

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛЕН КРЪГ НА ОЛИМПИАДАТА ПО ФИЗИКА

08.05.2004, София
Теоретичен кръг

Задача 1. Движение под действие на гравитационни сили

Част 1. Космически апарат обикаля около неизвестна планета по кръгова орбита с радиус $R = 1,00 \cdot 10^6 \text{ m}$ и период $T = 3,14 \cdot 10^5 \text{ s}$.

а) Определете отношението $|E_n|/E_k$ на модула на гравитационната потенциална енергия $|E_n|$ на апарата към неговата кинетична енергия E_k . [2 точки]

б) Колко килограма е масата M на планетата? [3 точки]

в) Представете си, че в даден момент орбиталното движение на апарата внезапно се прекрати (апаратът застава неподвижен на разстояние R от планетата). За колко секунди апаратът ще падне върху планетата? Размерите на планетата не се отчитат. Влиянието на другите небесни тела се пренебрегва. [4 точки]

Указание. Падането на апарата към планетата (падане към силов център) може да се разглежда като движение по изродена елиптична орбита (елипса, чиято малка полуос клони към нула).

Част 2. Четири небесни тела (материални точки) с еднакви маси m в началния момент са неподвижни във върховете на квадрат с диагонал $2R$. Под действие на гравитационните сили на взаимно привличане телата започват да се движат едно към друго.

г) В коя точка от квадрата телата ще се сблъскат? [1 точка]

д) Определете времето t от началото на движението до момента на сблъскването. [5 точки]

Задача 2. С един mol идеален газ, чийто показател на адиабатата е γ , се извършва процес, при който

$$pV^n = \text{const.}$$

Тук p е налягането на газа, V – обемът му, а n е константа.

а) Намерете топлинния капацитет c на газа при този процес. [7 точки]

б) Покажете, че при получаване на количество топлина от газа е възможно температурата му да се понижава. Запишете условието за такова поведение в дадения процес. [4 точки]

в) На pV -диаграма заштриховайте областта, в която при дадения процес газът притежава свойството от пункт б). Обосновете отговора си. [4 точки]

221

Задача 3. На две концентрични метални сфери с радиуси a и b ($a < b$) са придадени заряди $+q$ и $-q$ съответно ($q > 0$). Сферите са разположени във вакуум. Дебелините на сферите са много по-малки от техните радиуси.

а) Получете израз за интензитета E на електричното поле в точка A на разстояние r от центъра на сферите. Разгледайте всички възможни положения на т. A спрямо сферите. Представете зависимостта на E от r графично. [5 точки]

б) Като приемете центъра на сферите като точка с нулев потенциал, получите израз за потенциала φ на електричното поле в точка A на разстояние r от центъра на сферите. Разгледайте всички възможни положения на т. A спрямо сферите. Представете зависимостта на φ от r графично. [5 точки]

в) Пространството между сферите е запълнено с течност, която има диелектрична проникваемост $\epsilon = 10$. Поради слабата проводимост на течността зарядът върху сферите намалява с 5 % в продължение на време $\Delta t = 50$ s. Пресметнете числено специфичното съпротивление ρ на течността и оценете грешката на получения резултат. [5 точки]

Задача 4. Върху тънък плосък слой от някакво вещество с дебелина d и показател на пречупване n пада успореден сноп монохроматична светлина с дължина на вълната λ под ъгъл α спрямо нормалата на повърхността на слоя. Наблюдава се двулъчева интерференция на отразените от слоя лъчи.

а) Намерете формула за разликата Δ в оптичните пътища на двата лъча като функция на d , n , α и λ . Имайте в предвид, че при отражение на светлина от оптично по-плътна среда, фазата на отразения лъч се променя със 180° спрямо фазата на падащия лъч в същата точка, което води до добавяне на $\lambda/2$ към разликата в оптичните пътища, пресмятана от геометричните разлики в пътищата. [4 точки]

б) Нека $d = 0.7 \mu\text{m}$, $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$, $n = 4/3$ и $\alpha \in [0^\circ, 90^\circ)$. Намерете колко интерференчни максимума могат да се наблюдават, какъв е техния порядък m , и при какви ъгли α_m се наблюдават. [5 точки]

в) Намерете при какви стойности на отношението λ/d могат да се наблюдават само два максимума и те да са от трети и четвърти порядък. Показателят на пречупване $n = 4/3$ [6 точки]

Данни и физични константи:

Електрична константа $\epsilon_0 = 8,89 \cdot 10^{-12}$ F/m;

Константа в закона на Кулон $k = 9,00 \cdot 10^9$ N.m²/C²;

Универсална газова константа R

Полезни формули:

Трети закон на Кеплер. Квадратите на периодите на две планети се отнасят както кубовете на големите полуоси на техните елиптични орбити

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3 \quad (\text{при движение по кръгова орбита } a = R).$$

Приближена формула: $(1+x)^\alpha \approx 1+\alpha x$, когато $x \ll 1$