АПСОЛУТНО МЕРЕЊЕ

Ђ. М. СТАНОЈЕВИЋА

Посвящаю

Т. З. С. [illegible] и [illegible]

как знак [illegible] уважения

В. М. [illegible]

АПСОЛУТНО МЕРЕЊЕ

ЗА СЛУШАОЦЕ ВЕЛИКЕ ШКОЛЕ

И

ПРОФЕСОРСКЕ КАНДИДАТЕ

ОД

М. Ђ. СТАНОЈЕВИЋА,
ПРОФЕСОРА

(Прештампано из Просветног Гласника)

У БЕОГРАДУ
КРАЉЕВСКО-СРПСКА ДРЖАВНА ШТАМПАРИЈА
1888.

I. ТЕОРИЈСКИ ДЕО.

Цела данашња наука оснива се на међусобном упоређивању разних природних величина, које она испитује, т. ј. на мерењу. Измерити неку дату величину значи, тражити колико се пута садржи у њој, друга нека величина исте врсте, која је узета за *јединицу;* број, био цео или разломљен, који нам ту садржину показује, зове се измерена *вредност* дате величине. Према томе свака одређена (конкретна) величина мора имати два дела: 1, име оног одређеног броја, који казује колико има јединица у мереној величини и 2, име јединице које се дода после тог броја.

Означимо на пример са a јединицу којом оћемо да измеримо неку дату величину x. Пошто смо упоређивање величине x са јединицом a извршили т. ј. пошто смо x измерили, рецимо да смо нашли вредност од m јединица; онда између дате величине x, јединице

a и нађене вредности m постоји овај алгебарски однос

$$x = ma \cdots\cdots\cdots (1$$

Таких величина као што је x, има у природи врло много и разних врста; исто тако су многобројне и јединице a којима се оне мере. Величине као што су: дужина, ширина, запремина, тежина, време, брзина, убрзање, угао, количина убрзања и кретања, маса, густина, разни моменти, рад, итд. итд. захтевају нарочите јединице еда би се могле измерити. Међу тим, кад се мало боље загледа у све те а и друге разне величине, види се, да се многе од њих могу измерити једном истом јединицом, те дакле да нам није увек потребан исти број и јединица колико имамо и величина да измеримо. Па пример, и дужину и ширину и запремину можемо измерити једном истом јединицом: дужином. Зато ћемо ми на овом месту из ближе испитати однос разних јединица међу собом, као и према величинама које имамо да меримо, па ћемо онда да одредимо, које су нам јединице неопходно потребне, а које се могу из њих, као основних јединица, извести.

Вратимо се горњем примеру, где смо величину x мерили јединицом a. То би било на пример, кад би дужину каквог пута хтели да измеримо метром *(a)*. Но ако би исти тај пут *x* хтели да меримо другом којом јединицом на пример километром, *a'*, онда би по свршеном мерењу нашли не *m*, већ *m'* јединица *a'* т. ј. километара те би иста дужина пута била изражена новом јединицом у овом облику:

$$x = m' a' \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1'$$

који кад упоредимо са првим добијамо

$$\frac{m}{m'} = \frac{a'}{a} \cdot \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (2$$

што значи, да број који означава вредност неке измерене количине стоји у изврнутом односу са променом саме јединице, т. ј. ако јединица расте, тај број опада.

Врсте јединица. — Ми смо посматрали случај, где се променила *величина* јединице. Али се може десити да се промени не само величина него и *врста* јединице, а величина коју ваља мерити остаје иста. И такво се мерење може да изврши, само треба да је познат однос између тих јединица разних врста. Нека нам је дата извесна површина *p* да измеримо; ми је најпре можемо измерити дужинама на пример метром или хватом и т. д., кад пристанемо да као јединицу површине сматрамо квадратни метар или квадратни хват. И пошто знамо из геометрије да је површина на пример једног правоугаоника равна производу из две његове стране s и s', онда је величина површине у квадратним метрима или хватима

$$p = s.\ s'$$

где су стране s и s' мерене метрима или хватима.

Довде ми још нисмо променили врсту јединице. Али кад би се захтевала иста површина правоугаоника изражена не квадратним метрима или хватима, него данима орања, онда образац за површину не би могао више изгледати као мало час, него би имао овај облик:

$$p' = \alpha\, ss' \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (3$$

где p' опет значи површину али у данима орања, s и s' су стране правоугаоника мерене метром или хватом (јер дужине меримо само дужинама), а α је извесан сталан број, чинилац, или коефицијенат, који показује, какав однос постоји између дана орања и квадратних метара или хвати.

Ми можемо још тачније да одредимо значај коефицијента α. Ставимо $s = s' = 1$.

Онда је

$$\alpha = p' = 1$$

а то значи да α представља у данима орања површину једног квадрата коме је свака страна дугачка један метар или један хват; т. ј. α казује који део дана орања долази на један квадратни метар или хват.

Узмимо један пример из физике. Експериментом се дознало да је привлачна или одбојна снага, која дејствује између две електричне или магнетске тачке, ~~изврнуто~~ обрнуто сразмерна квадрату остојања. Та снага зависи од количине електрицитета или магнетизма, нагомилане у тим тачкама и њима је управо сразмерна; с друге стране, она опада са квадратом остојања. Па пошто као и мало час хоћемо да меримо неку величину јединицама, које нису исте врсте са њом, хоћемо да меримо снагу са количинама, то ће нам образац изгледати

$$f = \varphi \frac{qq'}{r^2} \cdot \cdot \cdot \cdot \quad \cdot \cdot (4$$

где су q и q' дате количине електрицитета или магнетизма, r^2 њихово остојање, f дрејствујућа снага, а φ опет неки сталан број или коефицијенат, који служи да се пређе из јединица за снагу ка јединицама за количину. Кад и овде ставимо $q = q' = 1$, а и $r = 1$, добијамо

$$\varphi = f = 1$$

што значи да је φ она снага, са којом се привлаче две електричне или магнетске јединице на остојању јединици.

Апсолутно мерење. — У свима мерењима, где су јединице произвољне, т. ј. где се величина, која се мери не изражава јединицама исте врсте, мора да се увуче и такав један коефицијенат за сваку врсту мерења, и он представља прелаз из јединице једне врсте ка јединици друге врсте, а његова величина зависи једино од избора тих јединица.

Међу тим ми смо видели да смо у стању, да се ослободимо тих коефицијената свевши их на јединицу, само ако изберемо згодне јединице за мерење. Тако на пример у првом случају, α би било $= 1$, кад би s и s' били равни јединици, т. ј. кад би површину мерили квадратом, коме би свака страна имала дужину један. У том би случају израз за површину изгледао простији

$$p = ss' \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (3'$$

Исто тако видели смо који су услови потребни па да и у другом примеру коефицијенат φ буде раван јединици у ком би случају образац био

$$f = \frac{qq'}{r^2} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4'$$

И према томе, да ли ће коефицијенти у горњим а и у свима другим обрасцима бити равни јединици или не, т. ј. да ли ће обрасци у својим основним облицима бити без коефицјената или са њима, сва се мерења деле на две велике групе: на *апсолутна* и *релативна*. *И онај систем мерења, који се врши јединицама, у чијим основним обрасцима нема коефицијената, (т. ј. где су они равни јединици) зове се апсолутан.*

Наш стари систем мера, где се дужине мериле хватом, или стопом, или сатима хода, а површине данима орања није био апсолутан, јер је увек морао бити познат коефицијенат, који чини прелаз од хватова или стопа ка данима орања и обратно. На против, метарски је систем апсолутан, јер се дужина мери метром, површина квадратним метром, запремина кубним метром, те би и обрасци за површину и запремину били без икаквих коефицијената:

$$p = ss'; \; v = ss's''.$$

До сад смо посматрали случај, где коефицијенат представља однос између величина две врсте. Но може се десити, да један образац са једним коефицијентом представља однос између величина n разних врста; у том се случају може изабрати таква вредност да за једну од тих врста коефицијенат буде раван јединици, а за осталу n — 1 врсту, тај коефицијенат може имати ма какву вредност. И такав образац у коме је коефицијенат раван јединици зове се *одредни образац*. Тако на пример у метарском систему, одредни образац за јединицу површине јесте онај, који представља површину једног квадрата са странама равним јединици. И ако хоћемо том јединицом површине, да одредимо површину једног равностраног троугла, чија је страна = s, онда ће она бити дата обрасцем

$$p = \frac{\sqrt{3}}{4} s^2$$

где ма да за извесну јединицу коефицијента нема, овде опет долази сталан чинилац $\frac{\sqrt{3}}{4}$.

И обратно, као год што је за јединицу површине узет квадрат, тако се исто могла узети и површина једног равнокраког троугла чије су стране = 1. Али би онда, површина каквог правоугаоника, изражена површином тог троугла, имала бројни коефицијенат $\frac{4}{\sqrt{3}}$, јер би његова површина била

$$p = \frac{4}{\sqrt{3}} ss'.$$

До истог би резултата дошли и кад би упоређивали површину круга са површином квадрата или троугла и обратно. Међу тим је очевидно, да у систему апсолутних мера, где су коефицијенти основних образаца равни јединици, да су бројни коефицијенти других, из њех изведених образаца врло прости, и њихова вредност представља известан закон. Тако на пример коефицијенат $\frac{\sqrt{3}}{4}$, који улази у образац за површину равностраног троугла, изражену површином квадрата, показује, да је однос, који постоји између површине једног равностраног троугла и површине неког квадрата, чије су стране једнаке странама троугла, увек сталан и раван $\frac{\sqrt{3}}{4}$.

Основне и изведене јединице. — Одређујући образац за површину било квадрата, било равностраног троугла или круга, виделп смо да се она добија из јединице дужине, међусобним множењем, (не водећи рачуна о сталном коефицијенту који их прати). Тако је површина квадрата $= s^2$; код површине равностраног троугла долази иста страна на квадрат и још један сталан чинилац и т. д., те према томе можемо рећи, да је јединица површине *изведена* из јединице дужине која би се узела као *основна* јединица, и да је другог степена према тој основној јединици. Исто би тако, јединица запремине, изражена јединицом дужине била трећег степена према њој и т. д.

Узмимо да нам је опет дата величина x да измеримо, али рецимо да њена јединица a није непосредна, већ да је она изведена из неке друге јединице α према којој је она неког извесног степена n и између којих постоји овај однос

$$a = \alpha^n$$

и кад сад заменимо a биће

$$x = ma = m\alpha^n.$$

Ако променимо јединицу α као мало час имаћемо:

$$x = m'a' = m'\alpha'^{n}$$

одакле

$$\frac{m'}{m} = \left(\frac{\alpha}{\alpha'}\right)^{n} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5$$

то ће рећи, да се вредност величине x сматрана као изведена, мења у изврнутом односу са степеном првобитне јединице.

За то, вредност неке површине постане 100 пута већа, кад се дужине изразе јединицама 10 пута мањим.

Ако још прва јединица a не зависи само од једне првобитне јединице α него од више њих у исти мах, на пример од α, β, γ и ако она стоји према њима тако, да вреди овај однос

$$a = \alpha^{n} \beta^{p} \gamma^{q} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (6$$

онда се величина x мења изврнуто са n-тим степеном од α, и степенима p и q од β и γ.

Као пример нека нам послужи образац за једнако кретање

$$s = vt$$

одакле имамо

$$v = \frac{s}{t}.$$

То значи, да је брзина изражена двема разним јединицама: дужином и временом, и то тако, да је она према дужини степена = 1 а према времену степена = — 1. И ако се сад јединица дужине 10 пута увећа а јединица времена 10 пута смањи. онда ће брзина бити изражена бројем 100 пута већим но у првом случају.

Исто тако на пример и јединица за рад зависи од више разних јединица и у разним степенима. Као што ћемо дицније видити, она зависи и од дужине и од времена и од масе и то тако да је она према дужини другог степена, према маси првог а према времену minus другог степена.

Као што видимо, јединице за површину и запремину изведене су из јединица за дужину и нису ништа друго, до виши степени јединице за дужину. С тога би се јединице за дужину у овом случају назвала *основна јединица* а ове друге *изведене јединице.*

Изложилац, који показује кога је степена изведена јединица у односу према основној јединици, зове се *димензија изведене јединице.* Тако би површина била јединица друге, запремина јединица треће димензије или трећег степена према дужини.

А општа једначина

$$a = \alpha^n \beta^p \gamma^q$$

зове се *једначина димензија* изведене јединице *a* према основним јединицама α, β, γ. Скуп основних јединица α, β, γ, зове се *систем основних јединица*.

Промена јединица. — Може се десити да је потребно променити основне јединице α, β, γ, па их заменити другим: α' β' γ' и то таквим да је $\alpha' = v\alpha$, $\beta' = s\beta$, $\gamma' = t\gamma$, онда ће се очевидно и вредност изведене јединице *a* променити и постати a'. Онда ево какав однос постоји између старе и нове изведене јединице:

$$a' = (\alpha')^n (\beta')^p (\gamma')^q = a \times v^n s^p t^q,$$

или заменивши v, s, t,

$$a' = a \times \left(\frac{\alpha'}{\alpha}\right)^n \times \left(\frac{\beta'}{\beta}\right)^p \times \left(\frac{\gamma'}{\gamma}\right)^q \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (6'$$

Ево какво се правило чита из те једначине, које вреди за прелаз из старих изведених јединица у нове. Кад је дата изведена јединица *(a)* неке величине у неком извесном систему основних јединица (α, β, γ.) па се тражи нова изведена јединица (a′) у неком другом систему основних јединица (α' β' γ')

који је постао из првога променом његових основних јединица ($\alpha' = v\alpha$, $\beta' = s\beta$, $\gamma' = t\gamma$), онда треба помножити стару изведену једи-(а) односом, који постоји између сваке нове основне јединице и њене одговарајуће старе $\left[\left(\frac{\alpha'}{\alpha}\right)\left(\frac{\beta'}{\beta}\right)\left(\frac{\gamma'}{\gamma}\right)\right]$ подигнутим на степен одговарајућих старих основних јединица (n, p, q.)

Промена вредности једне исте величине у разним системима јединица. — Видели смо напред, да је величина x представљена јединицом и вредношћу на овај начин:

$$x = ma,$$

а ако се промени јединица онда је иста величина x представљена и новом вредношћу, т. ј. постоји:

$$x = m'a'$$

одакле

$$\frac{m}{m'} = \frac{a'}{a}.$$

Према томе кад је дата нека величина у неком извесном систему јединица, онда је лако наћи број или вредност те исте величине a у неком другом систему јединица. Ваља најпре тражити како ће се променити јединица кад се пређе из једног система у други, па онда одредити промену вредности по тој једначини (2). Рецимо на пример да је величина x друге димензије или другог степена према a. И ако ми променимо a тако да је нова јединица a' десет пута већа, онда ће очевидно x постати 100 пута веће ако се m не промени, а пошто треба да x остане исте вредности треба m да постане 100 пута мање. —

У опште узев ако је нека величина x изражена системом a чије су основне јединице облика

$$a = \alpha^n \beta^p \gamma^q,$$

па ми хоћемо исту ту величину x да изразимо другим неким системом a' чије су основне јединице $\alpha' \beta' \gamma'$, онда ће x бити изражено у првом систему

$$x = ma,$$

а у другом

$$x = m'a'$$

одавде је

$$m' = m \times \frac{1}{\frac{a'}{a}}$$

$$= m \times \left(\frac{\alpha'}{\alpha}\right)^{-n} \times \left(\frac{\beta'}{\beta}\right)^{-p} \times \left(\frac{\gamma'}{\gamma}\right)^{-q} \text{.... (7.}$$

Ево какво правило изводимо из једначине: Кад нам је дата вредност (m) неке величине (x) у неком извесном систему јединица ($a = \alpha^n \beta^p \gamma^q$) па тражимо одговарајућу вредност *(m')* исте те величине (x) у неком новом систему јединица ($a' = \alpha'^n \beta'^p \gamma'^q$), који је постао из првога променом његових основних јединица, онда треба помножити стару вредност (m) односом сваке нове основне јединице према њеној одговарајућој старој јединици, подигнутим на степен одговарајућих старих основних јединица али са супротним знаком ($-n$, $-p$, $-q$).

Како ћемо се тим обрасцима послужити, показаћемо мало доцније.

Избор основних јединица. — Избор основних јединица изгледа да је са свим произвољан, јер сваки алгебарски израз као што је онај $a = \alpha^n, \beta^p, \gamma^q$, у коме су изражени односи јединица, може бити решен по ма коју од тих јединица, која ће бити основна, а све остале зависиће од ње и биће од ње изведене. И руксвођени том слободом, разни су научари бирали разне основне јединице имајући увек на уму, да те јединице буду што простије.

И ако са чисто математичког гледишта изгледа, да је избор основних јединица са свим слободан, ипак са гледишта реалног тај избор није баш са свим произвољан. Наш је задатак да упоређујемо, т. ј. да меримо појаве, које у целој природи посматрамо, па дакле наше основне јединице морају се прилагодити потребама самих тих појава. И у место да бирамо основне јединице са чисто апстрактног гледишта, ми ћемо да испитамо из чега је управо природа састављена, чега у њој има и кад то будемо дознали, тражићемо, које су нам јединице потребне да тај основни састојак природе, па дакле и све остале, измеримо.

Кад дакле проучимо састав васионе и природе, долазимо до закључка, да у њој постоји само *енергија* $\left(\frac{mv^2}{2}\right)$ или *рад* (Ps), који је управо само једна врста енергије. Ми ћемо другом приликом показати којим путем долазимо до тог закључка, за сад ћемо се само зауставити на том резултату и тражити, које су нам основне јединице потребне да измеримо енергију и рад. Јер кад за њих одредимо потребне јединице, онда ће нам оне послужити и за све остале величине, које нису ништа друго до разне врсте енергије и рада.

Енергија је као што знамо половина производа из масе и квадрата брзине. Масу можемо мерити само масом и ничим другим што значи да ће маса бити једна основна врста мере. Брзина је сложен појам из пута и ~~тра-~~ времена
~~јања~~ као што смо још напред видели; пут као што знамо меримо дужином, а трајање временом; дужина и време не дају се ничим другим мерити до опет дужином и временом, што значи да су то просте а не изведене величине. Према томе да би ма какав облик енергије могли измерити, потребне су нам ове три основне врсте мера: *дужина*, *маса* и *време*.

Да видимо какве су нам основне мере потребне да измеримо рад, који је управо једна врста енергије. Рад је као што знамо производ из силе и пута. Мало час смо видели да се пут мери дужином, и дужина ће нам бити прва основна мера за мерење рада. Сила је већ сложенији појам и добија се из масе и убрзања, јер је сила у самој ствари количина убрзања = ma. Маса је количина материје у неком телу и не да се извести из других простијих јединица с тога ће маса бити друга основна врста мере за мерење рада. Међу тим убрзање је сложен појам; то је промена брзине за једну секунду $= \frac{v - v_0}{t}$. Брзина опет са своје стране је сложен појам из пута и времена па дакле јединице, којима се мери брзина а са њом и убрзање своде се на мерење пута, дужином и мерење трајања, временом. Нова врста мере коју смо нашли овом анализом јесте време, и то ће бити трећа основна врста мера за рад. Из тога закључујемо, да се ма каква количина рада и ма каквог он облика био, може увек измерити нађеним трима основним врстама мера: *дужином масом* и *временом.*

Силом околности смо дакле принуђени да изберемо горње три врсте мера за основне мере јер њима можемо измерити све остале природне појаве и величине. Међу тим француски научари, руковођени другим разлозима беху усвојили *дужину, време* и *силу* као основне врсте јединица. Но ми смо видели да је сила и сувише сложен појам да би се могла узети за основну врсту јединица. Британско учено друштво, усвојило је било такође дужину, време и масу, али није било руковођено разлозима, које смо ми горе извели.

Међу свима разним мерама за дужину данас и у науци и у практици служи метарски систем. У теорији, метар представља десет милионити део квадранта, оног земљиног меридијана што пролази кроз Париз. Тај је меридијан измерила нарочита француска „комисија за мере и тежине,“ и према горњој одредби, начинила 1799 године једну платинску полугу чија дужина на 0° представља дужину једног метра. Ето та платинска полуга, која се и данас чува у фрацуској архиви, представља у практици дужину једног метра и са ње су копирани сви садањи метри којих има у свима државама. Је ли та платинска полуга, што представља основни метар одиста десет милионити део квадранта париског меридијана или није, то је друго питање; у данашњој практици се та дужина зове метар па ма каква била тачност са којом је она у своје време одређена.

Познато је свима, да су са те основне мере створене још друге мере за дужину, неке веће а неке мање, но које су све удешене по десетичком систему.

За мерење времена узето је трајање једног земљиног обрта око осе. Цело то трајање подељено је на 24×60^2 делова и такав један део, *једна секунда* средњег сунчаног времена служи као основна јединица за време.

Споменули смо мало час да су француски научари усвојили били силу т. ј. тежину за трећу врсту јединица, док је енглеско учено друштво узело масу. Ми смо видели да је сила много сложенији појам од масе и незгодна је за јединицу и с тога, што сила или тежина не остаје на свима местима на земљи једна и иста него се са географском ширином мења. На против маса, не само да је прост појам количине материје, него је и независна од географске ширине. Док се тежина једног истог тела мења на свакој другој географској ширини, дотле његова маса остаје не промењива и стална не само за целу земљу него за ма које небеско тело.

Као јединица тежине, из које се изводи маса служи данас тежина оног платинског комада, који представља тежину једног кубног десиметра дестилисане воде од 4° Целз. измерене на морској површини и на 45° геог. шир. Та је тежина названа „основни килограм" и она се заједно са основним метром чува у Француској архиви.

У досадањем избору врста мера, били смо руковођени самим природним појавама, те смо, тако рећи, били принуђени да усвојимо горње три врсте мера за основне. Али сад долази друго питање, које се решава на сасвим произвољан начин. Горњом анализом дошли смо до закључка да нам једна основна врста мере буде дужина и рецимо да смо између разних система мера за дужину изабрали метарски систем, као најпростији. Али коју ћемо од метарских дужина узети за основну јединицу са којом ћемо све остале дужине изражавати, да ли километар, или метар или сантиметар итд? За мерење масе наступио би исти случај као и за мерење времена. Имали би да бирамо између масе једнога килограма или грама или милиграма и т. д. или између трајања једне године, дана, минуте и т. д.

Па онда, пошто смо, рецимо изабрали у свима трима врстама мера, по једну као основну јединицу онда настаје тешкоћа у избору извесних јединица. Јер кад смо утврдили основну јединицу за дужине онда којом ћемо јединицом мерити површине, да ли квадратом коме је свака страна равна тој јединици дужине, или равнокраком троуглом коме су стране једнаке опет тој јединици или на послетку кругом кога је полупречник или пречник раван истој јединици? За запремине остају иста питања, као и за све друге изведене јединице.

