

KỶ THI

**OLYMPIC VẬT LÝ
SINH VIÊN TOÀN QUỐC
LẦN THỨ XIV - 2011**





ĐÁP ÁN CÂU 1

Đáp án: A

Cường độ dòng điện trong mạch RLC được cho bởi công thức

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \cdot$$

Cộng hưởng xảy ra khi $\omega = \sqrt{1/(LC)}$, lúc đó $I=V/R$, tức là cường độ I tỉ lệ nghịch với điện trở R . Mặt khác, $I=0$ khi $\omega=0$.



ĐÁP ÁN CÂU 2

Đáp án: A

Giả sử sau khi va chạm, hai nguyên tử chuyển động với vận tốc v_1 và v_2 , góc giữa hai vận tốc là α . Theo định luật bảo toàn năng lượng và bảo toàn động lượng, ta có $v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \alpha = v^2$, $v_1^2 + v_2^2 + 2E/m = v^2$, trong đó v là vận tốc của nguyên tử chuyển động ban đầu, E là phần động năng của nó chuyển thành nội năng trong va chạm không đàn hồi. Do đó, $v_1v_2 \cos \alpha = E/m$. Khi v_1 và v_2 không đổi, va chạm là hiệu quả nhất (để phần động năng của nguyên tử chuyển động biến đổi sang dạng khác là lớn nhất) nếu $\alpha=0$. Vì vậy $v_1v_2 = E/m$, $v_1 + v_2 = v$. Với E cho trước, v là nhỏ nhất khi $v_1 = v_2$, tức là $v_1 = v_2 = v_{\min}/2 = \sqrt{E/m}$. Năng lượng mức thứ n của nguyên tử hydro là $E_n = -13,6/n^2 \text{ eV}$. Do đó giá trị E nhỏ nhất là

$$E = 13,6 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \text{ eV} = 10,2 \text{ eV} = 1,63 \cdot 10^{-18} \text{ J} .$$

Vậy $v_{\min} = 6,25 \cdot 10^4 \text{ m/s}$.



ĐÁP ÁN CÂU 3

Đáp án: C

Nhiệt lượng tỏa ra khi ngưng tụ hết khối hơi nước là $Q=mL$.

Do đó, sau khi ngưng tụ, khối lượng của cả khối sẽ giảm đi một lượng mL/c^2 hay khối lượng nước tạo thành sẽ là $m(1-L/c^2)$.



ĐÁP ÁN CÂU 4

Đáp án: D

Sự phân rã của các hạt nhân phóng xạ mang tính ngẫu nhiên. Vì thế, định luật phóng xạ chỉ được nghiệm đúng khi số hạt nhân phóng xạ có giá trị đủ lớn. Nếu chỉ xét có ba hạt nhân phóng xạ như ở trên thì ta không thể biết chắc trong thời gian $8,40 \cdot 10^3$ năm sẽ có bao nhiêu hạt nhân bị phân rã, chỉ biết rằng giá trị đó phải là một trong ba giá trị 1, 2, 3.



ĐÁP ÁN CÂU 5

Đáp án: A

Với khí ba nguyên tử không thẳng hàng, số bậc tự do là $n=6$ (không xét dao động của các nguyên tử). Do đó,

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1 + \frac{2}{n} = \frac{4}{3} \quad ,$$

nhiệt dung riêng: $C_v = \frac{R}{\gamma - 1} = 3R$.

Đối với khí đơn nguyên tử, nhiệt dung riêng $C_v = \frac{3}{2}R$.

Vậy: $K = \frac{C_p}{C_v} = 2$.



ĐÁP ÁN CÂU 6

Đáp án: C

Khóa K ở vị trí 2, điện tích của tụ C_1 là $q = C_1 E = 15 \mu C$. Năng

lượng của tụ C_1 là $W = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C_1} = 22,5 \mu J$.

Khi chuyển khóa K trở lại vị trí 1, trong mạch xuất hiện dòng điện phân bố lại điện tích trên các tụ. Khi dòng điện bằng 0, năng lượng điện trường tập trung ở các tụ điện và bằng

$W' = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C_1 + C_2} = 7,5 \mu J$. Theo định luật bảo toàn năng lượng, nhiệt

lượng tỏa ra trên các điện trở là $Q = W - W' = 15 \mu J$.



ĐÁP ÁN CÂU 7

Đáp án: D

Gia tốc hướng tâm $a = K^2 R t^4 = \frac{v^2}{R}$, v là tốc độ của vật.

