O elektrickém potenciálu a elektrické kapacitě.

Pro žáky středních škol napsal

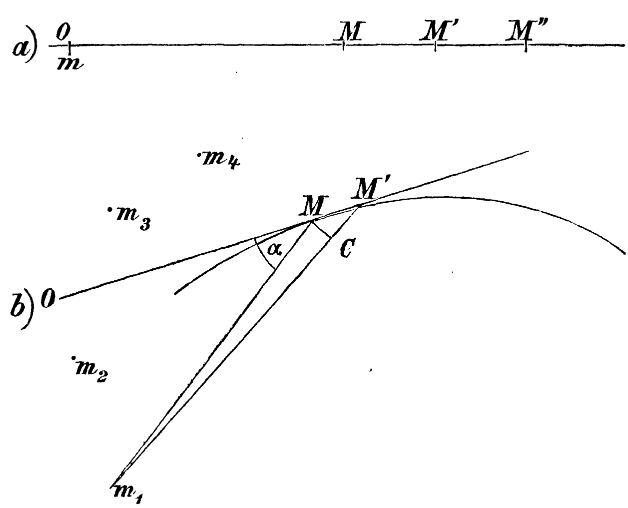
B. Navrátil,
ředitel vyšší školy realné v Prostějově.

V elementárné nauce o elektřině nevykládá se posud ani základní pojem potenciálové funkce, či jak ji zde stručněji nazývati budeme, potenciálu (vylučujíce název napjetí), ani pojem elektrické kapacity. Se zřetelem k základní důležitosti pojmu potenciálu pro celou nauku o elektřině jest však odůvodněn požadavek, aby mezera tato nějakým spůsobem se vyplnila. Nejvhodnější se mi zdá postup ten, jenž vychází z pojmu energie, definující potenciál jakožto veličinu čistě fysikální, ze stránky mechanické již známou. V týž rozum vyslovil se dr. Koláček již v X. roč. tohoto Časopisu (1881): Výměr potenciálu se může patrně na větě této (totiž na větě o equivalenci práce a potenciálu) založiti a možno tím přístupným učiniti pojem potenciálu i výkladům elementárným, čehož nyní jest již potřeba nezbytná." Vycházejíc z tohoto základu pojednání toto vyvíjí nejdůležitější vztahy týkající se potenciálu a kapacity, přihlížejíc též k jich jednotkám měrným. Ostatní jednotky elektrické, jež elementárným spůsobem snadno odvoditi lze, považujeme za známé.

1. Energie (práce) a potenciál elektrostatický. *a*) Ať jest v O (obr. 1. *a*) libovolná quantita elektřiny na př. positivné m a v M jednotka elektřiny rovněž positivné. Obě tyto quantity působí na sebe odpudivě silou F, jejíž velikost, poněvadž dle předpokladu jedna z quantit $= 1$, jest dle zákona Coulombova

$$F = \frac{m}{r^2},$$

kdež $r = OM$. Síla tato pošine v jisté době elektrickou jednotku podél přímky OMM′ z M do bodu nekonečně blízkého M′, při čemž vykoná práci v. Abychom práci tuto určili, přijměme, že sílu F měnící se se vzdáleností r nahraditi lze v intervallu MM′



Obr. 1.

střední hodnotou stálou, za kterou vezměme geometrický průměr hodnot, jež má v krajních bodech M a M′, t. j. že

$$F = \sqrt{\frac{m}{r^2} \cdot \frac{m}{r'^2}} = \frac{m}{rr'},$$

kdež OM′ $= r'$. Poněvadž, jak patrno, MM′ $= r' - r$, jest práce

$$v = F \, . \, MM' = \frac{m}{rr'}(r' - r) = \frac{m}{r} - \frac{m}{r'}.$$

Podobně bude práce vykonaná v intervallu druhém M′M″, třetím atd. až n-tém:

$$v' = \frac{m}{r'} - \frac{m}{r''}$$

$$v'' = \frac{m}{r''} - \frac{m}{r'''}$$

$$\cdots\cdots\cdots,$$

$$v^{(n-1)} = \frac{m}{r^{(n-1)}} - \frac{m}{r^{(n)}}.$$

Úhrnnou práci vykonanou elektrickou silou při sešinutí jednotky elektřiny z r do $r^{(n)}$ zajisté obdržíme pouhým sečtením prací částečných, tak že

