Ryzí zlato objevuje se někdy ve srostlicech s tvarem $O_{1/3}$, Obr. 18., při čemž společná plocha O jde skrze úhlopříčky ploch $O_{1/3}$. Úhly hran a koutů lze ustanoviti ze spojkové hrany s osmistěnou plochou dle vzorce (12).

Pro spojkovou hranu $O' = (o, o_{1/3})$, pro níž jest na O $a = 1$, $b = 1$, $c = 1$, na $O_{1/3}$ $a' = -1$, $b' = 3$, $c' = 1$, jest

$$cos \tfrac{1}{2} O' = -\frac{1}{\sqrt{33}},$$

z čehož

$$\tfrac{1}{2} O' = 100^0 1\tfrac{1}{2}'$$

a tedy kout $K = 200^0 3'$, tupá hrana $H = 360^0 - 200^0 3 = 159^0 57'$.

K témuž výsledku vede proměna známek dle výše vytknutých vzorců, dle níž má plocha $O_{1/3} = 31\bar{1}$ v otočené poloze známku $7\bar{5}5$. Vezme-li se nejkratší osa $= 1$, jest delší osa 7/5 a rovnice společné spojkové hrany H tvarů $O_{1/m}$, $O_{1/m'}$, je-li $m = 3$, $m' = 7/5$, jest dle (12),

$$cos\, H = -\frac{m\,m' + 2}{\sqrt{m^2+2}\;\sqrt{m'^2+2}} = -\frac{31}{\sqrt{11}\;\sqrt{99}} = -0{\cdot}9393,$$

z čehož

$$H = 159^0\, 57'.$$

O síle elektromotorické.

(Podává *Josef Hervert.*)

(Pokračování).

Měřením tepla na spájeném místě různých kovů vzbuzeného aneb spotřebovaného lze nejlépe poznati vztah mezi elektromotorickými silami rozličných kovů. O to se pokusil *Edlund*, zprvu methodou méně spolehlivou [1]), později velmi důkladnou a přesnou, jejížto výsledky přednesl v prosinci r. 1870 v král. švédské akademii v Stokholmu [2]). K tomu účelu používal *Le Roux* [3]) této methody.

[1]) E. Edlund: „Oefversigt af K. V. Ak. Förh. för 1870 Pogg. Ann Bd. 140 p. 435.
[2]) E. Edlund: Pogg. Ann. Bd. 143 p. 404 a p. 534.
[3]) Le Roux: Ann. de chim. et de phys. TX p. 4.

Dva kalorimetry, stejné a vodou naplněné byly vedle sebe postaveny a do každého zapuštěn vismut spájený s mědí. Na to se oběma vedl galvanický proud, avšak tak, že jedním drátem šel od vismutu k antimonu, druhým ve směru opáčném, tak že se jeden drát více zahříval, než druhý a rozdíl teplot v obou měřený obyčejným teploměrem na desitiny stupně rozděleným udával měřitko hledaného tepla.

Tato methoda má sice tu výhodu, že lze určiti teplo v obyčejných jedničkách tepelných, avšak je málo citlivá, poněvadž se nepatrné rozdíly teplot, které zde jsou pro výsledek velmi závažné, měřiti nedají.

Za tou příčinou vymyslil si *Edlund* zvláštní stroj, jakýsi druh vzdušného teploměru, kterým se teplo na místě spájeném spotřebované aneb vzbuzené spolehlivě měřiti dá a který je, pokud možná, docela nezávislým od obyčejného záhřevu spůsobeného galvanickým proudem a poměrného odporu a čtverci síly proudu. Toto teplo je totiž všeobecně mnohem větší, než ono, které se vzbuzuje na místě spájeném a kteréžto se měřiti má, zvláště v drátech o značném odporu, takže by měřením obou výsledek státi se mohl velmi nespolehlivým. Rovněž tak jest stroj Edlundův co možná neodvislým od změn teploty vůkolního vzduchu a konečně má i měrné teplo zkoušených kovů na konečný výsledek nepatrný vliv, což jest taktéž velikou výhodou, poněvadž by určování měrného tepla bylo velmi nesnadné a nespolehlivé. Tento vzdušný teploměr Edlundův je následujícím spůsobem zařízen (viz obr. 9).

