

a polovodič typu p pridaním malého množstva trojmocného bóru, hliníka, india a pod.

Počet voľných nositeľov elektrického náboja v polovodičoch s primiešaninami závisí od ich množstva. Je veľmi dôležité, že pridaním ich dostatočného množstva možno zväčšiť mernú elektrickú vodivosť v pomere až $1 : 10^6$ v porovnaní s vodivosťou chemicky čistého základného polovodiča. Touto svojou vlastnosťou sa polovodiče tiež líšia od kovov, ktorých elektrickú vodivosť kovové primiešaniны znižujú.

Primiešaniны, ktoré polovodiču udeľujú elektrickú vodivosť elektrónovú, nazývajú sa *donormi*; primiešaniны, ktoré viažu voľné elektróny, takže vyvolávajú vznik dier, nazývajú sa *akceptormi*. Mechanizmus vedenia elektrického prúdu v polovodivých kysličníkoch a sírníkoch býva zložitejší ako v polovodivých prvkoch, ale aj vodivosť týchto látok je vždy alebo typu n , alebo typu p .

Úlohy na cvičenie

1. Priestor medzi dvoma súosovými valcovými plochami s polomerami r_1 a r_2 , dĺžky l , je vyplnený materiálom s merným odporom ρ . Aký veľký je odpor medzi valcami?

$$\left(R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{r_2}{r_1} \right)$$

2. Odvoďte závislosť prúdu od času pri vybíjaní kondenzátora kapacity C cez odpor R , keď počiatočné napätie na kondenzátore je u_0 ! $\left(I = \frac{u_0}{R} e^{-t/CR} \right)$

3. Aký veľký má byť odpor bočníka, aby sa ním rozsah ampérmetra s vnútorným odporom $0,2 \Omega$ zväčšil 5-krát? ($R = 0,05 \Omega$)

4. Voltmeter s vnútorným odporom $3\,000 \Omega$ má rozsah do 150 V . Aký prúd tečie voltmetrom pri jeho plnej výchylke a aký predradený odpor musíme zapojiť, aby sa rozsah prístroja zväčšil na 600 V ? ($I = 0,05 \text{ A}$, $R = 9\,000 \Omega$)

5. Vypočítajte závislosť napätia u na kondenzátore kapacity C od času t po jeho pripojení k svorkám zdroja jednosmerného prúdu cez odpor R , ak elektromotorická sila zdroja prúdu je u_0 ! [$u = u_0(1 - e^{-t/CR})$]

3. GALVANICKÉ ČLÁNKY A TERMOČLÁNKY

3.1. Kontaktné potenciály. Predstavme si, že v priestore sa nachádza niekoľko kovových telies rovnakej teploty tak, že sa vzájomne nedotýkajú. Aj keď v čase $t = 0$ ani jedno z nich nebolo ako celok nositeľom elektrického náboja, po dostatočne dlhom čase to už tak nie je. Príčinou je schopnosť kovov — vo všeobecnosti aj iných látok — pri každej teplote vysielat (*emitovat*) do svojho

okolia elektróny. Tento dej sa odohráva tak dlho, kým rozdiely elektrických potenciálov kovov nenadobudnú celkom určité hodnoty, závislé od teploty, avšak nezávislé od vzájomnej polohy kovov, ba ani od toho, či sa vždy dva kovy vzájomne dotýkajú alebo nie. Vzájomný dotyk kovov A a B vytvorenie potenciálového rozdielu $\pi_{AB} = V_A - V_B$ len podstatne urýchľuje. Pre túto príčinu veličina π_{AB} sa nazýva *kontaktným (dotykovým) potenciálom* kovu A vzhľadom na kov B . Z úvahy je bezprostredne zrejmé, že — v zhode s pozorovaním — kontaktný potenciál π_{AB} je nezávislý od toho, či sa kovy A a B dotýkajú priamo alebo prostredníctvom tretieho kovu C . Z úvahy je zrejmé aj to, že — ako to prvý urobil už taliansky fyzik a fyziológ Alessandro Volta (1745—1827) — všetky kovy a uhlík možno zostaviť v rad podľa ich klesajúcich vlastných potenciálov, teda tak, že na styku ľubovoľného kovu A s kovom B , v rade po ňom nasledujúcim, kontaktný potenciál π_{AB} je kladný. Voltov rad pre niekoľko kovov je v *tab. 3.1*. Čísla v nej uvedené sú kontaktné potenciály na styku vždy dvoch susedných kovov pri teplote 20°C vo voltoch.

