

ПРИМЕРЕН ТЕСТ ПО ФИЗИКА I
(ФТК, ФКСУ, ФЕТТ)

- Кой е правилният израз за нормалното ускорение на точка, движеща се със скорост V по окръжност с радиус R ?
 $\blacklozenge a_n = V^2 / R$ $\blacklozenge a_n = RV^2$ $\blacklozenge a_n = R^2 / V$ $\blacklozenge a_n = VR^2$
- Формулирайте закона на Нютон за гравитационните взаимодействия и дефинирайте участващите в него величини.
- Формулирайте закона за запазване на импулса за система от материални точки и дефинирайте участващите в него величини.
- Коя от посочените формули изразява теоремата на Щайнер за пресмятане инерционния момент на тяло?
 $\blacklozenge I = I_C + ma^2$ $\blacklozenge I = I_C - ma^2$ $\blacklozenge I = I_C + ma$ $\blacklozenge I = I_C - ma$, където m е масата на тялото, I_C е инерционния момент на тялото спрямо ос, минаваща през центъра на масите му, а I е инерционния момент спрямо друга ос, успоредна на първата и отстояща от нея на разстояние a .
- Ритната футболна топка излита под ъгъл 30° спрямо хоризонта със скорост $39,2 \text{ m/s}$. За колко време топката ще достигне максималната си височина ?
- Шофьорът на движещ се хоризонтално лек автомобил с маса 1200 kg изключва двигателя и скоростта на автомобила намалява за 3 s от 72 km/h до $68,4 \text{ km/h}$.
 (а) Каква е силата на триене, действаща върху автомобила ?
 (б) С каква мощност трябва да работи двигателят, за да поддържа първоначалната скорост ? **(4 точки)**
- Каква работа трябва да се извърши, така че скоростта на автомобил с маса 1500 kg да нарасне от 20 m/s до 40 m/s .
- Диск с инерчен момент $I = 1 \text{ kg.m}^2$ се върти около геометричната си ос така, че ъгълът който описва произволна точка от него се мени по закона $\varphi(t) = A + Bt$, където $A = 1 \text{ rad}$ и $B = 5 \text{ rad/s}$.
 Определете кинетичната енергия на диска.
- Маховик с инерчен момент $0,8 \text{ kgm}^2$ се върти с постоянна ъглова скорост 314 rad/s . Какъв момент на силите на триене трябва да се приложи върху него за да спре напълно за 10 оборота ?
- Дайте дефиниция на адиабатен процес.
- Идеален газ извършва процес, при който е изпълнено условието $PV = \text{const}$, където P и V са налягането и обема на газа. Какъв е процесът ?
 \blacklozenge адиабатен \blacklozenge изотермен \blacklozenge изохорен \blacklozenge изобарен
- Напишете формулата за работа на термодинамична система при произволен процес и дефинирайте участващите в нея величини.
- На колко е равно налягането на идеален газ с концентрация $5 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ и температура 727°C ?
- Изведете уравнението на Майер за моларните топлинни капацитети на газове. **(4 точки)**
- Формулирайте теоремата на Гаус за елестростатично поле във вакуум и дефинирайте участващите в нея величини.
- Ако електричните полета, създадени от един и същ източник във вакуум и в диелектрична среда с относителна диелектрична проницаемост ϵ_r , са, съответно, E_0 и E , то съотношението между тях е:
 $\blacklozenge E = \epsilon_r E_0$; $\blacklozenge E = \epsilon_0 \epsilon_r E_0$; $\blacklozenge E = E_0 / \epsilon_r$; $\blacklozenge E = E_0 / \epsilon_0 \epsilon_r$
 където ϵ_0 е електричната константа.
- Коя е вярната формулировка на диференциалния закон на Ом за плътността на тока \vec{j} ?
 $\blacklozenge \vec{j} = \sigma \vec{E}$; $\blacklozenge \vec{j} = \sigma \vec{v}$; $\blacklozenge \vec{j} = \rho \vec{E}$; $\blacklozenge \vec{j} = \rho \vec{v}$
 където \vec{E} и \vec{v} са интензитета на електричното поле и скоростта на зарядите, а σ и ρ са специфичната проводимост и съпротивление на средата.
- Електродите на плосък кондензатор се намират на разстояние $d = 1 \text{ mm}$ и имат потенциали, съответно, 200 V и 40 V . Колко е интензитета на полето между тях.
- Капацитетът на един кондензатор е 300 pF , а на друг е $1,5 \text{ }\mu\text{F}$. На колко ще бъде равното отношение на запасените в тях заряди Q_2 / Q_1 при зареждането им до едно и също напрежение ?
- Пресметнете необходимото съпротивление на реотана на печка така, че при включване към мрежовото напрежение $U = 220 \text{ V}$ тя да отдава топлинна мощност 1 kW .

