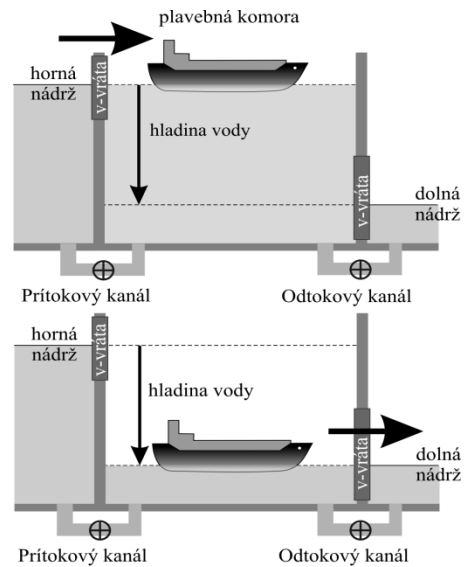


57. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2015/2016
Okresné kolo kategórie E
Text úloh

1. Plavebná komora na priehrade Gabčíkovo

Na prepravu lodí cez hrádzu priehrady postavenej na rieke s lodnou dopravou sa používajú plavebné komory, ktoré umožňujú prechod lode z nádrže priehrady (horná nádrž) do dolnej nádrže pod priehradou. Na obr. E-1 je náčrt plavebnej komory na priehrade Gabčíkovo, ktorá umožňuje prepravu lode z hornej do dolnej nádrže priehrady a opačne. Plavebná komora má dvojce vráta, medzi ktorými je prepravný priestor pre lode. Pri preprave lode z hornej nádrže do dolnej sa loď najskôr vplaví do prepravného priestoru komory a potom sa vstupné vráta uzavrú. Odtokovými kanálmi sa rovnomerne vypúšťa voda z plavebnej komory do dolnej nádrže. Voľná hladina vody v plavebnej komore sa rovnomerne znižuje až po úroveň vody v dolnej nádrži.



Obr. E-1

Potom sa otvoria výpustné vráta a loď vypláva do dolnej nádrže. Plavebná komora je pripravená na prepravu lode v opačnom smere, z dolnej do hornej nádrže.

Výškový rozdiel medzi hladinami vody v hornej a dolnej nádrži $h = 20$ m. Hladina vody v dolnej nádrži je vo výške $h_0 = 5,5$ m nad úrovňou dna plavebnej komory. Pri zatvorených vrátach možno prepravný priestor naplniť vodou z hornej nádrže alebo vypúšťať vodu do dolnej nádrže plavebnej dráhy pomocou kanálov a štrbín v dne komory. Voda v plavebnej komore s prepravovanými loďami na začiatku a konci prepravy (pri vpúšťaní lodí do prepravného priestoru a vypúšťaní lodí z prepravného priestoru) dosahuje úroveň hladín v hornej a dolnej nádrži priehrady. Plavebná komora hrádze v Gabčíkove má dĺžku $d = 275$ m, šírku $š = 34$ m.

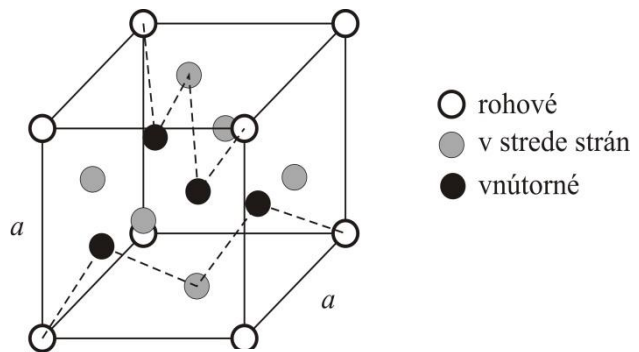
V tejto úlohe budeme riešiť prepravu lode s hmotnosťou $m = 500$ ton z hornej do dolnej nádrže priehrady. Doba vyprázdňovania plavebnej komory bola $t = 13$ min.