Tabuľka 3.1

Kontaktné potenciály niektorých kovov

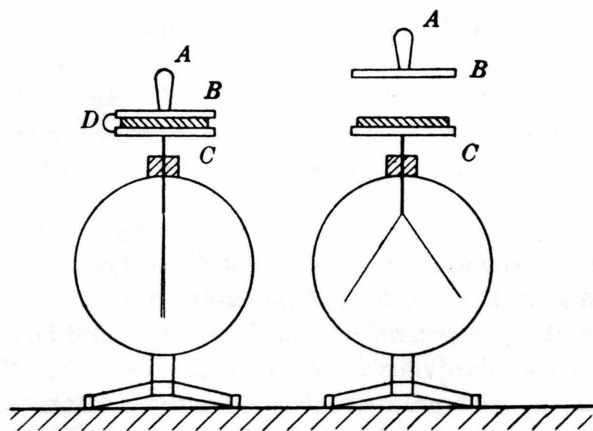
+ Zn	Pb	Sn	Fe	Cu	Ag	Pt	C—
0,228	0,046	0,137	0,091	0,046	0,070	0,024	

Vyplýva z nej, že napríklad kontaktný potenciál na styku Zn a Cu je $\pi_{\text{Zn/Cu}} = 0,228 + 0,046 + 0,137 + 0,091 = 0,502$ volt.

Existencia kontaktných potenciálov značí, že na rozhraní dvoch stýkajúcich sa kovov je elektrická dvojvrstva. Jav je však všeobecný. Nielen rozhranie dvoch kovov, ale aj rozhranie dvoch ľubovoľných látok, ba aj rozhranie akejkoľvek látky a vákuu je vo všeobecnosti elektrickou dvojvrstvou. V atóme každého kovu je aspoň jeden alebo aj viac elektrónov, ktoré sú v ňom viazané pomerne veľmi slabými silami. Sú to tzv. *valenčné elektróny* kovov, ktoré pri chemickom zlučovaní sa kovov s nekovovými prvkami prechádzajú do sféry silového pôsobenia atómov týchto druhých prvkov. Z veľmi dobrej elektrickej (aj tepelnej) vodivosti kovov možno usudzovať, že valenčné elektróny kovov v pevnom kovovom telese sú voľne pohyblivé, takže v kryštálovej mriežke kovu vytvárajú tzv. *elektrónový plyn*. V dôsledku tepelného pohybu elektrónov elektrónový — v kove prítomný — plyn má snahu expandovať, t. j. zväčšiť svoj objem na hodnotu väčšiu, než je objem daného pevného kovového telesa. Na povrchu kovu vytvára sa tým elektrická dvojvrstva, ktorej vonkajšia

časť je tvorená elektrónmi a vnútorná časť kladnými iónmi kryštálovej mriežky kovu tesne pod jeho povrchom, lebo koncentrácia elektrónov je tam zmenšená.

Elektrickými dvojvrstvami možno vysvetliť aj elektrovanie telies trením, napríklad elektrovanie skla trením amalgamovanou kožou. Trením sa realizuje len postupný viac alebo menej dokonalý dotyk. Z *tab. 3.1* vyplýva, že kontaktné potenciály medzi kovmi sú rádu 0,1 volt. Medzi nekovmi iste môžu byť aj menšie. Medziatomárne vzdialenosti v pevných látkach sú 10^{-8} až 10^{-7} cm. Predpokladajme, že pri trení skla amalgamovanou kožou dostali sa tieto látky priemerne do vzdialenosti 10^{-6} cm a nadobudli potenciálový rozdiel 0,1 volt. Keď sa neskoršie vzdialili, povedzme na 1 cm, možno sa na vec pozeráť ešte ako na zväčšenie vzdialenosti dosák elektricky nabitého doskového kondenzátora, ktorého kapacita sa tým zmenšila v pomere $1 : 10^{-6}$. V tomto pomere sa zväčšilo preto napätie medzi sklom a kožou, nadobudlo teda hodnotu $0,1 \text{ volt} \cdot 10^6 = 10^5 \text{ volt}$. Skutočne dosahované hodnoty sú asi o jeden rád menšie, najmä preto, že vplyvom hrotového efektu už pri trení preskakujú medzi sklom a kožou elektrické iskry, čím sklo stráca časť svojho náboja.

