівнає ся їх сумі.

Означивши сили складові через P і Q , а вислідну через R , одержуємо взорець: $R = P + Q$.

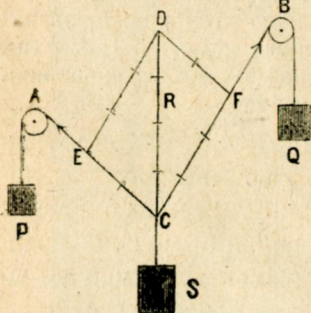
Фіг. 134.

II. *Сили діляють в напротивних напрямках.* До кулі, що лежить на столі, є прикріплені по противних сторонах два шнурки, звисаючі в діл. Коли привісьмо до обох шнурків н. пр. по 3 kg , то куля буде в супинчкуні; колиж привісьмо по одній стороні 3 kg , а по другій 5 kg , то куля буде порушати ся рівномірно-прискореним рухом в сторону більшого тягарця. Той сам рух буде куля відбувати, коли по першій стороні нічо не привісьмо, а по другій 2 kg . Так отже

Вислідна двох сил, що діляють в напротивних напрямках, рівнає ся їх різниці і має напрям більшої сили ($R = P - Q$).

В повисімім примірі діляють вправді обі сили на різні точки зачепу; однак точку зачепу сили можна без зміни єї дійства перенести на котрунебудь иньшу точку тіла, що лежить в напрямі сили, і тому можемо собі представити, що обі сили діляють в нашім примірі на осередок кулі. — Если $P = Q$, то буде рівновага.

III. *Сили діляють під кутом.* Привісьмо до кінців шнурка, переведеного через два бльоки A і B (фіг. 135), тягарці $P = 2\text{ kg}$ і $Q = 3\text{ kg}$. Возьмім відтак шнурок в місці C в пальці і потягнім в діл. Учємо при тім опір, який походить відси, що на C ділає сила P в напрямі CA і сила Q в напрямі CB . Привісьмо тепер в C якийсь тягарець, н. пр. $S = 4\text{ kg}$. По кількох колибанях прийде він до спочинку, а коли потягнемо єго в діл, то верне назад на своє місце. Отже сила S держить рівновагу силам P і Q . Однак силу S можна зрівноважити також си-



Фіг. 135.

дою R , яка є їй рівна і ділає в напротивнім напрямі т. є. до гори. Тому що сила R справляє те саме дійство, що P і Q , то вона може заступити обі ті сили, значить, она є їх вислідною. Нехай довжини CE (2 одиниці) і CF (3 одиниці) представляють нам сили $P=2\text{ kg}$ і $Q=3\text{ kg}$, то вислідна буде представлена довжиною CD (4 одиниці). Сполучім на картоні, уставленім з заду, точки C , D , E і F , то одержимо рівнобіжник. Отже

Вислідна двох сил, що ділають на одну точку під кутом, рівнає ся (що до величини і напрямку) перекутні рівнобіжника, побудованого на складових силах.

Рівнобіжник той зове ся рівнобіжником сил (*Kräfteparallelogramm*). Замість него можна взяти також трикутник CDE ; а що в кождім трикутнику один бік є менший від суми, а більший від різниці двох других боків, то

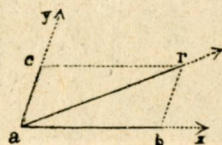
$$R < Q + P \text{ але } R > Q - P.$$

Беручи для тих самих сил різні кути розклонення, пересвідчимся, що вислідна буде тим більша, чим менший кут замикають дані сили. Легко також при помочи рисунку переконати ся, що вислідна подовжить кут, коли обі складові є рівні; в противнім случаю лежить она ближше більшої.

Коли на одну точку ділає більше сил під кутом, то складаємо найперше дві дані сили, відтак їх вислідну з третьою даною силою і т. д. Послідня вислідна буде вислідною всіх даних сил.

Приміри складання сил. Пливучи човном поперек ріки, доливаємо до другого берега завсіді низше того місця, з котрого ми виплили. Чому? — Краплі дощу, на котрі сила тяготи ділає доземо в діл. надуть в часі вітру скісно, омочуючи мури, звернені до вітру. — Підчас вітру підносить ся бальон скісно в гору. — Як полетить яблуко, кинене їздцем доземо в гору?

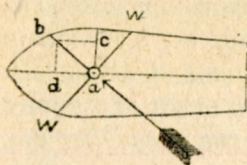
§. 115. Розкладанє сил (*Zerlegung von Kräften*). Як дві сили можна заступити одною або зложити в одну, так навідворот одну силу можна заступити двома, або розложити на дві сили. Нехай ar (фіг. 136) представляє дану силу що до напрямку і величини. Поведім через точку a дві довільні лінії ax і ay , а з точки r рівнобіжні до них, то одержимо рівнобіжник $abrc$, в котрім ab і ac представляють складові сили даної сили ar . Тим способом розложили ми одну силу на дві иньші, що ділають під кутом. — Тому що дана довжина може бути перекутнею множества рівнобіжників, то одну силу можна розложити в довільний спосіб



Фіг. 136.

на дві інші, винявши ті случаи, коли є дані напрямки обох складових сил, або напрям і величина одної складової.

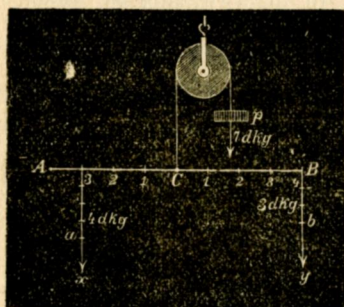
Приміри розкладання сил. Сила вітру, що дме о скісно уставлене вітрило WW (фіг. 137) корабля в напрямі ab , розкладає ся на складові ac і ad . Перша з них нищить ся відпором води, а друга порушає корабель наперед. — Пояснити підношене наперового змія в гору, оборот крил вітрового млина. — На закруті ріки пливе вода повільніше і тому вливає, коли лучить ся більший доплив: бо сила, з якою вода ударає о закрут берега, розкладає ся на дві складові: одна з них ділає в новім напрямі ріки, а друга нормально до берега, наслідком чого нищить ся, але рівночасно і цеє беріг.



Фіг. 137.

На розкладанню сил полягає рух літака (аеропляна). Є се рід візка на колесах, до якого прикріплені є наклонені двигачі поверхні (дві або більше) з легкого матеріалу, пр. полотна, і керм, що служать до зміни висоти лету і напрямку руху. На переді літака є прикріплений мотор (пр. бензиновий), що порушає з великою швидкістю воздушну шрубку. Через оборот шрубки літак починає порушати ся по землі з великою швидкістю; через се повстає опір воздуха, що тисне нормально на наклонені поверхні (як в фіг. 137). Сей опір воздуха розкладає ся на дві складові: позему і дозему; позема противділає силі шрубки, дозема тягарови літака. Коли швидкість стане так велика, що дозема складова стане більша, як тягар літака, сей останній почне двигати ся до гори. (Wright, Blériot, Voisin).

§. 116. Складанє рівнобіжних сил. Дерев'яна палочка, поділена на рівні часті і завішена по самій середині C (фіг. 138) на нитці, проведеній через колісцє, уставить ся поземо в рівновазі,



Фіг. 138.

коли на кінці нитки прив'яжемо такий тягарець, що зрівноважив би тягар палочки. Завісьмо на тій палочці в відступах 3 і 4 від середини C тягарці 4 kg і 3 kg . Палочка почне опускати ся в діл, але задержить ся сейчас, коли до кінця нитки причепимо тягарець 7 kg . Отже обом силам 3 kg і 4 kg , що ділають рівнобіжно в діл, держить рівновагу сила 7 kg , яка ділає на точку C в напрямі до гори. Однак рівновага буде ненарушена, коли оба тягарці 3 kg і 4 kg

привісимо в точці C . Тому що сила 7 kg , яка ділає на C в діл, справляє те саме дійство, що обі первісні сили 3 kg і 4 kg ,

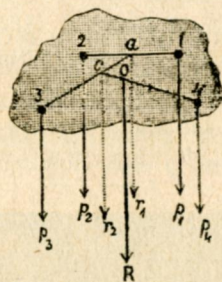
діляючи по протилежних сторонах точки C в відступах 4 і 3, то она є вислідною обох тих сил. З того слідує, що

- а) Вислідна двох рівнобіжних, в ту саму сторону звернених сил, рівнає ся їх сумі і ділає в тім самім напрямі. —
б) Точка зачепу вислідної ділить віддаленє точок зачепу складових сил на дві частини, котрі відносять ся до себе відвратно, як дані сили.

Щоби найти вислідну для більше, як двох рівнобіжних сил, складаємо найперше дві дані сили, відтак їх вислідну з третьою даною і т. д. Легко вирозуміти, що і в тім случаю вислідна буде рівна сумі всіх даних сил і ділати ме в їх напрямі.

§. 117. Тяготна точка. I. На кождоу частинку, з яких тіло зложене, ділає сила тяготи доземо в діл. Нехай 1, 2, 3... (фіг. 139) представляють частинки якогось тіла, а $p_1, p_2, p_3...$ тяготні сили, що на них ділають. Шукаючи вислідної всіх тих сил способом, вказаним в §. 116, будемо мати:

$r_1 = p_1 + p_2, r_2 = r_1 + p_3 = p_1 + p_2 + p_3$ і т. д. Нехай R представляє нам вислідну із всіх тяготних сил, які ділають на поодинокі частинки, то она буде рівна сумі тягарів всіх частинок, значить, тягаревн цілого тіла. Можна собі отже зяувити, що весь тягар тіла є скуплений в точці зачепу O вислідної, що проте сила тяготи ділає лиш на ту одну точку. Точка O зове ся задля того тяготною точкою (Schwerpunkt).



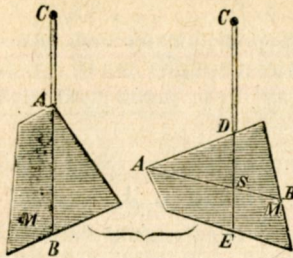
Фіг. 139.

Лінія, поведена через тяготну точку доземо в діл, подає напрям, в яким та точка, отже і ціле тіло стремить упасти. З тої причини ся лінія зове ся тяготною лінією (Direktionslinie). Колиб на тяготну точку, або на котрунебудь иньшу точку, що лежить в тяготній лінії, ділала сила напротивна і рівна силі тяготи, то тіло находилоб ся в рівновазі. Те саме стане ся, коли тяготну точку, або якусь точку тяготної лінії, учинимо неподвижною, завішуючи або підпираючи тіло.

II. Положенє тяготної точки залежить передовсім від виду тіла і від того, чи густота єго всюди однака. У тіл, що мають однакову густоту і правильний геометричний вид, легко найти тяготну точку, бо кождій частині з одної сторони відповідає частина з другої. З тої причини тяготна точка кружка, кулі... буде лежати в їх осередку.

Де є тяготна точка палочки, куба, вальця? Найти тяготну точку обруча, перожної кулі.

Коли тіло має неоднакову густоту або неправильний вид, то тяготна точка лежить там, де більше маси. В тім случаю находимо тяготну точку тим способом, що завішуємо тіло на нитці раз в одній його точці, а другий раз в якійнебудь иньшій (фіг.

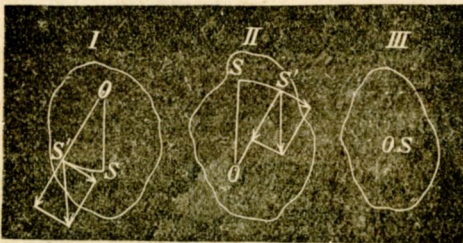


Фіг. 140.

140); коли тіло прийде до спочинку, продовжаємо напрям нитки, а де оба ті напрями перетнуть ся, там буде тяготна точка. Длячого?

§. 118. Рівновага підпертих тіл. I. *Тіла підперті в одній точці.* Тіло, що може обертати ся довкола поземої осі, є лиш тоді в рівновазі, коли тяготна лінія переходить через вісь; колиж виведемо тіло з того положення, то — одвітно тому,

куди проведено вісь — можливі є три случаї. Коли вісь O проведена повисше тяготної точки S (фіг. 141. I.), то при обороті тіла описує тяготна точка лук SS' . Сила тяготи, що тепер ділає на S' доземо в діл, розкладає ся на дві складові: одна з них ділає в продовженю OS' і нищить ся опором неподвижної осі,



Фіг. 141.

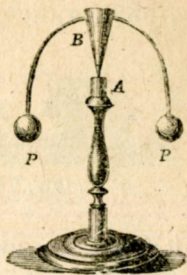
а друга в напрямі стичної до лука $S'S$ і змагає привести тіло в первісне положенє. Коли тяготна точка вернула вже в найнижше положенє S , вихилє ся тіло задля безвладности на другу сторону, але по кількох колибанях приходить до рівноваги. — Подібним способом легко доказати, що коли

вісь O переходить низше тяготної точки S (фіг. 141. II.), тіло по вихилєню не вертає в первісне положенє, але порушає ся дальше, доки тяготна точка не займе найнижшого положення, т. є. доки не стане доземо під осию обороту. — Коли вкінці вісь обороту переходить через тяготну точку (фіг. 141. III.), то тіло остає у всякім положеню в рівновазі.

Тому що тіло, підперте повисше тяготної точки, або завішене, вертає по вихилєню назад в положенє рівноваги, рівновагу его зовемо стійкою (stabiles Gleichgewicht). О тілі, під-

пертім низше тяготної точки, кажемо, що оно находитъ ся в рівновазі хиткій (labil), бо по вихиленю оно не вертає в положене рівноваги, але упадає. Рівновагу тіла, підпертого в тяготній точці, зовемо кождоположною (indifferent).

Хитку рівновагу тіла можна вчинити стійкою, коли проведемо через тіло дріт зігнений в діл (фіг. 142), а на кінцях его прикріпимо олов'яні кулі, бо тоді спільна тяготна точка буде находити ся низше точки підпертя.

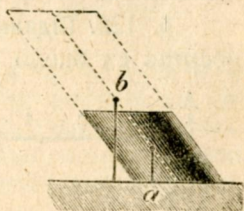


Фіг. 142.

II. *Тіла спочиваючі на підставі.* Коли тіло є підперте в кількох або дуже многих точках, то кажемо, що оно спочиває на підставі. Підставою зовемо в тім случаю многокутник, який одержимо через сполучене найскрайніших підпертих точок.

Щоби тіло, що спочиває на підставі, було в стійкій рівновазі, мусить тяготна лівія падати на підставу, бо тоді сила тяготи нищить ся опором підстави; в противнім случаю тіло перевертає ся (фіг. 143).

Тяготна точка прямо стоячого чоловіка лежить між обома бедрами, а підставою є трапез, котрий одержимо, коли сполучимо кінці великих пальців і пят. Коли отже возьме чоловік на плечі тягар, то спільна тяготна лівія буде падати поза підставу, і чоловік мусів би упасти в зад, еслиб не нахилив ся наперед. З тої самої причини вигинає ся чоловік в зад, коли несе тягар перед собою, а нахиляє ся в правий бік, коли несе тягар в лівій руці. Ідучи свобідно, подає ся чоловік трохи в право, коли підносить ліву ногу, і противно. Те колибаче замітне особливо у товстих людей. — Балансоване. — Скісна вежа в Пізі і Болонії. — Пробуймо построить скісну вежу з однакових монет; се нам не вдасть ся. Чому?



Фіг. 143.

Тіло стоїть тим сильнійше на підставі, чим тяжше вивести тяготну точку поза підставу, отже чим більший тягар тіла, чим ширша підстава і чим ближше підстави лежить тяготна точка.

Чому комнатним знарядям даємо широку підставу або на виї вигнуті ноги? Чому чотиреножні зьвірята стоять сильнійше, ніж люди однакової ваги? Чому вози з низькими а широко розставленими колесами не так скоро перевертають ся? Чому розставляємо ноги в часі борикання, колибання корабля? Чому при наряджуваню возів або кораблів даємо найтяжші предмети на сам спід? Чому підставки високих свьичників виповняємо оловом? Чому небезпечно вставати на хиткій лодії?

§. 119. **Машини** (Maschinen). Коли маємо якесь тіло ввести в рух при помочі мускулярної сили, н. пр. піднести, то часто є кориснійше, если та сила ділає на тіло не безпосередно, але

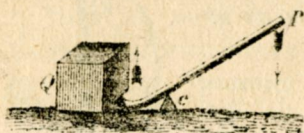


Fig. 144.

посередством одвітних приладів. І так приміром, не могучи руками підважити великого тягару Q (Fig. 144), уживаємо друка, що обертає ся около підпори c . — Всякий прилад, що посередничить в переносенню дії сили, зове ся машиною. Тіло, яке вводимо в рух машиною, або опір, який поковуємо, зовемо в противности до порушаючої сили тягарем (die Last).

Розрізняємо машини поєдинчі і зложені. До поєдинчих належать: підойма, коливорот, бльок, наклонена площа, клин і шруба.

Коли хочемо найти силу, якої треба, щоби даний тягар при помочі машини ввести в рух, вистарчить знати лиш ту силу, що з тягарем держить на машині рівновагу, бо всяке, хочби і найменше її збільшенє спричинює рух. Тому то при машинах розходить ся передовсім о розсліжене тих умовин, під якими на машині є рівновага між силою і тягарем. — При досліджуваню тих умовин не будемо зважати ані на тягар машини, ані на опір, що проявляє ся підчас руху.

§. 120. **Підойма** (der Hebel) є негнучкий друк або прут, що обертає ся около неподвижної точки (оси). Підойми уживаємо

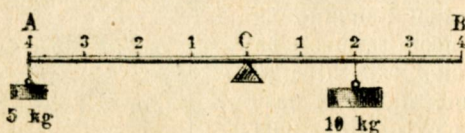


Fig. 145.

звичайно до підношеня тягарів. Віддаленє точки обороту від точки зацепу сили зове ся **раменем** сили, а віддаленє точки обороту від точки зацепу

тягару, **раменем** тягару. Одвітно тому, чи точки зацепу A і B сили F і тягару Q лежать по противних сторонах точки обороту C (Fig. 145), чи по тій самій стороні (Fig. 146), називаємо

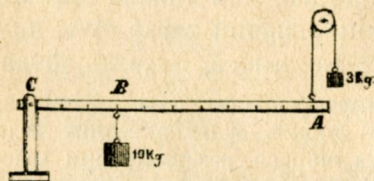


Fig. 146.

підойму двораменною (zwei-armig) або однораменною (ein-armig).