У самој ствари тако је и било. Разни народи служили су се не само разним мерама него и кад су им мере биле исте они су узимали разне јединице из тих мера за основне јединице. Тако на пример сви су се научари били сложили да за дужине и тежине усвоје метарски систем, али док су једни (Гаус и Вебер) усвојили за основне јединице милиметар и милиграм, дотле су други (Британско учено друштво) усвојили сантиметар и грам. Сасвим је било потребно да се у том погледу усвоје један пут за свагда основне јединице за апсолутно мерење и то је постигнуто на међународним конгресу електричара држаном у Паризу 1881 год, приликом прве електричне изложбе. На том конгресу усвојене су за основне врсте мера: *дужина, маса* и *време*; даље, за јединицу дужине усвојен је сантиметар, за јединицу масе, маса једног грама, а за јединицу времена, једна секунда. Ове три последње јединице зову се *апсолутне основне јединице*, и за свако мерење које се у тим јединицама изрази каже се, да је извршено „*у апсолутном систему*", или „*у систему сантиметар — грам — секунда*" или најзад симболички *„у систему C. G. S.“* (Ц. Г. С.)

Из горњих основних јединица изведене су још многе друге јединице. Ми ћемо у кратко и једне и друге прегледати.

А. Основне апсолутне јединице

Јединица за дужину — То је стоти део оног основног метра, што је начињен од платине и одређен на 0° и који се чува као што смо видели, у париској архиви. У оно доба кад је тај метар одређиван, он је био један десет милионити део квадранта париског меридијана. Данас се дознало, да се та мерења нису могла извршити са довољном тачношћу те према томе ни данашњи практични основни метар не одговара потпуно својој теориској дефиницији. (По новијим одредбама спљоштености земљине излази да је четвртина меридијанске елипсе дугачка 10,000856 метара). Било како му драго, опет је она мера, коју ми називамо метром стална и непромењива, те се све остале могу са њом сравњивати. То што вреди за основни метар вреди и за његов стоти део, т. ј. за основни сантиметар, који је изабрат са основну јединицу дужине апсолутног мерења. Јединица дужине бележи се симболички писменом L.

Јединица за масу. — То је хиљадити део оне масе, од платине, која представља један килограм; то је маса једног грама.

По решењу народног конвента француског, килограм је тежина једног кубног десиметра дестилисане воде од 4° Цел., измерене у безваздушном простору, на морској површини и на 45° геогр. ширине. Требало је дакле, да килограм има исту масу какву има и један кубни десиметар дестилисуне воде, од 4° Ц. Међу тим у след извесних грешака, које је немогуће било избећи у оно доба, тај основни килограм нешто је лакши од правог килограма, те према томе ни маса једног кубног сантимера дестилисане воде, т. ј. ни маса једног грама, није хиљадити део правог килограма, већ оног што је практички израђен. Јер један кубни сант. дестилисане воде нема масу = 1·000000 него = 1·000013; а она маса, која се данас узимље за основну јединицу не одговара води од 4° Ц. него води од 2·85° Ц. или оној од 5.15° Ц.

Јединица масе бележи се симболички писменом М.

Јединица за време. — Видели смо већ напред да је за основну јединицу времена узет $\frac{1}{24 \times 60^2}$ део трајања целог једног земљиног

86.400

обрта око осе, т. ј. једна секунда средњег сунчаног времена.

Јединица за време бележи се симболички писменом T.

В. Изведене јединице

а. Јединице механичко-физичке у опште

Јединица за површину. — Као јединица површине у апсолутном мерењу узима се квадрат, кога је свака страна равна јединици дужине, т. ј. један квадратни сантиметар. Пошто је површина, квадрат дужине L, то је и димензија јединица површине $= L^2$

Јединица за запремине. — То је запремина једне коцке, које је свака страна равна јединици дужине, т. ј. један кубни сантиметар. Њена је димензија $= L^3$

Јединица за углове. — Угао се увек изражава одговарајућим луком, подељеним полупречником. Пошто се и лук и полупречник мери дужинама, то ће и димензије угла бити $= L^0$. т. ј. угао је независан од изабраних основних јединица.

Јединица за брзину. Брзином v називамо пређени пут подељен временом или пут за јединицу времена. И ако са v означимо пут а са t време биће $v = \frac{s}{t}$. Пошто се пут мери дужином то је и брзина $v = \frac{L}{T} = LT^{-1}$. *Јединица је брзине она брзина, услед које, неко покретно тело, крећући се једнако, пређе јединицу пута за јединицу времена.*

Брзина звука која износи 330^m у секунди изражена апсолутним јединицама износи 33×10^3. Брзина је светлости 300000 км.: у систему C. G. S. она износи 3×10^{10}

Јединица за угловну брзину. — То је брзина оне тачке у телу, која се налази на отстојању = 1 од обртне осе; дакле $u = \frac{2\pi}{T} = T^{-1}$.

Јединица за убрзање. — Ако брзина није стална него се мења, онда се цела та промена, подељена временом за које је она извршена, зове убрзање, $a = \frac{v - v_0}{t}$.

Према томе је убрзање или акцелерација промена брзине за јединицу времена. Што се тиче димензије убрзања она ће се одредити из брзине и времена; пошто су димензије брзине LT^{-1}, то је очевидно да ће димензије убрзања бити LT^{-2}.

Јединица убрзања код тела које се једнако промењиво креће биће она, где се брзина промени за јединицу дужине у јединици времена. —

Убрзање земљине теже биће у апсолутним јединицама = 981·0. јединица C. G. S.

Јединица за силу. — *дин* — Под силом разуме се у механици количина убрзања т. ј. ma, а то је промена кретања, које је у маси m изазвало убрзање a. Према томе, *јединица силе, биће она количина убрзања, која за јединицу времена, произведе на маси равној јединици, убрзање равно јединици* или још, *она се сила рачуна као јединица, која ће дејствујући једну секунду на граммаси произвести убрзање од једног сантиметра.*

Та јединица силе добила је нарочито име „*дин.*“ (од грчке речи **δυναμις** = сила). Према томе, тежина једног грама, која убрзава своју масу на географској ширини од 45° а на морској површини за 980·606 јединица C. G. S. вреди 980·606 дина. Одавде следује да

један милиграм вреди 0·9806 дина

један грам вреди 0.9806 $\times$ 10^3 дина или 0·9806 килодина

један килограм вреди 0·9806 $\times$ 10^6 дина или 0·9805 мегадина.

Као што се види јединица силе је прилично мала и у округлој цифри износи један милиграм јер је

$$\text{један дин} = \frac{1 \text{ гр.}}{980{\cdot}606} = 0{\cdot}001098 \text{ гр.}$$

а један милијун дина т. ј. један мегадин = 1020 гр. дакле = снази мало већој од једног килограма.

Ако оћемо да нађемо вредност грама изражену дином на разним географским ширинама φ и висинама h над морском површином, ваља се послужити овим обрасцима где је убрзање изражено у јединицама C. G. S. т. ј. у сантиметрима:

$$g^{cm} = 980{\cdot}606 - 2{\cdot}5028 \cos 2\varphi - 0{\cdot}000003^{h}.$$

Кад се по томе обрасцу одреди убрзање теже, онда се из ње може добити вредност дина у грамовима и обратно а за дотично место на овај начин:

$$1 \text{ дин} = \frac{1 \text{ гр.}}{g^{cm}}$$

$$1 \text{ грам} = g^{cm} \text{ дина.}$$

На разним географским ширинама потребан је разан број динова да се подигне једна граммаса. На пример, тежина

1 грама на полу	=	983.11 дина
„ у Берлину (52°30)	=	981.25 „
„ у Паризу (40°50)	=	980.94 „
„ у Београду (44°48′)	=	980.60 „
„ на екватору	=	978.10 „

Ако јединица силе, т. ј. дин, дејствује на неку масу, m, онда ће она изазвати после једне секунде брзину не $= 1^{cm}$ него

$$\text{брзину} = \frac{1^{cm}}{m}, \quad \text{одакле}$$

$$m \times \text{брзином} = m.\ v = 1.$$

А то значи: *Дин је она снага, која делајући за једну секунду ма на какву масу m, произведе јединицу количине кретања.*

Што се тиче димензија силе, лако је увидити да су оне $= LMT^{-2}$.

Јединица за рад. — *ерг* — Рад постаје, кад сила своју нападну тачку покреће и извршени је рад сразмеран величини силе P и пређеном путу s. Ако се задржимо код најпростијег случаја, да је рад раван производу из силе и пута $R = Ps$, онда јединица рада јесте онај рад, који изврши *јединица силе (дин) померивши своју нападну тачку за јединицу дужине (један сантиметар).*

Та се јединица рада зове *„ерг“* (од грчке речи **ἔργον** = дело, рад, енергија)

Према томе, кад граммаса падне са висине од 1^{cm} у след дејства теже т. ј. услед дејства g^{c} дина или грамсантиметара, онда је она извршила рад од g^{cm} ерга. Отуда изводимо још и ове односе у опште:

$$1 \text{ грам-сантиметар} \cdot = g^{cm} \text{ ерга.}$$

$$1 \text{ ерг} \cdots\cdots = \frac{1\text{гр}^{cm}}{g^{cm}}$$

$$1 \text{ килограм метар} \cdot = g^{cm} \times 10^{5} \text{ ерга}$$

$$1 \text{ ерг} \cdots\cdots = \frac{1\text{кгрм.}}{g^{cm} \times 10^{5}}$$

За Београд и на морској површини:

$$1 \text{ грам-сантиметар} \cdot = 980{\cdot}60 \text{ ерга}$$

$$1 \text{ ерг} = \frac{1\text{гр.}^{cm}}{980{\cdot}60} \cdot = \frac{102}{10^{5}} \text{ гр. сант.}$$

$$1 \text{ килограм-метар} \cdot = 980{\cdot}60 \times 10^{5} \text{ ерга}$$

$$1 \text{ ерг} = \frac{1\text{к. мет.}}{980{\cdot}60 \times 10^{5}} = \frac{102}{10^{10}} \text{ мет. килогр.}$$

Ако би се десио случај, да ваља претворити какве старе мере у ергове, на пример стопне фунте или стопне оке итд. онда ваља поступити на овај начин:

Ваља одредити однос старих мера према новим, тако да је на пример једна стопа = m метара а једна фунта или једна ока = n килограма; онда ће једна стопна фунта или стопна ока имати

$$(m \times n) \text{ метар-килограма.}$$

Ако се претварање врши за неку географску ширину φ где је убрзање теже, по горњем обрасцу одређено = g^{cm} онда је

$$\text{један килогр. мет} = g^{cm} \times 10^5 \text{ ерга}$$

те ће најзад једна стопна фунта или стопна ока изнети

$$(m \times n) \times g^{cm} \times 10^5 \text{ ергова.}$$

На пример једна стопна ока колико износи ергова у Београду?

Једна ока има 1·280 кгр. а једна стопа 0·316 метара према томе једна стопа ока износи

$$0{\cdot}316 \times 1{\cdot}280 = 0{\cdot}404 \text{ метар. килогр.}$$

У Београду један метар-килограм има $980{\cdot}60 \times 10^5$ ерга, према томе једна стопна ока износи

$$396{\cdot}16 \times 10^5 \text{ ергова.}$$

Димензије јединице рада јесу $= L^2MT^{-2}$.

Јединица ефекта. — Ефект је рад за јединицу времена, т. ј. $e = \frac{R}{t} = L^2MT^{-3}$. *Јединица ефекта биће ерг за једну секунду.*

Та је јединица и сувише мала за практику, јер је мува мотор, који врши ефекта за више таквих јединица. Већа јединица за ефект јесте у индустрији парни коњ а то је рад од 75 мет. кил. за једну секунду. За једну махину каже се да има снаге 10 коња (разуме се парних) кад изврши 750 кгр. мет. за секунду. Према томе биће у опште.

$$1 \text{ парни коњ} \cdot \cdot = g^{cm} \times 10^5 \times 75 \text{ ергова}$$

$$1 \text{ ерг} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot = \frac{1}{g^{cm} \times 10^5 \times 75} \text{ п. к.}$$

За Београд и на морској површини:

$$1 \text{ парни коњ} \cdot \cdot = 735{\cdot}45 \times 10^7 \text{ ергова}$$

$$1 \text{ ерг} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot = \frac{136}{10^{12}} \text{ пар. коња.}$$

Парни коњ о коме је реч јесте француски, а њиме се служе и Италијани. Енглески парни коњ, (horse--power) је мало већи и $=$ 1·0139 франц. пар. коња. У Немачкој и Аустрији парни коњ има такође друге вредности. Ево тих вредности у ерговима:

Енглески коњ $= 746 \times 10^7$ ерга
Немачки коњ $= 738 \cdot 9 \times 10^7$ „
Аустријски коњ $= 746 \cdot 7 \times 10^7$ „

Јединица енергије. — Енергија се мери истом јединицом, којом и рад те према томе и за енергију вреди оно исто што смо рекли за рад. Димензије енергије биће као и димензије рада $= L^2MT^{-2}$.

Јединица за количину кретања. — Количина кретања је производ из брзине и масе. Према томе димензије те јединице биће $= LMT^{-1}$ *Јединица за количину кретања биће она количина, коју изврши јединица масе са јединицом брзине за јединицу времена.*

Јединица статичког момента. — Статички је моменат производ из силе и крака на који дјејствује, т. ј. $\mathfrak{M} = Pl$. Пошто је крак дужина, то су димензије статичког момента $= L^2MT^{-2}$. И *статички је моменат раван јединици кад га произведе јединица силе (дин) дјејствујући на крак раван јединици.*

Јединица дирекционе снаге. — Кад је неко тело, које се око неке тачке може да окреће, у стабилној равнотежи, па га неки статички моменат $\mathfrak{M}$ из тог положаја покрене за неки мали угао φ, онда ће моменат бити сразмеран томе углу све док угао остане мали. Сталан однос $\frac{\mathfrak{M}}{\varphi} = D$ зове се *дирекциона снага.* Димензије дирекционе снаге су $= L^2MT^{-2}$ (исте као и за статички моменат.) *Дирекциона снага биће равна јединици онда, кад је статички моменат (за мала кретања) раван самом углу.*

Дирекциона снага земљине теже, која неко клатно масе = 1 кгр. и дужине = 1^m враћа у равнотежни положај биће 981×10^8, јер статички моменат за обртни угао φ јесте $Pl\sin\varphi$ па како је за мале углове $\sin\varphi = \varphi$ биће $= Pl\varphi$.

Јединица за моменат постојаности — инерције. — Пошто је моменат постојаности J, неке масе *m* на остојању l од обртне осе $J = ml^2$ или за више маса $= \Sigma(ml^2)$ то ће и димензије тога момента бити $= L^2M$. *Моменат постојаности је раван јединици, кад се јединица масе налази на остојању јединици од обртне осе.* Моменат постојаности горњега клатна биће дакле $0{\cdot}981 \times 10^{10}$. — Једна правоугална магнетска шипка, од 50 гр. тежине, 1^{dm} дужине $=$ a, 1^{cm} ширине $=$ b има свој моменат у јединицама CGS.

$$J = m\frac{a^2+b^2}{12} = \frac{10^2 + 1^2}{12}\ 0.981 \times 10^3 \times 50$$

$$= 408750.\ C.\ G.\ S.$$

Моменат постојаности дирекционе снаге D и време клаћења t код малих осцилација везани су овом једначином:

$\frac{t^2}{\pi^2} = \frac{J}{D}$ одакле излази да је димензија тог односа $= T^2$.

Вредност једне исте јединице у разним системима основних јединица. — Ми смо приликом избора основних јединица напоменули да има више таквих система, који су владали пре но што је утврђен систем C. G. S. Може бити да ће се указати потреба да се јединице тих ранијих система претварају у систем C. G. S. па за то не ће бити бескорисно да са неколико примера покажемо то претварање.

За тај посао послужићемо се једначином

$$\alpha' = a \times \left(\frac{\alpha'}{\alpha}\right)^n \times \left(\frac{\beta'}{\beta}\right)^p \times \left(\frac{\gamma'}{\gamma}\right)^q.$$

У којој ћемо заменити количнике једноимених јединица бројевима, који исказују односе нових основних јединица према старима. То ћемо показати на овим примерима:

1) За јединицу силе P имамо

$$P = LMT^{-2}.$$

у систему C. G. S. Јединицу силе у другом ком систему означићемо са P_1 P_2 P_3 па ће бити систем

м. мет. — мил. гр — S. · $P_1 = \frac{1}{10^4} P =$

$$= \frac{1 \text{ дин}}{10^4} = 0{\cdot}000010198 \text{ гр.}$$

метар — G — S. · · · $P_2 = 100\ P =$

$$= 100 \text{ дина} = 0{\cdot}10198 \text{ гр.}$$

метар — кгр. — S. · · · $P_3 = 10^5\ P =$

$$= 10^5 \text{ дина} = 102 \text{ гр.}$$

2) За јединицу рада нашли смо

$$R = L^2MT^{-2}.$$

У другим системама та ће јединица бити

Систем

м. мет — мил гр. — S. · · $R_1 = \frac{1}{10^5}\ R =$

$$= \frac{1 \text{ ерг}}{10^5} = \frac{102}{10^{10}} \text{ гр. сант.}$$

Метар — G. — S. . . . $R_2 = 10^4$ R =

= 10^4 ерга = 10·2 гр. см.

Метар — кгр. — S. . . . $R_3 = 10^7$ R =

= 10^7 ерга = 10200 гр. см = 0·102 мет. кгр.

* * *

Из досадањег одређивања димензија изведених јединица, видимо како би ваљало поступити и за ма какве друге изведене јединице. Пошто је то посао врло прост, ми се нећемо даље упуштати у набрајање и извођење тих јединица. Само ћемо још ради веће прегледности склопити до сад нађене јединице у ову таблицу:

Назив јединице	ЗНАК	ОДРЕДБА	ДИМЕНЗИЈЕ
Дужина	s	s	L
Маса	m	m	M
Време	t	t	T
Површина	S	ss'	L^{2}
Запремина	V	$s. s'. s''$	L^{3}
Угао	$\sphericalangle$	$\frac{s}{s'}$	L^{0}
Брзина	v	$\frac{s}{t}$	LT^{-1}
Угловна брзина	u	$\frac{2\pi}{t}$	T^{-1}
Убрзање	a, g	$\frac{v - v_0}{t}$	LT^{-}
Сила, тежина	P, Q,	ma, mg,	LMT^{-2}
Рад	R	Ps	$L^{2} MT^{-}$
Ефект	e	$\frac{R}{t}$	$L^{2} MT^{-3}$
Енергија	E	$\frac{mv^2}{2}$	$L^{2} MT^{-2}$
Количина кретања	k	mv	LMT^{-1}
Статички моменат	$\mathfrak{M}$	Pl	$L^{2} MT^{-2}$
Дирекциона снага	D	$\frac{\mathfrak{M}}{\varphi}$	$L^{2} MT^{-2}$
Моменат постојаности	J	ml^2	$L^{2} M$

в. Електричне и магнетске мере у апсолутним јединицама.

Пре но што пређемо на само излагање појединих електричних и магнетских јединица и одређивању њихових димензија, да видимо каквих врста мера може овде бити, поред тога што ће оне бити сведене на апсолутни систем CGS.

У главноме се сви електрични појави деле на две гомиле: на електростатичке и електродинамичке. Као полазна тачка за електростатичке појаве служи појам о количини или маси електричној, а за електродинамичке, служи интензитет струје. Оба та појма везана су међу собом овим односом: интензитет струје сразмеран је оној количини електрицитета, која прође кроз извесан пресек за јединицу времена. Другим речима, ако означимо количину електрицитета са q, која пролази кроз неки извесан пресек за неко време t, онда ће интензитет бити одређен овим односом

$$I = \alpha \frac{q}{t} \quad \cdots\cdots \quad (7$$

где је α коефицијенат, који зависи од избора јединице за мерење. И ако би узели за јединицу струје ону струју, која пронесе за јединицу времена количину електрицитета равну јединици, т. ј. ако је за $t = 1$ и $q = 1$ онда је

$$I = 1$$

$$\text{па дакле и } \alpha = 1$$

$$\text{у след чега } I = \frac{q}{t} \quad \cdots\cdots \quad (7'$$

Док тај образац доводи у међусобну везу и однос електростатичке и електродинамичке појаве, дотле су електростатички појави за се карактерисани законом *Кулоновим* (Coulomb) а електродинамички обрасцем *Амперовим*.

Кулонов закон. — Две електричне количине или масе q и q' положене једна према другој на остојању r, привлаче се или се одбијају по закону који је пронашао *Кулон* и који гласи: *две количине електрицитета привлаче се или одбијају сразмерно њиховим величинама а* обрнуто *~~изврнуто~~ квадрату остојања.* Ако је P узајамна привлачна или одбојна снага горњих двеју количина електричних, онда је

$$P = \beta \frac{qq'}{r^2} \quad \cdots\cdots \quad (8$$

где је β такође бројни коефицијенат, који зависи од избора јединице за количину електрицитета.

Ако оћемо и ове мере да сведемо на апсолутне, т. ј. да се ослободимо коефицијента ваља узети $q = q' = 1$ и $r = 1$ па би онда и за $P = 1$ било $\beta = 1$. У том би случају горњи образац био простији

$$P = \frac{qq'}{r} \quad \cdots\cdots\cdots (8'$$

Амперов образац. — Познато је, да кад кроз два спроводника протиче електрична струја, да се та два спроводника привлаче или одбијају онако исто као и две електричне количине. То узајамно дејство P зависи најпре од елемената спроводника *ds* и *ds'* кроз које протичу струје I и I' и то по овом познатом обрасцу Амперовом:

$$P = \gamma \frac{II' \, ds \, ds'}{r^2} (2 \cos \psi - 3 \cos \varphi$$

$$\cos \varphi') \cdots\cdots\cdots (9$$

где је r остојање или дужина оне праве, која састављa средине елемената ds ds'; φ и φ' јесу углови, које ти елементи, продужени правцем својих струја, заклапају са том правом; а ψ је угао, који елементи заклапају међу собом; γ је сталан коефицијенат, који зависи од избора јединице за струју. По себи се разуме да би ту јединицу ваљало тако изабрати да буде и $\gamma = 1$.