$$\Sigma v = \frac{m}{r} - \frac{m}{r^{(n)}}.$$

Pro nás má zde zatím největší důležitosť případ ten, že sešine se jednotka elektřiny z M do vzdálenosti nekonečně veliké t. j. že $r^{(n)} = \infty$. Označíme-li pak Σv písmenou V, jest

$$V = \frac{m}{r}.$$

Veličinu V zoveme *potenciálovou funkcí* čili stručněji *potenciálem.*

b) Podobně se má věc, je-li účinných quantit elektrických více na př. m_1, m_2, m_3 ... atd. (obr. 1. *b*). Dráha, po níž se nyní odpuzovaná jednotka elektrická M pohybovati bude, z pravidla bude křivá a v úhrnné práci, vykonané sešinutím jednotky M, budou míti účasť všecky quantity m_1, m_2 ... atd. Jak veliké jsou podíly připadající na jednotlivé quantity? Vytkněme si na př. quantitu m_1. Položivše $m_1 M = r_1$ a $m_1 M' = r'_1$, jest opět síla

$$F = \frac{m_1}{r_1 r'_1}$$

a práce vykonaná na dráze MM', jsouli body M a M' nekonečně blízky, tak že oblouček MM' splyne s tečnou OM, a je-li

$$\sphericalangle\, m_1 MO = \alpha,$$

$$v_1 = \frac{m_1}{r_1 r'_1} \cos\alpha \,.\, MM' = \frac{m_1}{r_1 r'_1} \,.\, MM' \cos\alpha$$

$$= \frac{m_1}{r_1 r'_1} CM' = \frac{m_1}{r_1 r'_1} (r'_1 - r_1) = \frac{m_1}{r_1} - \frac{m_1}{r'_1}.$$

Docela podobně budou práce vykonané v dalších elementech dráhy pořadem

$$v_2 = \frac{m_1}{r'_1} - \frac{m_1}{r''_1}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$v_n = \frac{m_1}{r_1^{(n-1)}} - \frac{m_1}{r_1^{(n)}},$$

tedy práce vykonaná odpudivostí quantity m_1 sešinutím z r_1 do $r_1^{(n)}$

$$\Sigma v = \frac{m_1}{r_1} - \frac{m_1}{r_1^{(n)}}$$

a přijmeme-li $r_1^{(n)} = \infty$ nahradivše Σv zároveň V_1,

$$V_1 = \frac{m_1}{r_1}.$$

Týmže spůsobem nalezneme pro ostatní elektrické quantity $m_2, m_3, \ldots, m_n$, tyto podíly práce jim příslušné:

$$V_2 = \frac{m_2}{r_2}$$

$$\cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot$$

$$V_n = \frac{m_n}{r_n}.$$

Tedy úhrnná práce, vykonaná odpudivostí všech elektrických quantit při sešinutí jednotky positivné elektřiny z bodu M do nekonečna, dána jest výrazem

$$V = \Sigma V = \Sigma \frac{m}{r}. \tag{1}$$

ΣV, kterouž veličinu stručněji označovati budeme V, čili $\Sigma \frac{m}{r}$ jmenujeme opět *potenciálem* elektrických quantit m_1, m_2 atd. v bodě M.

Nazveme-li obor účinnosti daných elektrických quantit, jinak v prostoru libovolně rozestřených, jejich *elektrickým polem*, můžeme tudíž potenciál v bodě M elektrického pole, příslušného oněm quantitám, všeobecně definovati jakožto *práci, jíž by vykonaly síly elektrické z nich proudící sešinutím jednotky positivné elektřiny z bodu, o nějž jde, do nekonečna.*

Z principu zachování energie plyne, že spotřebovalo by se totéž množství práce, kdyby se jednotka positivné elektřiny proti účinku sil elektrických převedla z nekonečna do téhož bodu elektrického pole. Po této stránce nalézáme dokonalou analogii v nauce o tíži, dle níž zdvihem závaží do jisté výšky tutéž práci spotřebujeme, jakou závaží vykonati může nazpět padajíc.

