

МИНЕСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Национално пробно състезание по физика

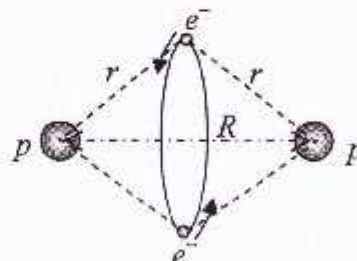
Търговище, 15–16.03.2008 г.

СПЕЦИАЛНА ТЕМА

Задача 1. Водородна молекула

Според теорията на химичната връзка ковалентното свързване на два атома в молекула се осъществява посредством “поделяне” на техните външни (валентни) електрони. Тук ще разгледате прост физичен модел на образуването на водородната молекула H_2 .

Моделът е представен схематично на фиг. 1. Двата протона (p) са разположени на разстояние R един от друг. Двата електрона (e^-) обикалят по обща орбита на еднакви разстояния r от протоните. Електроните са разположени върху един и същ диаметър на орбитата. Равнината на орбитата е перпендикулярна на отсечката, свързваща протоните и я разполовява.



Фиг. 1 Модел на водородната молекула

а) При каква стойност на отношението r/R протоните се намират в равновесие?

[2,0 т]

б) При условие, че протоните се намират в равновесие, получите израз за скоростта v , с която се движат електроните. Изразете отговора чрез разстоянието R между протоните, елементарния електричен заряд e , масата m на електрона и константата k в закона на Кулон.

[3,0 т]

в) Пълната енергия на молекулата, когато протоните са в равновесие, може да се представи чрез изказа:

$$E = -C \frac{ke^2}{R}.$$

Получете точен израз за безразмерната константа C .

[2,0 т]

г) Според квантовата механика при движение на частица по окръжност дължината l на окръжността е кратна на дължината λ на вълната на дьо Бройл:

$$l = n\lambda,$$

където $n = 1; 2; \dots$ е цяло положително число. Като използвате този факт, намерете най-ниската възможна енергия $E_{\min}$ на водородната молекула и съответното ѝ равновесно разстояние $R_{\min}$ между протоните. Изразете отговорите чрез

константите k , e , m , и “редуцираната” константа на Планк: $\hbar = \frac{h}{2\pi}$. Пресметнете

стойностите на търсените величини с точност 3 значещи цифри и ги представете в единици eV (за енергията) и Å (за разстоянието).

[2,0 т]

д) Енергия E_B на връзката на молекула се нарича минималното количество енергия, нужно за разделяне на молекулата на съставлящите я атоми. Като имате предвид, че енергията на основното състояние на водородния атом е $E_H = -13,6$ eV, пресметнете в електронволти енергията на връзка на водородната молекула. [1,0 т]

Задача 2. Електромагнитно излъчване

Известно е, че електромагнитните вълни се излъчват от заряди, които се движат с ускорение. Мощността на излъчване P на частица със заряд q , която се движи с ускорение a , се дава с израза:

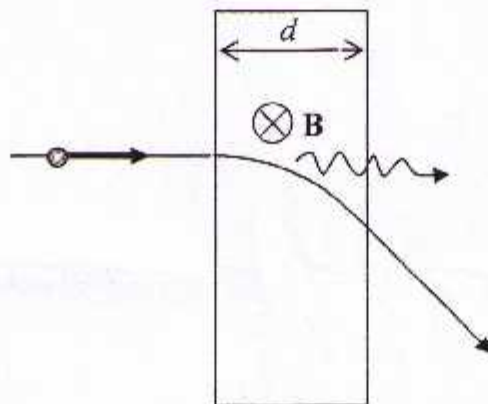
$$P = \frac{q^2 a^2}{6\pi\epsilon_0 c^3},$$

където ϵ_0 е електричната константа, а c – скоростта на светлината във вакуум.

Електрон със скорост $v = 0,8 c$ навлиза в област с еднородно магнитно поле с индукция $B = 0.01 \text{ Т}$ и ширина $d = 0.1 \text{ м}$. Началната скорост на електрона е перпендикулярна на границите на областта, а магнитната индукция – успоредна на границите. Докато електронът се движи в магнитното поле, той излъчва електромагнитни вълни. Приемете, че енергията на излъчените вълни е много по-малка от началната енергия на електрона.

а) Пресметнете мощността на излъчване на електрона, докато се движи в областта с магнитно поле. [4 т]

б) Пресметнете общата енергия, излъчена от електрона. [6 т]

**Задача 3. Двете подзадачи са независими.****А) Газова уредба**

Автомобил с газова уредба се захранва с метан (CH_4). Газът се съхранява в сферичен стоманен резервоар при температура 27°C . Каква е минималната възможна маса $M_{\min}$ на резервоара (стоманената обвивка), за да може в него да се съхраняват $m = 20 \text{ kg}$ метан?

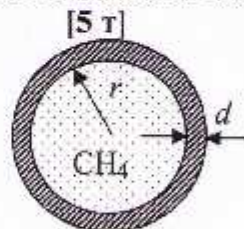
Известно е, че стоманата може да издържи максимално механично напрежение на опън $\sigma_{\max} = 5,0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Плътноста на стоманата е $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$. Приемете, че дебелината d на стената на резервоара е много по-малка от вътрешния му радиус r .

Други данни:

универсална газова константа, $R = 8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$;

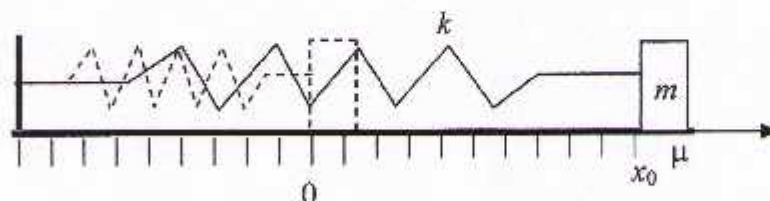
молярна маса на въглерода, $\mu_{\text{C}} = 0,012 \text{ kg/mol}$;

молярна маса на водорода, $\mu_{\text{H}} = 0,001 \text{ kg/mol}$.



Б) *Затихващо трептене*

Трупче с маса $m = 1 \text{ kg}$ е закрепено на пружина с коефициент на еластичност $k = 100 \text{ N/m}$. Трупчето може да се хлъзга по хоризонтална повърхност с коефициент на триене $\mu = 0,15$. В началния момент пружината е разтегната с $x_0 = 10 \text{ cm}$ и трупчето е оставено да се хлъзга с нулева начална скорост. Приемете, че $g = 10 \text{ m/s}^2$. Намерете деформацията на пружината след окончателното спиране на трупчето. След колко време трупчето ще спре окончателно? [5 т]



Фундаментални физични константи:

редуцирана константа на Планк, $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;

скорост на светлината във вакуум, $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$;

елементарен електричен заряд, $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;

константа в закона на Кулон, $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9,00 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$;

електрична константа, $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$;

маса на електрона, $m = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$.