У та три основна обрасца за електричне појаве, (7, (8, (9, улазе три разна коефицијента α, β, γ, док међу тим имамо само две основне јединице: јединицу за количину електрицитета и јединицу за интензитет струје. То значи, да није могућно, помоћу две јединице избацити три коефицијента и да можемо само два од тих коефицијената свести на јединицу а трећи ће остати и имати извесну вредност различиту од јединице и условљену вредностима прва два коефицијента. У таким приликама, наш се задатак своди да тражимо однос између тих коефицијената, помоћу кога ће, кад су два од њих позната, и трећи бити одређен.

Ако ставимо у Кулоновом обрасцу $q = q'$ онда је

$$P = \beta \frac{q^2}{r^2}$$

где је P извесна сила чије димензије знамо. С друге стране у Амперовом обрасцу, оне тригонометријске функције у загради никако не зависе од избора јединице као ни $\frac{dsds'}{r^2}$, јер су то све саме дужине и не зависе од електричних јединица. Једино, део γ II' зависи од њих, али ако ставимо I = I' онда само γ I^2 зависи од електричних јединица. То γ I^2 у самој ствари, као и код количина електрицитета представља извесну силу.

Према томе и $\beta \frac{q^2}{r^2}$ и γ I^2 јесу врсте сила па дакле њиов однос не зависи ни у колико од избора јединице т. ј.

$$\frac{\beta q^2}{r^2 \gamma I^2} = a$$

где је a извесан сталан број, који не зависи од изабраних јединица.

Нама је потребан однос између самих коефицјената, за то ваља да се ослободимо електричних вредности q и I. Тога ради подигнимо једначину 7 на квадрат па ћемо имати.

$$\frac{q^2}{I^2} = \frac{t^2}{\alpha^2}$$

што кад заменимо

$$\frac{\beta t^2}{\alpha^2 \gamma} = a\ r^2 = L^2$$

пошто је r извесна дужина L а α сталан број без димензија у основним јединицама.

Кад напослетку решимо по непознате коефицијенте добијамо:

$$\frac{\beta^{\frac{1}{2}}}{\gamma^{\frac{1}{2}}\,\alpha} = \frac{L}{T} = \Omega\text{[1]} \quad \cdots \quad 10$$

То значи да је однос између коефицијената за количину електрицитета и коефицијената за интензитет струје, т. ј. између електростатичких и електродинамичких појава сталан и да је то нека брзина Ω. И кад за два од тих коефицијената α, β, γ изберемо неку извесну вредност на пример ставимо их $= 1$. онда је трећи познат чим се знају јединице за дужину и време, т. ј. чим се зна вредност за Ω.

Каква је та брзина, која се налази као однос између електростатичких и електродинамичких појава, видећемо доцније кад будемо прегледали јединице тих појава.

Разним комбинацијама вредности, које ћемо дати трима нађеним коефицијентима α,

---

[1]) M. Lévy — „Sur les unités électriques" исто тако Congrés international des Electriciens Paris 1881."

β и γ добићемо разне системе електричних мера. Ово су те комбинације:

$$\left.\begin{array}{l} (a)\ \alpha = \frac{1}{\Omega^2},\ \beta = 1.\ \ \gamma = 1 \\ (b)\ \alpha = 1.\ \ \beta = 1.\ \ \gamma = \frac{1}{\Omega^2} \\ (c)\ \alpha = 1.\ \ \beta = \Omega^2\ \gamma = 1. \end{array}\right\} 11$$

Из практике се увидело да није угодно имати посла са коефицијентом α или $\frac{1}{\alpha}$ кад се оће да пређе из јединица за количину електрицитета у јединице за интензитет струје или обратно, па за то систем јединица под (1) није нашао практичне примене. У практици се електричари служе само комбинацијама под (2) и (3) у којима је $\alpha = 1.$ и помоћу којих се струја може дефинисати као количина електрицитета што пролази кроз извесан пресек. Јер у оба та система добија се

$$I = \frac{q}{t}$$

Систем јединица под (b) зове се *електростатички систем* а онај под (c) зове се *електромагнетски систем.* И у оба та система јединица могу се изразити све електричне и магнетске појаве.

Према томе, ако су q и I изражени у јединицама електростатичким, онда су обрасци Кулона и Ампера представљени на овај начин:

$$P = \frac{qq'}{r^2} \quad \cdots\cdots (12$$

$$P = \frac{1}{\Omega^2} \frac{II' \; ds \; ds'}{r^2} (2 \cos \psi - 3 \cos \varphi \cos \varphi') \cdots\cdots (13$$

На против, ако су q и I изражени електромагнетским јединицама онда оба та обрасца изгледају овако:

$$P = \Omega^2 \frac{qq'}{r^2} \quad \cdots\cdots (12'$$

$$P = \frac{II' \; ds \; ds'}{r^2} (2 \cos \psi - 3 \cos \varphi \cos \varphi') \cdots\cdots (13'$$

Сва је разлика у коефицијенту Ω, чија је вредност у осталом позната.

Кад у једначини (12 ставимо $q = q'$ онда ће *јединица количине електрицитета* изражена у електростатичком систему бити *она количина, која би исто толику количину привлачила (или одбијала) на остојању јединице снагом равном јединици*. Кад у једначини (12' ставимо $q = q'$ добићемо јединицу исте количине електрицитета али у електромагнетском систему. У том случају *јединица количине електрицитета била би она количина, која би исто толику количину са остојања $= 1$ привлачила не јединицом снаге, (као у првом систему) него снагом од Ω^2 јединица.* На исти начин могли би одредити и јединицу интензитета струје у оба система и сва би разлика била та, што би та јединица изражена у електростатичком систему била само $\frac{1}{\Omega^2}$ део исте јединице изражене електромагнетским системом.

Кад дакле можемо да бирамо, којим ћемо се системом служити у електричним мерама, најбоље ће бити да изаберемо мере у којима нема Ω. Тако ће бити простије да изведемо јединице електромагнетског система за струју и количину електрицитета из

$$I = \frac{q}{t} \text{ и } P = \frac{II' \, ds \, bs'}{r^2} (2 \cos \psi - 3 \cos \varphi \cos \varphi') \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (14$$

а тако исто и електростатичке јединице за исте величине из

$$P = \frac{qq'}{r^2} \text{ и } I = \frac{q}{t} \cdot \cdot \cdot \cdot (15$$

где ни у једној ни у другој групи образаца нема Ω.

На послетку, да би нам преглед електричних мера био потпун, да споменемо још један систем. Ако нећемо да сведемо два од три коефицијента на јединицу онда можемо добити читав низ нових система електричних мера. Међу њима је најважнији онај, у коме ти коефицијенти имају следеће вредности:

$$\alpha = 1, \beta = \frac{\Omega^2}{2}, \gamma = {}^1/_2$$

до кога је дошао Ампер сасвим независно од изабраних јединица. Тај се систем зове *електродинамички* или *Амперов*. Ми га наводимо само ради потпуности прегледа, али се њиме не служимо, пошто је он сложенији од електромагнетског јер у њему долази чинилац $\frac{\Omega}{\sqrt{2}}$ док у ономе само Ω.

А сад да прегледамо разне изведене електричне и магнетске јединице и њихове димензије, како у електростатичком, тако и електро магнетском систему.

α Електостратички систем мера

Јединица за количину електрицитета. — Као што смо видели, однос између разних количина електрицитета представљен је кулоновим законом,

$$P = \frac{qq'}{r^2}$$

у коме кад ставимо $q = q'$ и решимо по q добијамо

$$q = P^{\frac{1}{2}}\, r$$

P није ништа друго до привлачна или одбојна сила, дакле у опште сила, чије су нам димензије познате. Према томе, и како је r извесна дужина, биће димензије количине електрицитета

$$q = (LMT^{-2})^{\frac{1}{2}} \cdot L = L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}$$

Отуда, *механичка или електростатичка јединица за количину електрицитета, јесте она количина, која исто толику количину са остојања = 1 привлачи снагом* = 1.

Јединица за електрично поље. — Електрично поље зове се још и електромоторска снага једне тачке. Замислимо један систем наелектрисаних тела; онај део простора, до кога допиру њихова електрична дејства, зове се електрично поље тих тела. Обично је то поље ограничено; теоријски се оно простире до бескрајности. Узмимо сад један електрични делић раван (по количини) јединици и сасредсређен у једној тачки А електричног поља. Резултанта дејстава било привлачних било одбојних, која долазе од разних наелектрисаних тела до те тачке, зове се *интензитет поља* у тачки А. или још и *електромоторска снага у тој тачки.* (Ову електромоторску снагу не треба мешати са електромоторском снагом струје, о којој ће доцније бити речи).

Према томе, дејство неке електричне количине q на неку другу које је q = 1 а на остојању r биће по пређашњем

$$h = \frac{q}{r^2}$$

и како су нам димензије за q већ познате биће димензије електричног поља

$$h = L^{-\frac{1}{2}} \cdot M^{\frac{1}{2}} \cdot T^{-1}$$

Електростатички потенцијал. — Електрични делић раван јединици, смештен у електричном пољу неке извесне електричне количине, мора да пође правцем којим га та количина вуче. Тај се делић налази од прилике у истом стању у коме би било неко тело у какво реци или морској струји; врло је могућно да тако нешто бива и код електричног привлачења. Само електрисање је у неку руку изазивање таласа и струја у етеру, који је расут по целом простору електричног поља, и свако друго наелектрисано тело, које би се десило у том етарском океану, тежи да пође за струјом таласа међу којима се налази и који га вуку. Кад би покушали да тело померимо у супротном правцу етарске струје, т. ј. у супротном правцу електромоторској снази која га вуче, онда се осећа неки извесан отпор и на то треба утрошити извесан рад. На против, ако би хтели да га помакнемо у самом правцу привлачења, онда би добили на раду. Овај последњи рад зове се негативан.

Онај рад, који би ваљало утрошити, па било да је он положан или одречан, да би довели јединицу електричне количине, из неке тачке B, која је ван електричног поља до посматране тачке *A* зове се *потенцијал v* те тачке (A) електричног поља. И како се теоријски замишља, да се свако електрично поље простире до бескрајности, онда би *потенцијал био утрошен рад, да се јединица електрицитета доведе из бескрајности до посматране тачке.*

Узмимо сад да доведемо из бескрајности или из тачке B која је ван електричног пожа оног система наелектрисаних тела, који посматрамо, не електричну количину = 1 него количину = q; и ако је као што смо рекли v потенцијал т. ј. рад за јединицу електричну, онда ће vq бити утрошен рад за количину = q; кад је дакле vq неки извесан рад, и пошто је рад производ из силе и пута (дужине) то је очевидно

$$vq = PL \text{ одакле}$$

$$v = \frac{PL}{q}.$$

и кад за силу и количину електрицитета ставимо одговарајуће димензије, добијамо да су димензије потенцијала

$$v = L^{\frac{1}{2}} \quad M^{\frac{1}{2}} T^{-1}.$$

На други начин, потенцијал неке количине електрицитета q, на неку тачку која је на даљини r представљен је овим изразом:

$$v = \frac{q}{r}.$$

у коме кад извршимо замену за q и r добијамо исте димензије.

Јединица електростатичког потенцијала јесте потенцијал електричне количине = 1 на неку тачку на остојању = 1.

Електромоторска снага једне галванске батерије није ништа друго, до разлика потенцијала на оба пола. Према томе димензије електромоторске снаге код струја исте су као и за потенцијал.

Електрични капацитет. — Да би једна количина електрицитета q на неком спроводнику била у равнотежи, мора се по њему распоредити тако, да је њен потенцијал v на свима тачкама спроводника исте величине. Сам пак потенцијал сваке тачке па дакле и целог спроводника, сразмеран је тој количини електрицитета q. Размера $\frac{q}{v} = c$ зове се електростатични капацитет спроводника.

На други начин, можемо капацитет дефинисати и овако: Вредност потенцијала неке тачке у електричном пољу зависи од количине електрицитета што се у њој налази. Према томе, ако се та количина електрицитета на свима тачкама спроводника удвоји, т. ј. ако се наслажу два слоја електрицитета једнака међу собом (у место једног), онда ће потенцијал бити два пут већи, ако се наслажу три слоја биће три пут већи и т. д. И капацитет једног спроводника назива се она количина електрицитета c, која је потребна па да потенцијал буде раван јединици. Ако је дакле q количина електрицитета која даје потенцијал, v онда је капацитет

$$c = \frac{q}{v}$$

Кад се димензије за q и v замене, добија се димензија електростатичког капацитета C = L.

Јединицу капацитета има онај спроводник, који јединицом електричне количине достигне потенцијал један, на пример кугла од полупречника = 1.

Енергија једног система наелектрисаних тела. — Енергија једног система наелектрисаних тела зове се рад, потребан да се та тела доведу из бескрајности на њихове дотичне положаје. И на основу принципа о похрани или консервацији енергије, да би их пренели из положаја где њиова енергија има вредност ***П*** у положаје где је она ***П'***, утрошени је рад = ***П'*** — ***П***, па ма какав био облик пређеног пута.

Па како већ знамо да је рад само једна врста енергије, и да је он изражен електростатички производом из електричног потенцијала и количине електрицитета т. ј. са vq то следује, да ће за сва тела скупа, енергија бити

$$\boldsymbol{\Pi} = \boldsymbol{\Sigma}\,(vq)$$

т. ј. равна суми производа из потенцијала сваког тела и количине слободног електрицитета, који се у њему налази.

Димензије енергије таквог система биће

$$\boldsymbol{\Pi} = L^2\,MT^{-2}$$

* * *

С тим смо исцрпли све обичне величине са којима се сретамо у електростатици. Остаје нам још, да прегледамо појаве електродинамичке и магнетске, изражене електростатичким јединицама,

Интензитет струје. — Ми смо већ напред видели да је интензитет струје, она количина електрицитета, која прође кроз извесан пресек за јединицу времена, те према томе да је изражена овим обрасцем:

$$i = \frac{q}{t}.$$

одакле излази да су њене димензије

$$i = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$$

Интензитет струје онда је раван јединици, кад струја за јединицу времена пронесе кроз пресек спроводника јединицу количине електрицитета.

Та, тако звана „механичка“ мера интензитета, изведена из самог узрока струје, практички се не употребљава, јер је незгодно мерити поједине њене податке. За то се за мерење интензитета узима дејство саме струје било у свом ланцу било ван ланца. Између разних дејстава струје, најзгоднија су за мерење интензитета, њена хемијска и магнетска дејства.

Кад се за мерење струје узме њено хемијско дејство, онда се за јединицу интензитета узме она струја, која за јединицу времена изврши јединицу хемијског рада.

Кад би се могао одредити апсолутни број атома у оном хемијском раду, који струја изврши, онда би се као јединица интензитета могао узети онај интензитет, који електрички одвоји један атом. Али пошто је то немогућно, и пошто електролит меримо тежином или запремином, то се хемијско мерење интензитета не може сматрати као апсолутно у строгом смислу; јер количина струјом разлучене материје не зависи само од њеног интензитета и времена, него још и од природе саме материје, те с тога при таквом мерењу, поред јединице за дужину, масу и време долази још један бројни коефицијенат, који зависи од природе самога тела, но који чини те наше мерење није апсолутно.

Пошто је свако хемијско разлагање сразмерно еквивалентним тежинама, и пошто се у хемији еквивалентна тежина водоника узима за јединицу, то се и за хемијско мерење интензитета струје, узима одвајање или лучење јединице водоникове количине. (било у запреминама или тежинама.) Практички се струја мери волтаметром разлажући воду у њене састојке, који се мере или у кубним центиметрима или у милиграмима на 0^{0} и 760^{mm} притиска

За магнетско мерење интензитета струје служимо се привлачним или одбојним дејством струја на магнете. Узмимо један спроводник дужине $= l$ кроз који протиче струја интензитета $= i$ и у управном правцу према l а на остојању $= r$ налази се количина q' слободног магнетизма; онда ће привлачење струје на магнет или обратно бити дано овим изразом:

$$P = \frac{l\,i\,q'}{r^2}$$

Овде су нам познате димензије свију вредности осим l и q'. За q' видећемо мало час да су му димензије $= L^{\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}$; онда су димензије интензитета струје

$$i = L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-2}.$$

Електромоторска снага. — Већ смо напред споменули, да је електромоторска снага једног галванског елемента равна разлици потенцијала на оба пола тог елемента, те да је и електромоторска снага истих димензија којих и потенцијал.

$$e = L^{\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}$$

Електрични отпор. Да би одредили отпор, ваља да се послужимо Омовим законом, по коме је отпор *o* једног спроводника количник из електромоторске снаге и интензитета струје

$$o = \frac{e}{i} = L^{-1}T.$$

Као што видимо, отпор је у електростатичком систему изврнут брзини.

Џул-ов *закон.* — Тај закон гласи: да је рад, или боље рећи, ефект, који нека струја интензитета i, изврши за јединицу времена у спроводнику кога је отпор $= o$ сразмеран томе отпору и квадрату интензитета, т. ј. да је $= oi^2$ или ако се позовемо на Омов закон да је сразмеран електромоторској снази и интензитету т. ј. $= ei$. Према томе

$$ei = oi^2$$

за јединицу времена, а за време t биће рад

$$eit = oi^2t = R = eq.$$

означивши са q количину електрицитета која пролази кроз пресек спроводника за време t.

Дакле производ eq је рад, а видели смо да је и vq рад, онда сљедује, *да су потенцијал и електромоторска снага неког ланца две величине исте природе* те да се према томе могу свести на исту јединицу као што смо то већ и учинили.

По себи се разуме, да ће и Џул-ов закон бити истих димензија, којих и рад L^2MT^{-2}

* * *

Најзад остаје нам да прегледамо магнетске мере и њиове димензије у електростатичком систему.

Количина магнетизма. — Одредба количине или масе слободног магнетизма у електростатичким мерама, мора се узети из дејстава електромагнетских. Узмимо од једне кружне струје, полупречника = 1 дужину = l. Дејство те струје, на један магнетски пол, који би био у средишту круга (којим протиче струја) сразмерно је: 1) интензитету струје i; 2) количини магнетизма пола, q′; 3) дужини l самог спроводника и 4) изврнуто сразмерно квадрату полупречник а = l. за то је

$$P = \frac{i. q' l}{l^2}.$$

одакле

$$q' = \frac{Pl}{i} = L^{\frac{1}{2}} \; M^{\frac{1}{2}}.$$

Магнетски интензитет. — То је снага i′ која дејствује на електростатичку јединицу магнетске количине. Дакле пошто је

$$P = i'q' \text{ биће}$$

$$i' = \frac{P}{q'} = L^{\frac{1}{2}} \; M^{\frac{1}{2}} \; T^{-1}$$

Магнетски потенцијал. — Магнетски је потенцијал w рад, који изврши магнетски интензитет i′ сравњен с јединицом магнетизма. То је дакле производ из магнетског интензитета и дужине

$$w = L^{\frac{3}{2}} \; M^{\frac{1}{2}} \; T^{-1}$$

Ефект једног магнетског листа. — Један танак слој који је тако намагнетисан, да је производ из његове дебљине б и интензитета i′ сталан, зове се *магнетски лист*. И ефект таког једног листа јесте магнетски моменат листа према јединици површине; то је дакле производ из количине слободног магнетизма и дужине, подељен површином.

$$f = \frac{q' \, L}{L^2} = L^{-\frac{1}{2}} \; M^{\frac{1}{2}}.$$

Однос између једноимених електростатичких јединица у разним системима апсолутних мера. — И овде ћемо се послужити оним истим обрасцем за претварање једноимених електростатичких јединица из једног система у друге, којим смо се служили за исту цељ код механичких јединица. Ево до ког се резултата долази кад се систем C. G. S. узме за јединицу па се на њ' сведу остали системи, који су се били одомаћили пре но што је систем C. G. S. био утврђен.

	системи		
	C. G. S.	мм. м. гр. S.	Мет. G. S.
$q = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	1	$\frac{1}{1000}$	1000
$e = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	1	$\frac{1}{100}$	10
$c = L$	1	$\frac{1}{10}$	100
$i = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$	1	$\frac{1}{1000}$	1000
$o = L^{-1} T$	1	10	$\frac{1}{100}$

Ако би хтели израчунати разним јединицама рад, који изврши једна струја или који постане пражњењем каквог кондензатора ваљало би се послужити Џул-овим законом

$$R = eit = oi^2 = eq$$

у свези с напоменом, да су бројне вредности једне исте величине у изврнутој размери са јединицама на које се односе. Кад ставимо $t = 1$ т. ј. кад тражимо ефект биће:

C. G. S. мил. милгр. S. Метар G. S.

$$R = i'0 = 1 \ldots 1000^2 \frac{1}{10} = 10^5 .. \left(\frac{1}{1000}\right)^2 100 = \frac{1}{104}$$

$$R = ei = 1 \ldots 100 \times 1000 = 10^5 .. \frac{1}{10} \times \frac{1}{1000} = \frac{1}{104}$$

Кад сравнимо вредности за механичан рад у тим системама, као што смо напред извели, видимо да се ове вредности с првима потпуно слажу.

β Електромагнетски систем мера.

За основицу овоме систему узети су магнетски појави. С тога је потребно да одредимо пре свега количину или масу магнетизма, као што смо то радили и за електрицитет. Њу ћемо одредити и овде из Кулоновог закона за магнетизам.

Количина слободног магнетизма. — Она се назива још и *јачина магнетског пола.* Да би је одредили, посматрајмо два магнетска делића q' и q'_1, као и код електрицитета; оне ће се или одбијати или провлачити и њихово дејство биће управо сразмерно њиовим масама или количинама, а изврнуто сразмерно квадрату остојања, тако да ако је r, то остојање, њиово узајамно дејство биће

$$P = \gamma' \frac{q' q'_1}{r^2}$$

Ми ћемо одма да упростимо тај израз ставивши да је $\gamma' = 1$, како би добили апсолутне мере. Кад то извршимо онда ћемо из израза у коме нема коефицијената моћи лако одредити димензије количине слободног магнетизма. Ако ставимо $q' = q'_1$ имаћемо, пошто је r извесна дужина:

$$q' = P^{\frac{1}{2}} L = M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}$$

Јединица количине слободног магнетизма (или јачина магнетског пола) биће она количина, (или онај магнетски пол), која дејствује на исто толику количину са остојања = 1 снагом = 1.

Пут којим смо одредили димензије количине магнетизма q' у електромагнетском систему, не разликује се ни у колико од пута, којим смо одредили количину електрицитета у електростатичком систему. За то и њиове димензије морају бити па и јесу, исте. На исти ће начин и димензије јединице количине електрицитета у електромагнетском систему, бити исте са димензијама јединице количине магнетизма у систему електростатичком.