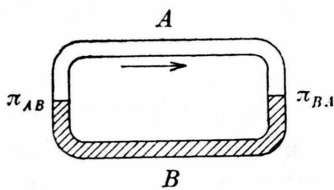


Obr. 3.1.

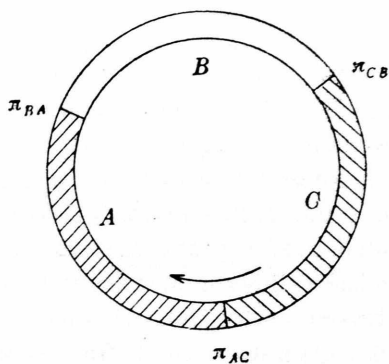
O existencii kontaktných potenciálov sa môžeme presvedčiť týmto jednoduchým pokusom: Citlivý elektroskop alebo elektrometer opatríme vodorovnou kovovou dosičkou *C*, natretou na jej hornej strane izolujúcim lakom (*obr. 3.1*). Na túto dosku položíme dosku *B*, zhotovenú z iného kovu a opatrenú rúčkou z izolujúceho materiálu. Obidve dosky spojíme drôtom *D*. Podľa Voltových zistení medzi doskami *C* a *B* vznikne tým potenciálový rozdiel, závislý len od kvality materiálu dosák, nie však aj od toho, z akého kovu bol zhotovený drôt *D*. Keď nakoniec hornú dosku na okamžik spojíme vodivo s kovovým obalom elektrometra, zhotoveného z toho istého kovu ako táto doska, a drôt *D* odstránime, potenciál dosky *C* spolu s lístkovým systémom elektrometra bude mať vzhľadom na uzemnený obal elektrometra potenciál rovnajúci sa skúmanému kontaktnému

nému potenciálu. Tento potenciál neprejaví sa ešte rozstúpením lístkov elektrometra. Aby sme sa presvedčili, že medzi doskami C a B potenciálový rozdiel skutočne jestvuje, dosku B pomocou jej rúčky A odstránime. Tým sa kapacita sústavy vodičov C vzhľadom na jej okolie podstatne zmenší, a preto sa jej potenciál zväčší natoľko, že sa prejaví rozstúpením lístkov dostatočne citlivého elektroskopu alebo elektrometra.

3.2. Termočlánky. Keď z dvoch kovov pri určitej teplote, ktorá aj vnútri kovov je všade rovnaká, zostavíme elektrický okruh (obr. 3.2), je bezprostredne zrejmé, že v okruhu pôsobiaca celková elektromotorická sila sa bude rovnať nule, lebo $\pi_{AB} + \pi_{BA} = \pi_{AB} - \pi_{AB} = 0$. Avšak aj elektromotorické sily pôsobiace v okruhoch, ktoré sa skladajú z väčšieho počtu kovov alebo aj nekovov, keď teplota je v nich všade rovnaká, sa rovnajú nule, lebo každý takýto okruh možno považovať za vytvorený uzavretím otvoreného radu stykajúcich sa telies s totožnými koncovými členmi. Napríklad okruh na obr. 3.3 mohol vzniknúť uzavretím otvoreného radu kovov $BACB$.



Obr. 3.2.



Obr. 3.3.

Vodiče, z ktorých pri zvolenej teplote *nemožno* zostaviť okruh s nenulovou celkovou elektromotorickou silou, nazývajú sa *vodiče 1. triedy*. Keď by sme však v okruhu znázornenom na obr. 3.3 za teleso A zvolili meď, za teleso B zinok a za teleso C vodný roztok kyseliny sírovej, mali by sme *Voltov galvanický článok*, ktorého celková elektromotorická sila je asi 1 volt. Vodiče — v našom prípade vodný roztok kyseliny sírovej — z ktorých samotných alebo v kombinácii s vodičmi 1. triedy *možno* zostaviť okruh s nenulovou celkovou elektromotorickou silou, nazývajú sa *vodiče 2. triedy*. Takými sú všetky roztoky kyselín, zásad a rozličných solí.

Kontaktné potenciály, sú však závislé od teploty. Preto aj zo samých vodičov 1. triedy možno vytvoriť okruh, v ktorom sa elektromotorická sila nerovná nule, tak, že aspoň dve stykové miesta sa udržiajú pri nerovnakých teplotách.