Dva stejné válce z tenkého měděného plechu, zevně postříbřené *a*, *b*, do nichž jsou zapuštěny dvě mosazné trubice *c*, *c'*, jsou obklopeny cinkovými válci *p*, *p'*, kteréžto jsou polírovány, zevně pokostem natřeny a vodou naplněny, — vše k tomu účelu, aby změny teploty zevnějšího vzduchu měly co možná malý vliv na záhřev drátu.

Do trubic *c*, *c'* jsou zasazeny dva spájené dráty, jichžto záhřev se měřiti má, takže místo spájené se nalezá as uprostřed válce, a zároveň jsou trubice ty zality smíšeninou vosku a kalafuny, aby byl drát docela isolován od stěn trubice.

Na jedné straně jsou trubice *c* a *c'* spojeny s kraje s mosaznými trubicemi *h* a *h'* a pak pomocí kaučukových trubic s vodorovnou skleněnou trubicí mm', v nížto se nachází sloupeček barveného líhu i, jehožto pohyb určuje změny teploty a měřiti se dá na měřitku souběžném, v millimetry rozděleném.

Do trubic h a h' zasazeny jsou v k a k' kohoutky, vrtané v podobě latinského T, takže lze buď obě části trubice spojiti mezi sebou a se vzduchem, aneb obě spojiti, avšak od vzduchu zevnějšího odloučiti aneb konečně jednu neb druhou o sobě spojiti se zevnějším vzduchem, a mají ten účel, aby se pomocí jich rozdíly teplot a tlaku vyrovnati a sloupeček před pokusem na přiměřené místo uvésti mohl. Celý přístroj spočívá na mahagonovém podstavci, který lze libovolně skláněti a sklon na oblouku f měřiti.

Jsou-li v trubici c dva spájené kovy A a B a v druhé c' tytéž dva kovy a prochází-li oběma dvojicemi drátů proud týmž směrem ku př. od A k B, nastává v obou stejný záhřev a tudíž se sloupeček líhu nehýbe, jelikož je veškeré spojení neprůdušně uděláno. I patrno, že záhřev drátu způsobený odporem nemá žádného vlivu na pohyb líhu, poněvadž se oteplení to směrem proudu nemění. Probíhá-li však proud oběma páry drátů směry opačnými, jest záhřev v jednom válci větší než v druhém a musí se tudíž líh pohybovati na stranu menšího záhřevu a sice dotud, dokud teplo, kterého válec záhřevem drátu nabývá, se nerovná teplu, které sáláním vůkolnímu vzduchu uděluje. Pak teprvé nastává rovnováha. V pokusech Edlundových stávalo se to obyčejně as za $^3/_4$ hodiny.

Rozdíl ztrát tepla rovná se pak rozdílu tepla v obou válcích vzbuzeného a dá se následujícím způsobem z pohybu líhu vyvoditi.

Kdybychom měli jen jeden válec, jehož objem by byl V a kdyby se měnila teplota o t a souvisela trubice mm' se zevnějším vzduchem, byla by změna objemu dle zákona *Gay-Lussacova*:

$$nv = V(1 + \alpha t) - V = \alpha V t,$$

kdež v značí objem trubice pro délku 1^{mm}, n počet dílců, o které se posouvá líh v trubici a α míru roztažnosti vzduchu rovnající se 0·003665.

V pokusech Edlundových bylo

$$\frac{v}{V} = k = \frac{1}{128000}$$

a tudíž:

$$nk = \alpha t,$$

takže, zavedeme-li číselné hodnoty, obdržíme pro $n = 1$, $t = 0{\cdot}002134^0$ C. t. j. když se mění teplota o $0{\cdot}002134^0$ C, posouvá se líh o 1^{mm}, z čehož patrno, že se tímto vzdušným teploměrem Edlundovým dají měřiti změny teploty, obnášející tisíciny stupně Celsiova. Zároveň se přesvědčil Edlund, že přilínání líhu ku stěnám trubice a tření na stěnách jsou tak malé, že nemají žádného, alespoň ne patrného vlivu na pohyb sloupečku v trubici, takže teploty tím strojem stanovené jsou zcela spolehlivy.