Магнетски потенцијал. — Магнетски потенцијал W истих је димензија у систему електромагнетском, којих је и електрични потенцијал у систему електростатичком

$$W = L^{2} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$$

Магнетско поље. — И овде као и напред, то је сила, која дејствује на јединицу магнетизма, па дакле и димензије су

$$H' = \frac{P}{q'} = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$$

Ефект магнетског листа. — То је производ из количине магнетизма и дужине подељен површином, или још простије, количник из количине магнетизма и једне дужине. Димензије су исте као и за магнетски потенцијал.

$$F = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$$

Магнетски моменат. — Сваки магнет има једнаке количине слободног положног и одречног магнетизма у сваком свом полу. Најпростији би магнет био две једнако јаке магнетске тачке. Ако је q' количина магнетизма у сваком полу, а λ остојање полова једног од другог, онда су узајамна дејства та два пола $= q'\lambda$. Овај производ од $q'\lambda$ зове се *магнетски моменат* или *магнетизам јдног магнета*.

Из те дефиниције излази да су димензије магнетског момента:

$$\mathfrak{M}' = L^{\frac{5}{2}} \; M^{\frac{1}{2}} \; T^{-1}$$

Однос између магнетизма ($q' \lambda$) једног магнета и масе његове, зове се *специфички магнетизам* тог магнета.

Магнетски интензитет. — До сваког магнета допире, у след страних сила (земљиног магнетизма, од других околних магнета, од електричних струја и т. д.) извесно резултујуће дејство, чија је величина сразмерна, поред јачине сваке од дејствујућих сила још и јачини самог тог пола q'. Она сила, која дејствује на магнетски пол јачине $= 1$, зове се магнетски интензитет на том месту или још и интензитет у магнетском пољу. Хоризонтални интензитет I' јесте хоризонтална компонента те силе, која код обичних магнетских игала сама дејствује, па за то ћемо се ми само на њу и ограничити.

Пошто је сила на неки пол q' дата производом $q' I'$, онда је моменат на неку магнетску иглу који стоји управно на правац дејствујуће силе и на којој су два пола $\pm q'$ на растојању λ један од другог, дат изразом

$$2 q' I' \frac{\lambda}{2} = q' \lambda I' = \mathfrak{M}' I' = P \lambda.$$

где је $\mathfrak{M}'$ магнетски моменат игле. Према томе ће димензије магнетског интензитета бити

$$I' = L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}.$$

Јединица магнетског интензитета јесте онај интензитет, кад се на магнет, чији је магнетски моменат = 1, и који је на правац силе управан, изврши дејство равно јединици статичког момента.

Интензитет електричне струје. — Јединица интензитета електричне струје одговара оној количини електрицитета, која прође кроз сваки пресек спроводника у јединици времена, т. ј. за једну секунду.

Да би одредили интензитет струје у електромагнетским јединицама, тражићемо дејство струје на магнете. Један елеменат струје *ds* привлачи неки магнетски пол тако, да тёжи да га помери управно на раван која прелази кроз тај елеменат ds и кроз тај магнетски пол. Ако у полу има количина q′ магнетизма, и ако се он налази у управној на елеменат *ds*, сила p која тежи да га помери биће дата у изразу

$$p = \frac{q' \times I}{l^2} \cdot ds$$

где је I интензитет струје а l остојање ds од магнетског пола q′. Ако узмемо да струја протиче кроз кружан лук у чијем се средишту налази q′ онда је целокупна сила, са којом је q′ привлачено

$$p = \frac{q' \times I}{l^2} (ds + ds' + ds'' \cdots)$$

и ако узмемо да је лук раван полупречнику, т. ј. да је

$$ds + ds' + ds'' \cdots = l.$$

биће привлачна снага

$$p = \frac{q' \times I}{l}$$

одакле

$$I = \frac{p.\ l}{q'}.$$

Кад заменимо димензије силе p и количине магнетизма q налазимо ове димензије електричне струје:

$$I = L^{\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}$$

Из тога следује:

Интензитет електричне струје раван је јединици онда, кад протичући кроз кружни лук *дужине и полупречника = 1 привлачи јединицу количине магнетизма која је у средишту лука, снагом = 1.*

Међу тим, цео обим круга има 3·14 пречника т. ј. 6·28 полупречника; дакле струја која протече кроз цео обим круга привлачи 6·28 пута јаче но она јединица струје коју горе дефинисасмо. Према томе може се још рећи:

Јединица интензитета струје јесте онај интензитет, кад протичући кроз спроводник савијен у круг полупречника = 1, првилачи јединицу количине магнетизма што је у његовом средишту снагом од 6.28 апсолутних јединица, т. ј, снагом од 2π апсолутних јединица, које у систему C. G. S. износе 2π дина и вреде:

$$6{\cdot}28 \times 0{\cdot}00102 \text{ гр.} = 0{\cdot}00641 \text{ гр.}$$

Количина електрицитета. — Пошто је с друге стране, интензитет струје количина електрицитета која прође кроз неки пресек за јединицу времена, то је и обратно, количина електрицитета равна производу из интензитета струје и времена те дакле

$$Q = L^{\frac{1}{2}} \ M^{\frac{1}{2}}$$

То су у самој ствари, као што смо напоменули, димензије количине магнетизма у електростатичком систему.

Отпор. — Да одредимо димензије отпора у електромагнетском систему, морамо се позвати на Џул-ов закон. Утрошена енергија неке струје, у облику топлоте, дата је обрасцем

$$R = I^2 Ot$$

Али ми знамо да се димензије енергије добијају из производа масе са квадратом брзине т. ј.

$$R = L^2 MT^{-2}$$

онда ће димензије отпора бити

$$O = \frac{R}{I^2 t} = LT^{-1}$$

Дакле отпор струје има исте димензије које и брзина, те дакле да је и отпор нека брзина.

Електромоторска снага. — Њене се димензије изводе из Омовог закона:

$$E = I\ O = L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-2}$$

Електрични капацитет. — Капацитет је однос између количине електрицитета и потенцијала или електромоторске снаге

$$C = \frac{Q}{E} = L^{-1}\ T^2$$

Однос између једноимених електромагнетских јединица у разним системима апсолутних мера. — Ако поступимо као и код једноимених електростатичких јединица и означимо са 1 електромагнетске јединице система C. G. S. онда можемо лако наћи одговарајуће вредности у другим системима:

	C. G. S.	м. м. мгр. S.	Мет. G. S.
$Q' = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	1	$\frac{1}{1000}$	1000
$I = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	1	$\frac{1}{100}$	10
$O = LT^{-1}$	1	$\frac{1}{10}$	100
$E = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$	1	$\frac{1}{1000}$	1000
$Q = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}$	1	$\frac{1}{100}$	10
$C = L^{-1} T^{-2}$	1	10	$\frac{1}{100}$

Ако на послетку и овде тражимо као и код електростатичког система вредност рада у разним апсолутним јединицама добићемо из обрасца

$$R = I^2 Ot = EIT$$

ставивши у њему $t = 1$ ове вредности:

$$\overbrace{\text{C. G. S.} \qquad \text{милим - мгр. - S.} \qquad \text{Мет. G. S.}}^{\text{системи}}$$

$$R = I^2 O = 1 \cdot 100^2 \times 10 = 10^5 \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^2 \times \frac{1}{100} = \frac{1}{100}$$

$$R = EI = 1 \cdot 1000 \times 100 = 10^5 \cdot \frac{1}{1000} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{10^4}$$

Није ни потребно да нагласимо да се и ове вредности потпуно слажу с напред добијенима.

* * *

На тај начин можемо све могуће електричне или магнетске величине да сведемо на основне јединице кад само знамо њиове дефиниције и кад су нам познате димензије горњих основних величина. За то се даље и нећемо упуштати у набрајање и извођење димензија и осталих електричних и магнетских величина пошто то може сваки и сам извести. Само ради боље прегледности склопићемо све досадање електричне и магнетске јединице изражене у оба система у једну таблицу:

НАЗИВ	ЗНАК	ОДРЕДБА	Димензије	
			СИСТ. ЕЛ. СТАТ.	СИСТ. ЕЛ. МАГ.
Статички електрицитет.				
Количина електрицитета	q, Q,	$P = \frac{qq'}{r^2}$	$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}$
Електрично поље.............	h, H,	$h = \frac{q}{r^2}$	$L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$
Електрични потенцијал....	v, V,	$v = \frac{Pl}{q}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$
Електрични капацитет......	c, C,	$c = \frac{q}{v}$	L	$L^{-1} T^{2}$
Енергија спроводника........	Π	$\Pi = \Sigma\,(vq)$	$L^2 MT^{-2}$	$L^2 MT^{-2}$
Динамички електрицитет.				
Интензитет струје.............	i, I,	$I = \frac{Q}{t}$	$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$
Електромоторска снага.....	e, E,	$e = \frac{Pl}{q}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$

Електрични отпор..............	o, O,	$o = \frac{e}{i}$	$L^{-1}\ T$	LT^{-1}
Цул-ов закон........................	r, R,	$R = eq$	$L^2\ MT^{-2}$	$L^2\ MT^{-2}$
М а г н	**е**	**т и**	**з а**	**м.**
Количина магнетизма........	q' Q'	$q' = \frac{Pl}{i}$	$L^{\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}$
Магнетско поље..................	h', H',	$h' = \frac{q'}{r^2}$	$L^{-\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}$
Магнетски потенцијал.......	w, W,	$w = \frac{Pl}{q'}$	$L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-2}$	$L^2\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}$
Енергија магнета..............	Π',	$\Pi' = \Sigma\,(Pl)$	$L^2\ MT^{-2}$	$L^2\ MT^{-2}$
Магнетски моменат............	$\mathfrak{M}$,	$\mathfrak{M} = q'\ \lambda$	$L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{5}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}$
Магнетски лист..................	f, F,	$f = \frac{q'l}{l^2}$	$L^{-\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}$
Магнетски интензитет.......	i', I',	$i' = \frac{P}{q'}$	$L^{\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-2}$	$L^{-\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}$

Критичка брзина. — На послетку да упоредимо још с једне стране та два система електричних мера. Ми смо ради бољег прегледа означили истоветне количине истим писменима у оба та система с том само разликом што су за електростатички систем узета мала а за електромагнетски, велика писмена. Јединице, којима се највише служимо у практици јесу отпор, електромоторска снага, интензитет струје, количина и капацитет електрички. И кад одговарајуће димензије у оба та система сравнимо међу собом добијамо ове односе:

$$\frac{O}{o} = \frac{LT^{-1}}{TL^{-1}} = (LT^{-1})^2$$

$$\frac{E}{e} = \frac{L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-2}}{L^{\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}} = (LT^{-1})^1$$

$$\frac{I}{i} = \frac{L^{\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}}{L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-2}} = (LT^{-1})^{-1}$$

$$\frac{Q}{q} = \frac{L^{\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}}{L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}} = (LT^{-1})^{-1}$$

$$\frac{C}{c} = \frac{L^{-1}\,T^{2}}{L} = (LT^{-1})^{-2}$$

Из тог упоређења видимо, да је однос између две и две једноимене јединице независан од масе и да зависи једино од (LT^{-1}) само у разним степенима. LT^{-1} јесте извесна брзина и то је она иста брзина коју смо нашли да постоји између коефицјената α, β, и γ и коју смо тамо означили са Ω.

Међу тим ваља приметити да горња таблица представља само односе димензија јединица а не и односе њихових апсолутних вредности. Ако L M и T у горњим обрасцима не представљају само символички три основне јединице него њиове апсолутне вредности у систему C G S, онда знамо да ће бројна вредност једне исте апсолутне величине стајати у изврнутој размери јединица на које се односи, то значи, ако горња писмена значе апсолутне величине у систему C. G S. онда ће односи између једноимених електричних величина бити изврнути онима, које смо нашли за њиове димензије.

Да објаснимо то једним примером. Видели смо да је $L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-1}$ димензија електростатичке јединице за количину, а $L^{\frac{1}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}$ димензија исте количине али у елек. магнетском систему. Узмимо неку извесну количину електрицитета m коју ћемо измерити ел. стат. мерама и наћи ћемо у њој $L^{\frac{3}{2}}$ $M^{\frac{1}{2}}$ T^{-1} ел. статичких јединица за количину C, G. S. па ту исту количину m измеримо у ел. магнет систему где ћемо наћи $L^{\frac{1}{2}}$ $M^{\frac{1}{2}}$ ел. магн. јединица за количину C. G. S. Пошто је та иста количина електрицитета m коју смо мерили и у једном и у другом систему, мора да буде $L^{\frac{3}{2}}$ $M^{\frac{1}{2}}$ T^{-1} елек. статичких јединица за количину C. G. S. $=$ $L^{\frac{1}{2}}$ $M^{\frac{1}{2}}$ ел. магн. јединици за количину C. G. S.

Из овога видимо да је однос између апсолутних вредности јединица изврнут односу који нађосмо само између њихових димензија, јер кад горњу једначину поделимо са $L^{\frac{1}{2}}$ $M^{\frac{1}{2}}$ добијамо

LT^{-1} ел. стат. јединица за количину C. G. S. (q) $=$ 1. ел. магн. јединици за колич. C. G. S. (Q) одакле опет, пошто је LT^{-1} она иста брзина коју смо ми раније означили са Ω, излази ова једначина

$$\Omega q = Q$$

или

$$\Omega = \frac{Q}{q}$$

или на послетку

$$\Omega = \frac{\text{ел. магн. јединица за количину електр.}}{\text{ел. стат. јединица за количину електр.}}$$

Та брзина Ω игра у целој науци о електрицитету врло важну улогу зато ћемо је представити и са друге стране. Рецимо да смо израчунали рад који произведе нека струја за неко извесно време, и у јединицама ел. статичким и у јединицама ел. магнетским. Обе методе морају дати један исти број ергова, и ако као што смо већ напред радили, означимо ел. стат. јединице малим а ел. магнетске великим писменима, имаћемо ове једначине:

$$i^2 ot = I^2 Ot$$

$$eit = EIt$$

$$eq = EQ$$

$$e^2 c = E^2 C$$

Па посмотримо из ближе најпростију од тих једначине т. ј. ону трећу

$$eq = EQ$$

сетивши се да је као што смо мало час видели

$$Q = \Omega q$$

Одавде ћемо лако извести и мере за остале електричне величине. Јер је

$$eq = E\Omega q$$

одакле

$$E = \frac{e}{\Omega} \text{ или } \frac{e}{E} = \Omega$$

Кад у једначини $eit = EIt$ заменимо овај однос између e, E и Ω добићемо

$$\frac{I}{i} = \Omega$$

који кад даље заменимо у једначини

$$i^2ot = I^2Ot$$

добијамо

$$\frac{o}{O} = \Omega^2 \text{ или } \sqrt{\frac{o}{O}} = \Omega$$

Најзад заменом e у последњој горњој једначини добијамо

$$\frac{C}{c} = \Omega^2 \text{ или } \sqrt{\frac{C}{c}} = \Omega.$$

Из тога видимо, да ако је ма каква електрична величина изражена двама бројевима, који се односе на две врсте јединица (елек. стат. и ел. магнет.), онда увек постоји известан однос између та два броја и тај однос није никакав други, до разни степени исте величине Ω. Још се то боље види у овој таблици:

1 елек. магнет. јединица за количину = Ω елек. стат. јединица за количину

1 елек. магнет. јединица за интенситет = Ω елек. стат. јединица за интензитет

1 елек. магнет. јединица за капацитет = Ω^2 елек. стат. јединица за капацитет

1 елек. магнет. јединица за потенцијал = Ω^{-1} елек. стат. јединица за потенцијал

1 елек. магнет. јединица за отпор = Ω^{-2} елек. стат. јединица за отпор.

То можемо на послетку и овако да напишемо:

$$\sqrt{\frac{o}{O}} = \frac{I}{i} = \frac{e}{E} = \frac{Q}{q} = \sqrt{\frac{C}{c}} = \Omega$$

Број Ω који означава неку извесну брзину (LT^{-1}) зове се *критичка брзина*. Тако га је назвао *Вебер*.

Бројна вредност за Ω — Чим се нашао тако важан а у исти мах тако прост однос између електромагнетских и електростатичких јединица, онда се приступило непосредној одредби бројне вредности тог односа. Има више начина да се та вредност одреди експерименталним путем, и сви су ти начини основани на истом принципу: ваља узети час једну а час другу електричну величину на пример, отпор, интензитет, количину и т. д. па јој тражити апсолутну бројну вредност најпре у једном па онда у другом систему. И позивајући се на напред изведени закон

$$\frac{m}{m'} = \frac{\alpha}{\alpha'}$$

изврнут однос тих бројних вредности даће непосредан однос самих јединица

Најпре су Вебер и Колрауш одређивали вредност за Ω. и то тиме што су рачунали количину електрицитета у једном кондензатору најпре у ел. статичким јединицама помоћу потенцијала и капацитета, а за тим у ел. магнетским јединицама скретањем галванометра, кад кроз његову спиралу прође електрицитет из кондензатора.

После њих, највише су се бавили енглески физичари одредбом бројне вредности за

Ω, и све се добијене вредности знатно слажу међу собом, кад се само узме на ум тешкоћа те врсте експеримената. Ево тих вредности са именима појединих физичара који су их одређивали:

	вредност за Ω	
Вебер и Колрауш	3.1074	
Томсон	2·825	
Максвел	2·8798	$\times 10^{10}$
Кихан	2·93	
Ајртон и Пери	2·980	
Хокин	2·988	
Роланд	3·0448	

Нарочито се слажу последње четири вредности, одакле излази да је

$$\Omega = 2{\cdot}9857 \times 10^{10}$$

Пошто знамо, да је то нека извесна брзина, то онда међу свима брзинама највећма се приближује њој брзина светлости ($3{\cdot}004 \times 10^{10}$ сантиметара) и брзина електрицитета. Као год и за светлост тако исто и за ту критичку брзину узимље се обично округао број: 3×10^{10} сантиметара $=$ 300.000 километара. јер се она мала разлика која постоји између тих брзина може растумачити тешкоћама којима су скопчане обе врсте експеримената, па с тога и занемарити.

Нема никаквих разлога да се мисли да је та једнакост између те две врсте брзина сасвим случајна; на против, многи електромагнетски односи према светлости, (скретање поларизационе равни магнетима, односи између експонента преламања разних тела за извесне зраке и специфичког индукционог капацитета) говоре, да мора постојати нека веза између електромагнетских појава и светлости. Све то, а нарочито горња вредност за Ω била је повод те се у последње време јавила нова једна грана физике, која је за сад још у свом детињству, но која може имати доцније важних последица: то је електромагнетска теорија светлости, по којој су електрицитет, магнетизам и светлост па дакле и топлота, разне последице једног истог узрока.

C. Практичне или техничке електричне мере

У досадањем прегледу изнели смо у главноме основ апсолутног система мера и његове јединице, како у општим, физичко-механичким величинама тако и у електричним и магнетским. С тим би био исцрпљен предмет, у колико се он односи на теоријска и чисто научна истраживања и мерења. Међу тим, како је у последње време, електротехника јако раширена и ван научних дела, то ћемо са неколико речи допунити наш горњи преглед *практичним* или тако званим *техничким* електричним мерама

Видели смо, да се за мерење електричних и магнетских величина може употребити и електростатички и електромагнетски систем. Па који је од њих бољи и згоднији за практику? За научна истраживања сасвим је све једно, којим ћемо се системом послужити, јер можемо врло лако прећи из једног система у други простим множењем дотичне бројне вредности извесним степеном сталног чиниоца Ω. Али са гледишта чисто практичког, згодније је употребити онај систем у коме нема тог чиниоца. С друге стране, позната је ствар, да у целој електротехници, дакле у свима применама електрицитета, било у светлости, било у телеграфу, телефону, преносу снаге динамо-машинама и т. д, највећу улогу играју електромагнетска дејства струје, за то је боље ставити коефицијенте γ и γ' који се односе на магнетске и електродинамичке појаве равне јединици но чинилац β који се односи на електростатичке величине.

Из тога је разлога, конгрес електричара, држан 1881 год. у Паризу усвојио електромагнетски систем за практички систем, чије су мере у осталом ѣ биле употребљене у практици. Било је истина научара, врло великог ауторитета, који су заступали електростатички систем али да би се избегла употреба коефицијената, ипак је усвојен систем електромагнетски.

Даље, конгрес је усвојио исте основне јединице и за практично електрично мерење, т. ј. систем C. G. S. Међу тим би за практику неке електричне јединице биле и сувише мале, за то конгрес, задржавши дужину, масу и време, није усвојио сантиметар и грам као практичне јединице за дужину и масу него је усвојио следеће димензије истих основних јединица као практичне основне јединице:

За дужину: четвртину дужине земљиног меридијана, т. ј. 10. милијуна метара или 10^9 сантиметара.

За масу: $\frac{1}{10^{11}}$ или 10^{-11} масе једног гр.

За време: задржата је секунда.

Према томе, да се пређе из основног система C. G. S. на практичне електричне јединице треба оне прве помножити овим коефицијентима:

$$\lambda = 10^9, \tau = 1, \mu = 10^{-11}.$$

Конгрес је даље тачно дефинисао јединице за све електричне величине и дао им нарочита имена за практику. Ми ћемо их редом прегледати.

Техничка јединица за отпор. — Ом. — Електромагнетска практична јединица за отпор зове се „*Ом*“ и под тим именом је и раније била позната као „ом британског друштва.“ (B. A. ohm). Његова теорijска вредност је потпуно одређена и износи:

$$1 \text{ ом} = 10^9 \text{ ел. магн једин. (O) C. G. S.}$$

или што је све једно:

$$1 \text{ ом} = \frac{1}{9 \times 10^{11}} \text{ ел. магн. јед. (o) C. G. S.}$$

Тако дефинисана јединица отпора зове се *теоријски ом*, и ваљало је одредити практичну величину, на начин сталан и непроменљив онако исто као што је одређен метар.

Међу свима чврстим и течним телима најзгоднија за одредбу јединице отпора, показала се жива, јер је најлакше добити је у свако доба чисту и увек истоветну и јер њен отпор мање зависи од спољашњих утицаја но код ма ког другог тела.

Први пут се служио живом за основну јединицу отпора, француски физичар *Пује* (Pouillet) који беше усвојио за јединицу отпора, отпор живиног стуба дужине 1 метра и пречника 1^{mm}.

Немачки физичар *Сименс*, усвојио је за јединицу отпора такође живин стуб од 1 метра дужине али пресек му је био један квадратни милиметар. Та је јединица позната под именом „сименс."