Dále jest zřejmo bez dalšího dovozování, že pozdvihneme-li jednotku elektřiny z potenciálu V_2 na potenciál V_1, při čemž ať $V_1 > V_2$, spotřebujeme práci

$$(2) \qquad W = V_1 - V_2\,,$$

jejíž aequivalent nalezneme v potenciálné energii této jednotky, jež o tolikéž se zvětšila. Učiníme-li totéž s elektrickou quantitou M (t. j. M jednotek obsahující), bude patrně

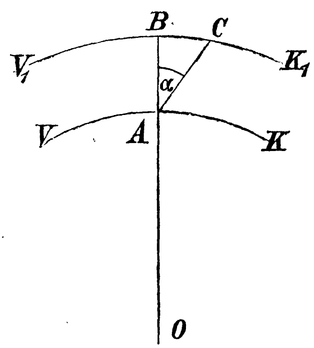
$$(2') \qquad W = M\,(V_1 - V_2)\,.$$

Pro $V_2 = 0$ bude

$$(2'') \qquad W = MV_1\,.$$

Výrazy (2) pro W obsahují toliko V_1 a V_2, z čehož soudíme, že *práce elektrickými silami vykonaná jest závisla jenom na počáteční a konečné hodnotě potenciálu, nikoliv však na délce nebo vůbec na tvaru dráhy.* Podobně potenciální energie (statická) vyzdviženého závaží není závisla na délce ani vůbec na tvaru dráhy, nýbrž toliko na rozdílu absolutních výšek; známým toho příkladem jest nakloněná rovina.

2. *Potenciál a síla. a*) Ať jest na K (obr. 2.) potenciál V, na $K_1 : V_1$, $V > V_1$ a výslednice sil elektrických ať působí podél



Obr. 2.

AB směrem ke K i K_1 kolmým. Práce, již výslednice ta vykoná, pošinouc jednotku elektřiny z A do B, jest $V - V_1$. Je-li F střední hodnota elektrické síly mezi A a B, již přijmouti smíme, učiníme-li $AB = \delta$ nekonečně malým, můžeme tutéž práci též vyjádřiti součinem $F\delta$, tak že

$$F\delta = V - V_1,$$

z čehož

$$F = \frac{V - V_1}{\delta} \tag{3}$$

t. j. *síla rovná se rozdílu potenciálů polohy počáteční a konečné dělenému délkou příslušného nekonečně malého pošinutí, vzatého ve směru síly.*

Je-li na př. elektrické pole vytvořeno jen jedinou elektrickou quantitou m umístěnou v O a položíme-li $OA = r$, $OB = r_1$, tak že $\delta = r_1 - r$, jest síla dle (3):

$$F = \frac{1}{\delta}\left(\frac{m}{r} - \frac{m}{r_1}\right) = \frac{m}{r^2\left(1 + \frac{\delta}{r}\right)}$$

t. j. pro nekonečně malou hodnotu δ

$$F = \frac{m}{r^2},$$

což skutečně jest známý výraz pro sílu dle zákona Coulombova.

b) Žádáme-li toliko složku F' výsledné síly elektrické padající do směru AC (obr. 2.), jenž s AB uzavírá úhel $BAC = \alpha$, tak že $F' = F \cos \alpha$, jest práce, již vykoná F' na dráze $AC = \delta'$

$$F' . \delta' = V - V_1,$$

tedy

$$F' = \frac{V - V_1}{\delta'} \tag{3'}$$

t. j. **věta**, vyslovená v (*a*) platí úplně též pro složky síly F ve směru docela libovolném.

Z toho plynou ihned některé důležité důsledky.

α) Má-li ve dvou bodech mezi sebou vodivě spojených potenciál hodnoty různé, jest $F \gtrless 0$, t. j. povstává elektrický proud směřující od potenciálu číselně většího k potenciálu číselně menšímu. Je-li $V = V_1$, jest $F = 0$, t. j. elektrický proud nepovstává, elektřina jest v rovnováze.