- Urči výtlak V_0 vody prepravovanou loďou (= objem ponorenej časti lode).
- Urči objem V_1 vody v naplnenej plavebnej komore po vplávaní lode z hornej nádrže a uzavretí vrát.
- Urči objem V_2 vody v plavebnej komore v okamihu pred otvorením výpustných vrát.
- Aký je objem V vody, ktorá bola pri transporte lode vypustená z plavebnej komory do odtokovej nádrže?
- Transport lode sa uskutočňoval rovnomerným vypúšťaním vody z plavebnej komory do odtokovej nádrže. Vypočítaj priemerný objemový prietok Q vody odtokovými kanálmi.

Hustota vody $\rho = 1\,000$ kg/m³, gravitačná konštanta $g = 10$ N/kg.

2. Definícia základnej jednotky hmotnosti 1 kg

Už dlhšie obdobie odborníci pripravujú novú definíciu základnej jednotky hmotnosti 1 kg. Už všetky základné jednotky SI sú určené definíciou, ktorá umožňuje realizovať príslušnú jednotku experimentom v každej krajine. Doteraz však jednotka hmotnosti 1 kg je určená hmotnosťou Pt–Ir valca - etalónu, ktorý je uložený v Medzinárodnom úrade pre miery a váhy v Sévres v Paríži.



Obr. E-2 Základná bunka monokryštálu Si (diamantová štruktúra)

Jeden z návrhov na novú definíciu 1 kg vychádza z modelu gule vyhotovenej z monokryštálu kremíka (Si). V súčasnosti takmer všetky krajiny disponujú s potrebnou technikou na vyhotovenie gule z Si s vysokou presnosťou jej polomeru, ktorý je určujúci pre vyhotovenie etalónu jednotky hmotnosti 1 kg. Pod monokryštálom rozumej s mimoriadne presnou pravidelnosťou rozmiestnené atómy v celom kuse kryštálu. V prípade Si ide o rovnaké kocky, ktoré nazývame základné bunky, obr. E-2. Mriežkový parameter a (dĺžka hrany základnej bunky) kremíka Si je v súčasnosti modernými meracími prostriedkami určený s presnosťou na 10 platných čísiel, pre náš výpočet uvedieme päť platných čísiel $a = 5,4310 \times 10^{-10}$ m (pri laboratórnej teplote $T \approx 300$ K).

- Pomocou obr. E-2 zdôvodni a vysvetli, že počet atómov Si pripadajúcich na objem a^3 jednej základnej bunky je $n = 8$.
- Urči polomer R gule vyhotovenej z monokryštálu Si s hmotnosťou 1,0000 kg.

Relatívna atómová hmotnosť Si $A_r = 28,085$, atómová hmotnostná jednotka $u = 1,6605 \times 10^{-27}$ kg, $\pi = 3,1416$.

3. Varenie vody v mikrovlnnej rúre

Roman často zohrieva vodu v mikrovlnnej rúre. Pokiaľ potrebuje zohriať len jeden pohár vody na čaj, je to veľmi praktické. Urobil fyzikálny experiment, ktorým chcel získať orientačnú hodnotu doby zohrievania obvyklého množstva vody na prípravu čaju, ako aj overiť činnosť mikrovlnnej rúry. Do tenkostenného pohára z varného skla nalial $V_0 = 2,00$ dl vody s teplotou $t_1 = 28,0$ °C. Výkon mikrovlnnej rúry nastavil na hodnotu $P = 750$ W, pohár s vodou vložil do funkčného priestoru rúry a spustil mikrovlnné zohrievanie. Zistil, že za dobu $\tau = 120$ s zohrievania vody v pohári začala voda vriieť v celom svojom objeme.

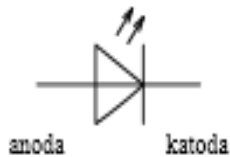
- a) Urči energiu E , ktorú pri nastavenom výkone mikrovlnná rúra vyžiarila pri zohrievaní vody v pohári z teploty t_1 na teplotu varu.
- b) Z nameraných veličín urči hmotnostnú tepelnú kapacitu c_v vody. Vypočítanú hodnotu porovnaj so známou tabuľkovou hodnotou $c_{v \text{ tab}} = 4,18$ kJ/(kg·°C).
- c) Akej teoretickej hodnote výkonu P_t mikrovlnnej rúry zodpovedá tabuľková hodnota hmotnostnej tepelnej kapacity vody $c_{v \text{ tab}}$, aby sa voda zohriala na teplotu varu za čas τ ?
- d) Uveď fyzikálne dôvody, ktoré sú príčinou značného rozdielu medzi vypočítanou hodnotou a tabuľkovou hodnotou hmotnostnej tepelnej kapacity vody.