Горе поменути конгрес електричара усвојио је у начелу да пресек живиног стуба, који ће служити за јединицу отпора буде један квадратни милиметар. Што се тиче дужине тог живиног стуба, она се имала тек одредити експериментом, с погледом на дефиницију јединице отпора и њених односа са основним јединицама усвојеним у практици. *Као јединица отпора сматрао се онај отпор у коме јединица електромоторске снаге произведе струју интензитета јединице.* И конгрес је одредио једну међународну конференцију, која је имала утврдити дужину живиног стуба, кога би отпор био раван једном ому. Та се конференција састала 1884 год. опет у Паризу и према свима поднесеним вредностима за ом у седници од $\frac{\text{28 Априла}}{\text{10 Маја}}$ решила;

Законити је ом отпор живиног стуба од једног квадр. милим. у пресеку и 106 сантиметара дужине на температури кравећег се леда. (0^0 Целз. и Реом.).

Конференција је у исти мах изјавила жељу, да Француска влада саопшти то решење свима државама, и да их позове на пристанак.

Конференција је препоручила, да се основна јединица прави од живе, а јединица за текућу потребу, од металних легура, које ће се с времена на време испитивати и сравњивати са основном јединицом.

Међу тим легурама конференција је препоручила аргентан, легуру сребра са платином и платине са иридијумом јер те легуре чувају своје физичке особине.

Остаје нам још да покажемо однос између трију јединица за отпор: законитог ома, сименса, и британског ома.

Пошто се законити ом и сименс разликују само по дужини живиног стуба истог пресека, то онда међу њима постоји овај однос:

$$\frac{106}{1.\ \text{закон. ом}} = \frac{100}{1\ \text{сименс}}$$

одакле

$$1\ \text{сименс} = 0{\cdot}94339\ \text{закон. ома.}$$

$$1\ \text{закон. ом} = 1{\cdot}06\ \text{сименса.}$$

Између сименса и британског ома постоји пак овај однос:

1 брит. ом = 1·0493 сименса.

одакле опет

1 сименс = 0·953 брит. ома.

1 брит. ом = 1·0493 × 0·94339 зак. ома.

или још

1 брит. ом = 0·9899 зак. ома

1 закон. ом. = 1·0102 брит. ома.

За претварање британских омова у сименсе и обратно операција је врло проста, јер се цео посао своди на додавање или одузимање 5 процента од дате вредности пошто је:

100 сименса = 95 брит. омова.

100 брит. ома = 105 сименса.

Да би се имао приближан појам о величини једног ома, навешћемо да једна бакарна жица, прекаљена, од 1^{mm} у пречнику и 50 мет. дужине даје отпор једног ома. Обичне бакарне жице из трговине, дају већи отпор и довољна је дужина и од 40 а и 30 мет. од истог пречника, па да да̄ један ом.

У електричним лампама сијалицама, отпор је увек врло велики. У угљену Свапове лампе, који је дугачак 12-7^{cm} а дебео 0·013^{cm} кад је усијан има отпора од 143 ома. Отпор у мишићима и зглавцима човечијег тела од једне руке до друге мења се према особама од 1500 до 3400 ома.

Међу металима највећи отпор има жива за тим долази легура од платине и сребра, па онда легура од платине и иридијума, аргетан или ново сребро никл и легура од злата и сребра. Ако те разне метале упоредимо тако да од сваког узмемо жицу од 10 мет. дужине и 1 кв. милим. у пресеку онда ће ово бити њиови отпори:

Жива	9·434	ома
2 д. платине и 1 д. сребра . .	2·419	„
9 д. платине и 1 д. иридијума .	2·163	„
Аргентан	2·076	„
Никл	1·236	„
2 д. злата и 1. д. сребра . .	1·078	„

Техничка јединица за интензитет струје — ампер. Јединицу за интензитет струје назвао је конгрес електричара „ампер“; пре тога се та јединица звала „вебер.“ Ево како је она одређена:

Видели смо напред, да је рад R једне струје интензитета I а у ланцу отпора O дат Џул-овим законом:

$$R = OI^2.$$

одакле за $R = 1$, и $O = 1$ добијамо

$$I = 1 \text{ ампер}.$$

Дакле „ампер“ је струја, која произведе јединицу рада за једну секунду (или одговарајућу топлоту) у спроводнику чији је отпор = 1.

Из система C. G. S. изводи се та техничка јединица на овај начин:

Треба у димензијама за јединицу интензитета у електромагнетском систему у место L M, T ставити λ, μ и τ са њиовим вредностима. Онда добијамо да практична јединица за струју износи 10^{-1} јединица C. G. S. т. ј.

1 ампер = 10^{-1} елек. магн. један. (I) C. G. S.

или још

1 ампер = 3×10^{9} ел. магн. један. C. G. S.

Та је јединица, сравњена са јединицом C. G. S. врло велика, али се у практици у место целе јединице узимљу њени мањи делови кад су струје врло слабе. Обично се такве слабе струје исказују у хиљадитим деловима ампера, т. ј. у *милиамперима*.

Да би имали појма о величини једног ампера да видимо колики је интензитет струје код обичних елемената Бунзеновог и Данијеловог. Истина и овде то зависи од величине елемената и концентрације раствора у њима, међу тим у истим приликама интензитет остаје више или мање сталан. Рецимо да имамо за Бунзенов елеменат амалгамисан цинк, од 20^{cm} висине у раствору сумпорне киселине са 5% и азотне киселине од 36° до 40°. Унутрашњи отпор елемента варира од 0·08 до 0·11 ома. Такав елеменат, ако је спољашњи отпор тако мали да се може занемарити, т. ј. спољашње електроде нису ни дугачке ни танке, има од прилике 19 ампера струје.

Са цинкеним цилиндром од 19^{cm} висине и 9^{cm} пречника добија се струја од 13 ампера.

Узмимо за Данијелов елеменат цинк од 19^{cm} висине и 9^{cm} у пречнику; цинк је у бисулфату цинка и спољашњи је отпор врло мали. У том случају струја је од 1·3 ампера.

У Холцовој машини где је потенцијал истина врло велики, с тога што је и унутрашњи отпор велики, интензитет струје је врло мали. Таква ,една машина може имати интензитета 0·00003 ампера, а то је тако слаба струја да није довољна за телеграфију.

Пре но што је утврђена техничка јединица ампер, разни физичари служили су се разним другим јединицама. Већина тих старих јединица основана је на електролитичком дејству струје. Пошто се у разним делима још и данас налазе те јединице, не ће бити на одмет да овде споменемо, бар најглавније.

Јединица „вебер“ — Сетимо се да је интензитет једне струје она количина електрицитета, која протиче за једну секунду кроз сваки пресек спроводника. Према томе број ампера, који показује интензитет неке струје показује у исти мах и количину електрицитета у секунди; дакле ампер је јединица количине електрицитета коју пренесе струја за једну секунду. Та се јединица звала у енглеској „вебер“ и струја интензитета = 1. звала се струја од 1 вебера за секунду; струја је била интензитета I ако је преносила I вебера у секунди. Данас се прави разлика између интензитета струје и пренесене количине електрицитета ма да је та количина сразмерна интензитету. Другим речима, струја интензитета I ампера, пренесе у једној секунди I јединица количине електрицитета, које би се јединице могле назвати „веберима.“ Међу тим је париски конгрес од 1881 усвојио за јединицу реч „кулон" (Coulomb), или боље рећи, он је променио стару реч „вебер" у „ампер" и „кулон", тако, да пређе називана струја од једног „вебера" у секунди данас значи струју од једног ампера, која пронесе један кулон у секунди.

Јединица „Јакоби" — Константна и непрекидна струја, која произведе у волтаметру један кубни сантиметар измешаног гаса у минути, на температури 0°, и на притиску 760^{mm}, има интензитет од једног „јакобиа."

Ако разлажемо воду онда у 1. куб. сант има $\frac{2}{3}$ водоника; по тежини:

$$\frac{2}{3} \times 0{\cdot}000089547 = 0{\cdot}000058698 \text{ гр.}$$

Кад го поделимо са 60, добићемо масу водоника разлученог у једној секунди, струјом јединице Јакоби-а, и кад ту масу поделимо количином водоника коју даје 1 ампер у секунди добићемо однос те две јединице:

$$\frac{\text{јакоби}}{\text{ампер}} = \frac{0{\cdot}00000099497}{0{\cdot}0000104} = 0{\cdot}09567.$$

или 1 јакоби = 0·09567 амп.

1 ампер = 10·45 јакобиа.

Јединица $\frac{\textit{Данијел}}{\textit{Сименс}}$ — То је онај интензитет, који има струја једног Данијеловог елемента кад прође кроз отпор једног сименса. Таква струја разлучи 1·38 гр. бакра у секунди.

Да би имали однос те јединице према амперу, ваља да знамо да струја $\frac{\text{Данијел}}{\text{Сименс}}$ издвоји у секунди

$$\frac{1{\cdot}38 \text{ гр.}}{60 \times 60} = 0{\cdot}00038333 \text{ гр. бакра.}$$

док ампер даје у секунди

$$0{\cdot}0003281 \text{ гр. бакра}$$

онда је

$$\frac{\text{Данијел}}{\text{Сименс}} = \frac{0{\cdot}00038333}{0{\cdot}0003281} = 1.17 \text{ амп.}$$

или

$$1 \text{ ампер} = 0{\cdot}855 \ \frac{\text{Дан.}}{\text{Сим,}}$$

Атомска струја. — Овом се јединицом служе Немци. То је струја која би пролазећи 24 сата или 86400 секунда кроз волтаметар произвела 1 грам водоника. У телеграфији се служе речју „*милиатом*“, у место које се сад уводи „милиампер“ јер су и приближно једнаки, пошто један ампер има 0·90009 јединица атомске струје.

Разне јединице — Врло се често налази у делима интензитет струје исказан тежином или запремином неког гаса које струја произведе за неко извесно време. Међу тим лако је претворити такве интензитете у ампере кад се зна да један ампер произведе 0·172 куб. сант. измешаног гаса на 0° и 760^{mm}. Један ће ампер разложити 92 микрограма воде; у томе има водоника 10.4 микрограма и кисеоника 81·6 микрограма.

Техничка јединица за електромоторску снагу — волт — Јединици за електромоторску снагу или за потенцијал, дао је конгрес име „*волт.*“ Омов закон даје E = 1 волт, кад је I = 1 ампер, и O = 1 ом. Дакле *волт је електромоторска снага која произведе струју од једног ампера у ланцу кога је отпор = 1. ому.*

Волт изражен у ел. магн. систему стоји према систему C. G. S. у овом односу

1 волт = 10^8 ел. магн. један. (E) C. G. S.

или још

1 волт $= \dfrac{1}{3 \times 20^2}$ ел. магн. јед. (e) C. G. S.

Строго узев, нема ни једног електр. елемента који би имао електромоторску снагу од једног волта.

У средњу руку може се узети да један волт одговара електромоторској снази једног обичног Данијеловог елемента, премда и то зависи од начина како се тај елеменат направи. Међу тим разлике су врло мале као што се види из ове таблице:

Дан nº I амал.цинк	1 д. сумп. кис. 4 дела воде	сулф. бак. засићен	бак.	1·079
Дан. nº II амал.цинк	1 д. сумп. кис. 12 д. воде	сулф. бак. зпсићен	бак.	0·978
Дан nº III амал.цинк	1 д. сумп. кис. 12 д. воде	нит. бак. засићен	бак.	1·000

Енглези се служе елементом Латимера Кларка који остаје врло постојан; његова електромоторска снага износи 1·457 волта. Он је врло добар за упоређивање осталих елемената.

Потенцијал, који између две плоче даје варницу од једног милиметра има 4400 волта у средњу руку.

По који пут се налази у делима и *термо-електрична јединица* од *Гогена* (Gaugain) означена симболом $\frac{Bi - Cu}{0^0 - 100^0}$; она значи електро-моторску снагу једног термо-електричног електричног елемента од визмута и бакра, чија се замењена места одржавају на температурама 0^0 и 100^0. Та је јединица врло мала и износи $\frac{1}{197}$ Даниjела или $\frac{1}{182 \cdot 6}$ волта.

Бунзенов елеменат је сувише непостојан да би се могао узети за упоређивање осталих елемената.

Техничка јединица за количину електрицитета — кулон. Док смо код осталих мера виделн разне јединице, за мерење количине електрицитета има само једна и њој је конгрес дао име „*кулон*", а то је она *количина електрицитета која прође за једну секунду кад кроз спроводник протиче струја од једног амаера.* Јер општи образац

$$Q = Jt$$

даје за $t = 1^{\text{ск.}}$ и $J = 1,^{\text{амп.}}$ $Q = 1$. кулон.

Кад у место L M и T заменимо вредности λ, μ и τ добијамо за

1 кулон $= 10^{-1}$ ел. маг. јед. (Q). C. G. S.

или још

1 кулон $= 3 \times 10^9$ ел. маг. јед. (q) C. G. S.

Врло се често изражава количина електрицитета тежином разлучених електролита или запремином одвојених гасова у волтаметру. Те се величине могу изразити кулонима кад се зна да један кулон образује 0.0104 милиграма водоника.

Ако означимо са e хемијски еквиваленат неког тела према водонику, количина ε тога тела коју ће разлучити један кулон електрицитета биће

$$\varepsilon = 0.0104 \times e \text{ милиграма}$$

Ово ε зове се електрохемијски еквивалент неког тела.

Према томе из једначине

1 кулон $= \varepsilon = 0.0104 \times e$ милиграма може се одредити број кулона из одговарајуће количине разлученог тела. Доцније ће мо се мало више задржати код електрохемијског еквивалента.

Кад су количине електрицитета изражене у запреминама гасова, онда се те запремине претварају у кулоне кад се зна да један кулон електрицитета разлучи 0·172 куб. сант. измешаних гасова. Према томе ако разлажемо воду на 0° и 760^{mm}, разложићемо једним кулоном електрицитета 92 микрограма воде или 10·4 микрограма водоника.

Велике количине електрицитета изражажавају се још *„амперским сатима“*. Један амперски сат представља ону количину електрицитета, која прође кроз спроводник за један сат, кад је интензитет струје 1 ампер. Дакле

1 амперски сат = 3600 кулона.

Да би себи могли представити ону количину електрицитета коју даје један кулон, ми ћемо узети да је можемо сву скупити на једном кондензатору и тражити димензије тог кондензатора. Ако је M количина електрицитета у кулонима, J. површина кондензатора, e дебљина, V потенцијал и к индукциони коефицијенат, онда је

$$M = \frac{к.\ J.\ V.}{4\ \pi\ e}.$$

Узмимо да је тај кондензатор напуњен максималним потенцијалом од 300 електростатичких јединица; да је направљен од калајних листова раздвојених парафинисаном артијом индукционог коефицијента = 2, и дебљине $e = 0{\cdot}03^{cm}$. Онда је површина

$$S = \frac{4\pi e M}{к\ V} = \frac{4 \times 3{\cdot}1416 \times 0{\cdot}03 \times 3 \times 10^{9}\ кв.\ ^{cm}.}{2 \times 300}$$

$$= 188^{кв.\ м.}$$

то ће рећи четвороугао чије су стране од прилике 14 метара.

Техничка јединица за електрични капацитет — фарад. — Практична јединица за електрични капацитет, којој је конгрес дао име *„фарад“* јесте *капацитет кондензатор који садржи у себи 1 кулон електрицитета од потенцијала једног волта.* Или још по дефиницији париског конгреса, то је онај *капацитет у неком кондензатору у коме 1 кулон електрицитета произведе између облога потенцијал од једног волта.* Другим речима *капацитет ће бити раван јединици, кад у неком кондензатору има 1 кулон електрицитета, а његова унутрашња облога има потенцијал од једног волта док је потенцијал спољашње облоге* = 0. Према томе видимо да се „капацитет мери оном количином електрицитета, коју може да прими један кондензатор у датим приликама; онако исто, као што се мери капацитет једног суда количином течности која у њему може да стане.“ (Preece).

Из познатог обрасца

$$q = c\ e$$

имамо

$$1 \text{ кулон} = 1 \text{ фарад} \times 1 \text{ волт.}$$

Одакле

$$1 \text{ фарад} = 10^{-9} \text{ ел. маг. јед. (c) C. G. S.}$$

или

1 фарад $\times$ 9 = 10^{11} ел. маг. јед. (с) C. G. S.

Фарад је сувише велика јединица за практику. Видећемо мало ниже да ни капацитет целе запремине наше земље не износи један фарад него само 707 милионитих делова једног фарада. Због тога је у ствари практична јединица не фарад, него један милионити део једног фарада, који се зове *микрофарад*: један микрофарад вредиће дакле 9 $\times$ 10^5 ел. стат. јединица или 10^{-6} фарада или 10^{-9} јединица C. G. S.

Најзад да видимо колики би био онај кондензатор у који би стао један фарад. Множина електрицитета у неком кондензатору представљена је обрасцем

$$M = \frac{к\ S.\ v}{4\ \pi\ e} = c\ v$$

одакле

$$C = \frac{к.\ S.}{4\ \pi\ e}$$

И ако оћемо да одредимо површину кондензатора коме је капацитет један фарад ставићемо:

$$1\ \text{фарад} = \frac{к\ S.}{4\ \pi\ e}$$

одакле

$$= \frac{4\ \pi e \times 9 \times 10^{11}\ \text{квадр. сант.}}{к}$$

Ако је кондензатор направљен од лискунских листова, дебелих $0{\cdot}025^{cm}$ којих је индукцион коефицијенат = 5, онда је

$$S = \frac{4 \times 3{\cdot}1416 \times 0{\cdot}025 \times 9 \times 10^{11}}{5} =$$

$$= 56548800000^{кв.\ cm}.$$

а површина, која одговара једном микрофараду, биће

$$S = 56549^{кв.cm} = 5{\cdot}65 \text{ кв. мет.}$$

У трговини се продају кутије којих је капацитет један микрофарад. У њима обично има 300 калајних листова раздвојених лискунским листовима. Према томе површина свију тих листова, кад се узме да је пречник тих кутија 16^{cm} биће:

$$8^2 \times 3{\cdot}1416 \times 300 = 6 \text{ кв. мет.}$$

што се у главноме не разликује много од горњег броја.

Техничка јединица за електричан рад — ват — Видели смо већ напред да електрична струја пролазећи кроз какав спроводник врши неки извесан рад, који је сразмеран отпору и квадрату интензитета. Механички рад изражавали смо ерговима, међу тим за електрични рад ваља нова јединица, која не ће бити непосредно изражена јединицама C. G. S. него електромагнетским практичким јединицама, дакле оним којим су изражени ом, ампер, волт и т. д. Ова нова јединица за рад (у електро-магнетским јединицама) добила је по предлогу В. Сименса 1882 год. име *„ват“* (watt) њен однос према систему C. G. S. добићемо, кад у димензијама за механички рад у место L, M и T, ставимо λ, μ и τ са својим вредностима:

$$\text{Ват} = W = L^2MT^{-2} = (10^9)^2 \frac{1}{10^{11}} = 10^7$$

ергова.

Кад се сетимо образаца које смо извели код механичког рада имаћемо још и ове односе:

$$1 \text{ ват} = \begin{cases} \dfrac{1}{9{\cdot}81} \text{ кгр.} = 0{\cdot}102 \text{ кгр. мет.} \\ \dfrac{10^5}{9{\cdot}81} \text{ гр. сант.} = 102 \times 10^2 \text{ гр. сант.} \\ \dfrac{1}{735{\cdot}46} \text{ пар. коња од 75 мет. кгр.} = \\ \qquad = \dfrac{136}{10^5} \text{ пар. к. од } 75.^{\text{mкгр.}} \\ \dfrac{1}{746} \text{ енгл. коња од } 76^{\text{m.кгр.}} \dfrac{134}{10^5} \text{ ен. коња.} \end{cases}$$

Или још

735.5 вата чине 1 парн. коња од 75 мет. кил.
746·0 вата чине 1 енгл. коња.

Даље, знамо да је механички еквиваленат грам-калорије

$$I = 4{\cdot}2 \times 10^7 \text{ ергова} = 1 \text{ грам-калорија.}$$

одакле је још

$$I = 4{\cdot}2 \text{ вата} = 1 \text{ грам-калорија.}$$

или

$$1 \text{ ват} = \frac{1 \text{ грам-калорија}}{4{\cdot}2} = 0{\cdot}24 \text{ гр. калор.}$$

Ту количину топлоте од 0·24 гр. кал. зову неки физичари а нарочито Енглези именом „Џул."

Ват је механичка мера за сваку врсту рада, међу тим она је највише употребљена за рачунање електричне енергије изражене техничким јединицама волта, ампера и т. д. јер су обе те врсте мера изражене истим основним јединицама (електро-магнетским). Знамо да је

$$W = EI = I^2O = EQ = E^2C.$$

и стављајући $O = 1$ ом, $E = 1$ волт, $I = 1$ ампер и т. д. и замењујући у тим јединицама њиове еквиваленте из простих јединица, добија се за W увек сталан број 10^7 ергова или један ват. За то:

$$\begin{array}{l} \text{Технич.} \\ \text{једин.} \\ \text{за рад.} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} 1\text{ в.} \times 1\text{ ам.} = 10^8 \times 10^{-1} = 10^7\text{ ер.} \\ (1\text{ам})^2 \times 1\text{ом} = (10^{-1})^2 \times 10^9 = 10^7\text{ „} \\ 1\text{ в.} \times 1\text{ к.} = 10^8 \times 10^{-1} = 10^7\text{ „} \\ (1\text{в.})^2 \times 1\text{ф.} = (10^8)^2 \times 10^{-9} = 10^7\text{ „} \end{array} \right\} = \text{ват}$$

Из првог и трећег израза добијамо још ове дефиницје за ват:

1 ват је онај рад који изврши јединица струје (1 амиер) одбијена јединицом електромоторске снаге (1 волт) или кад падне за потенцијал од једног волта.

1 ват је онај рад, који изврши један кулон падајући са висине једног волта.

Ако означимо ват изразом *кулон — волт*, добијамо један израз сасвим сличан механичком изразу *метар—килограм.*

Ма да је „ват“ свуда употребљен данас за мерење електричне енергије, ипак се налазе по где што у место њега изрази *волт-ампер*, или још простије V—A., или најзад ако је мерење вршено другим јединицама V—C (волт—кулон) A—O, (ампер—ом), и т. д. Тако на пример код лампа сијалица каже се да је струја од 105 волта и 0·8 ампера; према томе таква једна лампа троши 105 $\times$ 0·8 = 84 вата или волт—ампера, дакле нешто више од 0·1 коња.

