

18. ročník, úloha VI. 1 ... fotoefekt (3 body; průměr 2,89; řešilo 35 studentů)

Na katodu fotočlánku dopadá ze rtuťové výbojky světlo o vlnové délce 546,1 nm a k potlačení proudu vznikajícího díky fotoelektrickému jevu je potřeba napětí $U_1 = 1,563$ V. Dopadá-li na katodu světlo o vlnové délce 404,7 nm, je potřeba napětí $U_2 = 2,356$ V. Vypočítejte hodnotu Planckovy konstanty h .

Našel Honza Prachař v jedné sbírce.

Objasnění fotoelektrického jevu na počátku dvacátého století bylo jedním z důležitých kroků k revoluci ve fyzikálním vnímání světa. Článek, jenž nesl název „O heuristickém hledisku zabývající se vznikem a přeměnou světla“ a vysvětlil fotoelektrický jev na základě myšlenky kvantování energie elektromagnetického pole, publikoval v roce 1905 Albert Einstein a obdržel za něj Nobelovu cenu v roce 1921.

Vnější fotoelektrický jev můžeme vysvětlit pohlcením fotonu elektronem. Foton pak předá svou energii elektronu. Jelikož jsou elektrony v atomu vázány určitou silou, musíme jim dodat energii, aby atom opustily. Tato energie závisí na rozložení energetických hladin v atomu, a je tutíž pro danou katodu konstantou nazývanou výstupní prací W_v . Má-li foton vyšší energii, než je hodnota výstupní práce elektronu, přemění se její přebytek v kinetickou energii elektronu, vyjádřeno rovnicí

$$E = W_v + E_k . \quad (1)$$

Jelikož energie fotonu závisí na frekvenci záření f podle vztahu

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} , \quad (2)$$

kde h je Planckova konstanta, je i kinetická energie vyražených elektronů funkcí frekvence záření (a tedy i vlnové délky záření λ).

Letící elektrony můžeme zpomalovat vnějším elektrickým polem. Úbytek kinetické energie elektronu je pak roven práci, kterou elektron vynaloží na překonání potenciálové bariéry.

$$W_e = eU . \quad (3)$$

Regulací intenzity elektrického pole zjistíme hodnotu napětí U , pro kterou již elektrony nedokáží toto pole překonat a obvodem neprotéká proud. Poté je W_e rovno kinetické energii elektronů E_k . Využitím vztahů (1), (2) a (3) získáme vzorec

$$\frac{hc}{\lambda} = W_v + eU .$$

Dosazením U_1 , U_2 , λ_1 a λ_2 získáme dvě rovnice o dvou neznámých h a W_v . Algebraickými úpravami vyjádříme h vztahem

$$h = \frac{e\lambda_1\lambda_2(U_2 - U_1)}{c(\lambda_1 - \lambda_2)} .$$

Zbývá dosadit číselné hodnoty ($c = 299\,792\,458$ m·s⁻¹, $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C) a velikost Planckovy konstanty vyjde $h = 6,623 \cdot 10^{-34}$ J·s.

Petra Suková
pet@fykos.mff.cuni.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty UK MFF. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci UK MFF a podporován Ústavem teoretické fyziky UK MFF, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.