

Регионално състезание по физика

Плевен, 2-3.12.2000г

Тема по програмата на Международната Олимпиада по физика

Задача 1. Глобални промени в климата на Земята

- А) Определете масата на земната атмосфера.
- Б) Какво количество топлина е необходимо за да се повиши средната температура на атмосферата с 1°C ? Считайте, че атмосферата е съставена от 20% кислород и 80% азот. Моларните маси на кислорода и азота са съответно $\mu(\text{O}_2) = 32 \text{ g}$, $\mu(\text{N}_2) = 28 \text{ g}$.
- В) Поради натрупване на въглероден двуокис в атмосферата, количеството топлина, което Земята приема от Слънцето превишава с около 0,1% количеството топлина, което тя излъчва обратно в Космоса (парников ефект). Това води до некомпенсиран топлинен поток, насочен към Земята и съответно до повишаване на средната атмосферна температура, и топене на полярните ледници. Ако считате, че 50% от резултатния топлинен поток се изразходва за топене на ледовете, оценете след колко време нивото на океаните ще се повиши с $h = 1 \text{ m}$. С колко градуса ще се повиши за същия период средната температура на атмосферата?

Данни:

Атмосферно налягане, $p_A = 1,02 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Радиус на Земята, $R_3 = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$

Константа на Стефан-Болцман, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

Универсална газова константа, $R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

Плътност на водата, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

Специфична топлина на топене на леда, $\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$

Температура на повърхността на Слънцето, $T_C = 5800 \text{ K}$

Радиус на Слънцето, $R_C = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$

Разстояние между Слънцето и Земята, $d = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$

Относителен дял на водната повърхност спрямо общата повърхност на Земята: 70 %

Задача 2. Електрозахранване на орбитална станция

Космическа орбитална станция с метално външно покритие обикаля по кръгова орбита в екваториалната равнина на Земята, на височина $h = 230 \text{ km}$. Орбитата на станцията е разположена в йоносферата: висок слой от земната атмосфера с голяма концентрация на свободни електрони и йони. Посредством кабел с дължина $L = 20 \text{ km}$, към станцията е свързана метална сфера. По време на движение по орбитата, кабела е ориентиран радиално спрямо центъра на Земята (Фигура 1.).

Подобен опит е извършен през 1996 г от НАСА.

А) Ако приемете, че земното магнитно поле е насочено перпендикулярно на равнината на орбитата и е равномерно по цялата дължина на кабела, с индукция $B = 5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, пресметнете електродвижещото напрежение, което се индуцира между корпуса на станцията и металната сфера.

Б) За да провери верността на теоретичните пресмятания, един от космонавтите излиза в открития космос, като с помощта на два допълнителни проводника свързва волтметър между корпуса на соваката и металната сфера. Определете показанието на волтметъра. Можете да предположите, че вътрешното съпротивление на волтметъра е много по-високо от това на кабела.

В) Поради неуспех в първия експеримент, космонавта измерва магнитното поле в близост до кабела и установява, че по него тече ток $I = 0,5 \text{ A}$! Обяснете качествено резултата от експеримента.

Г) Определете с колко намалява височината на орбитата на станцията при всяка обиколка, като следствие на протичащия по кабела електричен ток. Масата на станцията е $M = 105 \text{ тона}$, а на сферата и кабела – пренебрежимо малка.

Данни:

Ускорение на свободно падане на повърхността на Земята, $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Радиус на Земята, $R_0 = 6370 \text{ km}$.

Задача 3. Разсейване на светлина от молекули

Молекулата на азота N_2 може да бъде разглеждана като две точкови маси (атоми на азота), свързани с пружина с коефициент на еластичност $k = 1440 \text{ N/m}$. Масата на азотния атом е $m = 2,33 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$.

А) Двата атома могат да извършват трептене около центъра на масите на молекулата. Определете неговата честота.

Б) Каква е минималната енергия на фотон $E_{\min}$, изразена в електронволти (eV), който е в състояние да възбуди трептене на молекулата при взаимодействие с нея? На светлина, с каква дължина на вълната съответства тази енергия? Към коя област на спектъра се отнася тази дължина на вълната

В) При взаимодействие на светлина с молекулата са възможни два процеса:

- Еластично разсейване, при което падащия фотон изменя направлението си на движение, без да променя честотата си.
- Нееластично разсейване, при което фотона променя своята енергия и направление на движение, като предизвиква трептене на молекулата.

Ако азотни молекули се облъчват с монохроматична светлина, с дължина на вълната $\lambda = 500 \text{ nm}$, определете разликата в дължините на вълната $\Delta\lambda$, за фотони претърпели нееластично и еластично разсейване съответно.

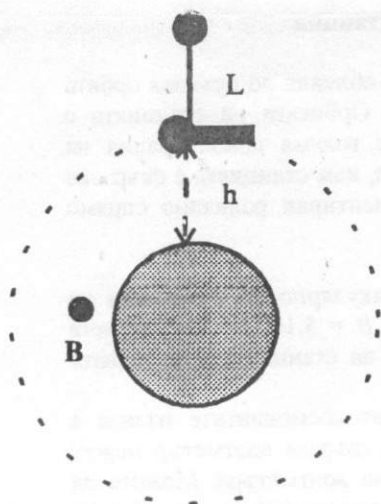
Г) Успореден сноп светлина, получен след разсейване от азотни молекули пада нормално върху дифракционна решетка D, с константа $d = 1 \text{ }\mu\text{m}$. Преминалата през решетката светлина, се фокусира с помощта на леща L, с фокусно разстояние $f = 10 \text{ cm}$ върху екран E (Фигура 2.). Какво е разстоянието между максимумите от първи порядък, които съответстват на еластично и нееластично разсеяна светлина?

Упътване: При разглежданите в задачата енергии, можете да пренебрегнете импулса, който получава молекулата при взаимодействие с фотона.

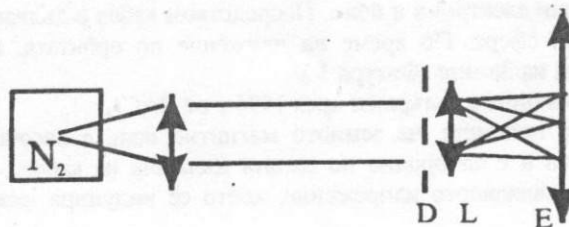
Данни:

Скорост на светлината във вакуум, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Константа на Планк, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$



Фигура 1.



Фигура 2.