β) Je-li na zelektrovaném konduktoru elektřina v rovnováze, má potenciál jak na povrchu jeho, tak uvnitř tutéž hodnotu. Nebo kdyby tomu tak nebylo, vzniklo by proudění elektřiny, tak že by rovnováha byla nemožna.

3. *Plochy hladinové, čáry silové.* Položíme-li

$$V = A \text{ (konst.)},$$

můžeme z rovnice této, nahradíce V tvarem rozvinutým $\Sigma \frac{m}{r}$, určiti řadu hodnot r t. j. řadu míst v prostoru, jimž týž potenciál přísluší. Místa ta vytvoří souvislou plochu, jež sluje plochou stejného potenciálu, *aequipotenciální* čili *hladinovou.*

Tvar a poloha hladinových ploch závisí na rozloze a velikosti elektrických quantit elektrické pole vytvořujících. Nejjednodušší jest případ ten, když elektrické pole vytvořeno jest elektrickou quantitou m soustředěnou v jediném bodě; pak určuje plochy hladinové rovnice

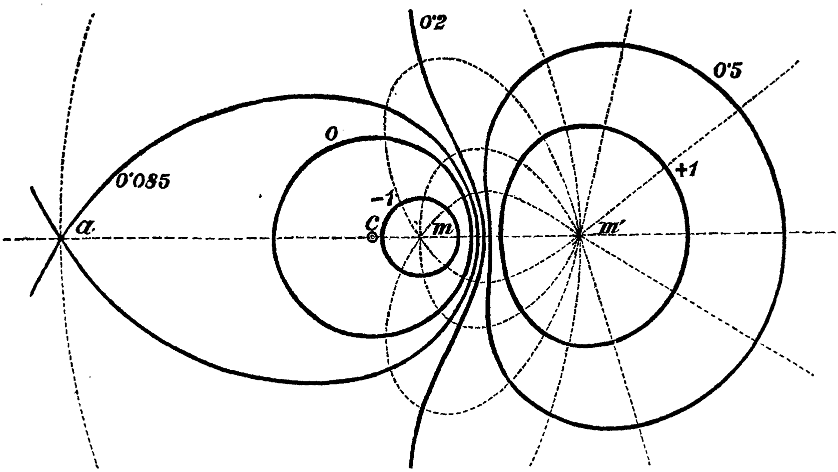
$$r = \frac{m}{A} \text{ (konst.)},$$

jež patrně značí koule, v jejichž společném středu leží m.

Rozmnožujeme-li počet elektrických quantit bodových, stává se podoba a rozloha ploch hladinových čím dále tím složitější. Obr. 3. znázorňuje průseky hladinových ploch s rovinou papíru pro případ, že body m a m', 2 *cm* od sebe vzdálené, obsahují -1 a $+2$ jednotky elektřiny. Rovnice jich jest tedy

$$A = -\frac{1}{r} + \frac{2}{r'}.$$

Čísla k jednotlivým křivkám připsaná udávají hodnotu potenciálu. Křivka $V = A = 0$ jest kruh, jehož poloměr $= \frac{4}{3}$ *cm*; uvnitř jest potenciál záporný; hladinová křivka 0·085 o dvojitém bodu a, mající tvar jistého druhu cardioidy, uzavírá dvě oblasti, z nichž vnitřní má potenciál menší, zevnější pak větší než 0·085. Ostatní křivky hladinové mimo obrazec ležící, pro něž $V < 0{\cdot}085$,



Obr. 3.

jsou jako všecky předcházející, rovněž křivky uzavřené obnímající body m a m' a hladinové plochy na obraze naznačené.

Nalézá-li se v oblasti elektrického pole volná jednotka positivné elektřiny, bude se účinkem elektrických sil pohybovati k místům potenciálu nižšího po čáře z pravidla křivé, jejíž tečny představují směr výslednice elektrických sil v dotyčném bodě. Čára ta sluje *čarou silovou* (silokřivkou). *Veškery čáry silové protínají plochy hladinové v úhlech pravých.* Nebo dle (3') jest pro hladinovou plochu vždy $V = V_1$, tedy složka účinné síly elektrické $F' = 0$, což nastane jen tehdy, stojí-li síla kolmo na ploše hladinové.

