

11. Új utakra kényszerítő tapasztalatok. Feketetest sugárzás. Fotoeffektus. Einstein-féle fotoelektromos egyenlet. Az elektron töltése, Millikan kísérlet, az elektron tömegének mérése

Feketetest sugárzás:

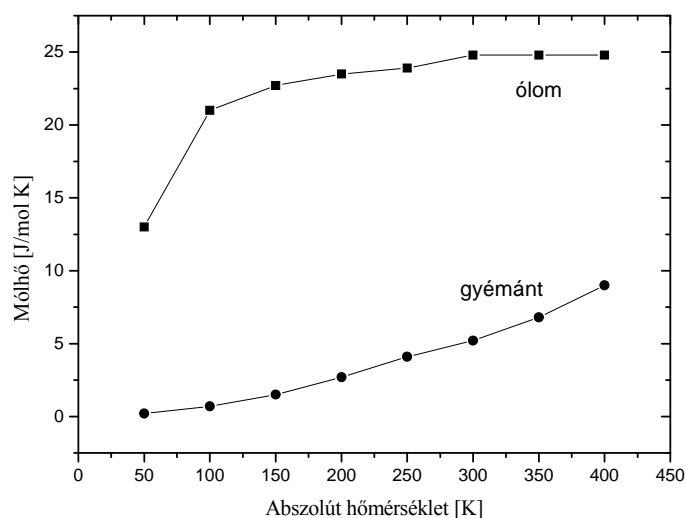
Az 1800-as évek végére a fizikusok úgy látták, hogy a fizika néhány apró problémától eltekintve egy befejezett tudomány. Max Planck 1900-ban az izzó testek üregeiből kilépő elektromágneses sugárzást vizsgálta. A mérési eredményeket csak úgy tudta számszerűen magyarázni, ha feltételezte, hogy az f frekvenciájú sugárzás energiája nem folytonosan változhat, hanem csak adagokban, és a legkisebb adag nagysága:

$$E = hf,$$

$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js az ún. Planck állandó. **A folytonosnak vélt elektromágneses mező tehát nem folytonos!**

A szilárd testek fajhőjének viselkedése alacsony hőmérsékleten:

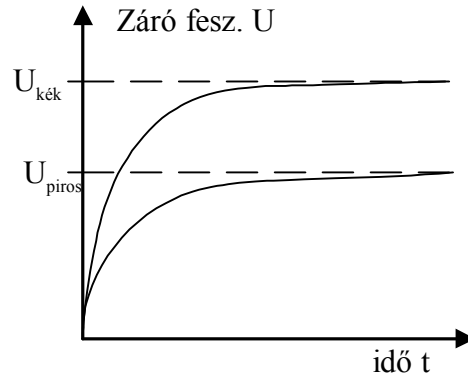
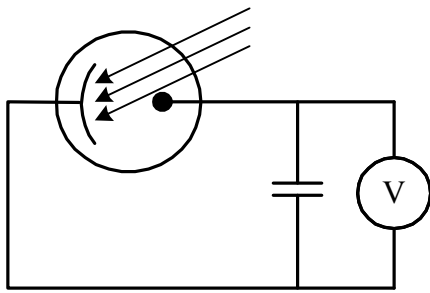
Dulong és Petit mérései szerint a legtöbb kristály mólhője kb. $25 \frac{J}{mol K}$. Alacsony hőmérsékletek felé tartva a tapasztalat szerint a mólhő meredeken lecsökken, sőt a gyémántkristály mólhője már szobahőmérsékleten is kisebb, mint $25 \frac{J}{mol K}$.



A jelenséget Einstein magyarázta 1906-ban, és fel kellett tételeznie, hogy a szilárd test egy oszcillátorára jutó energia nem választható akármilyen kicsinek. Ez az energia csak egy legkisebb $E = hf$ energia adag, vagy ennek egészszámú többszöröse lehet. **A kristályban az elemi rezgések energiája tehát nem folytonos, hanem adagos. Kvantummechanika = adagosság fizikája**

Fotoeffektus vagy fényelektromos hatás:

A tapasztalat szerint ultraibolya fény hatására a cinklemez elektronok hagyják el. Alkáli fémek esetén látható fény segítségével is elő lehet idézni az elektronok kilépését.



