

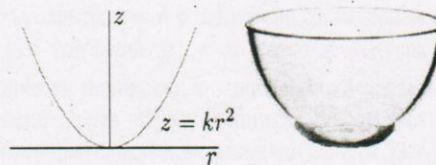
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ПРОЛЕТНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

9-11 март 2018 г., гр. Стара Загора

СПЕЦИАЛНА ТЕМА

Задача 1. Механика

Тяло се движи по вътрешната повърхност на гладка параболична купа, чието сечение се задава с уравнението $z = kr^2$. Тялото е поставено на височина z_0 от дъното на купата и има хоризонтална скорост v_0 успоредно на повърхността на купата. Земното ускорение е g .



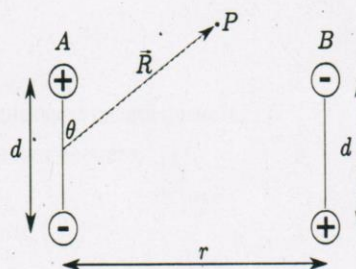
Фиг. 1

- а) За определена стойност на скоростта v_0 , която ще отбележим с v_h , тялото се движи по хоризонтална окръжност. Намерете v_h . [2 т.]
- б) Нека началната скорост е $v_0 > v_h$. Намерете максималната височина, до която достига тялото. [3 т.]
- В следващите две подточки тялото е поставено на височина z_0 и има начална скорост $v_0 = 0$.
- в) Приемете, че z_0 е достатъчно малко, така че движението може да се апроксимира с хармонично трептене. Намерете периода T_0 на движението. [3 т.]
- г) Приемете, че z_0 не е малко. Сравнете периода T на трептене с периода T_0 на хармоничното трептене от горното подусловие – ще бъде ли по-малък, по-голям или равен? Няма нужда да пресмятате експлицитната стойност за T . Достатъчно е да аргументирате отговора си. [2 т.]

Задача 2. Електричество

Част 1

Електричният дипол се състои от два заряда с равна големина q и противоположен знак, разделени на разстояние d един от друг. Векторът на диполния момент има големина $p = qd$ и сочи по оста, свързваща $-q$ с $+q$. Разгледайте два идентични дипола, ориентирани както е показано на фигурата. Разстоянието между тях е r .



Фиг. 2

- а) Намерете точен израз за потенциалната енергия на системата от два дипола, изразена чрез q , d , r и фундаментални константи. За удобство приемете, че потенциалната енергия е нула, когато диполите са на безкрайно разстояние един от друг; [1 т.]

Във всички следващи подусловия приемете, че $d \ll r$.

- б) Направете приближение на израза за потенциалната енергия като запазете само най-ниската степен на d/r . Напишете приближението чрез p , r и фундаментални константи. [2т.]

в) Намерете големината и посоката на силата, с която единият дипол действа на другия. Изразете силата чрез p , r и фундаментални константи. [2 т.]

г) Намерете потенциала, създаден от дипола A в точка P , изразен чрез векторите $\vec{r}$ и $\vec{R}$ и фундаментални константи. [2 т.]

Част 2

д) Сферична обвивка с вътрешен радиус a и външен радиус b е направена от материал със специфично съпротивление ρ . Точков заряд с големина q_0 е поставен в центъра на обвивката. В момента $t = 0$ обвивката е електрически неутрална, включително вътрешната и външната ѝ повърхност. Намерете заряда, разпределен върху външната повърхност на обвивката като функция на времето за $t \geq 0$. Игнорирайте всякакви магнитни ефекти. [3 т.]

Задача 3. Топлина

Част 1

Планета с радиус R е съставена от равномерно разпределен материал, който чрез радиоактивен разпад отделя енергия с мощност P . Това води до зависимост на температурата от положението в планетата, тъй като има пренос на топлина отвътре-навън.

Коефициентът на топлопроводимост е мярка за скоростта на преноса на топлина в резултат от температурна разлика. Да разгледаме тънка пластина с площ S и дебелина Δx , едната повърхност на която е с температура ΔT по-висока от другата. Нека през пластината да преминава топлина ΔQ за време Δt . Коефициентът на топлопроводимост се дефинира като

$$k = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \frac{1}{S \Delta T}.$$

Намерете:

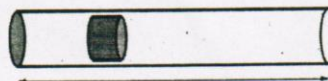
- температурата T_s на повърхността на планетата; [1 т.]
- температурната разлика ΔT между температурите в центъра и на повърхността на планетата. [4 т.]

Приемете, че

- k не зависи от положението в планетата, т.е. k е еднаква за цялата планета;
- температурата зависи само от координатите, но не и от времето;
- планетата излъчва като абсолютно черно тяло;
- върху планетата не попада енергия от друг източник.

Част 2

Оръдие с форма на цилиндър с площ на напречното сечение S изстрелва снаряд. Непосредствено след взрива снарядът е в покой, обемът между затворения край на тръбата и снаряда е V_0 , а налягането на газа в този обем е P_0 . Атмосферното налягане е $P_{\text{атм}}$, като $P_0 > P_{\text{атм}}$. Газът в цилиндъра е двуатомен, т.е. $C_V = 5R/2$, а $C_P = 7R/2$. Дължината на оръдието може да се изменя.



Фиг. 3

Намерете:

в) максималната възможна кинетична енергия $E_{\max}$, с която снарядът може да напусне оръдието; [4 т.]

г) дължината на оръдието L в този случай. [1 т.]

Приемете, че

- снарядът се движи в цилиндъра достатъчно бързо, така че газът не получава топлина;
- триенето между снаряда и цилиндъра е пренебрежимо;
- около снаряда не преминава газ;
- въдясно от снаряда налягането е винаги P_{atm} .