Jsou-li tedy plochy hladinové na př. soustředné koule, jsou čáry silové vesměs přímky mající směry poloměrů. V případech jiných jest tvar jich tím složitější, čím složitější jsou hladinové plochy samy. V obr. 3. jsou některé čáry silové vyznačeny křivkami tečkovanými.

4. Potenciál koule. Dle čl. 2. jest potenciál koule zelektrované quantitou M pro všechny body jejího objemu konstantní t. j. týž jako ve středu samém. Rozdělíme-li povrch koule na n stejných dílů, bude každý z nich, poněvadž hustota elektřiny na kouli všude jest stejna, obsahovati stejné množství elektřiny, na př. $m = \frac{M}{n}$. Značí-li R poloměr koule, jest potenciál každého dílku ve středu koule $\frac{m}{R}$, potenciál celé koule tedy $\frac{nm}{R}$ čili

$$V = \frac{M}{R}. \tag{4}$$

5. *Potenciál země* přijímá se za rovný nulle, což dovoleno jest, poněvadž naše měření potenciálů vztahuje se vždy vlastně ku měření potenciálových rozdílů; béře se pak potenciál vyšší než potenciál země za kladný, nižší za záporný. Dle toho můžeme nyní potenciál v daném bodě elektrického pole definovati jakožto práci, již vykonají síly elektrické, když sešinou jednotku elektřiny z onoho bodu až k zemi.

6. *Elektromotorická síla.* Jak již bylo podotčeno, jest každé proudění elektřiny podmíněno nestejností potenciálů. Rozdíl potenciálů jakožto příčinu elektrického proudu jmenujeme *elektromotorickou silou.* Název „elektromotorická *síla*“ jak patrno není úplně případný; nebo jako rozdíl sil jest opět jen silou, nejsa na př. zrychlením, tak také rozdíl potenciálů jest opět jen potenciál t. j. energie nikoliv však síla; proto se název „elektromotorická síla“ nezřídka přímo nahrazuje názvem „rozdíl potenciálový“.

7. *Míra potenciálu.* Měrnou jednotkou potenciálu jakožto energie může býti zas jen jednotka energie. V měrné soustavě *cm g s* jest to *erg* t. j. práce, již vykoná 1 dyna účinkujíc, ve svém směru na dráze 1 *cm*, tak že tudíž

$$1 \text{ erg} \triangleq \frac{10^{-5}}{981} kgm,$$

kdež $\triangleq$ značí aequivalenci dvou hodnot byť i číselně různých. Spotřebuje-li se tedy 1 erg, aby se jednotka elektřiny převedla ze země do jistého bodu elektrického pole, jest v tomto bodě potenciál $= 1$. Naopak, má-li elektřina potenciál $= 1$, může při vybití každá jednotka vykonati práci jednoho ergu anebo vzbuditi aequivalentní účinek tepelný, světelný atd. Jest to *elektrostatická* jednotka potenciálu. Pro běžné potřeby jest jednotka tato příliš velká; proto přijata pro potřeby praktické jednotka menší: *volt*, tak že

$$(5) \qquad 1 \text{ volt} \mathrel{\hat{=}} \frac{1}{3.10^2} \text{ jed. el. stat.}$$

Častěji než měr elektrostatických užívá se měr *elektromagnetických*, odvozených z účinku elektrického proudu na magnet. Elektromagnetická jednotka potenciálu souvisí s voltem relací

$$(5') \qquad 1 \text{ volt} \mathrel{\hat{=}} 10^8 \text{ j. el. mag.}$$

Příkladem budiž uvedeno, že čl. Daniellův, jehož se nezřídka při běžných měřeních jakožto etalonu užívá, má el. mot. sílu 1·074, Bunsenův asi 1·8, Paggendorfův 2 volty; naproti tomu žádá elektrická jiskra pro doskok (mezi 2 kuličkami o poloměru asi 1 *cm*) 0·1, 0·5, 1 *cm* a 15 *cm* pořadem rozdíl potenciálový 5490, 26730, 48600 a 127500 voltů.