Увећање и смањење техничке јединице. — Од извесних јединица техничких, које су или сувише мале или сувише велике, за практику створене су увећане или умањене јединице множећи или делећи дотичне јединице са милионом. Увећаним се јединицама метне пред основну реч, „*мега*", а смањеним реч „*микро.*" Тако су постале јединице:

1 мегаом = 16^{6} ома = 10^{15} O.

1 микроом = 10^{-6} ома = 10^{3} O

1 микрофарад = 10^{-6} фарада 10^{-15} C.

II. ПРИМЕЊЕНИ ДЕО.

Ма да смо још при самом теорijском излагању указивали по где где на примену нађених јединица апсолутног система, ипак смо веће и важније примене оставили за овај посебни одељак. Ми нећемо овде изложити све могуће примене апсолутних мера, јер би онда ваљало изложити сва могућа научна мерења. Ми ћемо само са неколико разноликих примера показати како се апсолутно мерење примењује на обично мерење, па да према томе сами читаоци схвате начин како ће и сами применити апсолутно мерење и за оне случајеве, који овде нису споменути. [1])

Апсолутна густина тела. — Апсолутна густина неког тела јесте количина материје у јединици запремине. У систему C. G. S. у коме је јединица запремине један кубни сантиметар, апсолутна густина воде биће 1·000013 грам-масе, што се у највише случајева може ставити = 1.

У оном апсолутном систему, у коме су основне јединице *метар*, *грам* и *секунда*, јединица запремине јесте кубни метар и апсолутна густина воде је сад 1000013 грам-масе јер имамо однос:

$$D = \frac{M}{V} = \frac{1.000013}{(0{\cdot}01)^3}.$$

У апсолутном систему C. G. S. апсолутне густине разних тела практички су једнаке са специфичким тежинама т. ј. са односом њихових густина према густини воде. На против

[1]) За овај део послужили смо се нарочито делом: „Traité élementaire des mesures absolues" par. A, Sevpieri.

у систему метар-грам-секунда, треба помножити са 1000013 све већ одређене специфичке тежине па добити вредност апсолутних густина разних тела. С тога се специфичке тежине, које налазимо у разним таблицама, могу сматрати као апсолутне густине тела само ако останемо при систему C. G. S. што смо ми у осталом и усвојили. Ево неколико примера за то:

а. Густина водене паре. — Према последњим истраживањима *Лаша* и *Колрауша* густине ваздуха, кисеоника и водоника сравњене према води ово су:

ваздух	0·001292756
кисеоник	0·001429310
водоник	0·000089547

Ови бројеви вреде за притисак 760^{mm}, на географској ширини 45^{0} и морској површини, Да се одавде изведу апсолутне густине тих тела при иначе истим околностима, треба их помножити са 1·000013 као што смо то објаснили мало час. Онда добијамо

	апсолутне густ.
ваздух	0·001292773
кисеоник	0·001429329
водоник	0·000089548

У једињење од 2 куб. см. водоника и једног куб. см. кисеоника, који дају 2 куб. см. водене паре ушла је апсолутна количина материје:

0·001608425 грам масе.

Половина тог броја представља масу једног кубног сантиметра т. ј. апсолутну густину водене паре, која дакле износи

0·000804212

број, који је, подељен апсолутном густином ваздуха, даје однос

$$\frac{\text{апсолутна густина водене паре}}{\text{апсолутна густина ваздуха}} = 0.622$$

који није ништа друго до специфичка тежина водене паре сравњена према ваздуху.

в. Запремине грам-масе разних гасова. Кад се зна разломак грам-масе, коју садржи један куб. см. неког гаса, онда се врло простим путем може одредити запремина тога гаса кад садржи једну грам-масу. И ове су вредности сведене на географску ширину од 45° барометарски притисак 760^{mm} и морску површину. Запремина грам-масе већ споменутих гасова биће:

ваздуха · · · · · · · ·	773·55	куб. cm.
кисеоника · · · · ·	699·63	„
водоника · · · · · · ·	11167·20	„
водене паре · · · ·	1243·45	„

Барометарски притисак у апсолутним мерама. — Специфичка тежина живе на 0^0 јесте 13·596 сравњена према води највеће густине. Тај број представља у исти мах и апсолутну густину живе, ако се узме, да у једном кубном сантиметру воде има масе једног грама. Но ако би хтели имати тачну вредност за масу једног куб. см. живе, онда би добили:

$13{\cdot}596 \times 1{\cdot}000013 = 13{\cdot}5962$ грам-масе и један барометарски стуб од 760^{mm} висине и 1 кв. cm. пресека имао би

1033·3 грам. маса.

а притисак његов на подлогу био би дакле:

$$1033{\cdot}3 \times g^{cm} \text{ дина.}$$

Према томе тај притисак износи

	дина
у Паризу · · · · · · · · ·	$1{\cdot}0136 \times 10^6$
у Београду · · · · · · · ·	$1{\cdot}0133 \times 10$
на екватору · · · · · · ·	$1{\cdot}0007 \times 10^6$

дакле свуда мало јаче од једног мегадина.

Обично се барометарски стуб од 760^{mm} сматра као *нормални притисак* што у ствари није, јер се тежина тог истог стуба, па дакле и његов притисак мења са географском ширином. *Еверет* је предложио да се узме мегадин као нормални притисак атмосферски на 1 кв. см, што није до да ас усвојено.

Центрифугална снага земљина у апсолутним мерама. — Центрифугална снага неке масе m која се на остојању r од обртне осе окреће брзином v представљена је обрасцем:

$$f^2 m \frac{v^2}{r}.$$

Ако брзину v заменимо односом између пређеног пута и времена биће

$$f = \frac{m}{v}\left(\frac{2 v \pi}{t}\right)^2 = mv\left(\frac{\pi 2}{t}\right)^2$$

Да би тај образац применили на земљу и за екватор ставимо

$$r = 6{\cdot}38 \times 10^8 \text{ сантим.}$$

и

$$t = 86164 \text{ секунде,}$$

па онда ако за m узмемо грам-масу имамо:

$$f = 3{\cdot}39 \text{ дина.}$$

И тако привлачна снага земљина била би на екватору и без центрифугалне снаге

$$978{\cdot}10 \times 3{\cdot}39 = 981{\cdot}49 \text{ дина.}$$

За Београд одредили би центрифугалну снагу на исти начин, само би у место $r = 6{\cdot}38 \times 10^8$ имали да ставимо

$$d = r \cos. 44^\circ\ 48' = 4{\cdot}51 \times 10^8$$

онда излази за

$$f = 2{\cdot}37 \text{ дина.}$$

те према томе би убрзање теже у Београду а без центрифугалне снаге било:

$$980{\cdot}60 + 2{\cdot}37 = 982{\cdot}97 \text{ дина.}$$

Механички еквиваленат грам-калорије у апсолутном систему. — Сви су физичари усвојили за механички еквиваленат грам-калорије изражене у систему C. G. S. вредност

$$I = 4{\cdot}2 \times 10^7 \text{ ергова.}$$

или 42 милијона ергова. Кад се тај број претвори у килограмметре по обрасцима које смо извели у првом делу он вреди:

$$4{\cdot}2 \times 10^7 \times \frac{102}{10^{10}} = \frac{428{\cdot}4}{10^3} \text{ к.гр.мет.}$$

Према томе килограм-калорија вредиће 428·4 метар-килограма. Тај број мало већи од округле цифре 425. мет. кил. која је у опште усвојена, сматра се као тачнији.

Из те вредности за механички еквивалент добијамо још ове односе:

$$1 \text{ ерг} = \frac{1}{4{\cdot}2 \times 10^7} = \frac{24}{10^9} \text{ грам-калорија.}$$

или

$$1 \text{ ерг} = \frac{24}{10^{12}} \text{ килограм-калорија.}$$

Врло често се узима за јединицу топлотних мерења количина топлоте представљена бројем $\frac{24}{10^9}$ грам-калорија или бројем $\frac{24}{10^{12}}$ килограм-калорија. У том случају обрасци, који дају вредност механичке енергије представљају вредности топлотне енергије без икаквих коефицијената. Тако на пример ако имамо рад

$$R = 100 \text{ ергова}$$

онда ће одговарајућа топлота бити

$$C = 100 \text{ јединица}$$

и може се R заменити са C. Али тих 100 топлотних јединица не значе 100 целих калорија, него 100 делова калорије т. ј.

$$100 \times \frac{24}{10^9} \text{ грам-калорија}$$

или

$$100 \times \frac{24}{10^{12}} \text{ килограм-калорија}$$

a. *Механичка енергија неких горива.* — Један грам угљена, ујединивши се потпуно са кисеоником, даје 800 грам-калорија, које се зову калорије сагоревања. Тај се број узима као мерило топлотне моћи угљена.

Колика је механичка моћ која одговара тој топлотној моћи?

Имамо према ономе што је напред речено:

$$8000 \times 4{\cdot}2 \times 10^7 \text{ ергова}$$

$$= 8000 \times 4{\cdot}2 \times 10^7 \times \frac{102}{10^3} \text{ мет. кгр.} =$$

$$= 3427 \text{ мет. кгр.}$$

$$= 8000 \times 4{\cdot}2 \times 10^7 \times \frac{136}{10^{12}} \text{парних коња} =$$

$$= 45{\cdot}7 \text{ пар. к.}$$

Дакле да се постигне рад од једног парног коња у секунди, ваљало би утрошити

$\frac{1}{45 \cdot 7}$ гр. угљена у секунди; а за једног парног коња за цео један сат, потрошили би угљена

$$\frac{1}{45 \cdot 7} \times 60^{12} = 78 \cdot 77 \text{ грама.}$$

Међу тим у најбољим парним махинама треба 1 килограм угљена на коњску снагу и на сат, одакле излази да се корисно употреби једва 0·08 произведеног рада сагоревањем угљена.

На исти се начин може наћи за једињење 1 грама водоника са кисеоником:

$$34000 \times 4 \cdot 2 \times 10^7 \text{ ергова} = 194 \text{ парних коња}$$

а за једињење 1 грама цинка са кисеоником:

$$1301 \times 4.2 \times 10^7 \text{ ергова} = 7 \cdot 4 \text{ парних коња.}$$

ђ. *Енергија тела и одговарајућа молекилска енергија (топлота).* — Кад оловно тане бачено брзином од 500 метара у секунди удари о какву сталну препону, оће ли се истопити произведеном топлотом?

Узећемо да је почетна температура танета $= 10^\circ$

Зна се да се олово топи на 322°; да је његова топлота топљења = 5·4 калорија и да је његова средња специфичка топлота на 150^{0} представљена овом вредношћу

$$0{\cdot}0283 \times 0{\cdot}000036 \times t = 0{\cdot}0337 \text{ кал.}$$

Да се тане истопи потребан је овај број грам-калорија:

$$m\,(322 \times 0{\cdot}0337 + 5{\cdot}4) = m \times 15{\cdot}9.$$

Енергија која одговара брзини од 500 метара јесте:

$$\frac{m}{2}\,(50000)^2 \text{ ергова}$$

и тај рад вреди у грам-калоријама:

$$\frac{m}{2}\,(50000)^2 \times \frac{24}{10^9} = m \times 30 \text{ грам-калорија.}$$

Дакле не само једно тане, него би се могла истопити два танета оном топлотом која постане кад се само једно тане заустави.

c. Специфичка топлота гасова на сталном притиску и сталној запремини. — Рецимо да смо затворили један грам сувог ваздуха и 1 грам водоника под притиском од $760^{mm.}$ у два цилиндрична суда од по 1 кв. см. у пресеку тако, да те две гасне масе заузму запремине, које одговарају њиховим густинама. Загрејмо оба та гаса за 1^{0} и пустимо их да се оба слободно шире под притиском 760^{mm} потискујући на пример један лак клип. Израчунајмо рад који је сваки тај гас извршио својим ширењем.

Кад уведемо у рачун атмосферски притисак који износи на географској ширини 45° у апсолутним мерама као што знамо

$$1.0133 \times 10^6 \text{ дина}$$

и кад су нам познати коефицијенти ширења који су по Рењолу

за ваздух · . . . . 0·0036706
за водоник . . . . 0·0036613.

а тако исто и њнове запремине, онда се налази, да су радови, које је сваки гас извршио, ови:

$$1{\cdot}0133 \times 10^6 \times 0{\cdot}0036706 \times 773{\cdot}53 = \\ = 2{\cdot}8771 \times 10^6 \text{ ергова}$$

$$1{\cdot}0133 \times 10^6 \times 0{\cdot}0036613 \times 11167{\cdot}20 = \\ = 41{\cdot}4303 \times 10^6 \text{ ергова}$$

Ти радови троше топлоте од $\frac{24}{10^9}$ грам-калорија за сваки ерг, те онда

$$2{\cdot}8771 \times 10^6 \times \frac{24}{10^9} = 0{\cdot}06905 \text{ гр.-кал.}$$

$$41\cdot4303 \times 10^6 \times \frac{24}{10^9} = 0\cdot99433 \text{ гр.-кал.}$$

Међу тим те количине топлоте представљају сувишак што га има специфичка топлота оба гаса под сталним притиском над специф. топлотом иста два гаса под сталном запремином, јер никаква се топлота не сме утрошити на рад кад запремина остане стална.

Према томе дакле

Специфичка топлота под	ваздух	водоник
сталним притиском по Рењолу	0·2377	3·4090
	0·0690	0·9943
Спец. топ. под стал. запр.	0·1687	2·4147

Између те две специфичке топлоте постојч сталан однос = 1·41.

Електрични капацитет земљине кугле — Полупречник земљине кугле може се ставити раван

$$\frac{4000000000}{2\,\pi} \text{ сантиметара}$$

а то ће бити у исти мах њен капацитет у електростатичким јединицама. Ако ту вредност претворимо у микрофараде имаћемо:

$$\frac{4 \times 10^9}{2\,\pi \times 9 \times 10^5} = 707 \text{ микрофарада.}$$

Једна би кугла имала тек онда капацитет од једног фарада, кад би јој полупречник био $\frac{1000000}{707} = 1400$ пута већи од земљиног.

Ни само сунце чији је пречник тек мало више од 100 пута већи од земљиног не би имало капацитет од 1 фарада него само $\frac{1}{14}$ од прилике.

Електрохемијски еквиваленти разних тела за један кулон. — Електрохемијски еквивалент назива се она тежина некога тела, коју одлучи електролизом струја од интензитета $= 1$ а за једну секунду. И према томе, да ли ће интензитет бити изражен у простим електромагнетским јединицама или у амперима, и електрохемијски еквиваленти биће различити. Ми ћемо узети да је интензитет изражен амперима и онда ће електрохемијски еквиваленти бити тежине разних тела, које електролитичким путем разложи струја од једног ампера у једној секунди.

Према резултатима, који су највише усвојени, један ампер, пролазећи кроз воду, ослободи за секунду

0·0000104 грама водоника.

и електрохемијски еквиваленат ма каквог тела, чији је хемијски еквиваленат $=$ q (према водонику) биће у опште:

$$\varepsilon = 0{\cdot}0000104 \times q \text{ грама.}$$

Даље, дознало се експериментом:

Количина електролизом разложене матерdown сразмерна је тоталној количини електрицитета који кроз њу пролази и сасвим је независна од времена за које ће та количина електрицитета проћи. И на основу тог закона може се електрохемијски еквиваленат и дефинисати као *електростатичка тежина разних тела које разлучи ма за које време електрицитет једног кулона.*

Ако је интензитет струје I ампера, т. ј. ако за једну секунду прође I кулона, (па било I веће или мање од јединице) онда је количина разлучене материје $=$

$$0{\cdot}0000104 \times q\, I$$

а за t секунада

$$p^{\text{гр.}} = 0{\cdot}0000104 \times q\, I.\, t.$$

и онда ће електрохемијски еквиваленат ма каквог тела бити у опште изражен обрасцем

$$\varepsilon = 0{\cdot}0000104 \times q = \frac{p \text{ грама}}{I\, t}$$

Тај је образац згодан за одређивање ма које количине ε, p, t, I, кад су остале при познате. Ми ћемо то показати са неколико примера.

a. *Нека је струја разложила у једној минути пола грама воде. Колики је њен интензитет?*

Тражећи тежину водоника

$$\frac{0{\cdot}50 \text{ гр.}}{9} = 0{\cdot}0556 \text{ гр.}$$

што је ослобођен из воде добијамо

$$I = 0{\cdot}0556 \times \frac{1}{0{\cdot}0000104 \times 60} = 89 \text{ ампера}$$

b. *Један електрични мотор има електромоторске снаге од 100 волта. Колико ће моћи он разложити воде у минути, кад је отпор у ланцу 1 ом?*

Овде имамо

$$I = \frac{E}{O} = 100 \text{ ампера}$$

и пошто је еквиваленат воде = q имамо:

$$p = 100 \times 0{\cdot}0000104 \times 9 \times 60 = 0{\cdot}562 \text{ гр.}$$

c. *У једном волтаметру са нитратом сребра нађе се после извесног времена* t, *да је негативна плоча отежала, или да је позитивна плоча олакшала за* p *грама. Колико је кулона електрицитета прошло?*

По последњим експериментима изгледа, да је електрохемијски еквиваленат сребра

$$0{\cdot}001118 \text{ гр.}$$

вредност коју је добио лорд Rayleigh и која се довољно слаже са вредношћу 0·0000104 гр. за водоник. Онда ће у опште бити

$$I = \frac{p}{0{\cdot}001118 \times t} \text{ ампера}$$

Из тог се обрасца може дознати број кулона за време t.

Кад би хтели одвојити у једној секунди хемијски еквиваленат сребра, т. ј. 108 грама (или тачније 107·66 гр.) ондаваља p ставити равно тој вредности, па је приближно

$$I = 96500.$$

Овде се у опште може рећи, да треба

96500 кулона

електрицитета, да се разлучи 1 хемијски еквиваленат сребра, па ма колико дуго било време за које ће проћи сва та количина електрицитета.

Та количина електрицитета, која може електролизом да одвоји један хемијски еквиваленат неког тела зове се *електрични еквиваленат* и на основу Фарадијевог закона, тај је еквиваленат сталан број и исти за сва тела. Његова је вредност приближна броју 96300 са малом разликом која свакако долази од недовољне тачности електро-хемијског еквивалента. Како све те поједине вредности стоје међу собом и за разна тела, види се из ове таблице:

Таблица хемијских, електрохемијских

Име тела	АТОМСКА ТЕЖИНА	ХЕМИЈСКИ ЕКВИВАЛЕНАТ Q
Водоник	1	1
Калијум	39·04	39·04
Натријум	22·99	22·99
Алуминијум	27·3	9·1
Магнезијум	23·94	11·97
Злато	196·2	65·4
Сребро	107·66	107·66
Бакар	63·0	31·5
Жива	199·8	99·9
Калај	117·8	29·45
Гвожђе	55·9	18·62
Никл	58·6	29·3
Цинк	64·9	32·45
Олово	206·4	103·2

и електричних еквивалената.

Електрохем. еквивален, у мграм. за кулон E	Број кулона за један грам тела	Тежина тела на амперски сат у грамовима	Електрични еквиваленат
0·010384	96293·00	0·03738	96293
0·40539	2467·50	1·45950	96201
0·23873	4188·90	0·85942	96301
0·09449	10583·00	0·34018	96306
0·12430	8040·00	0·44747	96380
0·67911	1473·50	2·44480	96423
1·11800	894·41	4·02500	96298
0·32709	3058·60	1·17700	96304
1·03740	963·99	3·73450	96298
0·30581	3270·00	1·10190	96301
0·19356	5166·40	0·69681	96301
0·30425	3286·80	1·09530	96302
0·33696	2967·10	1·21330	96302
1·07160	933·26	3·85780	96323

Да видимо сад, колика је вредност електричног еквивалента израженог електростатичким мерама. Ако за средњу вредност тог еквивалента узмемо 96300 биће

$96300 \times 3 \times 10^{9}$ ел. ст. јединица за количину а тај је број приближно раван

$2{\cdot}9 \times 10^{14} = 300000000000000$ ел. ст. јед. за количину

т. ј. 3×10^{14} пута оне количине електрицитета, која концетрисана у малу куглу привлачи снагом једног дина исто тако малу куглу са истом количином електрицитета а на остојању 0·01 м. од прве.

Из тога се види, да је вредност електричног еквивалента у електростатичким јединицама врло велика. Примера ради наведимо један Фарадијев експеримент. Он је опазио, да она струја, која је у стању да разлучи један гран (0·065 грама) воде, може да усија једну платинску жицу од $\frac{1}{4}$ милиметра у пречнику за све време док траје разлагање, т. ј. за три минута и 45 секунда; он је даље израчунао, да би количина статичког електрицитета, која би могла то исто да уради била она, коју би дала једна батерија од 15 лајденских боца, од којих свака има 1186·8 квад. см. површине, и напуњена са по 30 обрта једне велике електричне машине, кад би се та батерија испразнила 800000. Површина те батерије, помножена бројем пражњења даје

$$15 \times 1186{\cdot}8 \times 800000 = 1424160 \text{ кв. мет.}$$

Да се разложи један грам воде треба толико електрицитета, колико може да стане од прилике у један кондензатор од

22000000 квадр. метара.

са великим потенцијалом.

Де ла Рив вели на једном месту, кад би могли кондензовати цео електрични еквивалепат (т. ј. свих 96300 кулона) у један кондензатор па би цео тај електрицитет од један пут испразнили, добили би дејство које би се равнало са дејством грома. Да би могли себи дати рачуна о том дејству, да израчунамо ону снагу са којом се привлаче два еквивалента електрична на остојању на пример 500 метара један од другог. Тако би добили према електростатичкој вредности електричног еквивалента.

$$\left(\frac{289000 \times 10^9}{50000 \text{ см.}}\right)^2 = 3340 \times 10^{16} \text{ дина}$$

$$= 3340 \times 10^{16} \times \frac{102}{10^8} \text{ к. м. кгр.}$$

$$= 34\ 000\ 000\ 000\ 000 \text{ метар-килограма.}$$

Дакле два електрична еквивалента супротних електрицитета (од по 96300 кулона) привлаче се на 500 метара даљине снагом од 34 билијуна килограметара.

Електрични еквиваленат и број молекила. — Вредност, коју смо добили за електрични еквиваленат, изгледа нам врло велика. Зашто је пак она тако велика видећемо кад се обазремо на број молекила гаса, које тај еквиваленат ослободи.