To by ovšem platilo jen tehdáž, když bychom měli toliko jeden válec a když by trubice mm' byla ve spojení se vzduchem, takže by se tlak neměnil. Nicméně dá se snadno ukázati, že se nechá uvedeným spůsobem teplota určovati i při zřízení Edlundově. Jestliže se totiž v jednom válci roztahuje vzduch teplem, překáží vzduch v druhém válci volnému se roztahování, takže se tím spůsobem mění tlak. Jeli B tlak před změnou teploty ve válci a b tlak po změně teploty, je dle zákona Mariotto-Gay Lussacova změna objemu:

$$V(1+\alpha t)\frac{B}{b} - V = nv = nk\,V,$$

z čehož jde:

$$\frac{B}{b} = \frac{1+nk}{1+\alpha t}.$$

Poněvadž však jsou oba válce stejné a teplota v jednom o tolik stoupá, oč v druhém klesá, máme pro změnu objemu v druhém válci výraz:

$$V - V(1-\alpha t)\frac{b}{B} = nv = nk\,V$$

čili

$$\frac{B}{b} = \frac{1-\alpha t}{1-nk}$$

a z obou rovnic následuje opět:

$$\alpha t = nk,$$

takže i tu svrchu uvedený vztah mezi teplotou a pohybem líhu platným zůstává.

Z této teploty t a z mocnosti proudu J dá se určiti následujícím spůsobem teplo na místě spájeném vzbuzené aneb pohlcené. Líh přestane se pohybovati, když válec od drátu nabývá tolik tepla, mnoho-li sdílí okolnímu vzduchu. Toto teplo A dá se dle *Dulonga* a *Petita* určiti následující rovnicí:

$$A = Ma^{\tau}(a^{\delta} - 1) + N\delta^{1\cdot233}$$

kdež τ je teplota vůkolního vzduchu, δ rozdíl teplot válce a vzduchu, M, N, a stálé veličiny a sice je pro stupně Celsiovy $a = 1\cdot0077$. Místo této složité rovnice lze však v pokusu Edlundově použíti rovnice mnohem jednodušší. Rozvineme-li a^{δ} v řadu kladouce $la = c$, obdržíme:

$$a^{\delta} = 1 + c\delta + \frac{c^2\delta^2}{2} + \frac{c^3\delta^3}{3} + \ldots$$

$$a^{\tau}(a^{\delta} - 1) = c\,a^{\tau}\delta + \frac{c^2 a^{\tau}}{2}\delta^2 + \frac{c^3 a^{\tau}}{3}\delta^3 + \ldots$$

Řada ta je velmi sbíhavá, poněvadž δ v pokusech Edlundových bylo nejvýše 1—2° a poněvadž beře-li se 0·001° C za jedničku, jako v těchto pokusech se děje, $la = c = 0\cdot00000767$.

Za tou příčinou lze se v oné řadě obmeziti na první dva členy, takže:

$$A = cMa^{\tau}\delta + \frac{c^2 Ma^{\tau}}{2}\delta^2 + N\delta^{1.233}$$

a^{τ} je veličina proměnná, poněvadž se τ mění; jelikož ale změny ty byly v dotčených pokusech nepatrné, lze považovati i a^{τ} za stálé a vyjádřiti A výrazem:

$$A = k\delta + \lambda\delta^2,$$

v němž přiměřeným stanovením veličin k a λ i člen $N\delta^{1.233}$ zahrnut jest.

Rozdíl teplot válce a vůkolního vzduchu S není znám, dá se však určiti, jelikož je jakousi funkcí rozdílu střední teploty válce a okolního vzduchu, kterážto se mění z dvou příčin, 1. poněvadž odporem drátu vzniká zahřev a 2. poněvadž se na místě spájeném mění teplota. Má-li první příčina za následek změnu střední teploty T a druhá t, je patrně, působí-li obě příčiny v témž smyslu,

$$\delta = f(T + t)$$

a působí-li ve smyslu protivném,

$$\delta = f(T - t).$$

Rozvineme-li funkci f v řadu postupující dle mocnin výrazů $(T + t)$ a $(T - t)$, lze obmeziti se, jak pokusy ukázaly, na první dva členy, takže v jednom případě je

$$\delta = \mu (T + t) + \nu (T + t)^2$$

a v druhém:

$$\delta = \mu (T - t) + \nu (T - t)^2$$

a protož teplo vzbuzené v jednom případě:

$$A_{\mathrm{I}} = a (T + t) + b (T + t)^2$$

a v druhém

$$A_{\mathrm{II}} = a (T - t) + b (T - t)^2$$

Jich rozdíl čili

$$A_1 - A_{,,} = 2at + 4b\,Tt$$

značí rozdíl tepla vzbuzeného, když jde proud jednou tím, podruhé opáčným směrem a tudíž dvojnásobné teplo Q, které se na místě spájeném vzbuzuje aneb pohlcuje, takže:

$$Q = at + 2b\,Tt.$$

V rovnici této se měří t pohybem líhu v trubici mm', když jde proud jednou tím, po druhé opáčným směrem. T značí rozdíl teplot válce a vzduchu, který nastane, když se drát odporem zahřívá. Jeli h stálá veličina poměrná odporu spájeného drátu a J mocnost proudu, je teplo galvanickým proudem vzbuzené v drátu odporem podle analogie výrazu A_1

$$Q_1 = hJ^2 = a\,T + b\,T^2.$$

Určíme-li z toho výrazu T a zavedeme-li je do Q, obdržíme, poněvadž $Q = a_1\,E\,J$ je poměrno elektromotorické síle a mocnosti proudu:

$$\frac{a_1\,EJ}{2b} = \sqrt{\frac{hJ^2}{b} + \frac{a^2}{4b^2}}\;.\;t$$

čili

$$\frac{a_1\,EJ}{a} = \sqrt{\frac{4bh}{a^2}\,J^2 + 1}\;.\;t$$

a položíme-li

$$\frac{a_1 E}{a} = \alpha \text{ a } \frac{4bh}{a_2} = \beta,$$

obdržíme

$$\alpha = \frac{t}{J} \sqrt{\beta J^2 + 1}\,.$$

Ve výrazu tomto se měří t pohybem líhového stoupku J tangentní bussolou, kdež β závisí na veličině h a má tudíž pro rozličné dráty rozličnou hodnotu. Chceme-li je určiti, třeba toliko znáti dvé příšlusných hodnot za J a t ku př. J a J_1, t a t_1, Pomocí jich obdržíme:

$$\beta = \frac{J^2 t_1{}^2 - J_1{}^2 t^2}{J^2 J_1{}^2 (t^2 - t_1{}^2)}\,.$$

Známe-li však β, dá se α snadno vypočísti. Tato veličina α značí, jak z jejího výrazu patrno, ono teplo, které se na místě spájeném vzbudí aneb pohltí, prochází-li dvojicí drátů proud, jehož mocnost $= 1$, a je, jak svrchu vidno, poměrna elektromotorické síle při doteku dvou kovů účinné, takže může nám býti měřítkem elektromotorických sil, určíli se pro rozličné dvojice kovů. To také *Edlund* učinil, užívaje k tomu cíli kovů lučebně čistěných, spájených pomocí cínu a majících podobu tenkého drátu.

Tím spůsobem nalezl následující hodnoty elektromotorických sil účinných při doteku rozličných kovů počínaje řadu kovem nejvíce positivním a konče ji kovem nejvíce negativním.

+	α
Fe	130·99
Cd	6·88
Zn	0·34
Cu	0·00
Ag	1·29
Au	14·76
Pb	22·20
Sn	24·71
Al	30·77
Pt	45·00
Pd	96·23
Bi	783·01

Tato řada je zároveň řadou elektrického napětí. Srovnáme-li ji však s řadami, jaké určili *Volta*, *Seebeck*, *Munk*, *Pfaff*, *Péclet* a j., vidíme, že se valně od nich liší. Tak ku př. řada ustanovena Pfaffem postupuje od konce positivného k negativnému takto:

$+$ *Zn*, *Cd*, *Sn*, *Pb*, *W*, *Fe*, *Bi*, *Sb*, *Cu*, *Ag*, *Au*, *U*, *Te*, *Pt*, *Pd* —

Rozdíly obou řad jsou velmi značné. Tak jest v řadě Pfaffově *Zn* positivný ve spojení s *Fe*; v Edlundově naopak. V Pfaffově je *Bi* positivný ve spojení s *Pt*; naopak v Edlundově. *Sn* a *Pb* jsou u Pfaffa positivnější, než *Cu*; u Edlunda naopak atd.