Co do měrných method, jichž zde probírati nelze, odkazujeme k statím a dílům speciálným. Poukazujeme jen ku známému měření potenciálů elektrometrem quadrantovým.*)

8. *Kapacita.* Kapacitou (jímavostí) sluje ono množství elektřiny, jež konduktoru sděliti nutno, aby potenciál jeho nabyl hodnoty = 1. Obsahuje-li tedy konduktor M elektřiny při potenciálu V, jest kapacita jeho

$$(6) \qquad C = \frac{M}{V} .$$

Na základě toho snadno odvodíme kapacitu dvou konduktorů, při čemž zatím položme, že konduktory ty jsou tak daleko od sebe vzdáleny, aby elektrická influence nejevila účinků patrných, čehož docílíme, spojíme-li je tenkým a dosti dlouhým drátem. Zelektrujeme-li je pak el. quantitou M, rozdělí se elektřina na oba tak, aby měly společný potenciál V. Jich quantity elektrické ať jsou pak m_1 a m_2, při čemž zajisté bude

$$M = m_1 + m_2 .$$

*) Viz Koláček, O elektrometrech, Čas. math. roč. 1882.

Kapacita spojených konduktorů bude pak

$$C = \frac{M}{V} = \frac{m_1 + m_2}{V} = C_1 + C_2 \,,$$

značí-li C_1 kapacitu jednoho a C_2 kapacitu druhého konduktoru.

Podobně nalezneme pro kapacitu soustavy n konduktorů za stejných podmínek

$$C = C_1 + C_2 + \ldots + C_n \,, \tag{7}$$

t. j. *kapacita soustavy rovná se součtu kapacit jednotlivých konduktorů.*

9. *Kapacita koule.* Dle čl. 4. najdeme snadno

$$C = R, \tag{8}$$

t. j. měrou elektrostatické kapacity koule jest poloměr její. Pro $R = 1$ *cm*, jest $C = 1$, t. j. koule, jejíž $R = 1$ *cm* má kapacitu rovnou elektrostatické jednotce kapacity. Zároveň z toho plyne, že ke každému konduktoru, jehož kapacitu známe, lze sestrojiti kouli o téže kapacitě; rovnáť se poloměr její tolika centimetrům, kolik jednotek elektrostatických kapacita jeho obnáší.

Kapacita podmiňuje též rozvržení elektřiny na konduktorech vodivě spojených. Udělme na př. konduktoru K_1 o kapacitě C_1 množství elektřiny m_1 při potenciálu V_1 a konduktoru K_2 o kapacitě C_2 množství m_2 o potenciálu V_2. Budiž úlohou naší vyšetřiti, jak rozloží se na nich elektřina, spojíme-li je tenkým drátem dostatečně dlouhým?

Před spojením patrně jest

$$m_1 = C_1 V_1 \,, \qquad m_2 = C_2 V_2 \,.$$

Po spojení však změní se náboje konduktorů, m_1 přejde v m_1', m_2 v m_2' a potenciál nabude společné hodnoty V, při čemž však zajisté zůstane

$$m_1 + m_2 = m_1' + m_2' = M,$$

značí-li M úhrnné množství elektřiny na obou konduktorech. Je-li opět C kapacita soustavy, platí relace

$$C = C_1 + C_2 \,, \qquad V = \frac{M}{C} = \frac{M}{C_1 + C_2} \,,$$

z nichž plyne

$$m'_1 = C_1 V = \frac{C_1}{C_1 + C_2} M$$

$$(\alpha) \qquad m'_2 = C_2 V = \frac{C_2}{C_1 + C_2} M,$$

tak že $$\frac{m'_1}{m'_2} = \frac{C_1}{C_2},$$

t. j. *elektřina rozvrhne se na konduktory dle poměru jich kapacit.* Jsou-li oba konduktory koule o poloměrech R_1 a R_2, jest

$$(\beta) \qquad m'_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} M, \quad m'_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} M, \quad \frac{m'_1}{m'_2} = \frac{R_1}{R_2},$$