9 грама водене паре на нормалном притиску од 76^{cm} заузму запремину од

$$1243 \times 9 = 11187 \text{ куб. см.}$$

Међу тим, рачуном се нашло, да у једном кубном сантиметру ваздуха има

$$2 \times 10^{19} \text{ молекила}$$

а толико их исто мора бити према Авогадровом закону и у 1 куб. см. водене паре. Према томе, у 9 грама вод. паре има од прилике

$$11187 \times 20 \times 10^{18} = 2 \times 10^{\ 3}$$

Али, да се разложе 9 гр. воде или да се добије 1 грам водоника треба 96300 кулона, или од прилике 3×10^{14} електро-статичких јединица. Према томе за растварање свакога појединог молекила воде треба електрицитета:

$$\frac{3 \times 10^{14}}{2 \times 10^{23}} = \frac{3}{2 \times 10^{9}} = \frac{1}{666666666} \text{ ел. ст. ј.}$$

Ако би хтели да знамо колики је рад потребан да се разложи само један молекил воде, треба помножити тај број са 1·5 волта или са $\frac{1 \cdot 5}{3 \times 10^{2}}$ ел. стат. јedин. потенцијала, па би имали

$$\frac{3}{2 \times 10^{9}} \times \frac{1 \cdot 5}{3 \times 10^{2}} = 75 \times 10^{-13} = \frac{3}{400.000,000.000} \text{ ерга.}$$

Ови бројеви падају у очи својом маленкошћу онако исто као и они први својом огромношћу. Међу тим и једни се и други потпуно схваћају, кад се помисли, како су молекили бескрајно мали а да их у исти мах има бескрајно много.

Рад електричне струје. — Из теорије о постајању струје знамо, да електрична струја у сваком делу спроводника долази од пада електрицитета са ниво-а вишег потенцијала на ниво нижег потенцијала, од прилике онако исто као што постаје отицање воде услед пада воде са вишег на нижи ниво. Даље знамо, да је разлика потенцијала између ма које две тачке у ланцу, па ма какав био спроводник, равна раду који изврши јединица електрицитета, прошав са једне на другу тачку а правцем линије која их веже.

Према томе, *електромоторска снага једног елемента одговара раду, који је извршила јединица електрицитета у свом путу кроз цео спроводник.*

Означимо са E пад или разлику потенцијала између крајњих тачака неке извесне дужине спроводника, са r рад који је извршила јединица електрицитета, прошав са једног краја на други. Према ономе што смо мало час рекли биће

$$r = E$$

Ако је интензитет струје $= I$ т. ј. ако сваке секунде пролази I јединица електрицитета између посматране две тачке спроводника, имаћемо рада сваке секунде

$$r \times I = E \times I.$$

а за t секунада

$$R = E.\ I.\ t.$$

Пошто је тешка ствар одређивати непосредно стање потенцијала на разним тачкама једног спроводника, то се у горњој једначини замени E његовом вредношћу O I. па се добија

$$R = OI^2t.$$

а то је образац Џулов, који смо ми већ раније нашли.

Најзад знамо још да можемо написати

$$I = \frac{Q}{t}$$

па је онда

$$R = EQ$$

Ови изрази дају вредност за рад R у ерговима ако су чиниоци O, I и E. изражени у систему C. G. S. електростатичким или електромагнетским, а у ватима (волт-амперима) ако су ти чиниоци изражени техничким јединицама волт, ампер, ом и т. д.

Кад се упореди израз E Q са изразом $\frac{1}{2}$ M V који даје рад који постаје кад се какав кондензатор испразни, види се, да при једнаком пуњењу и потенцијалима, овај последњи рад је за половину мањи од првога. Разлог за ту разлику разуме се по себи: потенцијал електричне струје остаје у некој датој тачки спроводника увек један и исти, док на против, потенцијал у неког кондензатора тежи нули, и може дакле бити замењен средњим и сталним потенцијалом $\frac{0 + V}{2} = \frac{V}{2}$ Јер отицање електрицитета из кондензатора бива онако као што је и отицање воде из суда који се празни, док на против у галванском елементу електрицитет отиче као вода из суда у коме ниво остаје увек сталан.

Пример. Нека је дата батерија од 10 елемената Данијелових везаних по напону; електромоторска снага сваког елемента нека је 1·1 волта, а отпор 1 ом. Колики ће рад извршити та батерија у минуту у спољашњем ланцу чији је отпор 5 ома.

Имамо

$$I = \frac{E}{O} = \frac{1{\cdot}1 \times 10}{10 + 5}\ 0{\cdot}733 \text{ ампера}$$

одакле

$$R = (0{\cdot}733)^2 \times 5 \times 60 = 161{\cdot}187 \text{ вата}$$
$$= 161{\cdot}187 \times 0{\cdot}102 \text{ м.кгр.} = 16{\cdot}44 \text{ м.кгр.}$$

Да би контролисали овај резултат, према електромоторској снази (11 волта) знамо, да ће 1 кулон извршити рад од 11 вата у целом ланцу и за секунду, а 660 вата за једну минуту. Разломак 0·733 кулона извршиће за минуту рада.

$$0{\cdot}733 \times 660 = 483{\cdot}78 \text{ вата.}$$

Тај ће се рад поделити на двоје: на унутрашњи савлађујући отпор од 10 ома и спољашњи са отпором од 5 ома. Дакле, у спољашњем ланцу рад ће бити само $\frac{1}{3}$ целог рада т. ј. 161·2 вата, као што смо и горе нашли.

Електрична струја и топлота. — Врло многи експерименти довели су Џула и друге физичаре до ових важних резултата:

1. Електрична струја интензитета I кад протиче кроз спроводник отпора O произвешће за време t топлоту

$$K = \frac{1}{A} \cdot I^2 O t$$

где је $\frac{1}{A}$ извесан коефицијенат и један и исти за све експерименте те врсте. То је, као што знамо, Џулов закон.

2. Топлота коју произведе струја у течностима (не изузевши ни течности у елементима) зависи од истог закона од ког зависи и топлота коју струја произведе у чврстим телима, т. ј. од закона Џуловог.

3. Кад струја врши неки извесан механички рад и то ван спроводника, крећући, на пример, једну електромагнетску машину, интензитет струје I опада, а услед тога и топлота коју струја производи опада. Па како опадање топлоте одговара топлотном еквиваленту извршеног рада $\left(\frac{R}{430}\ \text{м.кгр.}\right)$, т. ј. како нестане услед тог спољашњег рада толико калорија, колико би ваљало утрошити па наћи механички рад R, закључујемо, *да сва топлота коју струја произведе јесте просто претварање њене механичке енергије у топлоту.* Дакле, обрасци који дају вредност механичке енергије струје, могу послужити да се из њих израчуна и топлота коју струја произведе. Треба само поделити израз за рад механичким еквивалентом топлоте, т. ј. са $4 \cdot 2 \times 10^7$ ако је рад дат у ерговима, или са $4 \cdot 2$ ако је дат у ватима, па ће се добити ови обрасци:

$$\text{К} = \frac{I^2 O t \ \text{ерг.}}{4 \cdot 2 \times 10^7}\ \text{гр.-кал.} = \frac{E I t \ \text{ергова}}{4 \cdot 2 \times 10^7}\ \text{гр.-кал.}$$

$$\text{К} = \frac{I^2 O t \ \text{вата}}{4 \cdot 2}\ \text{гр.-кал.} = \frac{E I t \ \text{вата}}{4 \cdot 2}\ \text{гр.-кал.}$$

Ови се обрасци потпуно слажу са обрасцем у коме је представљен Џулов закон, ако у место α ставимо механички еквиваленат топлоте.

Бројноци горњих израза могу дати непосредно количину произведене топлоте и без механичког еквивалента топлоте, ако се та топлота не изражава грам-калоријама, него оном топлотом, коју произведе јединица рада. У том случају, ако је рад изражен ерговима, (а то ће бити онда, кад су I, O и E изражени системом C. G. S.) онда јединица топлоте (т. ј. топлота коју произведе један ерг) вреди $\frac{24}{10^9}$ грам-калорија, а ако је рад изражен ватима, (а то је онда, кад су I, O и E изражени у ампер-ом-волту) јединица топлоте (т. ј. топлота коју произведе један ват) вреди 0·24 грам-калорија.

Пошто струја није тренутна, него непрестано протиче кроз спроводник, то ће се и температура спроводника све већма повишавати. Но како у исти мах и зрачење спроводника постаје све јаче, (према Нутновом закону) мораће најзад наступити један тренутак, кад ће настати потпуна равнотежа између топлоте коју струја доноси и оне, која се губи зрачењем за исто време. У том тренутку температура спроводника постане стална. Тражимо колика ће бити приближно та температура.

Нека је

l дужина спроводника који загрева струја интензитета I.

d његов пречник у сантиметрима па дакле $\frac{\pi d^2}{4}$ његов пресек у квадр. сантим.

ω његов отпор (у јединицама електромагнетским) за један сантиметар дужине и један квадратни сантиметар пресека, т. ј. његов *специфички отпор*,

онда ће отпор тога спроводника израчунат за целу дужину у основима бити

$$\omega \times 10^{-9} \times \frac{4l}{\pi d^2}.$$

Кад се тај израз помножи са I^2 добија се рад у ватима; овај пак рад, подељен са 4·2 даје број калорија које спроводник произведе у секунди:

$$\frac{\omega \times 10^{-9}\, 4l \times I^2}{4{\cdot}2 \times \pi d^2} \text{ грам-калорија.}$$

Означимо са α онај део калорије, коју ће одзрачити 1 кв. см. површине спроводника за једну секунду, кад је температура спроводника за 1° виша од околине. Па како је по Њутновом закону за тако мале разлике температурско зрачење сразмерно разлици температурској d температура зрачећег тела и околине, онда сваки квадр. сантим. површине губи зрачењем у секунди:

$$d\alpha \text{ грам-калорија}$$

а цела површина која износи $\pi d \times l$ квадр. сантиметара, губи

$$\pi d \times l \times d\alpha.$$

Њутнов закон не вреди и за велике температурске разлике, за то ће резултат у том случају бити само приближан. Кад је d врло велико, онда се без погрешке може узети, да је температура околине равна нули.

И кад губитак зрачењем постане онолики колико је развијање топлоте које даје струја, онда температура спроводника остаје стална. Топлотна равнотежа спроводника изражена је дакле овом једначином

$$\pi d \times l \times d\alpha = \frac{\omega \times 10^{-9} \times 4\, l \times I^2}{4{\cdot}2 \times \pi d^2}.$$

одакле се добија максимална и константна температура d на коју се спроводник може загрејати кад кроза њ протиче струја интензитета I

$$d = \frac{\omega \times 10^{-9} \times 4 \times I^2}{4{\cdot}2 \times d^3 \times \pi^2 \times \alpha}$$

или још

$$d = \frac{965}{10^{13}} \times \frac{\omega I^2}{\alpha d^3}.$$

Вредност за α излази $= \frac{1}{4000}$.

Први пример. Приликом електричне изложбе у Минхену 1882 год. *Марсел Депре* (Deprez) пренео је механички рад између Мисбаха и Минхена, т. ј. на даљину од 57 километара, помоћу две динамо машине. Динамо машина у Мисбаху, која је производила струју, имала је на својим половима разлику потенцијала од

$$E = 1343 \text{ волта}.$$

а интензитет струје био је

$$I = 0{\cdot}519 \text{ ампера}$$

Струја дакле, коју је слала машина из Мисбаха, имала је енергију

$$EI = 697 \text{ вата}.$$

Али један део целокупне струје трошио се у самој машини на савлађивање њеног отпора, и та је струја загрејала саму машину, које је унутрашњи отпор износио 453·1 ома. Сама је дакле машина утрошила на своје загревање

$$(0{\cdot}519)^2 \times 453{\cdot}1 = 122 \text{ вата}$$

те према томе цео рад, који је та машина у ствари развијала, износио је

$$697 + 122 = 819 \text{ вата.}$$

Двогуби спроводник (тамо и амо) од 4·5 милиметра у пречнику и 114 килмет. дужине имао је отпора 950·2 ома, а динамо машина у Минхену 453 ома. Губитак енергије услед загревања целе пруге износио је

$$I^2O = (0{\cdot}519)^2\,(451{\cdot}1 + 950{\cdot}2 + 453{\cdot}4)$$
$$= (0{\cdot}519)^2 \times 1856{\cdot}7 = 500 \text{ вата.}$$

Дакле на само загревање утрошено је више од половине целе енергије, коју је дала машина у Мисбаху. Корисно се могло употребити само

$$697 - 500 = 197 \text{ вата.}$$

Други пример. У извесним електричким индустријама, кад струја која протиче кроз спроводник не сме прећи извесни интензитет, онда се у спроводник уметну тако зване „жице сигурности“, које се обично праве од олова, и чије су димензије тако израчунате, да се жица одма истопи и прекине струју чим она пређе дозвољену границу. Пита се сад: колики пречник ваља дати тој жици сигурности па да струја не пређе интензитет од 7·2 ампера т. ј. колики пречник ваља дати жици од олова, па да је струја растопи а тим прекине везу чим њен интензитет порасте на 7·2 ампера?

Температура топљења олова је 330°.

Кад ставимо $d = 330$ и $\alpha = \frac{1}{4000}$, у нађени образац, добићемо да је непознати пречник

$$d^3 = \frac{965 \times \omega\,(7{\cdot}2)^2 \times 4000}{10^{13} \times 330}.$$

Вредност за ω је за олово

на 0° 19850

на 300° од прилике 44860

и ако узмемо средњу вредност 32000 добићемо:

$$d^3 = \frac{965 \times 32\,(7{\cdot}2)^2 \times 4}{10^8 \times 33} = 0{\cdot}00194.$$

одакле

$$d = 0{\cdot}125 \text{ сантим.}$$

Ако се за ω узме вредност, која одговара на 0° биће

$$d = 0{\cdot}106\ ^{\text{cm}}.$$

Корисност електричних лампа. — Корисност једне лампе мери се у опште по светлосном ефекту који долази на једног парног коња струје, водећи рачуна само о раду који се тражи у самој лампи.

a) Испитујући светлећу моћ једне лампе сијалице, кад у њу долази струја из разних акумулатора, У. Томсон нашао је ове резултате:

БРОЈ АКУМУЛАТОРА	ЕЛ. МОТ. СНАГА У ВОЛТИМА	ИНТЕНЗ. СТРУЈЕ У АМПЕР.	СВЕТЛОСТ У ЕНГЛ. СВЕЋАМА
26	56·9	1·21	11·6
40	87·0	2·10	84·0
46	99·1	2·21	114·0

Овде наведена електромоторска снага представља разлику потенцијала између крајева угљена лампе. Потражимо колики број свећа долази на енергију од једног коња у та три случаја.

Ако узмемо еквиваленат енглеског коња (hovse—power) изражeног у ватима, послужићемо се изразом:

$$\frac{IE}{746} \text{ или } IE = \frac{134}{105} \text{ коња.}$$

који ће нам дати енергију сваке лампе на минут, изражену енглеским коњима од 76 мет. килогр. Тако ћемо добити

0·0923 коња
0·2448 „
0·2935 „

Према томе светлосни ефект сваке лампе, који одговара једном коњу, биће:

$$\frac{11{\cdot}6}{0{\cdot}0923} = 125 \text{ свећа}$$

$$\frac{84{\cdot}0}{0{\cdot}2448} = 343 \quad „$$

$$\frac{114{\cdot}0}{0{\cdot}2935} = 388 \quad „$$

Из тога се види, да корисност јако расте кад се узму јаки електрични извори.

За лампе система Свановог, нашао је Гордон ове вредности:

ел. мот. снага у волт	интенз. у ампер.	отпор топлог угљ. у основ.	снага у свећама
102	0·65	157	20
100	0·66	151·5	20
82	0·76	108·0	20

Узмимо најпре образац I^2O; наћи ћемо најпре утрошен рад за сваку лампу:

66·33 вата, 65·99 вата, 62·38 вата.

Кад узмемо да 746 вата вреде колико један коњ добићемо, да ће одговарајућа светлост на једног енгл. коња бити:

225 свећа, 226 свећа, 240 свећа.

b) Приликом прве електричне изложбе у Паризу 1881 год. једна динамо машина палила је својом константном струјом 40 лампа, и испитивањем се дознали ови резултати:

Механички рад динамо машине $R = 29·96$ коња
Унутрашњи отпор те машине $O = 22·38$ ома
Спољашњи отпор без лампа . $O' = 2·60$ ома
Интензитет струје . . . . . $I = 9·5$ ампера.
Разлика потенцијала између
крајева угљена сваке лампе $E = 44·3$ волта
Средњи светлосни интензитет
за сваку лампу . . . . . $l = 39$ карцела.

Одредимо из тих података остале вредности експеримента.

1° Рад који утроши свака лампа био је

$EI = 44·3 \times 9·5 = 420·85$ вата $= 0·57$ коња, а рад који су утрошиле све лампе

$$0{\cdot}57 \times 40 = 22{\cdot}80 \text{ коња.}$$

2°. Електрични рад самог ланца без лампа

$$I^2 (0 + 0') = (9{\cdot}5)^2 \times 24{\cdot}98 = 2254{\cdot}44 \text{ вата} = 3{\cdot}07 \text{ коња}$$

А цео рад узев у рачун и лампе износи

$$R^1 = 25{\cdot}87 \text{ коња.}$$

3°. Целокупна електромоторска снага

$$E \times 40 + I(0 + 0') = 44{\cdot}3 \times 40 + 9{\cdot}5 \times 24{\cdot}98 = 1772{\cdot}0 + 237{\cdot}3 = 2009{\cdot}3 \text{ волта.}$$

4°. Број карселских лампа на сваког електричног коња или на сваког коња електричног рада

$$\frac{39 \times 40}{R^1} = \frac{1560}{25{\cdot}87} = 60{\cdot}3 \text{ карсела.}$$

Број карсела на једног коња, или на коња електричног рада, што долази на саме лампе,

$$\frac{1560}{22{\cdot}80} = 68{\cdot}4$$

5°. Целокупна механичка корисност износи

$$\frac{R^1}{R} = \frac{25{\cdot}87}{29{\cdot}96} = 0{\cdot}86$$

Корисност у преносу механичке енергије — У преносу енергије динамо машинама ма које врсте *електрична* корисност се мери по односу $\frac{E_2}{E_1}$ електромоторских снага обеју машина, а *механичка* или *индустријска* корисност, по односу радова који се непосредно измере динамометром на обема машинама.

Депре је добио ове резултате у једном експерименту који је он извршио у Паризу 1883 у радионицама северних железница на прузи од 17 килом. са спроводником од 4^{mm} у пречнику:

Механички рад измерен
на првој машини · · 6·21 коња.

Примљени механички рад
на другој машини · · 2·03 „

Механичка корисност · $\frac{2 \cdot 03}{6 \cdot 21}$ од прил. 33%

Електрична корисност · $\frac{E_2}{E_1} = \frac{908 \text{ волта}}{1290 \text{ волта}}$
од прилике 70%

У другом једном експерименту између Визиле и Гренобла на прузи од 14 км. са спроводником силицијумове бронзе од 2^{mm} у пречнику, Депре је нашао:

Отправљен рад . . . . 12·61 коња
Примљен рад . . . . 6·33 „
Механичка корисност од прилике 50%

Електрична корисност $\frac{1737}{2848}$ волта од пр. 61%

Електромоторска снага за разлагање воде. — Један грам водоника, кад се сједини са кисеоником, произведе 34000 грам-калорија; исто тако један грам водоника кад се ослободи из свог једињења са кисеоником утроши 34000 грам-калорија. Па како једна грам калорија вреди 4·2 вата треба за 1 грам водоника:

$$34000 \times 4{\cdot}2 = 142800 \text{ вата.}$$

Струја интензитета J разлучи за једну секунду

$$0{\cdot}0000{\cdot}104 \times I \text{ грама водоника}$$

па дакле изврши рада у секунди

$$142800 \times 0{\cdot}0000104 \times I \text{ вата.}$$

тај је рад представљен са EI; треба дакле да је најмање

$$E = 142800 \times 0{\cdot}0000104 = 1{\cdot}5 \text{ волт.}$$

Из тога се може закључити, да један Данијелов елеменат, кога је електромоторска снага у средњу руку 1 волт, не може разложити воду ако је она у свом нормалном стању.

Међу тим професор Бартоми је успео да разложи воду са врло слабим струјама, а то би било у опреци са горњим рачуном; то долази по свој прилици отуда, што у води има увек молекила већ разложених или који су у почетку распадања, што би по *Клузијусу* дошло од унутрашњег молекиларног кретања. Према томе кад струја пролази кроз такву течност, онда она не дјејствује на воду електролитички, него само упућује атоме већ разложених молекила на једну или другу страну. То се потврђује и тим, што отпор течности опада са растењем температуре. Јер онда је молекиларно кретање јаче, оно тако рећи механичко разбијање молекила чешће па дакле и посао струје у разлагању молекила мањи.

Лампа сијалица и сунце. — Томсон је извео један рачун 1883. г. у италијанском журналу „Il Telegraphita“ упоредивши електрични рад у угљену једне лампе сијалице са радом сунчеве површине.

Цео се рачун оснива на експерименталном резултату, до ког је дошао *Пује*. Кад не би земљина атмосфера ништа упила од сунчеве топлоте која пролази кроз њу, количина топлоте која, би пала на сваки квадратни сантиметар, била би

1·7633 грам-калорија

Са тим податком лако је израчунати ону количину топлоте, коју би добила сваке секунде површина једне лопте, којој би средиште било у сунцу а полупречник остојање сунца од земље: очевидна је ствар да је количина топлоте коју сунчева површина изда сваке секунде исто толика, колика је и она коју горња лопта прими. И позивајући се на однос између средњег полупречника земљине путање и полупречника сунчевог излази, да један квадр. см. сунчеве површине шаље у

васиону сваке минуте · · 84888 гр.-калор.
а у једној секунди · · · 1414·8 гр.-калор.

Та топлота одговара топлотном раду за сваки квадр. сантиметар од

608·364$^{\text{м.кгр.}}$ = 8·005 енглеских коња.

Нашав тај резултат Томсон испитује једну Свановy лампу од 20 свећа, за коју вреде ови подаци:

Нормална струја · · · · · 1·4 ампера
ел. мот. снага између крајева угљ. 44 волта

дужина угљена . . . . 8·89 см.
пречник угљена . . . . 0·0254 см.

Електрична енергија у том угљену је

$$44 \times 1{\cdot}4 = 61{\cdot}6 \text{ вата} = \frac{61{\cdot}6}{746} = 0{\cdot}0825 \text{коња.}$$

Обим попречног пресека угљена је

$$3{\cdot}1416 \times 0{\cdot}0254 = 0{\cdot}0798 \text{ см.}$$

а цела површина угљена

$$0{\cdot}0798 \times 8{\cdot}89 = 0{\cdot}709 \text{ кв. см.}$$

те дакле рад на квадр. сантим. и за секунду биће

$$\frac{0{\cdot}0825}{0{\cdot}709} = 0{\cdot}116 \text{ коња.}$$

Сравњујући сад ту вредност са вредношћу за рад сунца од 8·005 коња за исту површину и исто време, видимо да је рад лампе са једнаким површинама, само шездесет девет пута мањи од сунчевог.