ОТГОВОРИ И РЕШЕНИЯ

1. **Отговор:** $a_n = V^2 / R$

2. Силата на гравитационно притегляне между две тела е равна на

$$F = G \frac{mM}{r^2}$$

- където - m и M са масите на взаимодействащите тела, kg
 - r е разстоянието между центровете им, m
 - G е гравитационната константа, $N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$

3. Импулсът на затворена (изолирана) система от материални точки (тела) се запазва с течение на времето т.е.

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i = \text{const}$$

- където - $\vec{p}_i = m_i \vec{v}_i$ - импулса на i -та точка от системата, kg.m/s
 $\vec{P} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i$ - импулса на системата като цяло, kg.m/s

4. **Отговор:** $I = I_C + ma^2$

5. По вертикалната ос Oy движението на топката ще бъде равнозакъснително и скоростта ѝ ще се изменя по закона

$$V_y = V_y^0 - gt$$

където g е земното ускорение, а V_y^0 е началната скорост по оста Oy . Топката ще достигне максимална височина в момента, в който V_y стане нула, откъдето получаваме

$$t = V_y^0 / g$$

От данните в задачата получаваме

$$V_y^0 = V_0 \cos(90 - 30) = 39,2 \cdot \cos(60) = 19,6 \text{ m/s}$$

и, следователно,

$$t = \frac{19,6}{9,8} = 2 \text{ s}$$

6. Привеждаме единиците в система СИ

$$V_1 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 68,4 \text{ km/h} = 19 \text{ m/s}$$

(а) В резултат на действието на силата на триене изменението на импулса е

$$\Delta P = m(V_1 - V_2) = 1200 \cdot (20 - 19) = 1200 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Тъй като разгледания интервал от скорости е малък, силата на триене може да се смята за постоянна и може да бъде определена от $\Pi^{\text{рия}}$ принцип на динамиката

$$F_{\text{тр}} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{1200}{3} = 400 \text{ N}$$

(б) При равномерно движение, двигателят на автомобила компенсира само силата на триене. Поради това мощността му ще бъде равна на мощността на силата на триене. Оттук

$$P_{\text{дв}} = P_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot V_1 = 400 \cdot 20 = 8 \text{ kW}$$

7. От връзката между работа и кинетична енергия имаме

$$A = \Delta E_k = \frac{m}{2}(V_2^2 - V_1^2) = \frac{1500}{2}(40^2 - 20^2) = 900\,000\text{ J} = 900\text{ kJ}$$

8. Сравнението на закона за равномерно въртливо движение $\varphi(t) = \varphi_0 + \omega t$ с приведената в задачата зависимост показва, че дискът извършва въртливо движение с постоянна ъглова скорост $\omega = 5\text{ rad/s}$. Следователно,

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{1 \cdot (5)^2}{2} = 12,5\text{ J}$$

9. В случая, началната кинетична енергия на въртене изцяло се трансформира в работа срещу силата на триене т.е.

$$\frac{I\omega^2}{2} = A_{\text{тр}} = M \Delta\varphi$$

Оттук получаваме

$$M = \frac{I\omega^2}{2\Delta\varphi} = \frac{0,8 \cdot (314)^2}{2 \cdot 10 \cdot 2\pi} \approx 628\text{ Nm}$$

10. По дефиниция адиабатен се нарича всеки процес, който протича без топлообмен с околната среда т.е., за който е изпълнено условието $\delta Q = 0$, където δQ е обмененото с околната среда количество топлина.

