

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ПРОЛЕТНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

9–11 март 2018 г., гр. Стара Загора

Тема за 10. клас, четвърта състезателна група

Задача 1. Ламповите диоди са електронни компоненти, наподобяващи газоразрядна лампа с два електрода – анод и катод. Принципът на работа на ламповия диод е следният: с помощта на нагревател катодът (К) се нагрява до температура, при която от него започват да се отделят електрони, които формират електронен облак. Когато на анода (А) се подаде положително напрежение U спрямо катода, електроните се привличат от анода и през диода протича ток I . Волт-амперната характеристика както и схематично представяне на такъв диод са показани на Фигура 1. За малки напрежения зависимостта на тока от напрежението се дава с израз:

$$I = bU^n, \quad (1.1)$$

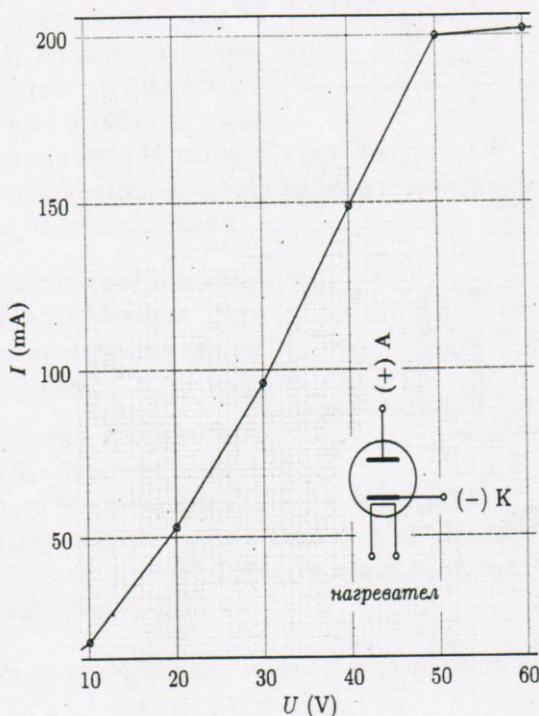
където b е константа, която зависи от размерите на диода. Над определена стойност на напрежението токът нараства много бавно, и горната зависимост не е изпълнена. Ако електродите са плоски пластини с площ S , а разстоянието между тях е d , тогава константата b може да се изрази като:

$$b = \frac{4}{9} \frac{\epsilon_0 S}{d^2} \sqrt{\frac{2e}{m}}, \quad (1.2)$$

където $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m е диелектричната проникваемост на вакуума, а $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C и $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg са зарядът и масата на електрона.

1.1. Определете степенния показател n , участващ в зависимост (1.1), като използвате метода на размерностите. За по-голяма прегледност направете таблица, в която запишете размерностите на всички необходими величини, изразени чрез основните мерни единици в SI. (5 т.)

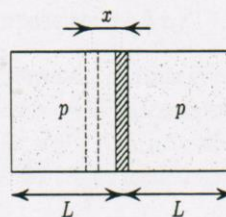
1.2. Използвайте резултата, получен в 1.1., и волт-амперната характеристика на Фигура 1, за да определите числената стойност на константата b . (2 т.) Ако площта на електродите е $S = 10$ cm², оценете времето на полет τ на електроните при напрежение $U = 11,4$ V. Приемете, че началната скорост на електроните е пренебрежимо малка. (3 т.)



Фигура 1

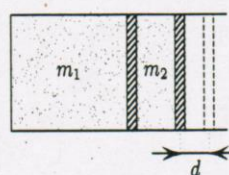
Задача 2.

2.1. Затворен цилиндър с дължина $2L$ е разделен на две равни части от подвижно бутало с площ S . В началния момент двете половини на цилиндъра са запълнени с различни газове, така че налягането p от двете страни на буталото е еднакво (виж Фигура 2.1). На какво разстояние x ще се премести буталото, ако само газът от лявата половина може свободно да преминава през буталото? Силата на триене между буталото и стените на съда е F , температурата на двата газа остава постоянна през цялото време. Разгледайте възможните случаи в зависимост от големината на силата F . (5 т.)



Фигура 2.1

2.2. Цилиндър е разделен на две части от две подвижни бутала, както е показано на Фигура 2.2. Всяка от двете части е запълнена с един и същ газ, като отношението на масите на газа от лявата и дясната части е $\frac{m_1}{m_2} = 3$. В началния момент буталата са неподвижни и температурата на газа в двете части е една и съща. Дясното бутало се премества на разстояние d , след което буталата отново са неподвижни и температурата на газа в двете части е една и съща. На какво разстояние x ще се е преместило лявото бутало? Триенето между буталата и стените на цилиндъра се пренебрегва. (5 т.)



Фигура 2.2

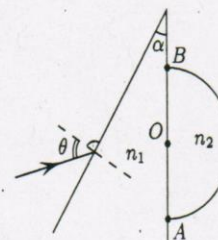
Масите и дебелините на буталата са пренебрежимо малки и в двете части на задачата.

Упътване: връзката между налягането p , обема V и абсолютната температура T , на n мола идеален газ се дава с така нареченото *уравнение на състоянието на идеален газ*: $pV = nRT$, където $R = 8,314 \text{ J/mol K}$ е универсалната газова константа.

Задача 3. Плътен полуцилиндър с радиус R е долепен до призма с ъгъл на пречупване α , както е показано на Фигура 3. Показателят на пречупване на призмата n_1 и този на полуцилиндъра n_2 зависят от дължината на вълната λ по следния начин:

$$n_i = a_i + \frac{b_i}{\lambda^2}, \quad i = 1, 2,$$

където $a_1 = 1,3$, $b_1 = 5 \cdot 10^4 \text{ nm}^2$, $a_2 = 1,1$ и $b_2 = 1 \cdot 10^5 \text{ nm}^2$.



Фигура 3

3.1. Определете дължината на вълната λ_0 , при която няма да се наблюдава пречупване на светлината на границата AB , без значение от ъгъла на падане θ . (1,5 т.) Пресметнете показателите на пречупване n_i за тази дължина на вълната. (0,5 т.)

3.2. Опишете (кратко и ясно) или направете чертеж (с нужните означения), който да показва хода на лъч светлина с дължина на вълната λ_0 , отместващ се на най-малък ъгъл δ от първоначалната си посока на разпространение. (1,5 т.)

3.3. За тази част от задачата приемете, че показателите на пречупване не зависят от дължината на вълната и имат следните стойности: $n_1 = \sqrt{2}$ и $n_2 = 2$. Разгледайте успореден сноп лъчи, падащи върху призмата под ъгъл $\theta = 0^\circ$. Ако $\alpha = 45^\circ$, определете централния ъгъл φ (спрямо т. O) „ограничаващ“ частта от цилиндъра, от която ще излизат лъчите. (6,5 т.)