Коли привісимо тягарці 5 kg і 10 kg в віддаленях 4 cm і 2 cm (Fig. 145) або тягарці 3 kg і 10 kg в віддаленях 10 cm і 3 cm (Fig. 146), то вони будуть держати собі рівновагу. З того слідує, що

На підоймі є рівновага, коли сила є стільки разів менша від тягару, скільки разів рамя сили є більше від рамени тягару.

$$P: Q = CB: CA.$$

Підойми, якої правило рівноваги викрив вже Архімед (287—212 перед Р. Хр.), уживає ся дуже часто в щоденнім житю. І так н. пр. гойданка, яку уладжують собі хлопці, кладучи дошку на бальок, є двораменною підоймою. Сюди належить також: керничний журавель, рискаль, ломач уживаний в каменьоломах, клямка у дверей. Ножиці, кліщі, щипці є сполученем двох двораменних підойм. Клевець до витігання цвяхів (фіг. 147) є колінчатою двораменною підоймою; точка обороту лежить при с.



Фиг. 147.

При помочи однораменної підойми, у котрої сила ділає дальше від точки обороту, ніж тягар, можна малою зглядно силою піднести великий тягар. Такою підоймою є н. пр. крінкий кіл, яким котять бочки і иньні тягарі: дальше ніж до краяня коріння (фіг. 148), різак, терлиця, охоронна затичка при кітлі Папена, тачки. Кліщики до лущання оріхів є сполученем двох таких підойм. Ноші, на яких два чоловіки несуть тягар, становлять для обох однораменні підойми: для сили одного чоловіка лежить точка обороту в руках другого. — При однораменній підоймі, у котрої точка зачену сили лежить ближше точки обороту, ніж точка зачену тягару, перебігає тягар значно більшу дорогу, ніж сила. Сюди належать віячка, коса, цїп, у котрих точка обороту лежить в лівій руці робітника, а сила правої руки ділає по середині держака; перо і оловець (точка обороту находит ся при горішнім сугаставі вказуючого пальця); підніжок при токарнях і ткацьких короснах: долішня шюка, котру порушаємо при помочи сильних мускулів. Такою підоймою є і наші руки (точка обороту лежить в плечнім сугаставі, а сила порушаючих мускулів ділає в половині горішнього рамени).



Фиг. 148.

Вирави. Якої треба сили, котра зрівноважила би тягар 35 *kg*, коли рамя сили вносить 10 *dm*, а тягару 2 *dm*, і противно, коли рамя сили вносить 2 *dm*, а тягару 10 *dm*? — На підоймі держать собі рівновагу сила 15 *kg* і тягар 120 *kg*; як довге є рамя сили, коли рамя тягару вносить 1 *dm*? — Рамя сили відносить ся до рамени тягару, як 3:7; якого тягару треба, щоби зрівноважити силу 35 *kg*? — Як велика мусить бути сила в прирівнаню до тягару при двораменній рівнораменній підоймі?

§. 121. Ваги. I. Вага звичайна складає ся з двораменної рівнораменної підойми, званої коромислом (der Wagebalken), що обертає ся около поземої острої грани. Грана та є унята в вилки (фіг. 149) або спочиває на стовпі (фіг. 176). На обох кінцях коромисла є завішені терезки (Wageschalen); на одній

з них кладе ся тіло, яке хочемо зважити, а на другій докладає ся так довго тягарці, доки не наступить рівновага, т. є. доки коромисло не займе поземого положення. Щоби те легко запримітити, є по середині коромисла нормально до него прикріплений прутик z , званий язичком; коли язичок сходиться з зрячкою o в вилках, або вказує на зерову точку поділки, то коромисло лежить поземо.

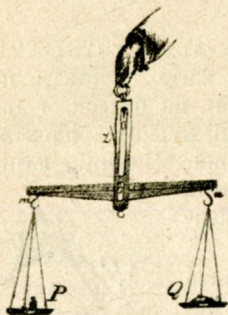


Fig. 149.

Кожда вага повинна бути а) вірна (richtig), т. зн. повинна точно подавати тягар тіла, і б) чутлива (empfindlich), тобто кожду, хоч би й найменшу надвишку по одній стороні вказувала замітним відхиленням язичка.

Вага є вірна, коли оба рамена коромисла є рівно довгі і рівно тяжкі, коли тяготні точки обох рамен є в однаковім віддаленю від осі обороту, і коли обі терезки враз з шнурочками мають однаковий тягар. — Вага є тим більше чутлива, чим довше а легше коромисло і чим ближше осі обороту (однак понизше неї) лежить его тяготна точка.

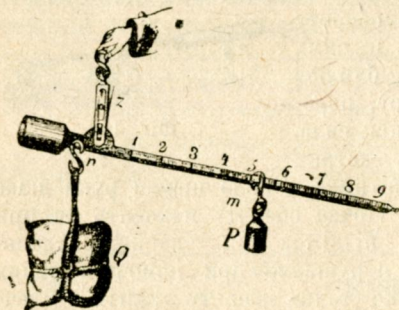


Fig. 150.

довше рамя є поділене на часті, рівні віддаленю гачка n від осі обороту, а на ній висить пересуваний тягарець P . — Тягар важеного тіла Q є стільки разів більший від тягарця P , скільки разів дальше від осі обороту висить P ніж Q .

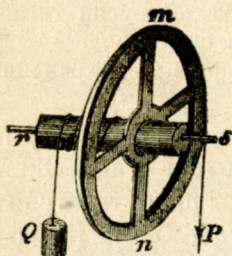


Fig. 151.

§. 122. Коливорот (das Wellrad) складає ся з колеса, осадженого на валі, котрий враз з колесом обертає ся довкола спільної осі rs (fig. 151). Тягар Q ділає в напрямі стичної до вала, а сила P в напрямі стичної до обводу колеса.

В перерізі представляє коливорот два співосередні кола (фіг. 152). Сполучивши точки зацепу m і n сили і тягару з осередком c , одержуємо підойму mnp . Тому що при помочи тої підойми можна так само удержати рівновагу, як при помочи коливорота, то

На коливороті є рівновага, коли сила є стільки разів менша від тягару, скільки разів луч колеса є більший від луча вала.

$$P : Q = cn : cm = r : R.$$

Часто є колесо заступлене кількома сприхами або лиш одною рукояттю т. зв. корбою. Млинецькі колеса, зубчаті колісця в годинниках і нивьших зложених машинах, є коливоротами з повними колесами; крила вітрака представляють коливорот зі сприхами; точило, млинок, то коливороти з корбою.

Вправи: Якої треба сили, щоби зрівноважити на коливороті тягар 270 kg , коли луч вала виносить 0.25 m , а луч колеса 1.2 m ? — Обвід колеса відносить ся до обводу вала, як 5 : 0.15; який тягар буде держати рівновагу з силою 30 kg ?

§. 123. Бльок. Бльок є то кружок, що обертає ся около осі, проведеної через єго осередок і унятої в вилки. Довкола обводу кружка є вижолоблений ровець, через котрий переходить шнурок. Розріжня-

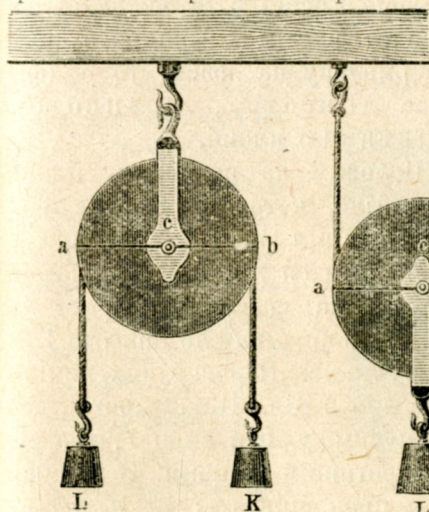


Fig. 153.

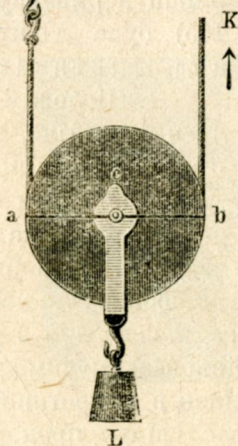


Fig. 154.

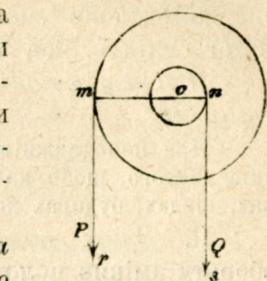


Fig. 152.

емо бльок неподвижный (fixe Rolle) і подвижный (bewegliche Rolle).

1. Бльок неподвижный (фіг. 153) є при помочи вилки так завішений, що не змінє свого місця. На однім кінці шнурка, що переходить верхом бльока,

висить тягар, а на другий ділає сила. — Неподвижный бльок можна звести на двораменну, рівнораменну підойму ab , яку

одержимо, коли сполучимо точки стичности шнурка з осню e . З того слідує, що

На неподвижнім бльоку є рівновага, коли сила рівнає ся тягарези.

При неподвижнім бльоку не зискуємо нічо на силі; его уживаємо лиш до того, щоби надати силі як найдогіднійший напрям (при таранах, віндах, будовах домів...).

II. Блок подвижний (фіг. 154) є такий, що підчас обороту змінєє положенє враз з своєю осню. Шнурок, що оперізує долішню часть бльока, є прикріплений одним кінцем до гака, а на другий кінець его ділає (звичайно посредством неподвижного бльока) сила. Тягар висить на вилках, прикріплених до осі бльока. Сполучивши точки стичности шнурка з осню, бачимо, що подвижний блок дасть ся звести на однораменну підойму ab , якої точка обороту є в a , точка зацепу сили в b , а тягару в c . Тому що рамя сили ab є два рази довше від рамени тягару ac , то

На подвижнім бльоку є рівновага, коли сила рівнає ся половині тягару.

Подвижного бльока уживаємо до підтягання висячих лямп і до підношеня більших тягарів. Правила рівноваги у бльоків були звіскі вже Архімедови.

§. 124. Наклонена площа (schiefe Ebene) є то всяка площа, що творить з поземом острый кут. Спустім з горішнього кінця площі нормальну на позем, то ab (фіг. 155) буде довготою, ac висотою, а bc підставою площі.

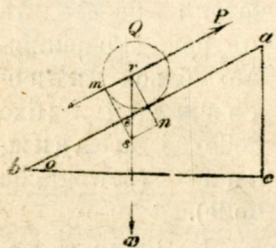


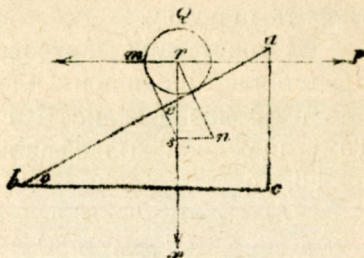
Fig. 155.

1. Положім на наклонену площу якенебудь тіло, котрого тягар Q представляла би лінія rs . Тому що тіло не може порушати ся в напрямі ділаючої сили rs , то она розкладає ся на дві складові: rn нормальну до довготи і rm рівнобіжну до неї. Перша з них нищить

ся опором площі, а друга тягне тіло в діл. Щоби проте удержати тіло на площі в рівновазі, мусимо ужити сили P , яка рівнає ся складовій rm і ділає в протилежнім напрямі. З подібности трикутників mrs і abc слідує пропорція $rm : rs = ac : ab$ або $P : Q = ac : ab$; отже

Коли сила ділає рівнобіжно до довготи наклоненої площі, то при рівновазі є сила стілько разів менша від тягару, скільки разів висота є менша від довготи.

2. Тіло, що лежить на наклоненій площі, можна удержати в рівновазі також силою, яка ділає рівнобіжно до підстави. Щоби знайти величину тої сили, розложім тягар $Q = rs$ (фіг. 156) на складові: rn нормальну до довготи і rm рівнобіжну до підстави. Тому що перша нищить ся, тож коли хочемо удержати тіло в рівновазі, мусимо ужити сили P , рівної і противної силі rm . З подібності трикутників mrs і abc слідує $rm:rs=ac:bc$ або $P:Q=ac:bc$; отже

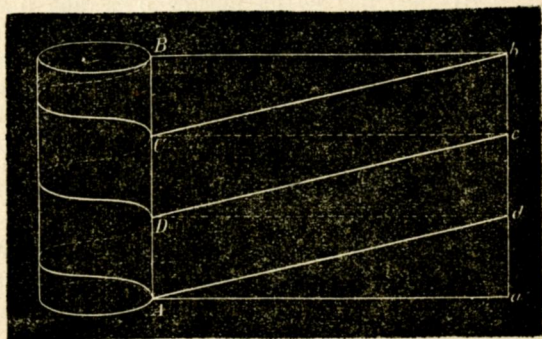


Фіг. 156.

Коли сила ділає рівнобіжно до підстави наклоненої площі, то при рівновазі є сила стільки разів менша від тягару, скільки разів висота менша від основи.

Наклоненими площами є: похилі помости, що по них вивозять тачками цегли і иньші тягарі на руштованія: спусти, по котрих викочують великі тягарі на вози або спускають з возів; дальше сходи, скісно уставлена драбина, дорога під гору і т. п. — Що є користийніше, чи коли сила ділає рівнобіжно до довготи, чи рівнобіжно до підстави наклоненої площі?

§. 125. Шруба (die Schraube). Коли картку паперу $ABba$ (фіг. 157), котра якраз обходить прямий валець, поділимо на кілька однаково високих прямокутників з перекутнями Ad , Dc , Cb , а опісля навінемо ту картку на валець, то перекутні утворять довкола вальця



Фіг. 157.

одну непереривну криву лінію, звану шрубовою лінією. Часть шрубової лінії, утворена одною перекутнею, зовеся одним скрутом або гвинтом (Schraubengang), а відступ двох скрутів в напрямі осі вальця висотою скрута. — Валець,

на котрім шрубова лінія випукло вироблена, зовеся шрубовим веретеном (Schraubenspindel). Веретено є завжди спо-

лучене з насадю (Schraubenmutter) т. є. порожнім вальцем, у котрого нутрі є шрубова лінія вижолоблена. Обі часті разом творять шрубу.

З повставання шрубової лінії виходить, що кожний скрут представляє наклонену площу, навинену на валець. Висота тої площі рівнає ся висоті скрута, а підстава обводови вальця. Тому що сила ділає рівнобіжно до підстави тої наклоненої площі, то

На шрубі є рівновага, коли сила є стілько разів менша від тягару, скільки разів висота скрута є менша від обводу веретена.

Шруби з подвижним веретеном, а неподвижною насадю, уживає ся до підношеня великих тягарів (н. пр. стель при напіві стін) або до виконання великого тисненя (н. пр. при прасах друкарських, прасах до витісканя вина, шрубових гальмах. — Приміненем шруби з неподвижним веретеном, а подвижною насадю, є праси до обтинання книжок, до сушеня рости, до стисканя карт. Сюди належать також шрубки, уживані до сполученя частий машин. — Шруба корабельна, шруба при літаку.

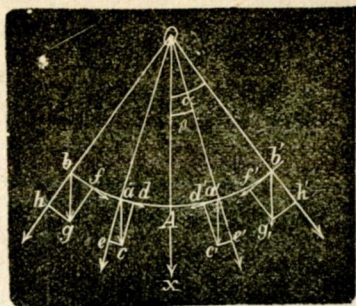
§. 126. Праця (die Arbeit). Коли підносимо якийсь тягар, або поконуємо якийнебудь опір, то кажемо, що виконуємо працю. Праця буде очевидно тим більша, чим більший опір і чим більша дорога, по якій єго перемагаємо, значить, мірою праці є добуток з сили і дороги. За одиницю праці прийнято в буденнім житю ту працю, яку виконуємо при піднесеню 1 *kg* на висоту 1 *m*, і названо її одним кильограмометром.

Підносячи 1 *kg* на висоту 5 *m*, або 5 *kg* на висоту 1 *m*, виконуємо однакову працю. Підносячи 5 *kg* на висоту 3 *m*, виконуємо працю $5 \times 3 = 15$ кильограмометрів. — При означеню праці великих машин прийнято за одиницю працю, рівну 75 кильограмометрам в 1 секундї, і названо її працею одного коня. — В науці як одиницю праці прийнято працю, яку довершує одна дина здовж дороги одного сантиметра і названо її ерг (ergon = праця).

Коли при коливороті луч колеса є 2 рази такий, як луч вала, то до зрівноваженя якогось тягару треба сили, рівної половинї тягару. Тому що при однім обороті коливорота тягарець, який представляє силу, спустить ся два рази низше в діл, ніж тягарець, що представляє тягар, піднесе ся в гору, то праця, ужита по сторонї тягару, є така сама, як праця, виконана по сторонї сили. Отже хоч зискує ся при тій машинї на силї, то однак на праці нема зиску. Правило те має вагу і при иньних машинах, отже

При машинах зискує ся на силї, але на праці ні.

§. 127. Маятник (das Pendel). I. Коли металеву кульку, завішену на нитці, виведемо з місця рівноваги A до b (фіг. 158) і пустимо, то она вертає назад до A , переходить відтак на другу сторону до b' , відси вертає знов до A і т. д. — Рух такий зовемо колибальним (schwingende Bewegung), а кульку, що завішена на нитці і відбуває такий рух, простим маятником. Дорога від b через A до b' зовеся одним колибненням (eine Schwingung), а час до того потрібний часом одного колибнення (eine Schwingungsdauer).



Фиг. 158.

Причиною колибального руху є сила тяготи. Як довго займає нитка доземе положенє, то сила тяготи нищить ся опором неподвижної точки O . Колиж кульку виведемо в положенє b , то сила тяготи bg розкладає ся на дві: bh в напрямі нитки і bf нормальну до неї. Перша з них напружає нитку і нищить ся опором точки O , а друга тягне кульку до місця рівноваги. Сила та ділає безнастанно на кульку, однак величина її стає чим раз меньша, а в місці рівноваги A є она рівна зеру. З того сїдує, що рух кульки від b до A є нерівномірно-прискорений. В A має кулька найбільшу скорість і виходить з причини безвладности на другу сторону. Однак сейчас витворює ся нормальна до нитки складова сила тяготи, котра стає чим раз більша і ділає в противнім напрямі, як рух відбуває ся. З тої причини порушає ся кулька від A до b' рухом нерівномірно-опізненным. Прийшовши до b' , має кулька скорість рівну зеру, але складова $b'f'$ тягне її назад до A . Так відбував би ся той рух в безконечність, колиб не опір воздуха і тертя при точці завішення O .