За Свановy лампу, последњег модела, имамо:

Нормална струја . . . . . . 0·7 ампера
елек. мот. снага . . . . . 100 волта
дужина угљена . . . . 12·7 см.
пречник угљена . . . . 0·013 см.

Рад

$$70 \text{ вата} = 0{\cdot}0938 \text{ енгл. коња.}$$

Пошто је обим попречног пресека угљеног конца

$$0{\cdot}0408^{cm}$$

излази да је цела површина конца

$$0{\cdot}518 \text{ кв. см.}$$

а електричан рад лампе у секунди и за кв. сантиметар

$$0{\cdot}18 \text{ енгл. коња.}$$

Дакле узев, да су површине једнаке, лампа има четрдесет четири пута мању енергију од сунца.

Електромоторска снага и хемијски рад галванског елемента. — Према закону о похрани или консервацији енергије, енергија утрошена у једном делу ланца, мора се појавити у другом делу тога ланца. Према томе, рад једињења који се непрестано врши у самом елементу (под упливом електромоторских снага самог додира) мора бити исто толики, колика је сума радова топлотних, електролитичких механичких и т. д. што се врше у целом ланцу не изузев ни сам елеменат. Једном речи, и у опште рекав, као год што је она топлота, која постаје сагоревањем угљена, извор свију енергија, које постају у разним деловима једне парне махине, исто је тако топлота једињења, која постаје у самом елементу, извор свију разних радова, што их електрицитет може извршити у свом ланцу.

Међу тим сви ти електрични радови јављају се у облику EI; дакле EI ће се моћи одредити из унутрашњег хемијског рада једињења, кад се претвори у свој механички еквиваленат. Ако ставимо $I = 1$, онда је рад представљен са E, па дакле имаћемо електромоторску снагу E тражећи механички еквиваленат оне хемијске радње, која одговара струји $I = 1$, или раду, који одговара једном кулону; а да се произведе један кулон, треба утрошити један електрохемијски еквиваленат метала што је у елементу. Отуда Максвел налази једну нову и потпунију и практичнију дефиницију електромоторске снаге E.

Електромоторска снага једног електрохемијског система једнака је у апсолутним мерама са механичким еквивалентом оне хемијске радње, која се произведе једним електрохемијским еквивалентом одговарајуће материје.

Да се добије тај механички еквиваленат рада хемијског једињења, треба помножити механичким еквивалентом топлоте ону количину топлоте, која би се добила хемијским једињењем, кад би се оно извршило сасвим слободно и ван елемента. Само не треба заборавити да кад хемијска радња производи електрицитет, да је топлота, која постане у самом елементу, мања од топлоте која би постала услед хемијских афинитета, и да се она топлота, које нема у елементу, јавља или у облику топлоте или ма у ком другом стању у спољашњем ланцу.

Означимо са К број грам-калорија који постане кад се сједини један хемијски еквиваленат q оног метала што је у елементу (на пр. 32·5 гр. цинка); количина 0·0000104 q тога метала, која горећи у елементу даје један кулон, развија

$$0·0000104\ K$$

Према томе, елeлтрицитету од 1 кулона, т. ј. струји од 1 ампера одговара топлота

$$0·0000104 \times KI.$$

што одговара раду

$$0·0000104\ KI \times I.$$

Ако се међу тим за то време деси какво хемијско разлагање у самом елементу, један ће се део енергије утрошити на то распадање; исто ће то бити и за сваки електролитички рад ма у ком делу спољашњег ланца. За ту потрошњу енергије, т. ј. за изгубљени или негативни рад имаћемо са свим сличан израз:

$$— 0{\cdot}0000104 \ K'I \times I.$$

Ако означимо са EI алгебарску суму та два рада имаћемо

$$E = 0{\cdot}0000104 \ (K—K') \ I.$$

Да објаснимо то са неколико примера.

Данијелов елеменат — По Томсону, један хемијски еквиваленат цинка што се једини са сумпорном киселином у Данијеловом елементу даје

$$K = 53045 \text{ грам-калорија},$$

а број грам-калорија, утрошених на одвајање једног еквивалента бакра и сумпорне киселине износи

$$K' = 27980 \text{ грам-калорија}.$$

Према томе

$$K—K' = 25065 \text{ грам-калорија},$$

а одатле

$$E = 0{\cdot}0000104 \times 25000 \times 4{\cdot}2 \text{ вата} = \\ = 1{\cdot}1 \text{ волта.}$$

По Бертло-у број калорија у Данијеловом елементу варира према концентрацији течности од 24000 до 26000 грам-калорија.

Бунзенов елеменат. — У Бунзеновом елементу, редукција азотне киселине утроши само 5043 грам-калорија, зато је

$$E = 0{\cdot}0000104 \times 48000 \times 4{\cdot}2 = 2{\cdot}1 \text{ волта.}$$

Цена једног вата у Данијеловим елементима. — Кад се тачно зна унутрашњи рад једног елемента, може се израчунати цена његове енергије. Да нађемо цену једног вата, кад га добијемо из Данијелових елемената.

Пошто је његова ел. моторска снага 1·1 волт, рад IE изнеће један ват кад је

$$I = \frac{1}{1{\cdot}1} = 0{\cdot}909 \text{ ампера.}$$

т. ј. ако кроз ланац прође 0·909 кулона.

Међу тим I кулона одговарају у унутрашњем раду Данијеловог елемента, тежини посталих једињења и распадања од

$$p \text{ гр.} = 0{\cdot}0000104 \times q \times I.$$

И ако су еквиваленти q

за цинк . . . . 32·5
за сулфат бакра . . . . 124·7

онда, кад те вредности заменимо, а тако исто и за I ставимо његову вредност:

цинк . . . . 307×10^{-6} грама
сулфата бакра . . . 1179×10^{-6} грама.

Кад узмемо да цинк и сулфат бакра коштају 0·60 дин. кило, онда трошак износи

за цинк . . . . . 1842×10^{-10} динара
за сулфат бакра . 7074×10^{-10} „

Свега . . . 8916×10^{-10} „

С друге стране накупи се одвојеног бакра

$$p \text{ грама} = 0{\cdot}0000104 \times 31{\cdot}7 \times 0{\cdot}909 = $$
$$= 300 \times 10^{-6}$$

Међу тим, кад се води рачун о губитцима који се не могу избећи, морамо рачунати нађени бакар по половини цене т. ј. по 0·60 дин. те дакле бакар који скупимо кошта:

1800×10^{-10} динара.

па дакле прави трошак износи

7116×10^{-10} динара.

Овде ваља урачунати још друге губитке, од којих немамо никакве користи, за то треба помножити нађени трошак са 1·5 и пошто се не може никад корисно употребити сва електромоторска снага, коју елеменат развије, него увек мање, треба тај трошак умножити још са 1·3. Према томе један ват кошта, кад се рад добија из Данијелових елемената:

$$7116 \text{ дин.} \times 10^{-10} \times 1{\cdot}5 \times 1{\cdot}3 =$$
$$= 13876 \times 10^{-10} \text{ дин.}$$

Један коњ (735·46 вата) коштаће 0·00102 динара.

А један коњски сат

$$0{\cdot}00102 \times 3600 = 3{\cdot}67 \text{ динара.}$$

Електрични отпор разних тела у апсолутним мерама. — Електрични отпор разних тела у апсолутним мерама, мери се по њиовом специфичком отпору. *Специфички отпор* назива се онај отпор, који даје један кубни сантиметар извесног тела, кад струја протиче кроза њ управно ма на коју његову страну. Дакле специфички отпор јесте отпор оног комада неке материје, који би био дугачак 1 см. а имао преко 1 кв. сант.

Тако одређен специфички отпор биће изражен у јединицама C. G. S. електромагнетског система. Ако оћемо да тај отпор буде изражен у омовима, ваља нађени број поделити са 10^9 т. ј. са коефицијентом који чини прелаз из јединица C. G. S. ка електромагнетским практичким мерама:

Врло је често потребно одредити електрични отпор некога тела из његове тежине и дужине. Зависност отпора од тежине и дужине тела одредићемо на овај начин:

Нека је Q тежина жице у грамовима.
2r пречник у сантиметрима.
δ специфична тежина.
l дужина у сантиметрима.
ω специфичан отпор.

онда је тежина тела

$$Q = r^2 \pi . l . \delta .$$

према томе пресек

$$r^2 \pi = \frac{Q}{l \delta}$$

одакле је отпор у омовима:

$$O = \frac{\omega}{10^9} \times \frac{l}{\frac{Q}{l \delta}} = \frac{\omega}{10^9} \times \frac{l^2 \varrho}{Q}.$$

јер знамо да је отпор неког спроводника управо сразмеран његовој дужини а изврнуто сразмеран пресеку.

Тако на пример специфичан отпор бакра износи 1615 или 1·615 микроома а $\delta = 8{\cdot}9$. Према томе отпор неке бакарне жице дугачке l сантиметара а тешке Q грама биће

$$o = \frac{1615}{10^9} \times 8{\cdot}9 \times \frac{l^2}{Q} = 0{\cdot}0000144 \frac{l^2}{Q} \quad \text{ома}$$

Електрични отпор не остаје сталан на свима температурама, и сва се тела не понашају једнако у том погледу. Код свију метала, код металних легура и кристалног селена отпор расте са температуром; на против код течности, код тела тако званих изолатора, дијаманта, аморфног селена и кончаних угљена у лампама сијалицама, отпор опада са температуром. Отпор код електричних лампа кад светле, дакле кад су им угљенови врели може да спадне на половину отпора, који дају кад су ладне.

Мењање отпора са температуром може се у опште израчунати по овом обрасцу

$$\omega\theta = \omega_0 (1 + \alpha\theta + \beta\theta^2)$$

где је ω_0 специфички отпор на температури 0°, а $\omega\theta$ специфички отпор на температури

θ^0; α и β су стални коефицијенти који се одређују експериментом и износе:

	α	β
скоро за све чисте мет.	0·003824	+0·000001260
за живу	0·0007485	—0·000000398
за аргентан	0·0004433	+ 000000152

Мало ниже излажемо таблицу најобичнијих тела са њиовим специфичким отпорима ω. У другом су ступцу отпори тих тела за жице од једног метра дужине и једног милиметра у пречнику ω^1. У место пресека од једног квадратног милиметра узели смо пречник од 1^{mm} пошто су најобичније жице округле. Напослетку долазе у трећем ступцу отпори једне жице од 1 метра дужине и једног грама тежине, из кога се може одредити отпор жице ма колике дужине и тежине, ω''

	ω микроома	ω' ома	ω'' ома
Сребро	1·521	0·01937	0·154
Бакар	1·616	0·02057	0·174
Алуминијум	2·945	0·03751	0·075
Цинк	5·689	0·07244	0·406
Платина	9·158	0·1166	1·9607
Гвожђе	9·825	0·1251	0·7657
Никел	12·60	0·1604	1·0714
Калај	13·36	0·1701	0·9730
Олово	19·85	0·2526	2·2574
Антимон	35·90	0·4571	2·41108
Визмут	132·7	1·6890	13·0300
Жива	94·260	1·2247	13·060
Легура од 2 д. сребра и 1 д. платине	24·66	0·3140	2·959
Аргентан	21·17	0·2695	1·850

Ево овде још специфичких отпора неких не метала у омовима:

Лискун . . . . $8·4 \times 10^{13}$
Гутаперка . . . . $4·5 \times 10^{14}$
Лак-гума . . . . $9·0 \times 10^{15}$
Тврди каучук (ебонит) . . $2·8 \times 10^{16}$
Парафин . . . . $3·4 \times 10^{16}$

Вода на 22° ц.	7.18×10^1
Сулфат цинка и вода Zn $SO^4 + 23\ H_2O$ на 23°	$1{\cdot}87 \times 10^1$
Сулфат бакра Cu SO^4 + 45 H_2O	$1{\cdot}95 \times 10^1$
Вода и 20% сумпор. кисел.	1·44
Графит · од 24×10^{-4} до	418×10^{-4}
Угљен у бунзенов. елем. ·	670×10^{-4}
Азотна киселина · · · ·	20560×10^{-4}
Засићен раствор кух. соли	61160×10^{-4}

Пресек спроводника за пренос енергије. — Напред смо видели како се одређује корисност преноса механичке енергије на даљину помоћу електрицитета. У том послу поред машина, које производе и које примају електрицитет, важну улогу играју спроводници, који електричну струју спроводе. „И кад се зна цена парног коња, вели Томсон, онда се може лако израчунати колико треба утрошити метала за спроводнике који ће пренети извесну електричну струју, на пример ону, која би одговарала ефекту од 2100 коња у секунди добијених на Нијагарином водопаду и спроведену у Њу-Јорк, која би имала да пали једну пламену електричну лампу." Овај је пример Томсон изнео поводом предлога да се Њу-Јорк осветли радом који се добија на водопаду Нијагаре.[1])

Задатак који је себи задао Томсон и који се често налази у индустријским применама електрицитета јесте овај:

Кад је позната цена једног парног коња снаге, и цена метала од кога се прави спроводник за спровођење електричне енергије, ваља одредити пресек тог спроводника, како

---

[1]) Нијагарин водопад је на граници Сједињених америчких држава и Канаде у њему су управо два водопала: Водопад који је са стране Сједињених држава има

у ширину 343 м. и у висину 49 м.

док онај што је са стране Канаде има

у ширину 640 м. а у висину 45 м.

Кад се узме да у округлој цифри падне 100 милијуна тони воде на сат, добија се да целокупни рад који постане тим падањем воде.

$$36 \times 10^9 \times 49 + 65 \times 10^9 \times 45 \text{ м.кгр.} =$$

$$= 1715 \times 10^9 + 2925 \times 10^9 \text{ м. кгр.}$$

$$= \frac{4640 \times 10^9}{75 \times 3600} = 17200000 \text{ коња у секунди.}$$

би се предузеће извршило на најјевтинији начин.

Ево како је Томсон решио тај задатак:

Нека је

ω специфички отпор спроводника у омовима,
s његов пресек у квадратн. сантимет.
I интензитет струје у амперима,

па ћемо имати да је рад који изврши та струја у секунди а на 1 см. спроводника

$$= \frac{I^2\omega}{s} \text{ вата}$$

што одговара

$$\frac{I^2\omega}{735{\cdot}5 \times s} \text{ парних коња од 75 м.к.}$$

Тај се рад претвара у топлоту и може се сматрати као изгубљен. Ако назовемо са к цену коштања (у динарима и за секунду,) једног парног коња, имаћемо губитак, који долази само услед тог загревања:

$$\frac{I^2\,\omega\,к}{735{\cdot}5 \times s} \text{ динара за секунду}$$

и ако цео рад траје Т секунда на годину, годишњи губитак биће за сваки сантиметар спроводника

$$\frac{I^2 \omega \kappa T}{735{\cdot}5 \times s} \text{ динара годишње.}$$

Означимо са к′ цену у динарима једног куб. сант. метала од кога ћемо правити спроводник; и како тај спроводник има пресек s, његова ће цена бити

$$\kappa' s \text{ динара.}$$

За један сантиметар дужине. У губитке треба да рачунамо и $\frac{1}{20}$ од к′s што долази од интереса на капитал. Кад би узели у рачун све губитке, они би изнели не $\frac{1}{20}$ него $\frac{1}{5}$ капитала к′s.

И тако ће цео губитак за сваки сантиметар дужине спроводника бити најмање

$$\frac{I^2 \omega \kappa T}{735{\cdot}5 \times s} + \frac{\kappa' s}{20}.$$

Рецимо да су узете извесне вредности за I, ω, к, T и к′ који завсе од механичких особина употребљених справа, и количине употребљеног материјала, и ми имамо да нађемо, какав пресек s треба да дамо спроводнику па да губитци буду најмањи. На први поглед видимо, да би требало да буде спроводник врло танак па да други члан буде врло мали, а с друге стране треба што дебљи спроводник, да би се избегло јако загревање. Ако та два израза међу собом помножимо, s ће испасти из рачуна, што значи, да ће збир та два сачиниоца бити онда најмањи кад су они међу собом једнаки т. ј. кад је

$$\frac{I^2 \omega к T}{735 \cdot 5 \times s} = \frac{к' s}{20}.$$

одакле добијамо за најекономнији пресек спроводника

$$s = I \sqrt{\frac{20 \omega к T}{735 \cdot 5 \times к'}}$$

Тим се обрасцем потпуно решава горње питање. Само ради лакшег рачунања морамо га у неколико изменити.

Означимо са H број секунада у једној целој години, а са f део дана за који траје рад, па ће бити

$$T = fH.$$

Ако означимо са K цену једног коња који би ишао дан и ноћ преко целе године, имаћемо

$$\frac{K}{H} = к$$

и означивши са K' цену једног кубног метра спроводника, биће

$$\frac{K'}{10^6} = к'$$

што кад заменимо добијамо

$$s = I \sqrt{\frac{20 \times 10^6 \times f \omega K}{735{\cdot}5 \ K'}}$$

једначину, којом се обично служимо у практици; у њој могу K и K' бити ма каква врста новаца, јер у једначину улази само однос $\frac{K}{K'}$ тога новца.

I пример. — *а* — Обично се рачуна да један коњ снаге кошта 10 фуната стерлинга, (250 дин.) кад се употреби водопад за извор механичког рада; и ако бакар, од кога ћемо да правимо спроводник кошта 0·00062 ф. ст. 1 куб. сантиметар, онда је

$$\frac{K}{K'} = \frac{10}{620}$$

Ако рад траје преко целе године са по 12 сати дневно, онда је $f = 0{\cdot}5$. Специфички отпор бакра је

$$\omega = \frac{1640}{10^9} \text{ ома}$$

Према томе

$$s = I \sqrt{\frac{20 \times 10^6 \times 0{\cdot}5 \times 1640 \times 10}{735{\cdot}5 \times 10^9 \times 620}}$$

$$= 0{\cdot}019 \text{ кв. см.} \times I.$$

Ако је на пример I = 21 ампер, биће

$s = 0{\cdot}399$ кв. см. а пречник $d =$

$$\sqrt{\frac{4\,s}{\pi}} = 0{\cdot}71^{cm.}$$

d. Ако задржимо исте вредности за f, K, K′ онда за пренос 2100 коња енергије са Нијагаре у Њу-Јорк ваља узети спроводник пресека:

$$s = 0{\cdot}019 \times 240 = 4{\cdot}56 \text{ кв. см.}$$

а пречник

$$d = 24^{cm}$$

II Задатак — а — У другом једном примеру, узете су ове вредности за K, K′ и f

$$\frac{K}{K'} = \frac{300}{19580} = \frac{10}{653};\ f = 0{\cdot}41.$$

Отпор једног метра бакарне жице од 1 кв. мм. у пресеку је = 0·017 од куда добијамо за један сантиметар жице а за пресек од једног кв. сантим:

$$\omega = \frac{0{\cdot}017}{100 \times 100} = \frac{1700}{10^9} \text{ ома.}$$

Из тих података излази

$$s = I \sqrt{\frac{20 \times 10^6 \times 0{\cdot}41 \times 1700 \times 300}{735{\cdot}5 \times 10^9 \times 19580}}$$

$$= 0{\cdot}017 \text{ кв. см.} \times I = 1{\cdot}7 \text{ кв. мм.} \times I.$$

b — Ако је спроводник од гвожђа биће

$$\frac{K}{K'} = \frac{300}{1950}; \ \omega = \frac{12500}{10^9}$$

одакле

$$s = I \sqrt{\frac{20 \times 10^6 \times 0{\cdot}41 \times 12900 \times 3000}{735{\cdot}5 \times 10^9 \times 1950}}$$

$$= 0{\cdot}146 \text{ кв. см.} \times I = 14{\cdot}6 \text{ кв. мм.} \times I.$$

Општи преглед најобичнијих јединица мера за морску површину и за Београд.

1 дин . . . . 0·0010198 грама
1 мегадин . . . . . 1·020 кгр.

$$1 \text{ ерг} = \begin{cases} = \dfrac{102}{10^5} \text{ грам-сантиметара} \\ = \dfrac{102}{10^{10}} \text{ метар-килограма} \\ = \dfrac{136}{10^{12}} \text{ пар. коња (од 75 м.к.)} \\ = \dfrac{134}{10^{12}} \text{ енгл. коња (од 76 м.кгр.)} \end{cases}$$

$$1 \text{ ват} = \left\{ \begin{array}{c} \text{често} \\ \text{назван} \\ \text{волт—} \\ \text{ампер} \end{array} \right\} 10^7 \text{ ерга} = \begin{cases} 0{\cdot}102 \times 10^2 \text{ гр-с.} \\ 0{\cdot}102 \text{ мет. килогр.} \\ \dfrac{136}{10^5} \text{ парних коња} \\ \dfrac{134}{10^5} \text{ е. к. (hov-pow.)} \end{cases}$$

1 грам . . . . 980·60 дина
1 килограм . . . . . 980·60 $\times$ 10^3 дина.

$$1 \text{ грам-сантимет.} = \begin{cases} 980{\cdot}60 \text{ ергова} \\ \dfrac{980{\cdot}60}{10^7} \text{ вата} \end{cases}$$

$$1 \text{ метар-килограм} = \begin{cases} 980{\cdot}60 \times 10^5 \text{ ергова} \\ 9{\cdot}8060 \text{ вата} \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{c} \text{енглеска} \\ \text{стопна} \\ \text{фунта} \\ \text{(foot—pound)} \end{array} \right\} = 0{\cdot}13826 \text{ мет. кгр.} = \begin{cases} 135{\cdot}58 \times 10^5 \text{ ер.} \\ 1{\cdot}3558 \text{ вата} \end{cases}$$

1 пар. коњ (од 75 м.к) $= \begin{cases} 735{\cdot}46 \times 10^7 \text{ ер.} \\ 735.46 \text{ вата} \end{cases}$

1 енглески парни коњ $= \begin{cases} 746 \times 10^7 \text{ ергова} \\ 746 \text{ вата.} \end{cases}$

Механички еквиваленат једне грам калорије $= \begin{cases} 4{\cdot}2 \times 10^7 \text{ ергова} \\ 4{\cdot}2 \text{ вата.} \end{cases}$

Топлотни еквиваленат једног ерга $= \dfrac{24}{10^{12}}$ грам-калорија

Топлотни еквиваленат једног вата $=$ 0·24 грам-калорије