t. j. *elektřina rozdělí se na obě koule dle poměru jich poloměrů.*

Poněkud obecnější stane se táž úloha, přijmeme-li, že konduktory (koule) K_1 a K_2 už původně byly elektricky, majíce společný potenciál A, a tedy quantity elektrické

$$M_1 = C_1 A \quad \text{a} \quad M_2 = C_2 A.$$

Veličiny m_1 a m_2 značí nyní pouhé přírůstky, o něž zvětšíme M_1 a M_2 a jimiž i potenciál na K_1 a K_2 nestejných hodnot nabude. Spojíme-li K_1 s K_2, nastane opět proudění, až se potenciál na společné hodnotě V ustálí, při čemž se na K_1 nahromadí $M_1 + m'_1$ a na K_2: $M_2 + m'_2$. Je-li opět $M = m_1 + m_2$ a položíme-li $M' = M + M_1 + M_2$, obdržíme tímtéž způsobem jako dříve

$$V = \frac{M'}{C} = \frac{M + M_1 + M_2}{C_1 + C_2} = A + \frac{M}{C_1 + C_2}$$

a

$$M_1 + m'_1 = C_1 V = AC_1 + \frac{C_1}{C_1 + C_2} M$$

$$M_1 + m'_2 = C_2 V = AC_2 + \frac{C_2}{C_1 + C_2} M,$$

z čehož, poněvadž $AC_1 = M_2$ a $AC_2 = M_2$, přímo plynou rovnice (α), po případě (β), t. j. *přírůstky elektřiny m_1 a m_2 rozdělí se po obou konduktorech (koulích) tak, jakoby konduktory (koule) původně byly neelektricky bývaly.*

Je-li ve zvláštním případě na př. C_2 u přirovnání k C_1 a M tak veliké, že položiti lze $\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_1}{C_2} M = 0$, pak

$$m'_1 = 0 \quad \text{a} \quad m'_2 = M,$$

t. j. přírůstek elektřiny m'_1 přejde po spojení z K_1 úplně na K_2, tak že konduktor K_1 octne se v témž elektrickém stavu, ve kterém byl původně.

Děj tento patrně úplně jest podoben onomu, jejž uskutečňujeme při vybíjení konduktorů spojujíce je se zemí, jejíž kapacita $= 637 \cdot 10^6$ jed. el. stat. daleko převyšuje kapacitu našich konduktorů vůbec dosažitelnou. Při tom jest lhostejno, je-li potenciál země $A = 0$, anebo má-li libovolnou hodnotu jinou (dle Webra 1720.10^6 voltů); výbojem klesne potenciál konduktoru vždy na potenciál země. Srv. čl. 5.

10. *Míra kapacity.* Dle rovnice (6) závisí jednotka kapacity na jednotce quantity a jednotce potenciálu, t. j. onen konduktor má elektrostatickou jednotku kapacity, jenž nabude jednotkou quantity plynoucí ze zákona Coulombova, jednotku potenciálu. Jest to jednotka theoretická. Jednotka praktická, jíž dáno jméno *farad*, plyne tímtéž způsobem z praktických jednotek quantity a potenciálu, tak že

$$1 \text{ farad} = \frac{1 \text{ coulombu}}{1 \text{ voltu}} \triangleq \frac{3.10^9}{\frac{1}{3.10^2}} \triangleq 9.10^{11} \text{ j. el. stat.}$$

$$1 \text{ farad} \triangleq \frac{10^{-1}}{10^8} \triangleq 10^{-9} \text{ j. el. mag.*)}$$

Jednotka tato jest ohromně veliká, asi 1400-krát větší než kapacita zeměkoule a ještě as 14-krát větší než kapacita slunce, jak snadným výpočtem shledáme. Proto užívá se při měření kapacit jednotky milionkrát menší, jež *mikrofaradem* sluje. Jest tedy

*) K vůli snažšímu přehledu budiž uvedeno, že

$$1 \text{ coulomb} \triangleq 3.10^9 \text{ j. el. stat.} \triangleq 10^{-1} \text{ j. el. mag.}$$
$$1 \text{ ampère} \triangleq 3.10^9 \text{ „} \triangleq 10^{-1} \text{ „}$$
$$1 \text{ ohm} \triangleq \frac{10^{-11}}{9} \text{ „} \triangleq 10^9 \text{ „}$$

(9') 1 mikrofarad $\triangleq$ 9.10^5 j. el. stat. $\triangleq$ 10^{-15} j. el. mag.