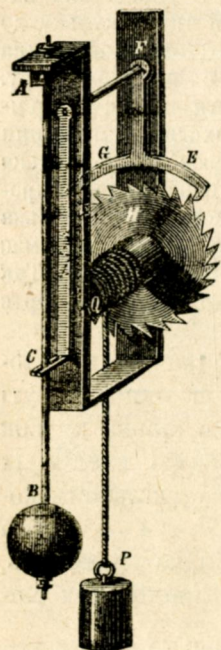
II. Надаючи маятникови різні відклонєня (але не переходячі 5°), пересвідчимо ся, що кожного разу в одній минуті буде та сама скількість колибнєнь. — Завісьмо кілька кульок з різних матеріалів на однаково довгих нитках і введім їх в колибнєня; кожда зробить в 1 минуті ту саму скількість колибнєнь. — Завісьмо три кульки на нитках 1 dm, 4 dm і 9 dm довгих, то перша зробить в 1 минуті 2 рази стілько колибнєнь, що друга, а 3 рази стілько, що третя. З досвідів тих сїдує що

а) Час колибнєня не залежить від тягару і якости матерія маятника, а при незначних відклонєнях і від далекости колибнєня. б) Час колибнєня буде 2, 3, 4... рази довший, коли довгота маятника є 2^2 , 3^2 , 4^2 ... рази більша. (Galilei, 1602).

Тому що причиною колибання маятника є сила тяготи, а та росте в міру зближення до бігунів, то один і той сам маятник в різних місцях землі має різні часи колибання; іменно колибає ся він тим скорше, чим ближше земного бігуна. — Маятник, котрий в 1 секундї робить одно колибнєнє, зове ся секундовим. Їго довгота виносить у нас около 1 м.

Зложенний маятник. Подібні колибання, як кулька завішена на нитці, відбуває і всяке тіло, що може обертати ся довкола поземної осі, яка не переходить через єго тяготну точку. Тому що кожде тіло складає ся з частин, то можемо уважати єго за зложене з множества простих маятників різної довготи. Коротші маятники змагають колибати ся скорше, а довші поволійше, наслідком чого цілий зложенний маятник колибає ся посереднім рухом. — Завісивши побіч зложеного маятника простий, можна через зміну довготи єго посліднього довести до того, що оба маятники будуть однаково скоро колибати ся. Одержану тим способом довготу простого маятника зовемо зредукованою довготою зложеного маятника. — Коли говоримо про довготу зложеного маятника, розуміємо заведї зредуковану єго довготу.

§. 128. Маятниковий годинник (Pendeluhr) складає ся з кількох зубчатих колісчат, сполучених з собою тим способом, що



Фіг. 159.

зубці одного заходять в зазублення осі другого. До осей колісчат є прикріплені вказівки, що обертають ся перед кружком, заосмотреним в поділку, і показують години, мінути та секунди. Цілий той механізм вводить в рух тягарець *P* (фіг. 159), завішений на осі *Q* одного з колісчат. — Тому що тягарець *P* змагає опадати рухом рівномірно-прискореним, то колісцята, а з ними і вказівки порушались би ся чим раз скорше, і годинник був би непридатний до міреня часу. Щоби той рух упорядувати, треба одно колісце, а з ним всі прочі і тягарець *P*, правильно спиняти. До того служить маятник *ACB*, завішений на елястичній сталевій пружинці і сполучений з т. зв. спуском або якором (*Ankerhemmung*) *EG*. При кождім колибнєнє маятника захвачують зуби якора на перемену з лівої і правої сторони за зуби колеса *H*, через що те колесо за кождим подвійним колибнєнєм (там і назад) оберне ся лиш о один зуб. (Huyghens, 1656).

Тому що маятник при підвищенню температури продовжає ся, а при обниженню скорочує ся, то в першій случаю мусить годинник

Коли склянку з водою, привязану на шнурках, обертаємо довкола, то вода не виліє ся, хоч склянка оберне ся до гори дном. Кінь, біжучи довкола, нахилиє ся до середини тим значійше, чим скорше біжить. На скрутах не треба їхати занадто скоро, бо відбіжна сила може вивернути віз. Щоби потяг не вихопив ся з шин на скрутї жезізної дороги, кладуть виїшні шини трохи виїше, ніж внутрішні. — Підчас скорой їзди відриває ся болото від колїс і відїтає в напрямі стичної, коли відбіжна сила переможе силу прилиняня. — Ужиток проци. — Мелене збіжа основує ся на відбіжній силї. Зерна збіжа, що впадають в отвір верхного каміня млинського або жорнового, беруть участь в оборотовім руху і підлягають відбіжній силї. Та сила жене зерна між оба каменї, де они на муку розтирають ся, а муку жене на край каменїв, відки она дістає ся до питля.

Як звісно обертає ся земля в протягу одного дня довкола своєї осї. Підчас того обороту описують частини землі кола (рівнолежники) і наслідком того підлягають відбіжній силї. Сила та є найбільша на рівнику, бо там луч обороту найдовший: чим ближе бігунів, тим она меньша, а на бігунах рівнає ся зеру. Коли земля не була ще так тверда, як нинї, то задля обороту около своєї осї мусїла сплюснати ся на бігунах, а видовжити на рівнику. — Вже з причини того сплюсненя землі є сила тяготи найменьша на рівнику, зростає з географічною шириною, а на бігунах она найбільша. Крім того ще і відбіжна сила причинює ся до поменьшеня сили тяготи і то найсильнійше на рівнику.

§. 130. Удар тіл (der Stoß). Коли тверде тіло стрїне підчас свого руху иньше, що спочиває або порушає ся, то з причини

безвладности і непроникливости натискає одно на друге. Таке взаїмне діланє на себе двох стрїчаючих ся тіл зовемо ударом. — Розгляньмо близше

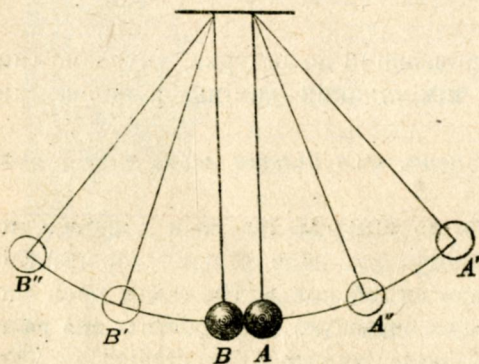


Fig. 161.

Удар пруживих куль.

1. Коли дві зовсім пруживі кулі ударяють ся, то натискають на себе так довго, доки їх скорости не вирівнають ся. При тім сплющують ся

они, а приймаючи відтак давний вид, відпихають ся такими самими силами, якими сплюснули ся. Коли отже зависимо побіч себе дві рівно великі кулі з слонової кости і, відклонивши першу до A' , а другу до B' (фіг. 161), пустимо їх з рук, то по ударі перша відскочить до A'' , описуючи лук $AA'' = BB'$, а друга до B'' , описуючи лук $BB'' = AA'$. З того слїдує, що

Коли дві пруживі кулі о рівній масі ударають о себе, то по ударі перемінюють свої скорости.

Коли би куля B була в спочинку, а куля A , спадаючи з висоти A' , ударила о ню, то A прийде до спочинку, а B опише дуг $BB'' = AA'$.

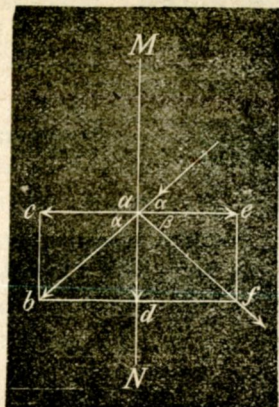
2. Пустім пруживу кулю на позему мармурову плиту, то она відскочить в гору. Причина тому є ся: Куля, упавши на плиту, сплющує ся, доки не утратить всеї своєї скорости; відплющуючись відтак з такою самою силою, з якою сплющилася, одержує давну скорість в противнім напрямі. Отже

Коли пружива куля ударає нормально о неподвижну стіну, то відбиває ся з такою самою скоростью в противнім напрямі.

3. Киньмо пруживу кулю скісно о стіну MN (фіг. 162), то она відскочить в противний бік, т. є. в напрямі af . — Щоби явище се пояснити, розложім скорість мету ab на дві складові: ae нормальну до стіни і ad здовж стіни.

Перша з них перемінить ся по ударі в рівну і противну їй ae , котра разом з другою ad дає вислідну af . Тому, що трикутник acb є приставний до aef , то кут $\alpha = \beta$. Отже

Коли пружива куля ударає скісно о стіну, то відбиває ся в противний бік під таким самим кутом, під яким упала.



Фіг. 162.

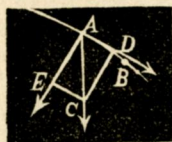
VII. МЕХАНІКА ТЕЧІЙ.

(ГІДРОМЕХАНІКА).

§. 131. Свійства течій. Головним своїством течій є мала спійність частин (§. 5), а через те і легка їх подвижність. З тої причини всяка теч на поземій площі розливає ся, а в посудині приймає вид посудини, так що лиш горішня поверхня остає свободна. — Відтак досвід учить, що навіть при ужитю дуже великого тисненя обем течі лиш незначно зменьшає ся, а коли тисненє устане, приймає теч первісний обем. — Отже знаменні своїства течій є слідуєчі:

а) Частини течій є легко подвижні; б) Течі є майже нестискаємі і пруживі.

§. 132. Свобідна поверхня течі. Коли теч, що знаходиться в посудині, є в спочинку, то свободна її поверхня, т. зв. зеркало або рівень (das Niveau), мусить бути позема. Бо коли



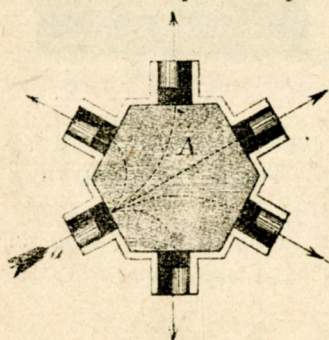
Фіг. 163.

би ся поверхня прийняла иньший вид, н. пр. AB (фіг. 163), то сила тяготи AC , яка ділає на котрунебудь частину доземо в діл, розложилаб ся на дві складові: нормальцу до поверхні і рівнобіжну до неї. Перша з них нищить ся опором нестискаємої течі, а по причині другої мусять частини зеувати ся в діл, доки поверхня не стане позема.

Тепер вже неможливий дальший рух частин поверхні, бо тяготні сили, що ділають на них доземо в діл, стоять всі нормально до поверхні, а проте нищать ся.

Коли теч займає великий простір, як в морях, то свободна поверхня має кулистий вид. Длячого?

§. 133. Передача тиснення в течах. Посудина A (фіг. 164) має в стінах отвори, закриті затичками. Наповнім сю посудину водою і натискаймо на одну з затичок, н. пр. на a , то всі прочі затички почнуть висуватись на зверх. Колиб ми хотіли затички ті задержати на місци, то мусіли бисьмо натискати на них до середини і то (як досвід учить) на затичку так само велику, як a , з такою самою силою, а на 2, 3... рази більшу з силою 2, 3... рази більшою. — З того слідує, що



Фіг. 164.

Коли на теч, замкнену в посудині, натискаємо з одної сторони, то те тисненє розходить ся рівномірно на всі сторони.

Причиною того явища є легка подвижність частин і нестискаємість течі. Частини, що знаходять ся безпосередно при натисканій затичці, змагають уступити перед натиском, а що задля нестискаємості течі не мають куди, то передають одержане тисненє сусіднім частинам, ті дальшим, і так розходить ся тисненє на всі сторони. Тому що при однакових поверхнях знаходиться однакова скількість частин, а при 2, 3... рази більшій поверхні є їх 2, 3... рази більше, то тисненє те мусить бути пропорціональне до натисканої поверхні. — Pascal, 1648.

Важне приміненє повисшого правила маємо при гідравлічній прасі (Brahma, 1795). Праса та складає ся з двох вальцевих посудин A і B (фіг. 165) о нерівнім перерізі, заосмотрєних в толоки e і E , та сполучєних в долі вузким przewodom. Коли підносимо толєк e , то вода,

що знаходиться в підставленій посудині, отворає затичку *v* і входить до вузької посудини; колиж відтак станемо зєзувати той толочок в діл, то вода замикає затичку *v*, а отворивши затичку *u*, входить до ширшої посудини і підносить толочок *E* з силою стілько разів більшою, скільки разів его переріз більший від перерізу *e*. Тим способом можна стискати з великою силою предмети, покладені на жєлїзній плиті толочка *E*, коли над нею знаходиться друга неподвижна плита. — Праси тої уживає ся до витискання соку з бураків в фабриках цукру, до витискання олію з ріжких насїн, до стискання сїна, вовни і т. п. в цілц зменьшення їх обєму.

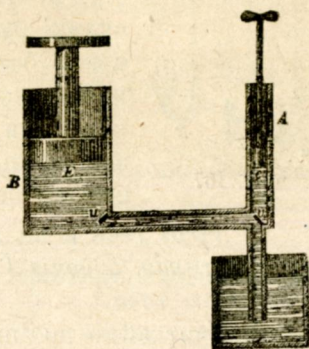


Fig. 165.

§. 134. Тисненє течи на дно посудини (Bodendruck). Низький металевий валець має подвижне дно *BC* (Fig. 166), привязане ниткою до одної терезки *D* ваги. На той валець дають ся нашпрубувати скляні посудини без дна, ріжного виду (*M*, *M'*, *M''*). Нашрубуймо найперше посудину *M*, що має вид вальця, а поклавши на другу терезку ваги н. пр. 500 *g*, наливаємо до *M* води, на скільки дно *BC* зможе удержати. Нашрубуймо відтак посудину розширену в горі (*M*), а вкінци звужену (*M''*) і налїймо води до тої самої висоти, що першого разу. Пересвідчимо ся, що в обох тих случаях тягарець 500 *g* удержує подвижне дно в рівновазі, хоч налята вода в другім случаю важить значно більше, а в третім значно менше, як в першім. — З того слїдує, що

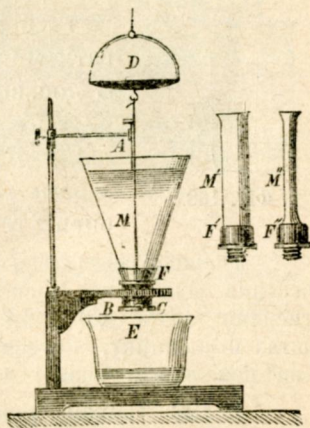


Fig. 166.

Тисненє течи на дно не залежить від виду посудини, лиш від величини дна, висоти стовпа течи і якості течи. (Гідростатичний парадокс. Stevin, 1585).

Поясненє: В посудині, розширеній в горі, тисне на дно лиш стовп течи о перерізі дна; проча часть течи тисне на стїни. В посудині, звуженій в горі, удержує та часть дна, над котрою взноситься стовп течи аж до ровени, тисненє, що рівнає ся тягареві того стовпа; колиб на прочі части дна було менше тисненє, то теч не могла би оставати в рівновазі.

Мала кількість течі може виконати велике тиснене на дно, коли лиш сягає до значної висоти. — Праса Real-a.

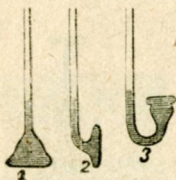


Fig. 167.

§. 135. Тиснене серед течі. 1. Маємо три скляні рурки, зав'язані при ширшій кінці кавчуковою болонкою і наповнені до половини закрашеною водою (fig. 167). Погрузім їх до глибокої посудини з водою, а побачимо, що в кожній з них піднесе ся закрашена вода тим вище чим глибше погрузимо. — Так отже

У нутрі течі є на кожнім місци тиснене не лиш з гори на діл, але також з боків і з долу до гори; тиснене те збільшає ся з глибиною течі.

2. Приткаймо долішній отвір скляної рури добре пристаючим денцем *ab* (fig. 168), а придержуючи єго шнурком, погрузім руру в воду. Побачимо, що хоч шнурок пустимо з рук, денце не упаде, але буде щільно пристає до рури, не допускаючи до середини води. Наливаймо тепер до рури обережно води, то денце все ще буде держатись і відпаде аж тоді, коли вода в рурі сягати ме до тої висоти, що в ширшій посудині. — З досвѣду того слѣдує, що

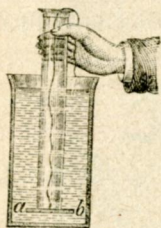


Fig. 168.

Кожда площа серед течі, рівнобіжна до ровни, дізнає тисненя з долу до гори, рівного тягареві стовпа течі, що на ній спочиває. — Тиснене те зовемо взгоном (der Auftrieb).

Тиснене серед течі легко собі пояснимо, коли зважимо, що кожда частина течі дізнає тисненя всіх частин, що над нею спочивають, отже тисненя так великого, як тягар всіх тих частин; а що она мимо того остає в спочинку, то яєна річ, що так само великого тисненя муєть она дізнавати з боків і з долу до гори.

§. 136. Тиснене течі на стїни посудини (Seitendruck). 1. Коли відчинимо один з отворів посудини, наповненої водою (fig. 169), то пустить ся струя води, що пригадує своїм видом поземий мет. — Тому що тут одержали частини течі скорість в поземім напрямі, то заключаємо, що теч натискає на стїни посудини. Заразом бачимо, що тиснене те є тим більше, чим ближше дна, бо струя сягає тим дальше, чим низше находить ся отвір. — Так отже

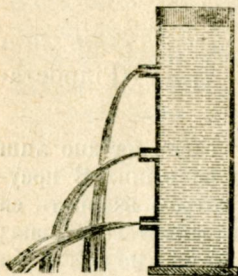


Fig. 169.

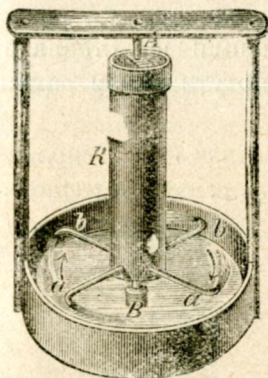
Кожда часть стїни посудини, наповне-

ної течію, дізнає тим більшого тиснення в поземім напрямі, чим нижше лежить она під ровенню.

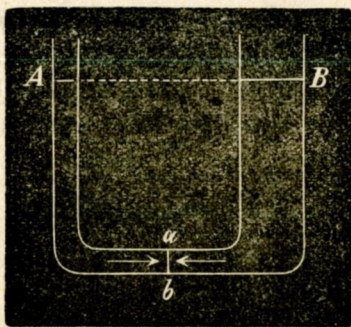
Длячого великі бочки набиває ся в долі сильнішими обручами, як в горі? Длячого греблі ставів є в долі ширші?