Hustota vody $\rho = 1000$ kg/m³.

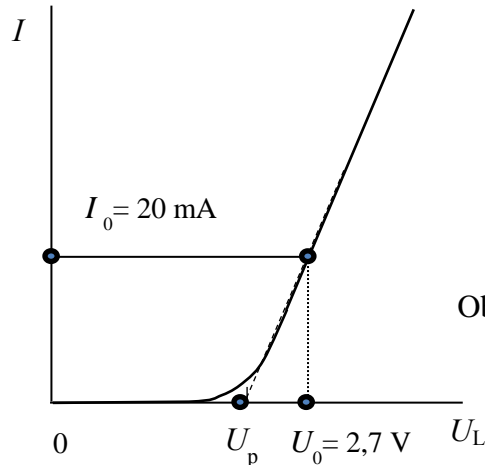
Poznámka: Nádoby určené pre mikrovlnné rúry nepohlcujú mikrovlnné žiarenie, mikrovlnné žiarenie je v plnej miere pohltené zohrievanými potravinami (v tomto prípade vodou).

4. Obvod s luminiscenčnou diódou (LED)

Medzi významné technické objavy patria svetlo emitujúce diódy. Medzinárodne zaužívaná skratka týchto diód je LED (Light Emitting Diode), značka je na obr. E-3. Už niekoľko rokov dochádza k odporúčanej výmene klasických žiaroviek, ale i kompaktných (výbojky), modernými a úspornými LED žiarovkami, ktoré predstavujú revolučnú zmenu v širokej oblasti svetelnej techniky na celom svete. LED žiarovky (svetelné zdroje) sú obvykle zostavené zo sústavy väčšieho počtu LED diód.



Obr. E-3



Obr. E-4

Každá LED má určené elektrické napätie U_0 a elektrický prúd I_0 (nazývame ich menovité hodnoty LED), aby sa dosiahol požadovaný svetelný výkon diódy. V súčasnosti LED vyžarujúce modré svetlo, označované GaN (nitrid gália) LED, majú najvyššiu účinnosť premeny elektrickej energie na energiu svetla, ktorá dosahuje až hodnoty $\eta = 0,9$.

Ako zdroj pre LED s menovitými hodnotami $U_0 = 2,68 \text{ V}$, $I_0 = 20 \text{ mA}$, použijeme štvorcovú batériu s napätím $U_B = 4,5 \text{ V}$. Aby sme dosiahli požadované menovité hodnoty použitím uvedenej batérie, do obvodu musíme zapojiť predradený rezistor s odporom R .

- Nakresli schému zapojenia zdroja napätia (batérie), predradeného rezistora s LED.
- Urči hodnotu odporu R predradeného rezistora, aby sa dosiahli požadované menovité hodnoty na svorkách LED.
- Vypočítaj pre tento prípad príkon P diódy.
- Urči svetelný výkon P_s diódy, ak premena elektrickej energie na energiu svetla použitej LED má účinnosť $\eta = 0,85$.

Na obr. E-4 je voltampérová charakteristika samotnej LED. Svietivosť diódy začína už pri napätí U_p , nižšom ako menovitom. S rastom hodnoty napätia narastá aj svetelný výkon diódy.

- Napiš rovnicu, ktorá vyjadruje závislosť napätia U_L od prúdu I v obvode pre dané napätie U_B batérie a odpor rezistora R určený v časti b). Táto rovnica sa nazýva „zaťažovacia charakteristika“. Prekresli charakteristiku LED (obr. E-4) do svojho riešenia a obrázok doplň grafom zaťažovacej charakteristiky, ktorá zabezpečí menovité hodnoty LED pri danom napätí U_B . V obrázku vyznač menovité hodnoty napätia a prúdu LED, ako aj významné body zaťažovacej priamky.
- Vymenuj niekoľko vlastností LED žiaroviek v porovnaní s klasickými žiarovkami.