

Контролна работа 10 задачи × 3 точки

17 юни 2022 г.

Основни физични константи, които може да бъдат използвани в задачите:

- Елементарен електричен заряд, $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- Електрична проникваемост на вакуума, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$;
- Кулонова константа, $k_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$;
- Магнитна проникваемост на вакуума, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$;
- Скорост на светлината във вакуум, $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$;
- Константа на Болцман, $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$;
- Универсална газова константа, $R = 8.31 \text{ J/(mol.K)}$;
- Число на Авогадро, $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- Константа на Стефан-Болцман, $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$;
- Константа на Вин; $b = 2.90 \times 10^{-3} \text{ m.K}$;
- Константа на Планк, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ($\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.05 \times 10^{-34} \text{ J.s}$);
- Маса на електрона, $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$;
- Маса на протона/неутрона, $m_p \approx m_n = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$;

Задача 1. Автомобил с маса $m = 1000 \text{ kg}$ се движи със скорост $v_0 = 30 \text{ m/s}$ по прав хоризонтален път. В даден момент водачът изключва скоростния лост и автомобилът започва да се забавя, като скоростта му намалява по закона:

$$v(t) = \frac{v_0}{1 + t/\tau}$$

където $\tau = 60 \text{ s}$ е константа.

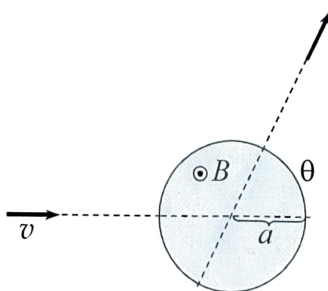
- Какво разстояние изминава автомобилът, докато скоростта му намалее до $v_1 = 20 \text{ m/s}$?
- След като автомобилът достига скоростта v_1 , водачът отново включва скоростния лост и автомобилът продължава да се движи равномерно. С каква полезна механична мощност P_1 трябва да работи двигателят, така че да поддържа постоянна скоростта на автомобила?

Задача 2. Ракета с начална маса m_0 започва да се ускорява от състояние на покой в открития Космос, далече от каквито и да било източници на гравитационно поле. Горивото, с начална маса $0.9m_0$, се изхвърля със скорост $u = 3000 \text{ m/s}$ спрямо ракетата в посока, противоположна на посоката ѝ на движение. Останалата маса, $0.1m_0$, е полезният товар, който остава постоянен по време на движението. За да се осигури комфорт на пътниците, бордовият компютър променя с времето подаването на гориво по такъв начин, че ракетата се движи с постоянно ускорение, равно на земното ускорение $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

Намерете разстоянието L , което ще измине ракетата до пълното изразходване на горивото.

Задача 3. Сноп електрони попадат в кръгова област с радиус $a = 1.0 \text{ cm}$, в която има еднородно магнитно поле с индукция $B = 0.11 \text{ T}$, успоредна на оста на кръга. Началната скорост на електроните е перпендикулярна на магнитните индукционни линии и е насочена към центъра на областта, както е показано на чертежа. След като излязат от магнитното поле, електроните се движат под ъгъл $\theta = 64^\circ$ спрямо първоначалната им посока на движение.

Получете израз и пресметнете числено скоростта v на електроните.



Зад. 4. Пет заряда върху сфера

5 едноименни заряда с една и съща големина q могат да се преместват по повърхността на сфера с радиус r . Търси се коя тяхна геометрична конфигурация има минимална електростатична потенциална енергия.

а) Една възможност е 3 от зарядите да образуват максимално големия равностранен триъгълник, а другите 2 заряда да допълнят този триъгълник до правилна триъгълна бипирамида (две правилни триъгълни пирамиди с обща основа). Изчислете потенциалната енергия на тази конфигурация.

б) Втора възможност е 4 от зарядите да образуват квадрат, а петият да допълни този квадрат до правилна квадратна пирамида. Получете формула за потенциалната енергия на втората конфигурация като функция на някакъв ъгъл, дефиниращ тази пирамида.