Příčina tohoto nesouhlasu dá se snadno nalézti. Edlundova řada udává elektromotorické síly při bezprostředném doteku kovů, kdežto při obyčejném Voltově pokusu, jímžto se řady elektrického napětí určují, působí více elektromotorických sil; neboť je známo, že pevná tělesa na povrchu svém shuštují plyny, takže se při tom dotýkají kovové desky se vzduchem a jinými plyny a plynové částice mezi sebou. Avšak plynové baterie a galvanická polarisace dokazují, že i tímto dotekem povstávají elektromotorické síly, takže pokus Voltův udává výslednici trojích elektromotorických sil, čímž uvedené rozdíly s dostatek jsou odůvodněny.

Aby poznal, kterak souvisí elektromotorické síly uvedených kovů s jich thermoelektrickými vlastnostmi, určoval Edlund u všech uchylky na citlivém magnetoměru s astatickými jehlicemi a zrcadlovým zařízením způsobené thermoelektrickým proudem při témže rozdílu teplot $+ 10^0$ a při témže odporu. Za tou příčinou zahnul každou dvojici spájených drátů, takže byly oba rovnoběžny a zapustil je korkovou zátkou do skleněné trubice dole uzavřené, any končily nahoře mosaznými sloupky, do kterých se zapialy dráty vedoucí k magnetoměru. Trubice ta ponořena byla do širší nádoby s vodou obalené bavlnou, aby se pokud možno málo měnila teplota, která se určovala teploměrem procházejícím středem korkové zátky a dotýkajícím se kovů na spájeném místě.

Jelikož jsou uchylky na magnetoměru poměrny mocnosti proudu, obdržel tím spůsobem Edlund měřítko thermoelektrických sil, které podává následující řada, ač se určují pro každý kov ve spojení s mědí.

	$-n$
Fe	146·18,
Cd	9·79,
Zn	0·76,
Cu	0·00,
Ag	1·89,
Au	23·92,
Pb	27·27,
Sn	38·84,
Al	42·15,
Pt	58·41,
Pd	115·04,
Bi	835·10;

kterážto řada, jak patrno, úplně souhlasí s řadou dříve uvedenou pro síly elektromotorické, což ukazuje k zřejmé souvislosti obou sil a společnému jich zdroji, totiž teplu, které se zde proměňuje v elektřinu.

Tomu-li tak, musí záviseti tyto síly na množství tepla, které se proměňuje v elektřinu; čili jinými slovy řečeno, síly ty musí býti funkcemi teploty. To skutečně bylo pozorováno a pokusy zjištěno, dříve ještě než ona souvislost zkusmo byla na jevo vynešená a dá se, jak *A. Wüllner* [1]) ukázal z všeobecných vět mechanické theorie tepla vysvětliti. Tak pozoroval již r. 1823 prvně Angličan *Cumming* [2]), že zlaté, stříbrné, měděné mosazné a cinkové dráty spájené se železným drátem dávají zahřáty byvše na spájeném místě positivnou uchylku, že však do červena rozpáleny byvše spůsobují proud směru opačného, takže je uchylka negativná. Podobně shledal *Becquerel* [3]), když se zahříval drát spájený z mědi a železa, že rostla stále mocnost proudu, až dosáhla při 300° největší hodnoty, odkud jí stále ubývalo, až se konečně v žáru proud obrátil. *Regnault* [4]) a *Wiedemann* [5]) ukázali, že i při nižších teplotách počínaje asi od 50° elektromotorická síla thermoelektrických proudů není

[1]) A. Wüllner: Poggen. Ann. Bd. 145 p. 636. 1872.
[2]) Cumming: Electro-dynamics section 104 p. 193. Cambridge 1827. Cambridge Philos. Trans. 1823 addition to p. 61.
[3]) Becquerel: Ann. de chim. et de phys. T XLI.
[4]) Regnault: „De la mésure des temperatures". Memoires de l'Acad T. XXI.
[5]) Wiedemann: Galvanismus Bch I. 416.

