

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ПРОЛЕТНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

Варна, 05 – 06.03.2023 г.

Тема 12. клас (Шеста възрастова група)

Задача 1. Топлинни машини

А. Идеална топлинна машина работи по хладилен цикъл между резервоари с кипяща вода ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$) и топящ се лед ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Като резултат от работата на машината 1 kg вода от горещия резервоар се превръща във водни пари.

- а) Каква работа A е извършил външният източник? [2,5 т.]
- б) Каква маса лед допълнително се е образувала в студения резервоар? [1 т.]

Полезни данни. Специфична топлина на парообразуване $r = 2,26\text{ MJ/kg}$, специфична топлина на топене на леда $\lambda = 0,335\text{ MJ/kg}$

Б. В стая през зимата поддържането на температура $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ се осъществява чрез електронагревател с мощност 500 W . Температурата на външния въздух е $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. За поддържане в стаята на същата температура може да се използва топлинна помпа вместо електронагревателя.

- а) Опишете принципа на действие на разглежданата топлинна помпа. [1 т.]
- б) Каква минимална мощност ще консумира топлинната помпа от електрическата мрежа, ако тя работи с максимално възможна ефективност? [2,5 т.]

В. През лятото за поддържане на температура $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ се използва климатик при температура на външния въздух $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. С колко трябва да се увеличи потребяваната от климатика мощност от електрическата мрежа, за да може да се поддържа в стаята същата температура след като се включи електрическа лампа с нажежаема нишка с мощност $P_0 = 150\text{ W}$. Приемете, че климатикът работи с максимално възможна ефективност. [3 т.]

Задача 2. Идеален газ от електрони

А. В металите валентните електрони образуват газ, който на фона на йонните остатъци се разглежда като идеален (взаимодействието между електроните е пренебрежимо). Оценете концентрацията на електроните $n = N/V$ в електронния газ на метала Cu (мед), като отчетете, че всеки атом Cu отдава един електрон. Числото на Авогадро е $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$, а конкретният метал се характеризира с моларна маса $\mu = 63,5\text{ g/mol}$ и плътност на масата $\rho = 8,9\text{ g/cm}^3$. [1,5 т.]

Б. Получете формула, аналогична на тази от пункт **А**, за концентрацията на електроните $n = N/V$ в напълно йонизирани атоми на водородно-хелиева смес, в която отношението на масата на водорода m_1 и масата на хелия m_2 е $m_1/m_2 = p/q$. [2,5 т.]

В. Получете формула за температурата на електронния газ, когато средното разстояние $\bar{r}$ между електроните е приблизително равно на дължината на вълната на Дьо Бройл λ_T , съответстваща на топлинното им хаотично движение. [3,5 т.]

Г. Определете температурата от пункт **В.** в случаите:

а) за електронния газ в метала **Cu** (мед) [0,5 т.]

б) за електронния газ в напълно йонизирана водородно-хелиева смес с плътност $\rho = 160 \text{ g/cm}^3$, за която $p = 1$, $q = 2$. Молярната маса на атомарния водород е $\mu_1 = 1 \text{ g/mol}$, а на хелия – $\mu_2 = 4 \text{ g/mol}$. [2 т.]

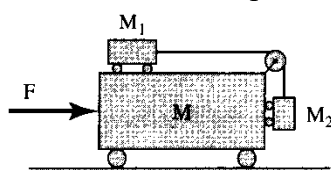
Маса на електрона $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$,

Константата на Планк $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$,

Константата на Болцман $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$.

Задача 3. Относителност на движението

На фиг. 1 е показана движеща се система от тела под действие на постоянна сила F . Масата на голямата количка е M , а малките колички имат маси съответно M_1 и M_2 , като $M_2 > M_1$. Свързващата нишка е неразтеглива и с пренебрежима маса. Триенето се пренебрегва, а земното ускорение е известно и равно на g .



Фиг. 2

а) Намерете ускорението a на количката с маса M и ускорението a_1 , с което тялото с маса M_1 се движи спрямо количката с маса M . [5 т.]

б) Определете силата на опън T на нишката. [1 т.]

в) В зависимост от големината на силата F определете всички възможни видове движения на телата с маси M_1 и M_2 спрямо количката с маса M [4 т.].

Указание. Когато количката с маса M е неподвижна, тялото с маса M_1 се движи с ускорение a_0 спрямо нея, а така също и спрямо страничен наблюдател. Когато количката с маса M се движи с ускорение a спрямо външния наблюдател, а тялото с маса M_1 с ускорение a_1 спрямо нея, ускорението на тялото M_1 спрямо външния наблюдател е $a \pm a_1$ в зависимост от посоката му на движение.

При извършване на пресмятанията и записването на крайния резултат използвайте означенията

$$m = M + M_1 + M_2, \quad \mu = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2}.$$