в) Изчислете с достатъчно голяма точност този ъгъл, за да оцените минималната потенциална енергия на втората конфигурация. Коя от двете конфигурации е с по-малка потенциална енергия – първата или втората?

Зад. 5. RC филтър

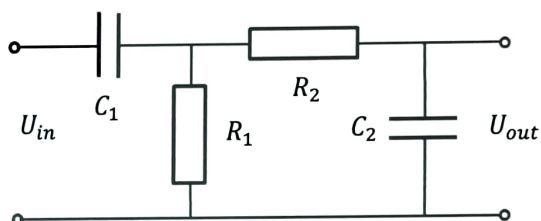
Вдясно е дадена променливотокова верига. На входа ѝ се подава напрежение $U_{in}(t) = U_{in0} \cos \omega t$. На изхода се измерва напрежение $U_{out}(t) = U_{out0} \cos(\omega t + \varphi)$.

а) Получете формула за коефициента

$$K(\omega) = \frac{U_{out0}}{U_{in0}}.$$

б) При каква стойност на ω този коефициент K има максимум?

в) Изчислете максимума на K , ако $R_1 = R_2$ и $C_1 = C_2$.



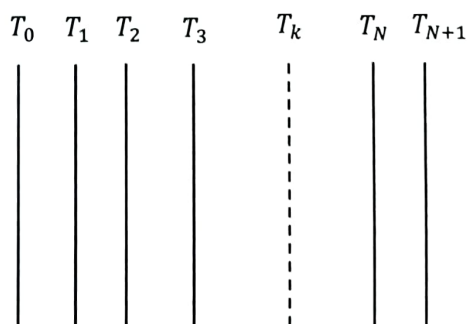
Зад. 6. Топлинни екрани

Температурата на две тела, представляващи безкрайни успоредни равнини, се поддържа съответно T_0 и T_{N+1} . Системата се намира във вакуум. Между тях се поставят допълнително N тела (също безкрайни успоредни равнини).

Тези тела достигат някакви стационарни температури $T_1, T_2, \dots, T_N$. Приемете, че всички тела излъчват като абсолютно черно тяло.

а) Получете формула за отношението $\frac{P_{без}}{P_{със}}$ на топлобмена между двете крайни тела без и със поставени допълнителни тела между тях.

б) Получете формула за температурата T_k на k -тото тяло, $k \in [1, N]$.



Задачи(7,8,9,10)

Задача 7. Термодинамичен процес

Газ се свива в цилиндър така, че отделящото се в околната среда количество топлина е по модул равно на изменението на вътрешната му енергия.

а) Намерете топлинния капацитет, характеризиращ този процес.

б) Изразете топлинния капацитет като функция на налягането P и обема V за газ на Ван дер Ваалс.

Задача 8. Втечняване на хелий

Топлинно изолиран съд е напълнен с хелиев газ, чиято температура е $T_0 = 10\text{ K}$. Газът бавно изтича през капиларна тръбичка, докато налягането в съда не достигне стойност $P_1 = 1\text{ atm}$, а температурата $T_1 = 4,2\text{ K}$ (температурата на кипене на хелия при нормално налягане). Намерете началното налягане P_0 в съда, ако в края на процеса в съда има само течен хелий. Моларната топлина на изпарение при $4,2\text{ K}$ е $r = 84\text{ J/mol}$. Газообразният хелий да се разглежда като идеален газ. При бавното изтичане на газа състоянието на веществото в съда да се разглежда като равновесно.

Задача 9. Квантов газ

Оценете характерната температура T_0 за хелиев газ, под която квантовите свойства на газа са определящи. Моларната маса на хелия е $\mu = 4\text{ g/mol}$, а неговата плътност да се приеме за $\rho = 0,18\text{ g/cm}^3$.

Задача 10. Квантови вихри

При въртене на цилиндричен съд с хелий в квантово свръхфлуидно състояние в обема му се образуват вихри (вж. фигурата). Скоростта на хелиевите атоми във вихъра се дава с израза

$$v = \frac{K}{r},$$

където r е разстоянието до оста на въртене, а константата K се нарича интензитет на вихъра. Намерете минималната числена стойност на интензитета на вихъра.



Фиг.