poměrna rozdílu teplot. Tolikéž pozoroval *Le Roux*, že teplo, které se pohlcuje aneb budí, když prochází galvanický proud místem, kde jsou vismut a měď spájeny, je větší, když se dělá pokus při 100°, než při obyčejné teplotě [1]). Nejrozsáhlejší však v příčině té pokusy vykonali *Hankel* [2]) a *Thomson* [3]), takže dle nich je thermoelektrická řada kovů při vyšší teplotě zcela jiná než při nižší teplotě. Zároveň shledal Thomson, že vzniká thermoelektrický proud, i když se jeden a týž kov na jednom místě zahřívá, na druhém ochlazuje. To sice již před ním pozorovali *Seebeck*, *Becquerel*, *Gaugain* a *Magnus*, avšak Thomson nalezl ještě tu zvláštnost, že prochází-li takovým drátem z jednoho a téhož kovu proud, že se pozorují tytéž výjevy, jako u pokusu Peltierova, totiž že u některých kovů, jako u mědi nastává záhřev, jde-li positivný proud od teplejšího místa k studenějšímu, u jiných však kovů, jako železa a platiny, že se naopak pozoruje ochlazení.

Všechny tyto uvedené pokusy poukazují k tomu, že je elektromotorická síla nejen na jednom místě kovů na př. tam, kde jsou spájeny, účinnou, nýbrž i na jiných místech. To dotvrzují i výzkumy Edlundovy.

Dělíme-li totiž řadu thermoelektrických sil příslušnými elektromotorickými silami, obdržíme následující podíly:

Fe — Cu	1·12
Cd — Cu	1·42
Zn — Cu	2·24
Cu — Ag	1·47
Cu — Au	1·62
Cu — Pb	1·23
Cu — Sn	1·57
Cu — Al	1·37
Cu — Pt	1·30
Cu — Pd	1·20
Cu — Bi	1·07

---

[1]) Le Roux: Ann. de chim. et de phys. p. 4 T X.

[2]) Hankel: Pogg. Ann. Bd. 62.

[3]) W. Thomson: „On the electro-dynamics properties of metals“ Philos Transact. for 1856 p. 649. „Acount of researches in thermoelectricity“. Phil. Mag. VIII. p. 62 1854.

Rozdíly podílů těchto nemohou pocházeti nikterakž od chyb pozorování, poněvadž tyto jsou mnohem menší, nechají se však odůvodniti následujícím spůsobem, podávajíce tak zřejmý doklad k uvedenému vysvětlení těchto úkazův.

Je-li totiž elektromotorická síla nejen na místě spájeném účinnou, nýbrž i na jiných místech kovů, dá se vyjádřiti takto:

$$K = E + E_A + E_B,$$

kdež E značí elektromotorickou sílu na místě spájeném, E_A elektromotorickou sílu v kovu A a E_B touž v kovu B účinnou. Avšak Q teplo na místě spájeném vzbuzené aneb spotřebované, je-li mocnost proudu $= 1$, je

$$Q = \alpha = \frac{a_1}{a} E = p E$$

a tudíž poměr obou, jejž svrchu uvedená řada pro rozličné kovy podává:

$$\frac{K}{Q} = \frac{1}{p} + \frac{E_A + E_B}{Q}$$

Kdyby $E_A = E_B = 0$, byl by poměr ten pro všechny kovy stejnou a stálou veličinou, takto ale může dle rozmanitých hodnot E_A a E_B míti rozličnou hodnotu.

Že elektromotorická síla je skutečně funkcí teploty, nalezl *Avenarius* [1]), jenžto uvádí pro ni následující rovnici:

$$E = (t_2 - t_1)\,[a + b\,(t_2 + t_1)],$$

kdež t_2 a t_1 značí teploty spájených míst, a a b stálé veličiny, z nichžto b je mnohem menší a může býti buď positivní, jako pro *Zn — Cu*, aneb negativní jako pro zinek a ocel.

Z výrazu toho je patrno, že se může státi E i negativní t. j. směr thermoelektrického proudu obrátiti, jestliže b je neg. a pro vysoké teploty

$$b\,(t_2 + t_1) > a.$$

A takto, jak vidno, jsou všechny uvedené úkazy v překrásném souhlasu, nezvrátí-li jej budoucí pozorování a bádání opět.

---

[1]) Avenarius: Poggen. Ann. Bd. 119 a Bd. 122.