2. Коли би посудина, представлена на фіг. 169, була на колісцях, то підчас впливу води порушала би ся в противну сторону, як вода випливає. — Причина тому є ся, що кожді дві напротивні точки стін дізнають однакового тиснення. Тиснення ті, яко рівні і напротивні, нищать ся, а остає лиш тиснення на ту часть стіни, що лежить проти отвору.

Млинок Сегнера (фіг. 170) обертає ся в противну сторону, як випливає вода рурками *a* і *b*.



Фиг. 170.



Фиг. 171.

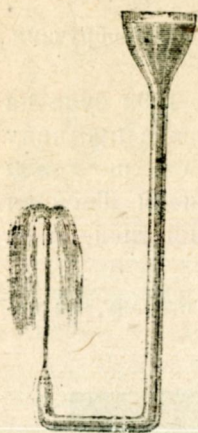
§. 137. Сполучені посудини (Kommunikationsgefäße) є то посудини, злучені з собою в долі проводами, так що теч може переливати ся з одної до другої.

В сполучених посудинах сягає теч до однакової висоти, без огляду на вид поодиноких посудин.

Щоби явище те пояснити, подумаймо собі в проводі, що сполучає дві посудини *A* і *B*, легко подвижну стінку *ab* (фіг. 171). Стінка та дізнає тиснення з обох сторін. Тому що теч, а з нею і стінка *ab* є в рівновазі, оба ті тиснення мусять бути рівні, отже і стовпи течі мусять бути однаково високі (§. 134).

Сполученими посудинами є всяка зігнена рурка, коновочка до підливання цвѣтів, чайник і т. д. — Водопроводи се також сполучені посудини: З високо положеного жерела веде ся воду підземними рурами навіть на поверхи домів, коли лиш ті лежать нижше, як жерело. — Вода рік, ставів... дістає ся підземними проводами до близько положених пивниць і криниць; в міру того, як вода в ріці або ставі піднімає ся або опадає, зміняє ся і висота води тих місць.

Коли одно рамя сполучених посудин є значно низше від другого, тоді теч, змагаючи підвестись і в нижшій рамені до тої самої висоти, творить штучний водотриєк (фіг. 172). — Артезійські студії основують ся також на сполучених посудинах. Виточкована на рисунку (фіг. 173) часть *a* представляє веретву шутру або піску, положену між двома веретвами, що не пропускають води, як глина або опока. Веретва ся сягає аж до поверхні землі і є тут відслонена. Через те назбирає ся в ній що раз більше дощевої води; і та витриєкує до значної висоти через отвір *b*, проверчений в землі.

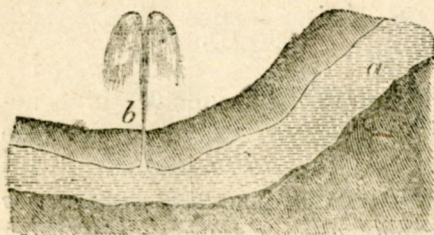


Фіг. 172.

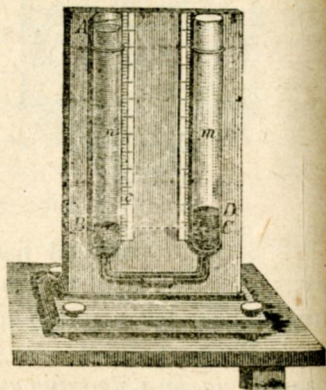
2. Наліймо до зігненої рурки трохи ртуті, а відтак доливаймо до одного рамені води. Побачимо, що вправді піднесе ся трохи труть в другім рамені, всеж таки стовп води *AB* (фіг. 174) буде около $13\frac{1}{2}$ разів висший від стовпа ртуті *CD*, числячи від поверхні ртуті в 1-ім рамені. — З того слідує, що

Дві течі, що не мішають ся, уставляють ся в сполучених посудинах так, що висоти їх відносять ся до себе відворотно, як питомі тягарі.

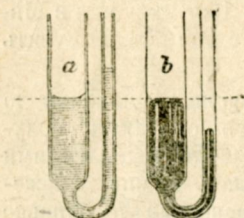
При помочи того правила можна означити питомий тягар течий, що не мішають ся з водою.



Фіг. 173.



Фіг. 174.



Фіг. 175.

§. 138. Волосковатість (Kapillarität). Наліймо до сполучених посудин, котрих одно рамя є дуже вузьке, раз води, а другий раз ртуті. Побачимо, що вода уставиць ся в вузшій рамені значно висше, як в ширшій (фіг. 175 *a*) і буде мати поверхню вгнуту, а ртуть значно низше (фіг. 175 *b*) і прийме поверхню вигнуту. — Тому що вузьке рамя

є руркою о дуже тоненькім проводі (як волос), то зовемо єго волосковатою руркою (Haar- oder Kapillarröhrchen), а явище те волосковатостию.

В волосковатій рурці уставляє ся теч, що омочує стіни, висше, а теч, що не омочує стін, низше розени в ширшій посудині. Те піднесенє, зглядно обниженє є тим значнійше, чим вузша рурка.

Причиною того явища є молекулярні сили, іменно сила прилипання і спійности. Коли теч омочує стіни посудини, т. зн. коли сила прилипання частин течі до стін перемагає силу спійности між поодинокими частинами течі, то теч підноситься в волосковатій рурці так довго, доки єї тягар не зрівноважить сили прилипання. В противнім случаю старає ся теч прийняти кулистий вид і обнижає ся.

На волосковатости основує ся те, що нафта в кноті, чорнило в бібулі, вохкість в мурах, соки в ростинах підходять до гори.

§. 139. Закон Архімеда. Завісьмо під коротшою терезкою гідростатичної ваги порожній мосяжний валець c (fig. 176), а під

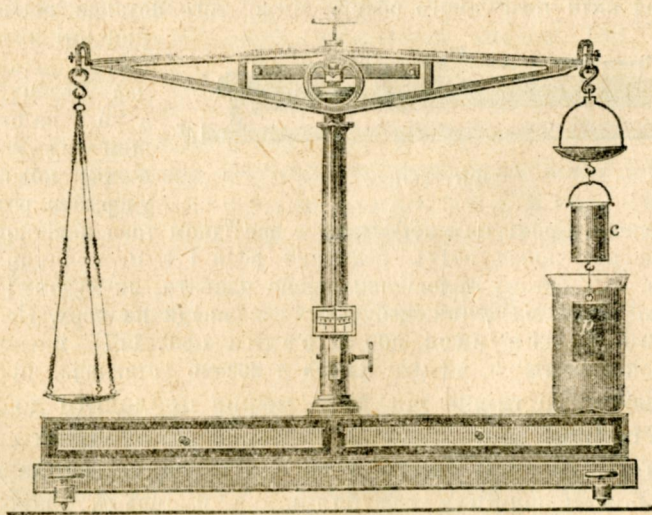


Fig. 176.

ним повний p , що входив би тісно в перший. Приведім вагу до рівноваги (витаруймо) і підставмо посудину з водою, щоби валець p зовсім погрузив ся. Побачимо, що терезка з тарою обнизить ся, значить, валець p через погруженє в воді став лекший. Наповнім порожній валець c водою, а вага поверне назад до рівноваги. — З того слідує, що

Тіло, погнане в теч, тратить сповидно стільки на тягарі, скільки важить теч, витиснена тілом. (Архімед, 250 р. перед Хр.).

Ведро з водою о много легше тягнути до гори, коли оно ще в воді, ніж коли оно над водою. В воді може чоловік підносити великі камені, котрих на поверхні землі не міг би двигнути. Пес притягне потопуючого чоловіка до берега: Вітер, дуючи о вітрила, вправляє в рух величезні кораблі.

§. 140. Плаванє (das Schwimmen). Олово тоне в воді, а дерево виринає на верх. Яйце тоне в воді; колиж станемо досипати до води по трохи соли і мішати, то яйце буде підніматись до гори, а вкінці виплине на верх.

Тіло, погнане в теч, тоне, виринає на верх або плаває у всякій глибині, одвітно тому, чи оно важить більше, чи менше, чи якраз тільки, що витиснена теч.

Тепер легко вирозуміти, длячого залізо тоне в воді, а виринає з ртуті: длячого картопля тоне в чистій воді, а в насиченім розчині соли підходить до гори. — Чортик Декарта. — Людське тіло є трохи легше від води того самого об'єму. Мимо того потапає чоловік, бо (по

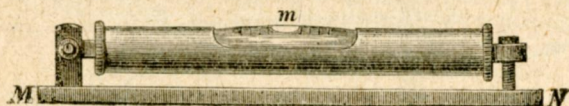


Fig. 177.

причині положення тяготної точки) приймає дозему поставу, а не є на стільки легший від води, щоб в тім положенні міг удержати рот і ніс над

єї поверхнею. Крім того перестрах, а наслідком того невідповідні рухи (витяганє рук понад воду), поликанє води і т. п. причиняють ся до утопленя. — Товстому чоловікови легше плавати, як худому; чому? — Тази, яко легші від течий, добувають ся завсїди на верх. На тім основує ся воздушна вага або лібелля (fig. 177), що служить до того, щоб дізнати ся, чи яка площа є поземо уставлена, чи ні.

Також тіла тяжші від течі можна приладити до плавання. Потреба їх лише достаточно видуплавити або сполучити з одвітно великою кількістю такого тіла, що є значно легше від течі. І так порожня фляшка або бляшанка плавають по воді, а так само кусень заліза, покладений на корок.

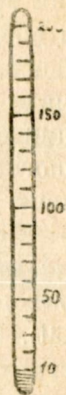
З тої причини легко плавати, коли опережемо ся грубим поясом з корка або надутим кавчуковим поясом.

§. 141. Означенє питомого тягару і густоти тіл. 1. Питомий тягар цїпкого тіла можна означити на основі закону Архімеда при помочи гідростатичної ваги. До того потребуємо знати лиш беззглядний тягар досліджуваного тіла і єго утрату на вазі у воді. Бо коли те тіло важить н. пр. 33 g, а завішене під терезкою гідростатичної ваги тратить у воді на тягарі н. пр.

3 g, то його об'єм виносить 3 cm^3 , отже питомий тягар того тіла (після §. 7. 2.) буде $33\text{ g} : 3 = 11\text{ g}$. — Густина досліджуваного тіла (після §. 7. 3.) буде $33\text{ g} : 3\text{ g} = 11$.

2. Щоби означити питомий тягар течії, завішуємо під коротшою терезкою гідростатичної ваги скляну кульку, наповнену ртуттю і витаровуємо. Відтак означуємо утрату на тягарі сеї кульки в досліджуваній течії і в воді. Перше число подає нам тягар течії того об'єму, що кулька, а друге її об'єм. Коли отже перше число поділимо через друге, то знайдемо питомий тягар досліджуваної течії.

3. Питомий тягар, зглядно густоту, течії можна означити також ареометрами (*ἀραιός* = рідкий). Ареометер (фіг. 178) є то скляна рурка, поділена на рівні частини; до середини дає ся трохи ртуті або шроту, щоби рурка достаточнo погружалася в течях і стійко плавала. Точка, по котру погружає ся ареометер в дистильованій воді, назначена числом 100, а відси іде поділка в гору і в діл. Тому що тягар ареометра рівнає ся тягареві витисненої течії, тож (коли поділка зроблена в сантиметрах) ареометер важить 100 g. Коли відтак ареометер погрузить ся в досліджуваній течії н. пр. по чертку 40, то 40 cm^3 тої течії важить 100 g, а 1 cm^3 важити ме $100\text{ g} : 40 = 2.5\text{ g}$. — Те саме число подає і густоту досліджуваної течії.



Фіг. 178.

Є також ареометри, на котрих при кожній чертці є вписана густина течії, в котрій ареометер до тої чертки погружає ся (дензиметри).

Крім того є ще процентові ареометри, що служать до означення, скільки находит ся в мішанині двох течій одної течії, а скільки другої. — Зпоміж різних процентових ареометрів є найбільше уживаний алькогольометер, котрий подає, скільки літрів алькоголю находит ся в 100 літрах оковити або горівки. Скаля робить ся на ній тим способом, що значить ся зером точку, по котру погрузить ся ареометер в чистій воді, а через 10, 20, 30... 90, 100 точки, по котрі він погрузить ся в мішанині 10, 20, 30... 90, 100 літрів алькоголю з 90, 80, 70... 10, 0 літрами води.

VIII. МЕХАНІКА ГАЗІВ.

(АЕРОМЕХАНІКА).

§. 142. Свійства газів. Коли посудину, наповнену хлором (газом зеленкової барви), лишимо відкрито, то газ сей (хоч він $2\frac{1}{2}$ рази тяжший від воздуха) вже в короткім часі улетить з посудини. — Толок, що пристає щільно до стін вальця, наповненого воздухом, або яким иньшим газом, можна зсунути мало що не до дна; колиж натиск устане, прийме газ первісний обем. — З досвіду знаємо, що частинки воздуха або иньшого якого газу ще легше розсунути, як частинки якоїнебудь течі. — Так отже знаменні свійства газів є слідуєчі:

а) Частинки газів змагають віддалити ся від себе як найдалше, і тому натискають на стіни посудини або на якунебудь запору. Це свійство газів зовемо розпрямністю (Expansität). б) Гази є в високій степені стискаємі і пруживі. в) Частинки газів є легко подвижні.

§. 143. Залежність розпрямности газів від густоти і температури. 1. Чим глибше зсуваємо толк, що входить щільно до вальця, тим більший чуємо опір, а проте тим більшою стає розпрямність газу. — Точні досліди показали, що

При незмінній температурі стає розпрямність газу 2, 3, 4... рази більша, коли его обем стане 2, 3, 4... рази меньший, або густина 2, 3, 4... рази більша. (Закон Boyle'a і Mariotte'a, 1679).

2. Коли ogrіваємо газ, замкнений толоком, а хочемо удержати толк завсїди в тім самім місци, то мусимо притискати его тим більшим тягарем, чим висша температура газу. — Досліджено, що

За підвишенем температури газу о 1° при незміннім обемі збільшаєсь розпрямність о $\frac{1}{273}$ тої розпрямности, яку має газ при 0° . (Закон Gay-Lussac'a, 1802).

Коли при підвишеню температури натиск на газ не змінє ся, то за підвишенем температури о 1° збільшаєсь обем газу о $\frac{1}{273}$ того обему, який має газ при 0° .

Оба ті правила є важні для всіх газів, значить, всі газы заховують ся однаково.

§. 144. Атмосферичний воздух. I. По причині розпрямности змагають частини воздуха віддалитись від себе як найдалше. Однак рівночасно підлягають они силі тяготи, і тому воздух не може віддалити ся від землі, але творить довкола неї ослону. Чим близше землі яка верства воздуха, тим она густійша, бо

горішні веретви натискають на ню своїм тягарем. Висота, до якої сягає воздух, виносить після обчислень понад 300 *km.* — Так отже над кождим тілом, що находить ся на землі, вносьть ся височезний стовп воздуха, і натискає на него цілим своїм тягарем. З причини легкої подвижності частин воздуха розходить ся той натиск на всі сторони рівномірно, і тому тисне воздух на тіло зі всіх сторін з однаковою силою.

II. Величину тиснення воздуха означив Torricelli (1643) слідуючим способом: Скляну рурку, около 80 *cm* довгу і на однім кінці замкнену, наповнив ртутію, а приткавши отворений кінець пальцем, обернув її і вложив до ширшої посудини з ртутію. Коли тепер відняв палець, побачив, що ртуть в рурці не опала до однакової висоти з рівенію в ширшій посудині, але стояла около 76 *cm* повисше неї (фіг. 179). Тому що при наповнюваню рурки уйшов з неї весь воздух, то на ртуть в рурці нема ніякого тиснення з гори, а на ртуть в ширшій посудині тисне атмосферичний воздух цілим своїм тягарем і піддержує в рурці ртутний стовп. — Так отже тиснене внішнього воздуха держить рівновагу з тягарем ртутного стовпа, високого на 76 *cm*. Колиб переріз рурки виносив 1 *cm*², то стовп води, високий на 76 *cm*, важив би 76 *g*, а стовп ртуті тої самої висоти буде важити $13.6 \times 76 \text{ g} = 1033.6 \text{ g} = 1.0336 \text{ kg}$, або кругло 1 *kg*. Отже

Атмосферичний воздух тисне на 1 cm² силою 1 kg. — Тиснене те зовемо одною атмосферою.

Що при досьвіді Торічелього дійсно тиснене внішнього воздуха піддержує стовп ртуті високий на 76 *cm*, доказують слідуючі обставини: а) Коли отворимо рурку в горі, то ртуть опадє в ній до однакової висоти з рівенію в ширшій посудині; б) коли досьвід Торічелього робити мемо на високій горі, то стовп ртуті буде значно низший, як у підніжжя гори; в) коли до досьвіду ужиємо води замість ртуті, то та піднесе ся до висоти $13\frac{1}{2}$ разів більшої, ніж ртуть, отже понад 10 *m*.

Як велике є тиснене воздуха на стіл, якого довгота виносить 2 *m*, а ширина 1 *m*? — Тому що поверхня рослого чоловіка виносить около 1.5 *m*², то дізнає він від внішнього воздуха тиснення около 15000 *kg*. Однак того тиснення не чує чоловік, бо оно розділене рівномірно на цілу поверхню тіла, а відтак воздух і течі, що находить ся у нутрі тіла, держать єму рівновагу. Нагле знищенє тої рівноваги справляє в люд-



Фиг. 179.

ським організмі лихі наслідки. І так н. пр. коли чоловік взнесе ся скоро бальною до значної висоти, то пускає ся кров з уст, носа і очей. — Для цього звичайна сикавка наповнює ся водою, коли її кінець вложимо до води і почнемо витягати толоч?

§. 145. Барометри. Ртутний стовп, піддержуваний тисненем воздуха, виносить не завжди 76 см або 760 мм, але стає корот-

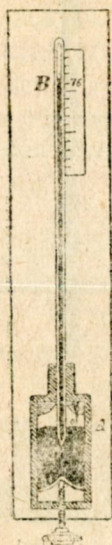


Fig. 180.

ший, то довший. З того слідує, що тиснене воздуха на однім і тім самім місці підлягає змінам. Прилади, що при їх помочи можна змірити (в міліметрах) кожодчасове тиснене воздуха, зовуть ся барометрами (*βαρὺς* = тяжкий).

Вже рурка Торічелього, коли она заосмотрена в поділку, є барометром. Однак барометер такий за мало точний, бо при сильнійшій тисненю воздуха початок поділки (точка зерова) буде находити ся повисше ровени ртуті в ширшій посудині, а при слабшій тисненю понизше. В першій случаю відчитане на поділці тиснене буде меньше, а в другім більше від дійсного. — Зовсім точний є

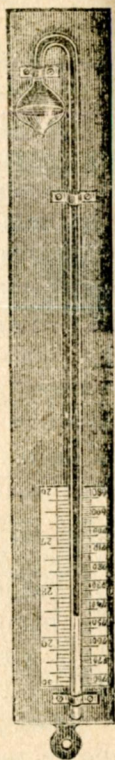


Fig. 181.