Abychom si o této jednotce jakýs obraz vytvořiti mohli, vypočítejme, jaká jest v mikrofaradech kapacita země a jaký poloměr by měla koule, jejíž kapacita $= 1$ mikrofaradu? (Nalezneme 708 mikrofaradů a 9 *km*).

Jako potenciál tak i kapacitu můžeme měřiti elektrometrem quadrantovým. Spojíme-li jeden pár diagonálně proti sobě ležících quadrantů se zemí a druhý se zdrojem elektřiny o potenciálu V_1, odchýlí se pohyblivá deska o $\sphericalangle \alpha_1$, úměrný elektrické quantitě na quadrantech obsažené, tak že

$$\alpha_1 = kcV_1,$$

kdež c značí kapacitu elektrometru a k koefficient úměrnosti. Přerušíce spojení se zdrojem elektřiny, spojme pak týž pár quadrantů s neelektrickým konduktorem, jehož kapacitu C měřiti jest. Jistá část elektřiny přejde pak z elektrometru na konduktor, čímž potenciál klesne na V_2 a úhel α_1 na α_2, pro který platí opět

$$\alpha_2 = kcV_2.$$

Zároveň však bude

$$cV_1 = (C + c)\,V_2$$

čili

$$C = \frac{V_1 - V_2}{V_2}\,c = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_2}\,c.$$

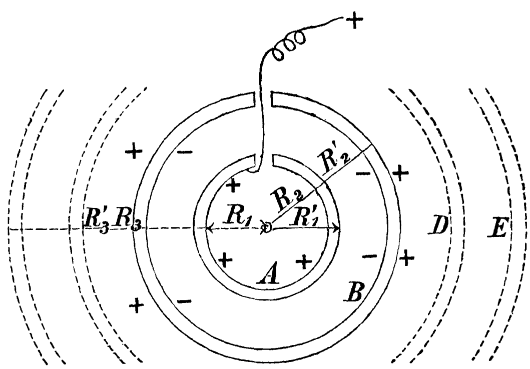
Při tom, jak z poslední rovnice vidíme, předpokládá se, že kapacita elektrometru jest známa. Neznáme-li ji ještě, určíme ji snadno, provedeme-li pokus právě popsaný s konduktorem, jehož kapacitu C již známe, na př. s koulí známého poloměru.

11. *Kapacita kulového kondensátoru* (dvojobalu). Jsou-li na blízku zelektrovaného konduktoru jiné vodiče, na nichž se influencí budí nové quantity elektrické, změní se kapacita jeho. Taková soustava vodičů jest kondensátorem v nejširším smyslu slova. Příkladem nejjednodušším jest kondensátor kulový. Na vnitřní kulový obal A (obr. 4.) kulového kondensátoru o polo-

měru R uveďme M jed. elektřiny. Kdyby zevnějšího obalu nebylo, nabyla by elektřina potenciálu

$$V' = \frac{M}{R}.$$

Je-li však A obemknuto druhým soustředným obalem B, odděleným od A vrstvou vzduchu, vzbudí se influencí na vnitřním povrchu, jehož poloměr ať jest R_1, $-M$ a na zevnějším povrchu o poloměru R_1': $+M$ elektřiny, a potenciál dvojobalu nabude pak hodnoty



Obr. 4.

$$V'' = \frac{M}{R} - \frac{M}{R_1} + \frac{M}{R_1'}.$$

Poněvadž $R_1' > R_1$, jest $V'' < V'$ t. j. přítomností obalu B se potenciál obalu A zmenší. Zmenšení to dosáhne hodnoty maximální, když zevnější obal spojíme se zemí, následkem čehož třetí člen poslední rovnice úplně odpadne, tak že potenciál bude

$$(\alpha) \qquad V = \frac{M}{R} - \frac{M}{R_1}.$$

(Dokončení.)