

Úloha II.2 ... Žárovka

3 body; průměr 3,21; řešilo 33 studentů

Žárovka je, co se týče svícení, poměrně neúčinná věc. Většinu svého příkonu přemění na teplo a jen asi 5% na světlo. Představte si, že pod jednu takovou (například 60W) dáte kus ledu o hmotnosti $m = 100$ g. Předpokládejte, že led pohltí všechno záření z žárovky. Za jak dlouho se led rozpustí?

Bonus Jak by se změnil výsledek, kdyby led nepohlcoval veškeré záření z žárovky, ale pouze to, které na něj z žárovky přímo dopadá, když má led tvar kry o ploše S , tato kra se nachází v dostatečně velké vzdálenosti d od vlákna žárovky a žárovka na ni svítí kolmo?

Nejdříve se zamysleme nad tím, kolik tepla potřebujeme, abychom roztopili kus ledu. Náhledem do tabulek nalezneme veličinu zvanou měrné skupenské teplo tání l_t . Jedná se o konstantu, která říká, kolik tepla musíme dodat, aby se rozpustila jednotka hmotnosti (kilogram) látky. Množství tepla Q , které musíme dodat látce o hmotnosti m aby se rozpustila, zjistíme jednoduchým vztahem

$$Q = ml_t.$$

Víme, že na led svítí žárovka, která má příkon P . Tento příkon se přemění jednak na teplo, ale také na světlo. Led pohltí všechno záření ze žárovky, tedy jak světelné, tak i tepelné. Pokud led necháme pod žárovkou po dobu t , dopadne na led energie, která odpovídá teplu

$$Q = Pt.$$

Tyto vztahy dáme dohromady a vypočítáme

$$t = \frac{ml_t}{P}.$$

Z tabulek zjistíme, že pro led je $l_t = 334000$ J/kg. Za m dosadíme $m = 100$ g = 0,1 kg a za P dosadíme $P = 60$ W. Zjistíme tak, že kostka ledu se nám rozpustí za $t = 557$ s = 9,3 min.

Druhá část úlohy je o krapet složitější. Představíme si, že žárovka vyzáří energii E . Ta se šíří všemi směry od žárovky stejně rychle. Ve vzdálenosti d leží pomyslná kulová sféra, na které je rovnoměrně rozprostřena energie E . Můžeme si tak zavést veličinu, kterou nazveme plošná hustota energie q . Tato veličina bude vyjadřovat množství energie na jednotku plochy

$$q = \frac{E}{S} = \frac{E}{4\pi d^2}.$$

Veličina q říká, že pokud žárovka vyzáří 100 J, tak ve vzdálenosti $d = 2$ m nám na plochu 1 m² dopadne energie $q = 1,989$ J. Jednotka veličiny q je J/m². Energii Q , která dopadne na plochu S , zjistíme snadno pomocí vztahu

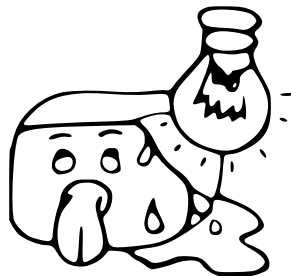
$$Q = qS.$$

Na kruh ve vzdálenosti d od žárovky tak nedopadá energie $Q = Pt$, ale pouze část energie

$$Q = Pt \frac{S}{4\pi d^2}.$$

Pokud takto upravený vztah dosadíme do vzoreček odvozených výše, dostaneme dobu, za kterou se nám naše ledová kra roztopí:

$$t = \frac{4\pi d^2 ml_t}{SP}.$$



Při tomto výpočtu samozřejmě předpokládáme, že kra je dostatečně malá a dostatečně daleko, či že je zaoblená tak, abychom nemuseli počítat s tím, že některé části kry jsou dál než jiné, což by nám výpočet značně zkomplikovalo.

©*radim Pechal*
radim@fykos.cz

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

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.