Барометер *Fortin'a* (Fig. 180), в котрім дно ширшої посудини є скіряне і дає ся шрубою підносити і спускати, одвітно тому, чи ртуть стоїть понизше, чи повисше точки зерової поділки. Для догідности в відчитуваню барометричного стану є до накривки посудини прикріплене вістрє з слонової кости, яке мусить дотикати поверхні ртуті в ширшій посудині, бо єго кінець є початком поділки.

В грушковім барометрі ширша посудина має вид грушковаї бані (Fig. 181), яка є стало сполучена з рурою. Коли баня є доєить широка, то при зміні тисненя воздуха підносить ся або опадає в ній ртуть лиш незначно, так що стан ртуті в бані можна уважати за незмінний. — Барометру сего не уживає ся при точнійших помірах, але в господарстві він вистарчає.

Дуже вигідні, особливо при наукових подорожах, є барометри металеві або анероїди (*ἀνερως* = теч і *αἰρίων*). Горішнє пружине дно металевої пушки, що містить в собі розріджений воздух, угинає ся

менше або більше під натиском виїшного воздуха, а рух той передає ся при помочи підйомового механізму на стрілку, що посуває ся по поділіці.

Ужиток барометра. Тому що водна пара є легша від воздуха (1 л водної пари важить близько 0.6 рази стілько, що 1 л воздуха при тій самій температурі і розпрямности), то барометричний стан мусить бути тим низший, чим більше у воздуху пари. Коли отже барометер опадає, належить надіяти ся слоти, а в противнім случаю погоди. Однак з барометричного стану одної місцевости ще не можна на певно заключати на стан погоди: треба знати тисненя воздуха на більшу просторонь довкола, а відтак звачати на напрям і силу вітру, на вохкість воздуха і на температуру. Нагле і значне обнижене барометричного стовпа є звичайно віщуном бурі. — Тому що ртутний стовп барометра обнижає ся тим більше, чим висше піднимаємо ся понад ровень моря, то барометра можна ужити також до поміру висоти гір.

§. 146. Манометри (*μανός* = рідкий, тонкий) є прилади, що служать до поміру тисненя або розпрямности замкнених газів і пар. Коли тисненє газу не є дуже велике, уживаємо манометра, представленого на фіг. 182. Нашрубавши сю руру кінцем *a* на посудину з газом, якого розпрямність хочемо змірити, дивимо ся, о скілько висше стоїть ртуть в рамеви *cd*, ніж в *cb*. Тому що зразу стояла ртуть в обох раменах рівно високо, то різниця в висоті стовпів ртуті обох рамен подає, о скілько розпрямність замкненого газу є більша від розпрямности виїшного воздуха. Коли додамо до того ще тисненє виїшного воздуха, означене посередством барометра, одержимо розпрямність замкненого газу.

Коли розпрямність замкненого газу є велика, то уживаємо манометра з закритим раменем *cd*. Мірою розпрямности газу є (після закона Маріотта) зменьшене обему воздуха, що замкнений в рамени *cd*.



Фиг. 182.



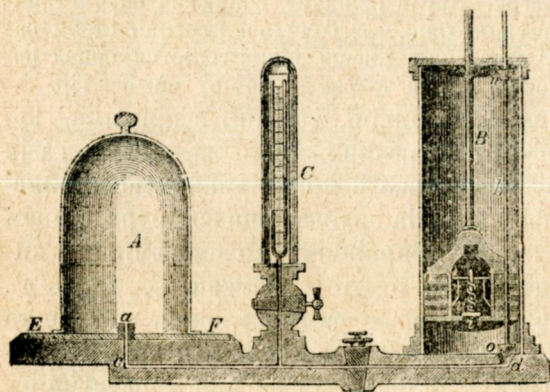
Фиг. 183.

§. 147. Воздушні помпи. I. Згущаюча помпа (*Kompressionspumpe*) служить до згушення воздуха в якімсь просторі. Є то металевий або скляний валець, заосмотрений близько накривки в малий отвір *o* (фіг. 183), а в долі в затичку *c*, що отвиряє ся на виї; в середині вальця находит ся тісно прилягаючий до стін толлок *k*. — Коли підтягнемо толлок аж понад отвір *o*, то виїшний воздух входить тим отвором до пустого вальця; колиж відтак станемо зсувати толлок в діл, то стиснений воздух отвиряє затичку *c* і входить до

пришрубованої посудини. Те саме повторяє ся при слідуючих порушеннях толока.

Згущаючих помп уживає ся при вітрівках, де згущений воздух вигонює кулю: при пневматичних почтах, де згущений воздух посуває поштову посилку рурами на місце призначення; при нуркових дзвонах до вноповання свіжого воздуха; при роверах і т. п.

II. *Розріджуюча помпа* (Verdünnungspumpe) служить до розрідження воздуха в замкненім просторі. Складає ся она з вальця *B* (фіг. 184), в котрім знаходиться наскрізь проверчений толок. Від дна



Фіг. 184.

вальця веде вузький провід *dca* до т. зв. тарелі т. є. добре вигладженої круглої плити *EF*, на якій ставляється скляний дзвін *A*. Отвори в толоку і дні вальця замикаються затичками, що отвораються до гори. До затички *o* в дні є прикріплений тонкий

прутик *b*, що переходить тісно через толок і є заосмотрений в горі в запору *n*. — Коли почнемо підтягати толок до гори, то зараз підноситься і затичка *o*, але лиш незначно, бо сейчас опрє запора *n* о накривку вальця. Тому що під толоком повстає майже безвоздушний простір, то воздух зіпд дзвона *A* напливає до вальця, а через те густота єго меншає. Коли тепер почнемо спускати толок, то затичка *o* сейчас замикає ся, а стиснений воздух отвирає затичку *i* в толоку і уходить на внї. Тим способом стає воздух під дзвоном за кожним підтягненєм толока що раз рідший. — До міреня, о скілько розрідив ся воздух під дзвоном, служить барометрична проба *C*. Є то скляна рурка, зігнєна в два рівно довгі (20—30 см) рамена, з котрих одно є засклеплене і виповнене ртутію. Проба та знаходить ся під скляним колпаком, що своїть в сполученю з дзвоном *A*. В міру розрідження воздуха в *A*, розріджує ся також воздух в *C*, через що ртуть в закритім рамени опадає, а в відкритім підноситься. Різниця в висоті ртутних стовпів обох рамен є пропорціональна густоті воздуха в *A*.

Досьвіди з розріджуючою помпою. Вже по кількох піднесеннях толока прилягає дзвін з такою силою до тарелі, що годі його відорвати. Коли замість скляного дзвона покладемо на таріль валець, зав'язаний міхуром, і почнемо виpomповувати воздух, то під натиском вишнього воздуха пукне міхур з гуком. Дві металеві півкулі (fig. 185) пристають до себе по виpomпованю з них воздуха так сильно, що треба значної сили, щоб їх розірвати (Otto Guericke в Магдебурзі, 1654). Міхур зімнений, а добре зав'язаний, надуває ся під дзвоном, коли почнемо помпувати воздух зпід дзвона. З води, пива..., добувають ся баньки воздуха і угляного квасу. З орхів, дерева..., вкинутих до води, виходить воздух; коли відтак випустимо воздух під дзвін, то вода втискає ся в порожні пори, через що стає дерево нераз так тяжке, що тоне. Тим способом барвлять дерево, або напускають такими течами, що хоронять его перед бутвінем і гнитєм. — Вода, огріта до $60^{\circ} C$, кипить під дзвоном підчас помповання воздуха. Запалена свічка гасне, а звіріята перестають жити по виpomпованю воздуха зпід дзвона. — В рурі, з котрої виpomповано воздух, кусник олова, дерева і паперу падають рівночасно на діл.

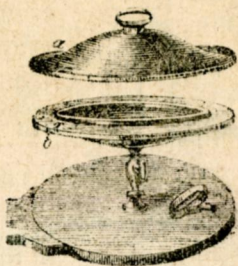


Fig. 185.

§. 148. Прилади, що основується на тисненню воздуха. 1. Баня Герона (Heronsball) є то посудина металева або скляна виду

вальця або бані (fig. 186) до котрої входить рурка, що сягає мало що не до дна. Коли наповнимо сю посудину до $\frac{2}{3}$ водою, а відтак станемо виpomповувати воздух, то той, назбираючись над поверхнею води, тисне так сильно на воду, що она витрискує в виді фонтани. (Герон 284—241 перед Р. Хр.).

Чому вода з бані Герона трисне до гори, коли баню огріємо?

2. Простий лівар (Stechheber) є пряма скляна або металева рурка, на обох кінцях отворена, а в однім місці трохи розширена (fig. 187).

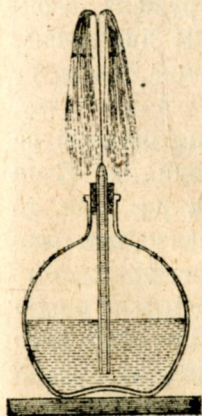


Fig. 186.

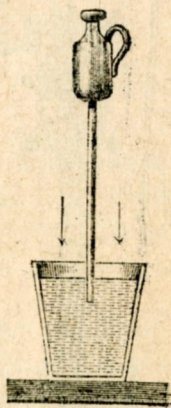
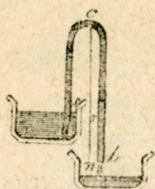


Fig. 187.

Коли долішній кінець вложимо до посудини з водою, а при горішнім станемо висисати воздух, то вода буде підносити ся чим раз висше, а в кінці виповнить лілу рурку. Коли тепер закриємо горішній кінець пальцем, то можемо піднести лівар до гори, а вода не витече. Чому?

На тій самій засаді основується: чародійська лійка, чародійський збанок, чародійське сито.

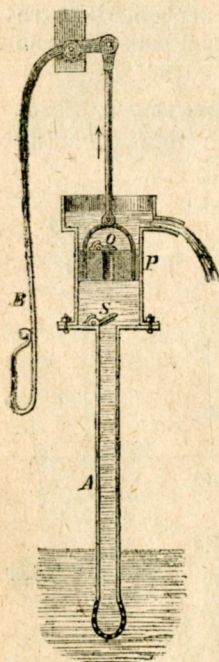
3. *Кривий лівар* (Hrummheber) є то — рурка, зігнена в два нерівні рамена (фіг. 188). Коли коротше рамя вложимо до посудини з течією, а при кінці довшого рамени станемо висисати воздух, то теч виповнить цілу рурку і буде випливати кінцем *b* так довго, як довго коротше рамя погружене в течі.



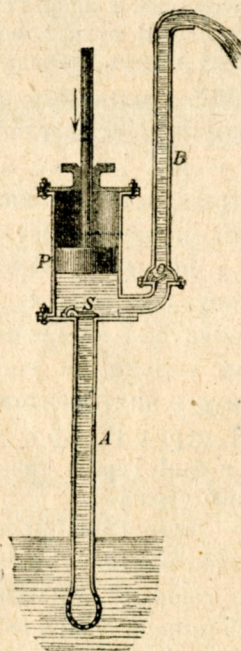
Фіг. 188.

Пояснене: При *a* і *b* тисне воздух до гори з силою одної атмосфери або з силою 1 kg (если переріз рурки виносить 1 cm^2). Тисненню при *a* протидіає тягар водного стовпа *ca*, що виносить н. пр. $\frac{1}{4}\text{ kg}$, а тисненню при *b* тягар більшого водного стовпа *cb*, н. пр. $\frac{1}{2}\text{ kg}$. Отже тиснене воздуха при *a* виносить в дійсности $\frac{3}{4}\text{ kg}$, а при *b* $\frac{1}{2}\text{ kg}$. Тому що перше тиснене є більше від другого, то теч мусить підніматися до гори.

Кривого лівара уживаєся до перенесення течі з одної посудини до другої, особливо до спускання вина.



Фіг. 189.



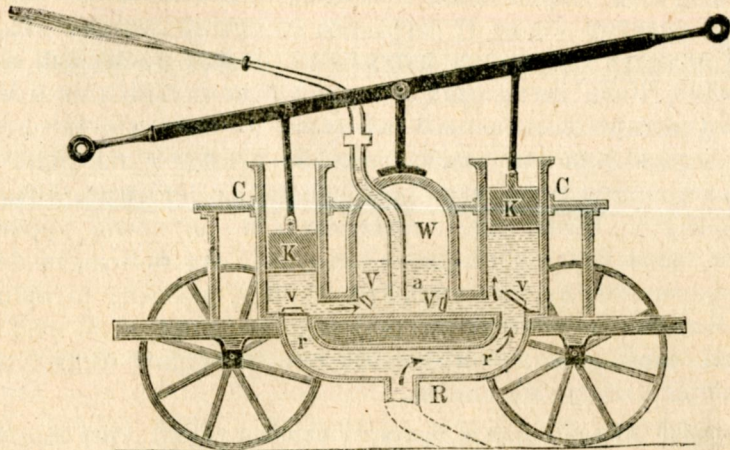
Фіг. 190.

4. *Осуша помпа* (Saugpumpe) складаєся з вальця *P* (фіг. 189), в котрім порушаєся толоч, проверчений з гори на діл. Продовженєм вальця є рура *A*, погружена своїм кінцем в воду. В дні вальця находить ся затичка *S*, а друга така затичка *O* є в толочу. Крім того є ще бічна рура до відпливу води. — Коли піднесемо толоч до гори, то під ним повстає майже безвоздушний простір, і тому воздух, що находить ся в рурі *A* і має густоту внішнього воздуха, підносить затичку *S* і входить до вальця *P*; рівночасно піднімає ся вода в рурі *A*. При спусканю толоча згущує ся воздух в вальці, замикає долішню затичку, а отвиряє горішню, і виходить на вні. При повторнім підношеню толоча розріджує ся воздух в *A* ще більше, а вода підходить ще вище, аж вікниці дістає ся до вальця *P*. Коли тепер спускаємо

рає горішню, і виходить на вні. При повторнім підношеню толоча розріджує ся воздух в *A* ще більше, а вода підходить ще вище, аж вікниці дістає ся до вальця *P*. Коли тепер спускаємо

толок знов на діл, то вода отвирає горішню затичку і виходить над толок, а відтак при піднесені толока впливає бічною трубою.

5. *Гнєтуха помпа* (Druckpumpe) різнить ся від попередньої тим, що толок не є проверчений, а відпливна рура *D* (фіг. 190) находить ся при дні і має затичку *O*, що отвирає ся на внї. — Помпи тої уживаємо, коли хочемо піднести воду до значної висоти, а відтак при гідравлічній прасі, при пожарній сикавці і т. д.



Фіг. 191.

6. *Пожарна сикавка* (Feuerspritze) складає ся з двох гнєтучих помп і бані Герона *W* (фіг. 191). Підчас коли одна помпа єсе воду трубою *R* з бочки або студні, друга втискає її до бані. Тим способом наповняє ся баня що раз більше водою, котра під натиском воздуха згущеного в бані витрискує до значної висоти.

7. *Димач* (Blasebalg) складає ся з двох дощинок, сполучених з собою шкіркою так, що творять замкнений простір. В одній дощині находить ся отвір з затичкою, що отвирає ся до середини. — Підчас віддалення дощинок від себе входить воздух до димача, а підчас зближення виходить трубою, що находить ся при єго кінці.

§. 149. Закон Архімеда. Бальони. I. На однім кінці коромисла малої ваги висить зі скла видута куля, а на другім такий металевий тягарчик, щоби у воздуху була рівновага. Даймо ту вагу під дзвін розріджуючої помпи і випомпуймо з під него

воздух, то рамя з кулею обнизить ся. — Досьвід сей переконує нас, що закон Архімеда є важний і для газів.

Що є тяжше, чи 1 *kg* піря, чи 1 *kg* заліза? Коли є вага тіла, важеного на воздуху, правдива? Чому дим, що в воздуху іде до гори, опадає на долину під дзвоном розріджуючої помпи?

II. Бальйони, т. є. прилади до воздушної плавби, основується на тім, що кожде тіло, котре важить менше, як витиснений ним воздух, мусить піднимати ся в гору.

Бальйон то велика куля, зроблена з шовкової матерії, потягнутої лякером. Кулю ту наповняє ся газом, легшим від воздуха, і накидує ся на ню шнур, до котрих привязана лодка для людей. Коли тягар бальйона враз з лодкою і людьми є менший від тягару витисненого воздуха, то бальйон підносить ся в гору, однак лиш так довго, доки не прийде в так рідкі верстви воздуха, що тягар єго зрівноважить ся з тягарем витисненого воздуха. Щоби ще вище підняти ся, треба викинути з лодки трохи балаясту (мішки з піском). Коли хочемо, щоби бальйон опускав ся, мусимо отворити затичку, уміщену в горішній частині бальйона, потягаючи за шнурок, прив'язаний до неї; тоді виходить часть газу, об'єм бальйона стає менший, бальйон витискає менше воздуха і опадає.

Перший бальйон зладили братя Montgolfier (1783). Свій бальйон наповняли они воздуху, розрідженим через огріванє. Описали наповнюванє бальйони воднем, а тепер уживають до того дешевшого світільного газу. — Через довгий час мали бальйони сю хибу, що не можна було ними кермувати, але в останніх часах побороно сю трудність і нині маємо бальйони з дуже добрими приладами до кермуваня (Zeppehn, 1908).

ІХ. ОСНОВИ КОСМОГРАФІЇ

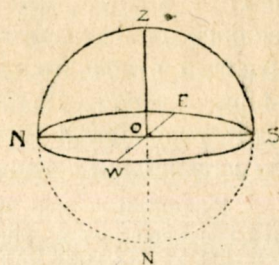
І МАТЕМАТИЧНОЇ ГЕОГРАФІЇ.

§. 150. Горизонт; зеніт, надір. Коли станемо на отвертім місци землі, то бачимо довкруги себе розлогу площу, над якою взноситься небесний звід в виді сплющеної півкулі. Нам видає ся, немов земна площа дотикає небесного зводу по обводі кола, а ми находимо ся в єго осередку. Коло то зове ся овидом або горизонтом (сповидним), а обмежена ним поверхня землі поверхнею горизонту. За зміною місця на землі змінє ся також горизонт. — Тому що на кождім місци землі представляє ся нам той сам вид, то заключаємо, що земля находить

ся в осередку небесної кулі, яку горизонт кожного місця ділить на дві півкулі; одна з тих півкуль NZS (фіг. 192) взноситься над нашими головами, а друга лежить під нашим горизонтом.