A katódból kilépő elektronok az anódon halmozódnak fel. A töltésszétválasztás során egy elektromos mező épül ki. Ez az ellentér lassítja a kilépő elektronokat. A kondenzátor egy olyan záró-feszültségre töltődik fel, amelyre igaz, hogy:

$$\frac{1}{2} m_e v_{\max}^2 = e U_{\text{záró}},$$

ahol $\frac{1}{2} m_e v_{\max}^2$, az elektron maximális mozgási energiája.

Mérési tapasztalatok:

1. ha a megvilágító fény frekvenciája egy kritikus f_0 érték alatt marad (határfrekvencia), akkor elektronkilépés nincs (f_0 a fém anyagi minőségétől függ.)
2. ha van elektron kilépés, akkor a v_{\max} kilépési sebesség az emitter anyagi minőségén kívül csak a megvilágító fény frekvenciájától függ (intenzitásától nem)
3. a kilépő elektronok száma egyenesen arányos a megvilágító fény intenzitásával
4. ha van kilépés, akkor az a megvilágítást követően 10^{-8} s-on belül bekövetkezik

A fenti ábrán a töltődő kondenzátor feszültségének idő-függése látható.

A fenti mérési tapasztalatok a fény hullámtermészetével nem magyarázhatóak!

A jelenséget Einstein magyarázta 1905-ben. Amikor az elektromágneses sugárzás a fém szabad elektronjaival kölcsönhatásba lép, nem hullám, hanem részecskeszerű viselkedést mutat. A fény részecskéjét fotonnak nevezték el. Az f frekvenciájú foton energiája:

$$E = hf,$$

h a Planck állandó, értéke $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Js. A jelenséget az Einstein-féle fotoelektromos egyenlet írja le:

$$hf = A + \frac{1}{2} m_e v_{\max}^2,$$

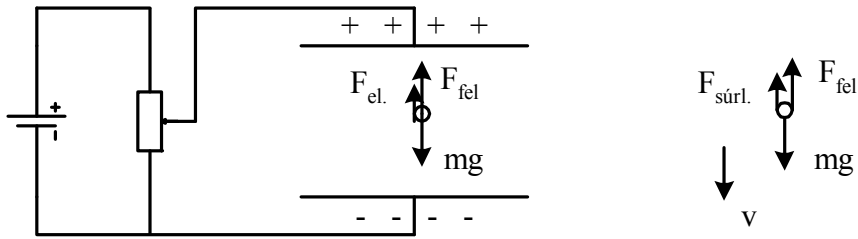
ahol A a fémre jellemző kilépési munka, a határfrekvencia pedig kiszámítható az alábbi egyenletből:

$$hf_0 = A$$

Az elektron töltése, Millikan kísérlet, az elektron tömegének mérése:

A kísérletek szerint a töltésnek létezik egy legkisebb, tovább nem osztható adagja. Az elemi töltés nagyságát ami éppen egy elektronnak a töltése, Millikan mérte meg 1910-ben.

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



A kísérleti elrendezésben a kondenzátor-lemezek közé porlasztott olajcseppek feltöltődtek a porlasztás során. Egy kiválasztott cseppet mikroszkóppal figyelve addig változtatjuk az elektromos mezőt, amíg el nem érjük a csepp lebegését. Ekkor: $mg = F_{fel} + |Q|E$, ahol $|Q|$ a csepp töltésének nagysága. A feszültséget kikapcsolva a csepp gyorsulva, majd állandó sebességgel mozog a lemezek között. A mikroszkóp segítségével megmérjük a sebességet. Ekkor: $mg = F_{fel} + F_{súrl}$. A mérés alapján a gömböcske sugara számolható, s ennek ismeretében a csepp töltése meghatározható. A fenti mérés igen sok cseppre megismételve Millikan tehát azt tapasztalta, hogy az olajcseppek töltése mindig egy legkisebb töltésnek az egészszámú többszöröse:

$$Q = ne, \text{ ahol } n \text{ egész szám.}$$

A természetben található elektromos töltés nem folytonos, hanem diszkrét, adagos!

A mágneses mezőbe v sebességgel merőlegesen belőtt elektronra ható ún. Lorentz-erő ($\vec{F} = Q\vec{v} \times \vec{B}$) az elektront körpályára kényszeríti. Ekkor a mozgásegyenlet:

$$m_e \frac{v^2}{R} = QvB,$$

a pálya sugarát megmérve, az ún. fajlagos töltés $\frac{Q}{m_e}$ meghatározható, s mivel a töltését már ismerjük, így a tömege számolható.

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg.}$$