11. От уравнението за състоянието на идеален газ $PV = \frac{M}{\mu}RT$ се вижда, че условието $PV = \text{const}$ е еквивалентно на условието $T = \text{const}$ т.е. процеса е изотермен.

12. Формулата, позволяваща пресмятането на работата на произволна термодинамична система при произволен процес, се дава от равенството:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P(V) dV$$

където V_1 и V_2 са, съответно началния и крайния обем на системата
 $P = P(V)$ е налягането на системата в хода на процеса.

13. (а) Привеждаме единиците в система СИ

$$n = 5 \cdot 10^{19}\text{ cm}^{-3} = 5 \cdot 10^{25}\text{ m}^{-3}$$

$$T = 727\text{ }^\circ\text{C} = 1000\text{ K}$$

(б) От молекулно-кинетичната теория на газовете имаме

$$P = nkT$$

където P , n и T са, съответно, налягането, концентрацията и температурата на газа, а k е константата на Болцман. Замествайки с данните от задачата, получаваме

$$P = nkT = 5 \cdot 10^{25} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 1000 = 6,9 \cdot 10^5\text{ Pa}$$

14. При извода използваме:

- Дефиницията на топлинен капацитет - $C = \frac{\delta Q}{dT}$
- Уравнението на състоянието на идеалния газ - $PV = RT$
- I^{ят} принцип на термодинамиката - $\delta Q = dU + \delta A = dU + PdV$

като разглежданията се правят за 1 мол идеален газ.

(а) *Топлинен капацитет при постоянен обем*

Вземайки предвид, че при $V = \text{const}$ имаме $dV = 0$, получаваме

$$C_V = \frac{\delta Q}{dT}|_{V=\text{const}} = \frac{dU + PdV}{dT} = \frac{dU}{dT}$$

(б) *Топлинен капацитет при постоянно налягане*

Прилагайки отново дефиницията на топлинен капацитет, за този случай получаваме

$$C_p = \frac{\delta Q}{dT}|_{P=\text{const}} = \frac{dU + PdV}{dT} = \frac{dU}{dT} + \frac{PdV}{dT} = C_V + \frac{PdV}{dT}$$

Тъй като, обаче, в случая имаме $P = \text{const}$, то от уравнението на състоянието на идеалния газ получаваме

$$PdV = RdT \Rightarrow \frac{PdV}{dT} = R$$

Замествайки последния член в уравнението за C_p , в крайна сметка получаваме съотношението

$$C_p = C_V + R$$

което се нарича **уравнение на Майер**.

15. Потока на електростатичното поле, създадено от произволна система заряди във вакуум, през произволна затворена повърхност е равен на алгебричната сума на зарядите, намиращи се вътре в повърхността, разделена на електричната константа т.е.

$$\oint_{(S)} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i q_i = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

- където - $\vec{E} \cdot d\vec{S}$ е елементарния поток на полето през елемент от затворената повърхност S
- Q е алгебричната сума на зарядите, намиращи се вътре в повърхността
- ϵ_0 е електричната константа

16. **Отговор:** $E = E_0 / \epsilon_r$

17. **Отговор:** $\vec{j} = \sigma \vec{E}$

18. (а) Привеждаме единиците в система СИ

$$d = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

(б) Напрежението на кондензатора е $U = \varphi^+ - \varphi^- = 200 - 40 = 160 \text{ V}$. И тъй като електричното поле между плочите му може да се смята за хомогенно, то може да се пресметне по формулата

$$E = \frac{U}{d} = \frac{160}{10^{-3}} = 160000 \text{ V/m} = 160 \text{ kV/m}$$

19. (а) Привеждаме единиците в система СИ

$$C_1 = 300 \text{ pF} = 300 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

$$C_2 = 1,5 \text{ }\mu\text{F} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

(б) Използвайки връзката между заряд, капацитет и напрежение на кондензатор $Q = CU$, получаваме

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{C_2 U}{C_1 U} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{1,5 \cdot 10^{-6}}{300 \cdot 10^{-12}} = 5\,000$$

20. От формулата за топлинната мощност, отделяна в резистор, през който протича електричен ток, имаме

$$P = UI = \frac{U^2}{R}$$

Оттук получаваме

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{(220)^2}{1000} = 48,4 \, \Omega$$