Нормальна лінія, побудована в осередку горизонту O , трапляє небесний звід в точці Z , званій **зенітом**. Продовження тої нормальної по під горизонт визначає на другій півкулі надір N .

§. 151. Чотири сторони світа. Сонце виходить з під горизонту або сходить все в тій самій стороні світа (схід, *der Osten*), а піднімаючись що раз вище і вище на небеснім зводі, доходить до найвищої точки в порі дня, яку зовемо полуднем (*der Mittag*): відтак опускаєсь оно чим раз нижше, а вкінці заходить під горизонт по противній стороні світа (захід, *der Westen*). Станувши лицем до сходу, маємо по лівій руці північ (*Norden*), а по правій полудне (*Süden*).



Фиг. 192.

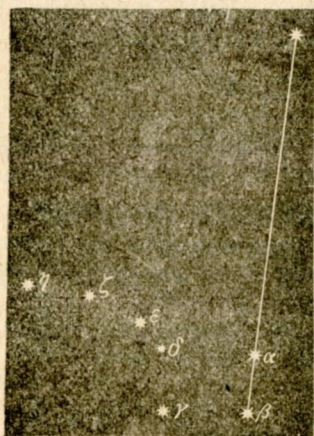
Приглядаючись сходови і заходови сонця в різних порах року, замічаємо, що оно сходить кожного дня вправді в східній стороні, а заходить на західній, однак не завжди в тій самій точці. Дня 21. марта і 23. вересня сходить оно по середині сторони східної, а заходить по середині сторони західної. Точки ті зовуться: точка східна (*Ostpunkt*) E , і точка західна (*Westpunkt*) W (фіг. 192). Лінія, поведена через місце, в котрім стоїмо, нормально до лінії, що сполучає точку східну з західною, визначає на горизонті точку північну N і полудневу S (*Nord- und Südpunkt*). Лінія NS зовеся полуденною лінією (*Mittagslinie*).

§. 152. Вид озьвізденого неба. На небеснім зводі бачимо по заході сонця множество зьвізд, а від часу до часу також місяць. Ті небесні тіла є неначе прикріплені до небесного зводу, бо ми не в силі достережи їх різного віддалення від нас. Під час погідної, немісячної ночі бачимо ще на тлі неба широку білаву смугу в нацямі від півночі до полудня, яку зовемо чумацькою або молочною дорогою (*Milchstraße*). Спостерігаючи на ню через телескоп, спостерігаємо, що она складаєся з множества дрібних, близько себе положених зьвізд.

Переважна часть зьвізд не змінює свого положення зглядом себе. Зьвізди ті зовемо неподвижними або сталими (*Fixsterne*) і після степені ясности ділимо їх на класи: Най-

ясніші називаємо зльїздами першої класи, менше ясні зльїздами другої класи і т. д. Свобідним оком бачимо зльїзди аж до 6-ої класи (разом около 12000 зльїзд); зльїзди прочих клас аж до 17-ої можемо бачити лиш при помочи телескопів. — Для легшого зорієнтованя на небі поділено неподвижні зльїзди на громади або констеляції і подавано їм імена ріжних зльїрат і героїв. Деякі ясніші зльїзди поодиноких констеляцій мають свої окремі імена, а менше ясні означає ся грецькими або латинськими буквами.

Важніші, у нас видні, констеляції є: Великий віз або Велика медведиця, громада зложена з 7 яєних зльїзд, з яких чотири α , β , γ і δ (фіг. 193) представляють колеса, а прочі три ϵ , ζ і η лишеь вoза. Коли сполучимо ліве задне колесо з правим і продовжимо сю лінію о п'ятикратну єї довжину, то стрінемо зльїзду полярну, що є послідною зльїздою динця Малеого вoза. Лінія, що сполучає праве



фіг. 193.

передне колесо Великого вoза з полярною зльїздою, іде в продовженю через констеляцію Кассіопея (в молочній дорозі) подібну видом до латинської букви W, відтак попри Андромеду, а дальше творить один бік квадрату Пегаса. Продовжена в противну сторону, іде ся лінія поміж констеляціями: Великий лев і Діва. Лінія нормальна до попередньої, що виходить із полярної зльїзди в напрямі противнім до динця Великого вoза, переходить через великий шестикутник, утворений із шести зльїзд 1-ої класи, з котрих кожда належить до иньної констеляції. По правій стороні тої лінії лежать констеляції: Візник з зльїздою Коза (Capella), Бик з зльїздою Альдебаран і Оріон з зльїздою Рігель. В констеляції Бика находить ся група Плеяд

(Квочка з курчатами) і Гіад (Чениги), котрі є зіставлені в виді латинського V і заключають в собі червоного Альдебарана. Оріона легко пізнати по трох зльїздах, стоячих побіч себе в прямій лінії (Косарі). — По лівій стороні повисної лінії лежать констеляції: Близнюки (виду римського II) з головними зльїздами Кастор і Полукс, Малий пєс з зльїздою Прокіон і Великий пєс з дуже ясною зльїздою Сирій. Оріон, Малий і Великий пєс видні у нас лише в зимі через цілу ніч; в літі находят ся они близько сонця, з яким майже рівночасно сходять і заходять. — Повисна лінія, продовжена від полярної зльїзди в противну сторону, іде поміж констеляціями: Ліра і Орел та Гераклъ і Офіюх. (Глянь карту північного небесного зводу в географічнім атласі).

Вже в старині замічено кілька зьвізд, які з дня на день змінюють своє положенє зглядом прочих зьвізд. Видає ся іменно, що они в одній часті своїй дороги порушають ся від сходу на захід, відтак через якийсь час стоять на однім місці, а онісля порушають ся від заходу на схід; взагалі при поверховнім помічуваню здає ся, немов они порушають ся без ладу, і тому названо їх планетами (*planētai* — блукаю ся). Доси звісних є 8 великих планет (Меркур, Венера, Земля, Марс, Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун) і около 800 малих, званих планетоїдами.

Для вільного ока ріжнять ся планети небогато від неподвижних зьвізд: они не іскрять ся так дуже, як сі послідні, але сьвітять спокійним сьвітлом. Через телескопи бачимо їх яко сьвітячі кружки, а неподвижні зьвізди завсїди (навіть при найсильнїйшій побільшеню) яко сьвітячі точки. — Головні планети (до Сатурна включно) можна бачити вільним оком і они були звісні вже в старині.

Деколи появляють ся на небі нечаяно небесні тіла, котрі скоро порушають ся і по коротшій або довшій часі зникають. Они мають найчастїйше вид зьвізд, окружених сьвітячою атмосферою, яка нераз є видовжена в сьвітячу смугу, званю мітлою або хвостом. Задля того виду і названо їх хвостатими зьвіздами або кометами. — Часто знов можна бачити поміж зьвіздами сьвітячу точку, що через кілька хвиль дуже скоро порушає ся а відтак зникає. То падучі зьвізди (*Sternschnuppen*). Є то малі небесні тіла, що дуже скоро порушають ся, а коли перетинають атмосферу землі, то розжаряють ся через тертє і сьвітять; колиж прийдуть надто близько землі, то падуть на ню яко огнені кулі (метеори).

Падучі зьвізди появляють ся у всіх порах року, але часами (8—12 серпня і 11—14 падолиста) являє ся їх таке множество, що можна їх порівнати з зьвіздяним дощем або роєм.

§. 153. Сповидний рух неподвижних зьвізд. Приглядаючись уважно через довший час озьвіздленому небу, замічаємо, що неподвижні зьвізди відбувають подібний рух, як сонце: Появившись у східній стороні горизонту, піднимають ся они чим раз висше, відтак знижають ся і заходять по західній стороні. — Коли уставимо довшу руру в таке положенє, щобисмо скрізь ню бачили полярну зьвізду, а до рури прикріпимо прутик під таким кутом, щобисмо здовж прутика бачили якусь зьвізду, то зможемо слїдити за сею зьвіздою на небі, коли руру обертати мемо около її осі, не змінюючи кута між прутиком а рурою. Прутик опише при тім бічницю стїжка, а її продовженє

визначить на зводі неба коло, що є дорогою досліджуваної зьвізди. Площа того кола є нормальна до осі рури. Коли звернемо прутик на иньшу зьвізду, то дорога її буде знов колом, рівнобіжним до попереднього. При тім видає ся, що полярна зьвізда стоїть на однім місці; однак при точнійшій досліджуваню замiтимо, що і она описує мале коло о промірі 3° . Осередок того кола зове ся північним бігуном сьвіта (Himmels-pol). Лінія, що сполучає бігун з осередком землі, т. є. з осередком правдивого або астрономічного горизонту, зове ся осію сьвіта (Weltachse), а та часть її, що переходить через землю, осію землею (Erdachse). Продовження осі визначає на полудневій півкулі неба полудневий бігун сьвіта. Площа, поведена через зеніт якогось місця і вісь сьвіта, визначає на небесній кулі полуденник (Meridian) того місця. Полуденник перетинає горизонт в точці північній і полудневій.

Так отже всі неподвижні зьвізди описують на небесім зводі рівнобіжні до себе кола. Площі тих кол стоять нормально до осі сьвіта PP_1 (fig. 194) і є наклонені до горизонту NS місця помічування. Ті кола (ab , $BC...$) зовуть ся рівнолежниками (Parallelkreise), а рівнолежник RR , що ділить небесну кулю на

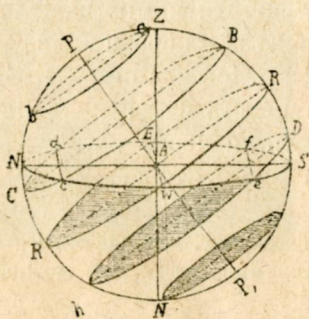


Fig. 194.

півкулю північну і полудневу, зове ся рівником (Aequator). Площа рівника перетинає горизонт в точці східній і західній. — Рівнолежники зьвізд, що є близько полярної зьвізди, лежать в цілости над нашим горизонтом. Зьвізди ті, звані прибігуновими, ні сходять, ні заходять. Рівнолежники иньших зьвізд перетинає наш горизонт на дві части. Часть, положена над горизонтом, зове ся луком денним (Tagbogen) зьвізди, а часть,

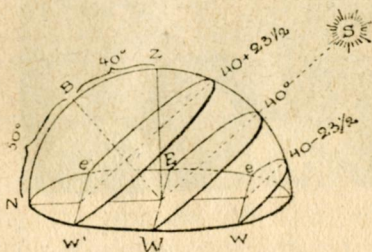
що лежить під горизонтом, луком нічним (Nachtbogen). Денні луки зьвізд, положених на північній півкулі неба, є більші від нічних луків, а місця сходу тих зьвізд є тим ближше північної точки горизонту, чим більше віддалені їх рівнолежники від рівника. Противне має вагу для зьвізд, положених на полудневій півкулі неба. Зьвізда, що обігає рівник, має лук денний рівний нічному, а сходить і заходить в східній і західній точці горизонту. — Зьвізда досягає найбільшої висоти

або кульмінує, коли переходить через полуденник. Сходячи відтак що раз низше, переходить она другий раз через полуденник (долішна кульмінація).

Тому, що при тім спільнім руху неподвижних зьвізд зьвізди не змінюють своїх місць зглядом себе, то видає ся нам, як колиб ціла небесна куля зі всіми зьвіздами обертала ся довкола оси сьвіта. Час, в яким небесна куля виконує один повний оборот довкола оси сьвіта від сходу через полудне на захід, отже час, який минає від одної кульмінації якоїсь зьвізди до такої самої слідууючої кульмінації, зове ся зьвіздовим днем (Sterntag), а властиво зьвіздовою добою.

Рух озьвізденого неба представляє ся з різних точок землі ріжно. Фігура 194. представляє его так, як він обявляє ся з місця, положеного під 50° північної ширини. Коли точка помічування посуває ся до земного бігуна, то горизонт обертає ся ід рівникови, а число прибігунових зьвізд стає що раз більше. Прийде точка помічування в бігун, то всі зьвізди північної півкулі стануть прибігуновими, а зьвізди полудневої півкулі будуть невидимі. Колиж точка помічування зближає ся до рівника, то горизонт обертає ся ід оси сьвіта: число прибігунових зьвізд і різниця між луком денним а нічним чим раз меншають, а вкінці для точки на рівнику всі рівнолежники будуть переполовлені горизонтом, значить, денні і нічні луки всіх зьвізд будуть рівні.

§. 154. Сповідний рух сонця. I. Денний рух сонця (добачуваний з місця під 50° півн. ширини). Дня 21. марта день є рівний ночі, а проте сонце обігає рівник. Оно сходить о 6. год. рано в точці східній, а заходить о 6. год. вечером в точці західній. Весняне рівноденне (Frühlingsäquinoctium). Висота сонця в саме полудне виносить около 40° (фіг. 195). В слідующих днях стає день що раз довший, сонце сходить що раз дальше на північ від східної точки і підносить ся в полудне що раз висше, значить, оно обігає рівнолежники, віддалені від рівника що раз більше на північ. Дня 21 червня є день найдовший (ніч найкоротша), а місця сходу і заходу сонця є висунені найдальше на північ, значить, сонце обігає того дня рівнолежник, віддалений від рівника найдальше на північ (о $23\frac{1}{2}^\circ$), і досягає в полудне найбільшої висоти ($40 + 23\frac{1}{2} = 63\frac{1}{2}^\circ$). Рівно-



Фіг. 195.

лежник той зове ся зворотником рака (Wendekreis des Krebses), бо тепер завертає сонце, обігаючи рівнолежники щораз ближші до рівника, через що дні раз-враз меншають, а ночі стають довші. Дня 23. вересня другий раз в році є день рівний ночі (осіннє рівнодення), а проте обігає сонце знов рівник. Від тепер місця сходу і заходу сонця пересувають ся щораз більше ід полудню, а день ще дальше меншає, бо сонце обігає рівнолежники, чим раз більше віддалені на полудне від рівника. Вкінці 21. грудня день є найкоротший, а ніч найдовша; точки сходу і заходу сонця є найдальше висунені на полудне, а висота сонця в полудне найменша ($40 - 23\frac{1}{2} = 16\frac{1}{2}^{\circ}$). Рівнолежник, який того дня сонце обігає, є віддалений о $23\frac{1}{2}^{\circ}$ на полудне від рівника і зове ся зворотником козорога (Wendekreis des Steinbocks), бо тепер порушає ся сонце назад по рівнолежниках чим раз ближших до рівника, а 21. марта приходить знов в рівник. Час, який минає між двома весняними рівноденнями, зове ся тропічним (зворотниковим) роком.

II. *Річний рух сонця поміж констеляціями.* Коли якогось дня введовзі по заході сонця помітимо на західній части неба якусь констеляцію зьвізд, то вже по кількох днях та констеляція зникне в лучах заходячого сонця, а на її місці стане инша,

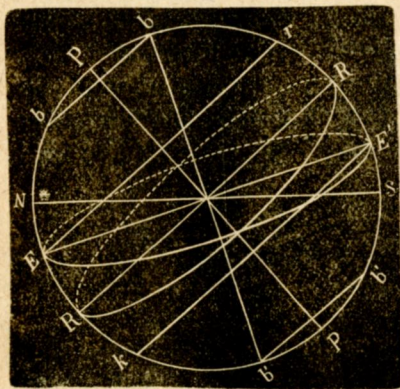


Fig. 196.

положена від попередньої на схід. Так порушає ся сонце від констеляції до констеляції, доки не верне назад до первісно поміченої. Колиб ми сполучили всі ті констеляції, то одержимо коло, по котрім сонце порушає ся сповидно від заходу на схід. Коло те зовемо екліптикою, а час, в яким сонце єго обігає, зьвіздовим або сидеричним роком. В тім часі виконує сонце 365·25636 денних обігів довкола землі.

Екліптика EE' (фіг. 196) перетинає рівник RR в двох точках під кутом $23\frac{1}{2}^{\circ}$. В одній з тих точок находить ся сонце 21. марта (весняна точка), а в другій 23. вересня (осіння точка). Північна половина екліптики досягає 21. червня зворотника рака $E\gamma$ в точці літної перемоги сонця (Sommer-

solstitium), а полуднева досягає 21. грудня зворотника козорога E^k в точці зимової перемоги сонця (Wintersolstitium). Лінія bb' нормальна до площі екліптики, побудовна в її осередку, перетинає звід неба в двох точках b і b' , званих бігунами екліптики. Кола, які описують сповидно бігуни екліптики по причині денного руху небесної кулі, зовуться бігуновими колами (Polarkreise). Вони віддалені від бігунів сьвіта о $23\frac{1}{2}^\circ$.

Екліптика переходить через 12 констеляцій, що становлять т. зв. небесний зьвірінець або зодіак. Поодинокі констеляції не займають рівних просторів, однак задля упрощення річі поділено цілий зодіакальний пояс на 12 рівних частин і надано їм слідуєчі назви: Баран, Бик, Близнюки, Рак, Лев, Діва, Вага, Медведюк, Стрілець, Козоріг, Водонос, Риби.

§. 155. Міренє часу. Калєндар. Зьвіздовий день задля своєї незмінної довготи надає ся найлучше на одиницю до міреня часу. Однак занятя шоденного житя нормують ся після сонця, і тому прийнято за одиницю часу сонїшний день, т. є. час який минає між двома по собі слідуєчими кульмінаціями сонця. Сонїшний день є трохи довший (майже о 4 мінути), як зьвіздовий, бо сонце поступає що день майже о 1° наперед; відтак є він змінною величиною, бо сонце порушає ся по екліптиці нерівномірним рухом, а крім того екліптика є наклонєна до рівника. Щоби мати рівно довгі дні, заведено т. зв. середний сонїшний день. Є то час, який минає би між двома кульмінаціями такого сонця, котре з рівномірною скоростію обїгало би рівник в тім часї, що дійсне сонце екліптику. Середний день ділить ся на 24 годин.

Правдивий сонїшний час не згоджує ся з середним, так що коли в якїмсь місці сонце кульмінує, значить, є дійсне полудне, треба до 12-ої години щось додати або від неї відняти, щоби одержати середній час. Найбільша різниця між середним а правдивим часом є в падолисті (— 16 мін.) і в лютім (+ 14 мін.). Сонїшні годинники подають правдивий час, а механїчні регулюють ся після середного часу.

