

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
Областен кръг на олимпиадата по физика, 18.02.23
Тема за шеста състезателна група (12. клас)

Константи, които можете да използвате във всички задачи:

- Гравитационна константа, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{kg} \cdot \text{s}^2)$;
- Универсална газова константа, $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$;
- Число на Авогадро, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- Константа на Болцман, $k_B = R/N_A = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J}/\text{K}$.

Задача 1. Изпаряване на метеорит

Планетата Марс има радиус $R_M = 3380 \text{ km}$ и ускорение на свободно падане върху повърхността ѝ $g = 3,72 \text{ m}/\text{s}^2$. Атмосферата на Марс се състои от въглероден диоксид (CO_2), като атмосферното налягане на повърхността на планетата е $p = 610 \text{ Pa}$, а средната температура на атмосферата е $T = 200 \text{ K}$.

а) Колко е масата M на Марс? **(2,0 т.)**

б) Колко е плътността ρ на атмосферата върху повърхността на планетата? **(3,0 т.)**

Поради малката плътност на атмосферата, идващ от Космоса метеорит достига повърхността на Марс на практика без да изпитва сила на съпротивление. При удара с твърдата повърхност метеоритът прокопава кратер. Част от отделената при удара енергия освен това води до наподобяващо взрив изпаряване на метеорита.

в) Разгледайте метеорит, намиращ от Марс на разстояние r , което е много по-голямо от R_M . Метеоритът, първоначално неподвижен спрямо планетата, започва да пада към нея под действие на гравитационното ѝ привличане. С каква скорост v метеоритът ще се удари в повърхността на планетата? **(2,5 т.)**

г) В резултат на удара метеоритът напълно се изпарява. Приемете, че метеоритът е съставен само от желязо (Fe) и 50% от кинетичната му енергия преди удара се преобразува във вътрешна енергия на отделените железни пари (идеален едноатомен газ). Колко е температурата на железните пари непосредствено след удара? **(2,5 т.)**

Използвайте, че моларната маса на въглеродния диоксид е $\mu_{\text{CO}_2} = 0,044 \text{ kg}/\text{mol}$, а моларната маса на желязото е $\mu_{\text{Fe}} = 0,056 \text{ kg}/\text{mol}$.

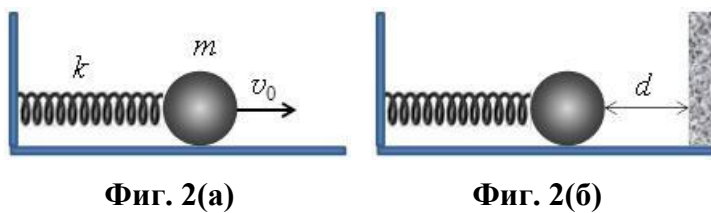
Задача 2. Отскачащо махало

Малко топче с маса $m = 2,0 \text{ kg}$ е окачено на хоризонтална пружина с коефициент на еластичност $k = 50 \text{ N}/\text{m}$. В началния момент пружината е недеформирана, а на топчето е придадена начална скорост $v_0 = 0,40 \text{ m}/\text{s}$ в посоката, показана на фиг. 2(a), така че то започва да трепти хармонично. Триенето между топчето и хоризонталната повърхност се пренебрегва.

а) Пресметнете периода T и амплитудата A на трептенето. **(2,5 т.)**

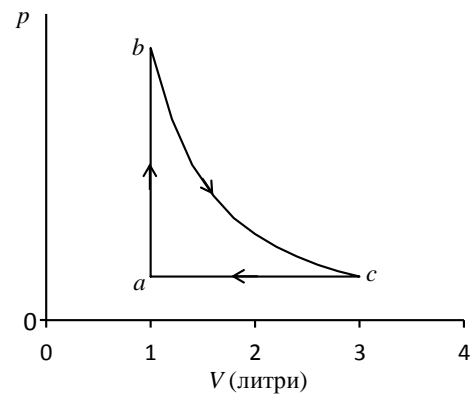
б) Определете посоката (наляво или надясно спрямо чертежа) и големината v на скоростта на топчето в момента $t = 1$ s след началото на трептенето. **(4,5 т.)**

в) Топчето отново е пуснато да трепти със същата начална скорост и в същата посока, както е описано по-горе. На разстояние $d = 0,04$ m от него обаче е поставена неподвижна вертикална стена, както е показано на фиг. 2(б). Топчето започва да отскача еластично от стената, т.е. без кинетичната му енергия да се променя при ударите със стената. Намерете времето T_1 между последователните отскачания на топчето от стената. **(3,0 т.)**



Фиг. 2(а)

Фиг. 2(б)



Фиг. 3

Задача 3. Топлинен двигател

На фиг. 3 е показана p - V диаграма на работния цикъл на топлинен двигател. Процесът a - b е изохорен, b - c – адиабатен, и c - a – изобарен. Работното вещество на двигателя е идеален едноатомен газ. Абсолютната температура и налягането на газа в състояние a са съответно $T_a = 300$ K и $p_a = 1,0 \cdot 10^5$ Pa.

а) Колко мола е количеството n на работния газ? **(2,0 т.)**

б) Пресметнете температурата T_b и T_c на газа съответно в състояние b и c . **(4,5 т.)**

в) Намерете работата $A_{\text{дв}}$, която двигателят извършва за един цикъл, и коефициента η на полезно действие на двигателя. **(3,5 т.)**

Упътване. Използвайте, че за идеален едноатомен газ моларните топлинни капацитети при постоянен обем и при постоянно налягане са съответно $C_V = \frac{3}{2}R$ и $C_p = \frac{5}{2}R$. В зависимост от начина на решаване, може да използвате, че $\sqrt[3]{3} \approx 1,44$.