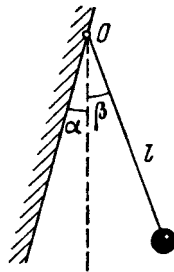


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА, НАЦИОНАЛЕН КРЪГ, 28 юни 2020 г.
Тема за 10. клас (четвърта състезателна група)

Задача 1. Трещене на махало

Математическо махало с дължина l е окачено в т. O на стена, наклонена под малък ъгъл α спрямо вертикалата (фиг. 1). Махалото е отклонено от равновесното му положение на малък ъгъл β , като $\beta > \alpha$, и е пуснато. То достига до стената със скорост v , удря се в нея и отскача в обратна посока със същата по големина скорост. Получава се махало, което в дясно се отклонява до ъгъл β , а в ляво до ъгъл α .



Фиг. 1

а) Намерете израз за скоростта v , като отчетете, че при малки ъгли $\beta = L/l \ll 1^*$, където L е дължината на дъгата, съответстваща на централния ъгъл β , може да се използва приближението $\sin \beta \approx \beta$. Запишете резултата чрез g , l , α и β . [3,5 т.]

*Пояснение. Така дефинираният ъгъл се измерва с единицата *радиан*, като $90^\circ = \pi/2$ радиана. В приближението $\sin \beta \approx \beta$ ъгълът β се измерва в радиани.

б) Получете приближен израз за периода T на махалото. Направете числена оценка при $\alpha/\beta = 1/\sqrt{2}$, ако периодът на махалото при $\alpha > \beta$ е $T_0 = 1$ s. [6,5 т.]

Полезна тригонометрична формула: $2 \sin^2 \varphi = 1 - \cos 2\varphi$.

Задача 2. Фотонен топлинен двигател

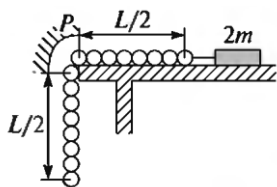
Работното вещество на топлинен двигател е газ от фотони. Основна величина е плътността на вътрешната му енергия $u(T) = aT^4$ (вътрешната енергия на единица обем), където $a = 4\sigma/c$, константата на Стефан–Болцман $\sigma \approx 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s}^3 \cdot \text{K}^4$, а скоростта на светлината във вакуум $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Налягането на газа се дава с израза $p = (1/3)u(T)$. Работният цикъл на топлинния двигател включва следните процеси: изотермно разширение 1–2 при температура T_1 , като обемът се увеличава два пъти, изохорно понижаване на температурата 2–3, при което се достига температура T_2 ,

следва изотермно свиване 3–4 до началния обем V_1 и цикълът се затваря с изохорния процес 4–1. Температурите T_1 и T_2 съответстват на границите на видимия спектър 400 nm и 700 nm, за които излъчването на абсолютно черно тяло е най-интензивно. Константата в закона на Вин е $b = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$

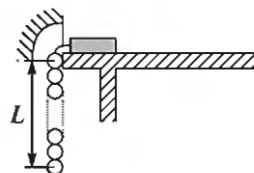
- а) На p, V – диаграма начертайте цикъла 1–2–3–4–1. [2 т.]
- б) Определете извършената работа A' от фотонния газ за един цикъл, като я представите чрез началния обем V_1 , умножен по числен коефициент. [4 т.]
- в) Намерете полученото от газа за един цикъл количество топлина $Q_{\text{пол}}$, също представено чрез началния обем V_1 , умножен по числен коефициент. [2,5 т.]
- г) Пресметнете КПД η на топлинния двигател. [1,5 т.]

Задача 3. Еднородна верижка

Еднородна верижка с маса $m = 0,2 \text{ kg}$ и дължина $L = 75 \text{ cm}$ е прикрепена към трупче с маса $2m$, намиращо се върху хоризонталната повърхност на плот на маса, като половината от верижката виси от плота (фиг. 2). Коефициентът на триене между трупчето и плота на масата е $\mu = 0,15$, докато триенето между верижката и плота се пренебрегва. Първоначално трупчето се удържа неподвижно, след което се пуска.



Фиг. 2



Фиг. 3

- а) Намерете ускорението a на трупчето в началния момент при пускането му, силата T_1 , с която верижката дърпа трупчето, и силата T_2 , с която провисналата част на верижката дърпа хоризонталната ѝ част и трупчето. [5 т.]
- б) Определете скоростта v на трупчето в момента, когато верижката е достигнала положението, показано на фиг. 3. [5 т.]

При извършване на пресмятанията използвайте $g \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.