За висшу одиницю часу прийнято зворотниковий рік, котрий має 365·24224 середних сонїшних днів або 365 днів, 5 годин, 48 мінут, 49·5 секунд. Однак горожанський рік мусить складати ся з цілого числа днів, тому вже Єгиптяни числили рік по 365 днів, пропускаючи майже $\frac{1}{4}$ дня. Наслїдком тої неточности виносила похибка в 4 літах майже 1 день, а в 100 літах 25 днів, так що по 100 літах припадало би весняне рівноденнє в лютім, а по 500 літах в жовтні, значить, жовтєнь,

падолист і грудень були би весняні місяці. Щоби тому зарадити, прийняв Юлій Цезар (46. р. пер. Хр.) рік о $365\frac{1}{4}$ днях, приказуючи числити звичайний рік по 365 днів, а кожний четвертий по 366 днів. Він прийняв рік за великий о 11 мін. 10·5 сек., що чинить в 400 літах 3·104 дн. Християнська церква прийняла на Нікейському соборі (325 р.) Юліянський календар і справила похибки, які вийшли до того часу, а що 328 р. узнано за перший в чотиролітнім періоді, то літа ділимі через 4 мали бути переступні; однак причини злого не усунено на Нікейському соборі. До 1582 р. уросла та похибка вже на 10 днів, так що весняне рівнодення припадало на 11. марта. Задля того розпорядив папа Григорій ХІІІ., щоби по 4. жовтня 1582 числити зараз 15. жовтня, а на будучність що 400 літ викидати три переступні дні, приймаючи лиш ті століття за переступні, що є ділимі через 400. Так отже роки 1700, 1800, 1900 є в Григоріанському календарі роками звичайними, але в Юліянському переступними.

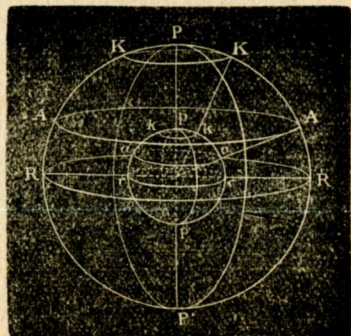
Григоріанський рік є о 0·0003 дня довший від правдивого, а то чинить похибку майже 1 дня в 3300 літах.

§. 156. Вид і розміри землі. Земля є взагалі кулиста. О тім переконують нас слідуєчі обставини: 1) Горизонт на всіх місцях землі є колом. 2) Чим висше взносимо ся понад землю, тим більше ширшає горизонт, але все остає колом. 3) Приближаючись до високих предметів, видимо найперше їх вершки, а в міру приближення також низші части. 4) Землю можна обіхати, ідучи все в ту саму сторону сьвіта. 5) Тінь землі під час затьміння місяця є кругла. 6) Сонце і зьвізди сходять в місцевостях положеннх на схід вчаснійше, чим у нас, а з того слідує, що земля мусить бути закривлена від сходу на захід. 7) Ідучи з півночі на полудне, замічаємо, що північні зьвізди поволі зникають, а появляють ся полудневі. З того слідує, що земля є закривлена також з півночі на полудне.

Точні поміри виказали, що земля є сплющеною кулею, бо луч земного рівника обчислено на 6377 *km*, а $\frac{1}{2}$ земної осі на 6356 *km*. Супроти так великих розмірів землі навіть найвиспі гори (8·8 *km*) не псують кулистого єї виду.

Величина землі в порівнянню до величини і віддалення сонця є дуже мала. Обчислено, що луч сонця виносить 110 земних лучів, єго обем 1·4 міліона обемів землі, а єго віддаленє від землі 20 міліонів миль. Віддаленє неподвижних зьвізд від землі є ще більше, бо найблизша з них є від нас дальше, як 4 біліони миль.

§. 157. Полуденники і рівнолежники земні відповідають зв'язним вже (§. 154) колам на небі. І так площа якогонебудь небесного полуденника PP' (фіг. 197) перетинає землю в лінії коловій pp' , котра є земним полуденником, а площа небесного рівника RR визначає на землі земний рівник rr . Лінія, що сполучає осередок землі з довільним рівнолежником неба, зачеркує підчас повного обороту небесної кулі одвітний земний рівнолежник. Тим способом лінія, що лучить осередок землі з небесним зворотником рака AA , зглядно з бігуновим колом KK , визначає на землі земний зворотник рака aa , зглядно бігунове коло (північне) kk .



фіг. 197.

Ми ділимо рівник на 360° і думаємо собі через кожду точку поділу поведений полуденник. Так само ділимо котрийнебудь полуденник на 360° і думаємо через точки поділу поведені рівнолежники. Так начертана сіть полуденників і рівнолежників служить до того, щоби точно означити положенє якогонебудь місця на землі. В тій ціли вибираємо якийсь полуденник (звичайно той, що іде через обсерваторію Грінвіч (Greenwich) коло Лондона) за перший і зовемо віддаленє полуденника якогось місця від сего полуденника географічною довжиною згаданого місця; віддаленє того місця від рівника, мірене на одвітнім полуденнику, зовемо вго географічною шириною. Географічна довжина може бути східна або західна (від $0-180^\circ$), а ширина північна або полуднева (від $0-90^\circ$).

Тому, що сонце перебігає в 24 годинах 360° , то на одну годину припадає 15° , а на 4 minuti 1° . По тій причині в місяцях, що віддалені від нас о $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ...$ на схід, переходить сонце через полуденник о 1.4, 2.4, 3.4... минути скорше, чим у нас. На основі того можна із різниць часу двох місць означити різницю їх географічної довжини. Коли н. пр. на кораблі серед моря зауважає ся, що є полудне (12-та година), а рівночасно час того місця, відки ми виплили, показує 3-ту годину по полудни, то корабель є віддалений від згаданого місця о $\frac{3.60}{4} = 45^\circ$ на захід.

§. 158. Оборот землі довкола осі. Щоденний рух сонця і неподвижних зьвізд від сходу на захід можна — як сказано — пояснити собі, коли приймемо, що земля спочиває, а піла не-

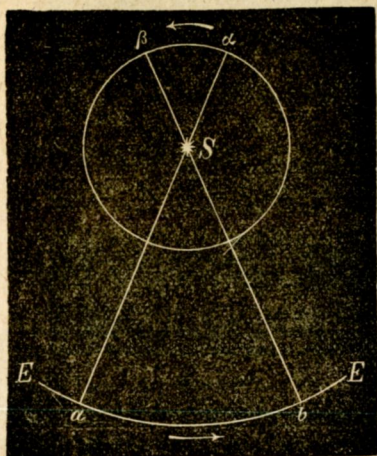
бесна куля зі всіма небесними тілами обертає ся в протягу 24 годин довкола всесвітньої осі від сходу на захід. Можна однак також прийняти, що небесна куля спочиває, а земля обертає ся довкола своєї осі від заходу на схід. При тім прийняттю горизонт, обертаючи ся враз з землею, підносить ся на заході, а обнижає ся на сході; через те зьвізди на західній части неба стають невидимі або заходять, а на східній появляють ся або сходять нові. — З огляду на те, що земля в прирівнаню до сонця і прочих неподвижних зьвізд є зникаючо мала, годі прийняти, щоби она могла приневолити так великі маси обертати ся що дня довкола неї. Друге прийняте є імовірнійше; а вже прямим доказом обороту землі довкола осі є та обставина, що земля є на бігунах сплющена, і що на землі ділає відосередна сила, яка зменьшає силу тяготи в напрямі від бігунів до рівника.

Дальшими доказами на те, що земля обертає ся довкола осі, є: а) Пасат, що віє на північній півкулі, мав би північний напрям, а по причині обороту землі від заходу на схід приймає північно-східний напрям. По тій самій причині має пасат полудневої півкулі полуднево-східний напрям. б) Камінь, що паде свобідно з вершка вежі, збочує трохи на схід від доземого напрямку. Причина того явища є слідуєча: Коли земля обертає ся довкола своєї осі, то вершок вежі описує в тім самім часі більший дуг, як долішня її часть, отже має більшу скорість, як точка долішньої части вежі: так отже камінь, що паде з вершка вежі, має більшу скорість в напрямі на схід, як точка основи вежі, і тому паде на землю по східній стороні доземої лінії.

Безпосередним наслідком обороту землі довкола осі є з міна дня і ночі. Задля дуже великого віддаленя сонця від землі уважаємо лучі сонця, що падуть на землю, за рівнобіжні. Лучі ті осьвічують одну половину землі, звернену до сонця, а друга половина є в тіни. Коли якась точка землі (в наслідок її обороту) виринає з тіни, то східною стороною свого горизонту всуває ся під лучі сонця, які в першій хвилі є рівнобіжні до горизонту (схід сонця). Опісля кут між горизонтом а лучами сонця стає що раз більший, наслідком чого видає ся нам, що сонце піднімає ся в гору. Коли кут є найбільший, переходить сонце через полуденник. Відтак наклоненє лучів сонця до горизонту меньшає аж до 0° (захід сонця). Як довго якась точка землі порушає ся в сьвітлі сонішних лучів, так довго має она день; колиж є в тіни, то має ніч.

§. 159. Круженє землі довкола сонця. Сповідний рух сонця довкола землі по екліптиці від заходу на схід дасть ся витол-

кувати, коли приймемо, що сонце стоїть, а земля кружить довкола него в площі екліптики. Коли іменно точка S (фіг. 198) представляє сонце, зачерчене коло дорогу землі довкола сонця, а EE часть екліптики, то з землі, коли она находит ся в a , бачимо сонце в a , а з β в b , отже підчас цілого обігу землі довкола сонця, обіжить сонце сповидно цілу екліптику. І ту мала маса землі в прирівнюваню до маси сонця промавляє за тим, що мале тіло мусить порушати ся довкола великого, отже що земля кружить довкола сонця, а не противно.



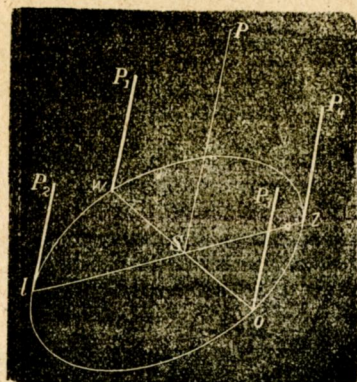
Фіг. 198.

Так отже земля обертає ся в протягу одного дня раз довкола своєї осі, а заразом в протягу одного року обігає в площі екліптики довкола сонця.

В стариннім і середнім віці було пересвідчене, що земля є осередком світа, довкола котрого кружить сонце, місяць, планети і всі прочі зьвізди, розсіяні по небеснім зводі (Система планетарна Птольмея, 140 р. по Хр.). Доперва Николай Коперник (1473—1543) висказав тверджене, що сонце є осередком, довкола котрого кружить земля і прочі планети по колових дорогах від заходу на схід (сонішна система). Кеплер (1571—1630) викрив, що дороги планет не є колами, але еліпсами, в котрих спільнім огнищу находит ся сонце, а Newton (1642—1727) вияснив, що рух планет довкола сонця відбуває ся наслідком безвладности і взаємного притягання тіл (загальна гравітація).

§. 160. Пори року. Підчас обігу землі довкола сонця є земний бігун звернений завсіді до всесвітнього бігуна. З того слідує, що земна вісь задержує незмінний напрям, т. є. що її положення підчас обігу землі довкола сонця є до себе рівнобіжні. Тому що орбіта (дорога) землі лежить в площі екліптики, а та є наклонена до рівника під кутом $23\frac{1}{2}^{\circ}$, то наклоненє земної осі до площі екліптики виносить $66\frac{1}{2}^{\circ}$. Коли S (фіг. 199) представляє сонце, w орбіту землі, SP рівнобіжну до північної части земної осі, l єї мет, а wo нормальну до мету, то кут $P_2lS = 66\frac{1}{2}^{\circ}$ є кутом наклонення земної осі до екліптики, кут $P_4eS = 113\frac{1}{2}^{\circ}$, а кути P_1wS і P_3oS є прямими кутами. — Із це-

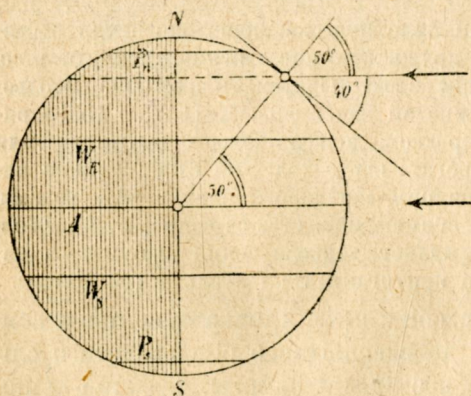
змінного положення земної осі і її нахилу до екліптики слідує, що під час обігу землі довкола сонця що раз то інші її частини є звернені до сонця. Через те одно і те саме місце землі має в протязі року різне нахилу до лучів сонця, і тому буває ogrіване в різній степені.



Фіг. 199.

І так, коли земля знаходиться в w (фіг. 199), то сонячні лучі творять з земною осі прямий кут, а земна вісь лежить в площі великого кола, що відділює освітлену половину землі від неосвітленої (фіг. 200). Тому що те коло (границя світла і тіни) переходить через бігуни, то половить всі рівнолежники, і тому на цій землі є день рівний ночі. Висота сонця в полудне, т. є. кут, який творять лучі сонця з горизонтом, виноситься лиш на рівнику 90° (сонце кульмінує в zenіті); в інших місцях землі є він тим менший, чим далше яке

місце від рівника. В географічній ширині 50° виноситься висота сонця 40° . — В тім положенні знаходиться земля 21. марта. У нас є початок весни, а на полудневій півкулі початок осені.

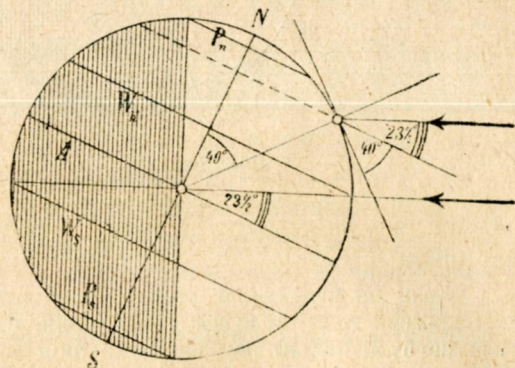


Фіг. 200.

Коли відтак земля порушає ся від w до l (фіг. 199), нахилує ся она північним бігуном що раз більше від сонця. Наслідком того границя світла і тіни віддаляє

ся поступовно від бігунів, через що чим раз більші простори землі навкруг північного бігуна мають безперервний день, а навкруг полудневого бігуна безперервну ніч. На північній півкулі падають лучі сонця чим раз менше скісно; денні луки ростуть, т. зн. дня прибуває, і ми зближаємо ся до літа. На полудневій півкулі діє ся противно; там зближає ся зима.

В положенню *l* (фіг. 199) творять сонішні лучі з земною осію кут $66\frac{1}{2}^{\circ}$. Північна часть осі лежить в освітленій півкулі, а полуднева в затемненій (фіг. 201). День і ніч є лиш на рівнику однаково довгі. Місця північної півкулі мають найдовший день (полудневої найдовшу ніч), і то тим довший, чим дальше яке місце від рівника. Північне бігунове коло P_n лежить на освітленій півкулі, а проте сьвітить там сонце того дня без перерви цілу добу; противно полудневе бігунове коло лежить ціле в тіні і там того дня сонце не сходить. Лучі сонця не падають вже нормально на рівник, але на горизонт зворотника рака W_k , а проте мешканці того зворотника мають в полудне сонце в зеніті. В географічній ширині 50° виносить висота сонця $40 + 23\frac{1}{2} = 63\frac{1}{2}^{\circ}$. — В тім положенню находит ся земля 21. червня. У нас є початок літа, а на полудневій півкулі початок зими.



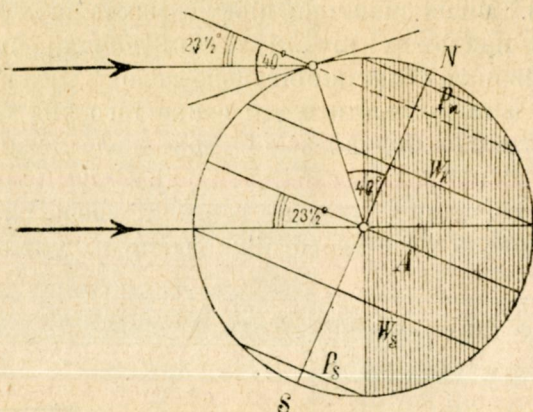
Фіг. 201.

При дальшім круженню землі по екліптиці від *l* до *o* (фіг.

199) зближає ся границя сьвітла і тіни назад до бігунів, денні луки на північній півкулі зменьшають ся, а на полудневій більшають; на першій наближає ся осінь, а на другій весна. Коли вкінці земля прийде в положенє *o*, переходить границя сьвітла і тіни другий раз через бігуни, а проте на цілій землі є вдруге день рівний ночі. В тім положенню находит ся земля 23. вересня (початок осени, зглядно весни).

Коли земля порушає ся від *o* до *z* (фіг. 199), віддаляє ся границя сьвітла і тіни від бігунів, але в противну сторону, як вперед, бо земля наклонює ся полудневим бігуном до сонця. Північний бігун по 6-місячнім дни вступає тепер на цілих 6 місяців в тінь, а противно полудневий з 6-місячної ночі переходить в 6-місячний день. На північній півкулі денні луки ще дальше зменьшають, а на полудневій більшають. В положенню *z* границя сьвітла і тіни є найдальше відсунена від бігунів, а лучі сонця замикають з земною осію кут $113\frac{1}{2}^{\circ}$, значить, падають на

північну півкулю найскіснійше. На північній півкулі є день найкоротший, а на полудневій найдовший. На північній бігуновій колі P_n (фіг. 202) сонце того дня зовсім не сходить, а на



Фіг. 202.

полудневім не заходить. Лучі сонця падуть нормально на горизонт зворотника козорога W_s . В географічній ширині 50° виносить висота сонця $40 - 23\frac{1}{2}^\circ = 16\frac{1}{2}^\circ$. — В тім положенні знаходиться земля 21. грудня. По причині, що лучі сонця падуть на північну півкулю дуже скісно і через ко-

роткий час не можуть належно ogrіти землі, тому маємо в той час зиму.

Коли би вісь земна стояла нормально до площі екліптики, було би положене землі зглядом лучів сонця під час цілого обігу все однаке, отже не було би ані пор року, ані змін довгої дня і ночі.

§. 161. Земні полоси мають свою причину також в нахилі земної осі до орбіти землі.

а) В земнім поясі, що лежить між обома зворотниками, падуть лучі сонця в протязі цілого року найменше скісно (бо найменша висота сонця в полудне виносить на рівнику $66\frac{1}{2}^\circ$, а два рази до року має кожда місцевість того пояса сонце в зеніті); крім того різниці між довжиною дня і ночі є там лиш незначні. З тих причин одержує сей пояс найбільше сонячного тепла, і тому становить горячу або тропікову полосу (heiße Zone). Там є лиш дві пори року: суха і дощева.

б) В двох поясах, що лежать між зворотниками а бігуновими колами, падуть сонячні лучі вже більше скісно. Там не доходить сонце ніколи до зеніту, а найбільша його висота в полудне виносить $66\frac{1}{2}^\circ$. Сонце появляє ся виправді що дня на горизонті, але різниця між довжиною дня і ночі є значна, і то тим більша, чим ближше бігунових кол. Пояси ті становлять умірену полосу (gemäßigte Zone) з чотирма порами року (весна, літо, осінь і зима).

в) На оба відрізки земної кулі, що лежать між бігуновими колами а бігунами, падуть сонішні лучі через цілий рік дуже скісно, бо найбільша висота сонця виносить там $16\frac{1}{2}^{\circ}$. Хоч дни тривають там по кілька місяців, то однак скісно падучі сонішні лучі огрівають землю лиш незначно, а відтак в протягу довго триваючих ночий опадає температура дуже низько і земля покриває ся снігами та ледами, з яких лиш малу часть може стопити тепло літа. Є то студена полоса (kalte Zone) з двома порами року: коротким літом і довгою та твердою зимою.

§. 162. Рух місяця. Місяць сходить і заходить кожного дня, подібно як сонце і неподвижні зьвізди. Сей щоденний рух місяця від сходу на захід є лиш сповидний і пояснює ся (як рух зьвізд) оборотом землі довкола осі від заходу на схід.

Крім того змінює місяць своє положенє зглядом неподвижних зьвізд. Бо коли зараз по новю побачимо місяць близько констеляції Барана, то по двох до трох днях доглянемо єго вже близько Бика, потім близько Близнюків і т. д., а вкінці по $27\frac{1}{3}$ днях побачимо єго знов при констеляції Барана. — Так отже порушає ся місяць від заходу на схід, описуючи в $27\frac{1}{3}$ днях (сидеричний місяць) на небі велике коло. Коло те перетинає екліптику в двох точках, званих узлами, і є наклонене до екліптики під кутом $5^{\circ}8'$. Сей рух місяця довкола землі не є сповидний, але дійсний, бо годі прийняти, щоби земля, яка має 80 разів більшу масу, кружила довкола місяця; так отже кружить місяць довкола землі, а разом з нею довкола сонця.

Тверджене се доказує впрочім і ся обставина, що кульмінація місяця спізнює ся щоденно о 52' минут. Бо коли від хвилі кульмінації місяця оберне ся земля раз довкола осі, то місяць перебіжить в тім самім часі 27-му часть своєї дороги довкола землі т. є. около 13° . По тій причині не бачимо місяця з тої самої точки землі на давнім місці, але о 13° на схід, і земля мусить порушати ся ще через $13 \times 4 = 52$ минут, щоби місяць кульмінував в точці помічувани.

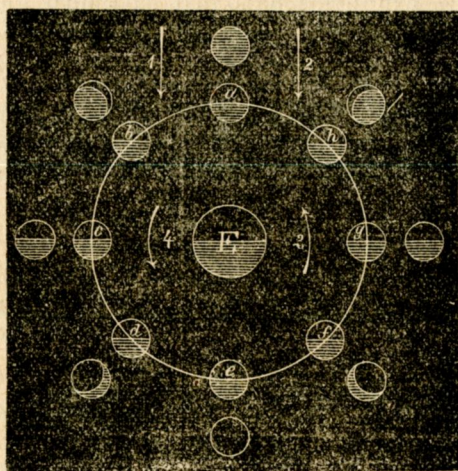
Тому що промір місяця видимо в різних часах під ріжними кутами ($29^{\circ}22''$ — $33^{\circ}31''$), то дорога місяця довкола землі не є колом, але трохи сплющеною еліпсою, в котрої однім огнищу находить ся земля. (Середнє віддалене місяця від землі виносить 60 земних лучів).

Після спостережень звертає місяць до землі завжди ту саму сторону. Є се доказом, що місяць обертає ся також довкола своєї осі, і що один повний оборот виконує в тім часі, в яким обігає землю.

§. 163. Фази місяця. Місяць є тіло темне, як земля, і сьвітить лиш відбитим сьвітлом сонця. Вправді осььвічує сонце все одну половину місяця, однак — по причині ріжного положеня

зглядом себе сонця, землі і місяця — ми не завжди бачимо цілу освітлену половину; іноді видимо лиш якусь часть її, а іноді зовсім її не видимо. Ті різні види, в яких представляється нам місяць в різних часах, зовемо його фазами.

Щоби фази місяця наглядно зобразити, представмо собі, що довкола землі *E* (фіг. 203) порушає ся місяць по колі в напрямі стрілок 3 і 4, а соншні лучі падають на місяць і землю в напрямі стрілок 1 і 2. — Коли місяць находить ся в положеню *a*, т. є. між сонцем і землею (в конюнкції), то до землі



Фіг. 203.

є звернена неосвітлена сторона місяця, і тому не бачимо його на небі (Нів. Neumond). — Коли відтак місяць порушає ся від *a* до *b*, починає поволи звертати ся до землі освітлена його сторона, і вже слідуячого дня бачимо місяць близько заходячого сонця в виді вузького серпа, зверненого випукlostію до сонця; небавом по заході сонця і він заходить. З кожним слідуячим днем ширшає той серп.

а разом появляє ся що раз дальше на схід від заходячого сонця, бо заходить щоденно о 52 мін. пізнійше. По $3\frac{1}{2}$ днях є освітлена вже майже четвертина зверненої до нас сторони (фіг. 203, *b*). — По 7 днях з накладом (7 дн. 9 год.), коли місяць перебіг $\frac{1}{4}$ часть своєї дороги довкола землі і прийшов в положенє *c*, є із зверненої до нас сторони освітлена вже половина, і ми бачимо місяць по заході сонця на полудневій стороні неба в виді ясного півкола. Він сходить і заходить в 6 годин по сонцю (перша чверть, *das erste Viertel*). В слідуячих днях заокруглює ся ясна часть місяця чим раз більше, а при кінці другого тижня, коли місяць перебіг вже половину своєї дороги, і находить ся зглядом землі по противній стороні, як сонце (в опозиції), є ціла освітлена сторона звернена до землі, і тому бачимо місяць в виді ясного кола. Він сходить підчас заходу сонця, а заходить над раном (повня, Voll-

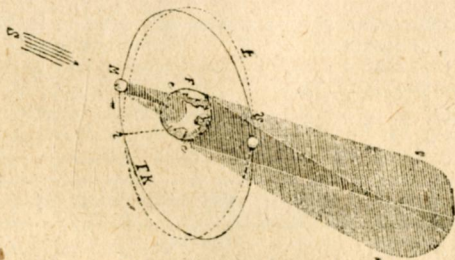
mond). — При дальшій обігу місяця довкола землі стає его освітлена сторона поступенно для нас невидна, т. є. ясне коло меншає, а з кінцем третього тижня, коли місяць перебіг уже $\frac{3}{4}$ своєї дороги і знаходить ся в *g*, бачимо лиш ліву половину освітленої сторони як світяче півколо, звернене своєю випуклостію на схід. Місяць сходить около півночі і освічує темні ранки (последня чверть, *das letzte Viertel*). — В четвертій тижні сходить місяць чим раз ближше рана і оказує ся нам в виді що раз вузшого серпа, зверненого своєю випуклостію на схід, а вкінці стає для нас невидимий (Нів). Він сходить і заходить разом з сонцем, отже є за дня на небі.

Фази місяця повтарають ся що $29\frac{1}{2}$ дня (29 дн. $12\frac{3}{4}$ год.). Той протяг часу зове ся синодальним місяцем. Дванадцять таких місяців становлять місяцевий рік, що ще до тепер є в уживаню у Турків і Арабів.

Колиб земля не кружила довкола сонця, то фази місяця повтарили би ся по кождім его обігу около землі т. є. що $27\frac{1}{3}$ дня. По тім часі вергає виправді місяць до тої самої зьвізди, з якою кульмінував підчас новю враз з сонцем, але сонце (по причині обігу землі довкола сонця) віддалило ся від тої зьвізди більше, ніж о 27° , і місяць мусить бічи ще через 2 дні (денно по 13°) щоби дігнати сонце. По тій причині тривають фази о два дні довше, ніж обіг місяця довкола землі.

§. 164. Затьміне сонця і місяця. Земля і місяць освітлені лучами сонця, кидають позад себе тіні в виді стійжків. Тінь землі є 3 рази довша, як віддаленє місяця від землі, а тінь місяця є лиш часами троха довша, як те віддаленє.

— Колиб орбіта (дорога) місяця лежала в площі екліптики, то в часі повні і новю лежали би сонце, земля і місяць в лнії прямій. Тоді підчас кожної повні находив би ся місяць в тіні землі і булоб затьміне місяця



Фіг. 204.

(Mondesfinsternis), а підчас кожного новю падалаб тінь місяця на землю і заслонювала сонце, через що повставалоб затьміне сонця (Sonnenfinsternis). Однак орбіта місяця і екліптика перетинають ся під кутом $5^\circ 8'$, і тому можливі є затьміння лиш тоді, коли підчас повні або новю знаходить ся місяць в узлі або близько него (фіг. 204). В противнім случаю переходить

місяць в часі повні повисше або понизше тіни землі, а в часі новю тінь місяця виминає землю. Задля того затьміна місяця і сонця є досить рідкими явищами. Однак они повтарають ся періодично що 18 літ і 11 днів, бо узли пересувають ся безнастанно здовж орбіти місяця і в тім часі вертають на своє первісне місце. В тім періоді лучає ся 29 затьмінь місяця а 41 сонця.

Коли тінь місяця засягне землю, то мешканці тих місцевостей, де паде головна тінь, мають цілковите (total) затьміне сонця, а ті, що находять ся в півтіни, мають затьміне частинне (partial). Коли однак тінь місяця не досягає землі, то місцевість, що находить ся на продовженю осі стіжка тіни, має перстенове (ringförmig) затьміне сонця. — Затьміне місяця може бути лиш цілковите або частинне; перстенове є неможливе.

З М І С Т.

[Числа в скобках вказують сторони].

Вступ.

§. 1. Тіла. Явища. Фізика (1). — §. 2. Просторість тіл (2). — §. 3. Непроводимість (2). — §. 4. Подільність (2). — §. 5. Стани скупності (3). — §. 6. Тягота (4). — §. 7. Тягар безглядний і тягар питомий. Густота (4). — §. 8. Тягар і тиснене воздуха (6).

I. Наука о теплі.

§. 9. Тепло. Температура (6). — §. 10. Удїлене тепла (7). — §. 11. Зміна об'єму тіл при зміні температури (7). — §. 12. Помір температури (8). — §. 13. Термометер ртутний (9). — §. 14. Помір тепла. Тепло питоме (10). — §. 15. Зміна об'єму води при зміні температури (11). — §. 16. Зміна стану скупності тіл при зміні температури. Топлене (11). — §. 17. Цїпнене (12). — §. 18. Пароване (13). — §. 19. Киїне (14). — §. 20. Краплине пари (16). — §. 21. Розп'ряжність пари. Парова машина (17). — §. 22. Вохкість воздуха. Водні метеори (19). — §. 23. Продовжене тепла (21). — §. 24. Переношене тепла в течах посредством струй (22). — §. 25. Переношене тепла струями в газах (23). — §. 26. Лучисте тепло (24). — §. 27. Жерела тепла (25).

II. Наука о магнетизмі.

§. 28. Магнети природні і штучні (26). — §. 29. Магнетні явища (27). — §. 30. Магнетизоване через вплив (28). — §. 31. Магнетизоване через потиранє (29). — §. 32. Внутрішня будова магнета (30). — §. 33. Магнетизм земний (31). — §. 34. Магнетне відхилене (31). — §. 35. Магнетне нахилене (32). — §. 36. Стрілка аstaticна (32).

III. Наука о електричності.

§. 37. Електричний стан (32). — §. 38. Удїлене і проводжене електричності (33). — §. 39. Два роди електричності (34). — §. 40. Електроскопи (35). — §. 41. Електризоване через вплив або розділ (35). — §. 42. Розміщене електричності на тілах (37). — §. 43. Електрофор (38). — §. 44. Електрична машина (38). — §. 45. Прилади до згущення електричності (40). — §. 46. Дїйсва електричності (41). — §. 47. Електричність атмосфери (42). — §. 48. Гальванічна електричність (43). — §. 49. Важйїші гальванічні звена (45). — §. 50. Фізіологічні дїйсва гальванічного тока (46). — §. 51. Дїйсва тепла і світла (45). — §. 52. Хемічні дїйсва гальванічного тока (48). — §. 53. Ужиток електротлізи (49). — §. 54. Мірене сили тока (49). — §. 55. Магнетні дїйсва гальванічного тока (50). — §. 56. Електричний опір (51). — §. 57. Прилади, що ґрунтують ся на електромагнетях (52). — §. 58. Індукційні токи (54). — §. 59. Індуктор (55). — §. 60. Телефон (56).

IV. Наука о звуці.

§. 61. Звук (57). — §. 62. Повставане звука (57). — §. 63. Проводжене звука (58). — §. 64. Сила звука (60). — §. 65. Скорість звука (60). — §. 66. Відбиване звука (60). — §. 67. Роди звука (61). — §. 68. Висота тону (62). — §. 69. Музична скала (62). — §. 70. Созвучність і несозвучність (63). — §. 71. Тони струн (64). — §. 72. Тони пруживих прутів (65). — §. 73. Тони пруживих плит (66). — §. 74. Тони воздушних стовпів (66). — §. 75. Співзвук і відзвук (68). — §. 76. Голосовий зняряд (68). — §. 77. Слуховий зняряд (69). — §. 78. Фонограф (70).

V. Наука о світлі.

§. 79. Світло. Тіла світлячі і темні (71). — §. 80. Розпросторення світла (71). — §. 81. Сила освітлення (73). — §. 82. Відбиване світла (74). — §. 83. Плоске зеркало (75). — §. 84. Вгнутое сферичне зеркало (76). — §. 85. Вигнуте сферичне зеркало (78). — §. 86. Розсіяне світла (79). — §. 87. Переломане світла (79). — §. 88. Переломане світла в плитах і призмах (80). — §. 89. Сочки (82). — §. 90. Збираючі сочки (83). — §. 91. Розсіваючі сочки (84). — §. 92. Розціплене світла (85). — §. 93. Природні краски тіл (86). — §. 94. Дуга (87). — §. 95. Людське око (88). — §. 96. Зріне двома очима; об'ємність (89). — §. 97. Свійство ока „приспособляти ся“ (90). — §. 98. Оцінка величини і віддалення предметів (92). — §. 99. Мікроскоп (93). — §. 100. Телескоп (93). — §. 101. Оптична темниця (94). — §. 102. Магічна ліхтарня (94).

VI. Наука о руху і рівновазі тіл (Механіка).

§. 103. Рух і супочинок (95). — §. 104. Роди рухів (95). — §. 105. Рівномірний рух (96). — §. 106. Рівномірно-прискорений рух (98). — §. 107. Свобідне паданє (98). — §. 108. Перешкоди руху (98). — §. 109. Безвладність (99). — §. 110. Сила (100). — §. 111. Складанє однородних рухів (101). — §. 112. Розкладанє руху (103). — §. 113. Складанє різнородних рухів (104). — §. 114. Складанє сил (105). — §. 115. Розкладанє сил (107). — §. 116. Складанє рівнобіжних сил (108). — §. 117. Тяготна точка (109). — §. 118. Рівновага підпертих тіл (110). — §. 119. Машини (112). — §. 120. Підойма (112). — §. 121. Ваги (113). — §. 122. Коливорот (114). — §. 123. Більки (115). — §. 124. Наклонена площа (116). — §. 125. Шруба (117). — §. 126. Праця (118). — §. 127. Маятник (119). — §. 128. Маятниковий годинник (120). — §. 129. Відбіжна сила (121). — §. 130. Удар тіл (122).

VII. Механіка течій.

§. 131. Свійства течій (123). — §. 132. Свобідна поверхня течі (124). — §. 133. Передача тисненя в течах (124). — §. 134. Тисненє течі на дно посудини (125). — §. 135. Тисненє серед течі (126). — §. 136. Тисненє течі на стіни посудини (126). — §. 137. Сполучені посудини (127). — §. 138. Волосковість (128). — §. 139. Закон Архімеда (129). — §. 140. Плаванє (130). — §. 141. Означенє питомого тягару і густоти тіл (130).

VIII. Механіка газів.

§. 142. Свійства газів (132). — §. 143. Залежність розпрямності газів від густоти і температури (132). — §. 144. Атмосферичний воздух (132). — §. 145. Барометри (134). — §. 146. Манометри (135). — §. 147. Воздушні помпи (135). — §. 148. Прилади, що основують ся на тисненю воздуха (137). — §. 149. Закон Архімеда. Бальони (139).

IX. Основи космографії і математичної географії.

§. 150. Горизонт; зеніт, надір (140). — §. 151. Чотири сторони світа (141). — §. 152. Вид озвізделеного неба (141). — §. 153. Сповідний рух неподвижних зв'язд (143). — §. 154. Сповідний рух сонця (145). — §. 155. Мірене часу. Календар (147). — §. 156. Вид і розміри землі (148). — §. 157. Полуденники і рівнолежники землі (149). — §. 158. Оборот землі довкола осі (149). — §. 159. Круженє землі довкола сонця (150). — §. 160. Пори року (151). — §. 161. Земні полюси (154). — §. 162. Рух місяця (155). — §. 163. Фази місяця (155). — §. 164. Затьм'є сонця і місяця (157).



41

566341

И-41974

ПЕТРО ОГОНОВСЬКИЙ.

УЧЕБНИК ФІЗИКИ

ДЛЯ НИЗШИХ КЛАС СЕРЕДНИХ ШКІЛ.

ТРЕТЄ ВИДАНЄ

ЗЛАДИВ

Др. Володимир Левицький.

Ціна 20 Марок.

У ЛЬВОВІ, 1920.

НАКЛАДОМ УКРАЇНСЬКОГО ПЕДАГОГІЧНОГО ТОВАРИСТВА.

З ДРУКАРНІ НАУКОВОГО ТОВАРИСТВА ІМ. ШЕВЧЕНКА.