Suy ra $v = KRt^2$. Gia tốc tiếp tuyến $a_t = \frac{dv}{dt} = 2KRt$. Thành phần tiếp tuyến của lực tác dụng lên vật là $f_t = ma_t = 2mKRt$. Do đó công suất vật nhận được là $P = f_t v = 2mK^2R^2t^3$.



ĐÁP ÁN CÂU 8

Đáp án: A

Năng lượng toàn phần

$E_0 = \text{Động năng} + \text{Thế năng} = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{mM}{R}$, trong đó M là khối lượng của Quả đất; m , R và v lần lượt là khối lượng, bán kính quỹ đạo và tốc độ của vệ tinh. Ta có $\frac{mv^2}{R} = G\frac{mM}{R^2}$,

suy ra $v^2 = \frac{GM}{R}$.

Do đó $E_0 = \frac{1}{2}m\frac{GM}{R} - \frac{GmM}{R} = -\frac{GmM}{2R}$.

Thế năng của vệ tinh $= -\frac{GmM}{R} = 2E_0$.



ĐÁP ÁN CÂU 9

Đáp án: B

Bước sóng giảm nghĩa là ngôi sao chuyển động lại gần Trái đất. Theo hiệu ứng Doppler, ta có

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda'} \sqrt{\frac{1 + (v_{sao}/c)}{1 - (v_{sao}/c)}}$$

trong đó λ là bước sóng biểu kiến. Vì tốc độ của ngôi sao nhỏ hơn rất nhiều so với tốc độ ánh sáng, nên

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v_{sao}}{c}$$

$$\text{Suy ra } v_{sao} = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 3 \times 10^8 \times \frac{0,05}{100} = 1,5 \times 10^5 \text{ m/s.}$$



ĐÁP ÁN CÂU 10

Đáp án: D

Photon tần số f có năng lượng $E=hf$, khối lượng tương ứng $m=hf/c^2$. Ký hiệu f' là tần số, m' là khối lượng của photon khi quan sát trên bề mặt Quả đất. Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có

$$hf + E_{(\text{hấp dẫn})}(\text{trên Mặt trời}) = hf' + E_{(\text{hấp dẫn})}(\text{trên Quả đất})$$

$$\text{hay} \quad hf - G \frac{mM_{mt}}{R_{mt}} = hf' - G \frac{m'M_{qd}}{R_{qd}} .$$

$$\text{Do đó} \quad \frac{\Delta f}{f} \equiv \frac{f' - f}{f} = -\frac{G}{hf} \left[\frac{mM_{mt}}{R_{mt}} - \frac{m'M_{qd}}{R_{qd}} \right] = -\frac{G}{c^2 f} \left[\frac{fM_{mt}}{R_{mt}} - \frac{f'M_{qd}}{R_{qd}} \right] .$$

$$\text{Suy ra} \quad \frac{\Delta f}{f} = -\frac{G}{c^2} \left[\frac{M_{mt}}{R_{mt}} - \frac{M_{qd}}{R_{qd}} \right] \left[1 - \frac{G M_{qd}}{c^2 R_{qd}} \right]^{-1} = -2 \times 10^{-6} .$$

$$\text{Vì } \lambda = c/f \text{ nên } \Delta \lambda / \lambda = -\Delta f / f = 2 \times 10^{-6} .$$



ĐÁP ÁN CÂU 11

Đáp án: A

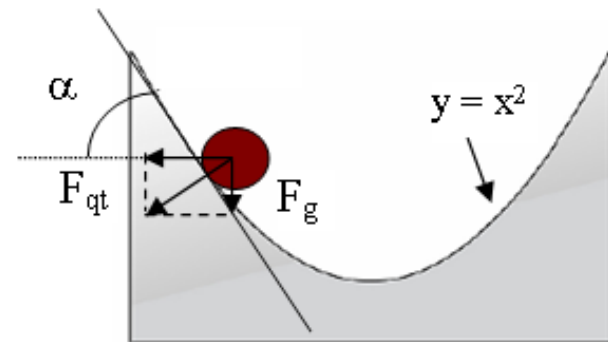
Ký hiệu a là gia tốc của ô tô. Hợp lực của lực quán tính F_{qt} và trọng lực F_g tác dụng lên quả cầu phải có phương vuông góc với bề mặt rãnh. Do đó

$$\frac{F_{qt}}{F_g} = \frac{a}{g} = |\tan \alpha| \quad .$$

Mặt khác, $\tan \alpha$ là hệ số góc của tiếp tuyến với rãnh tại vị trí quả cầu.

Ta có

$$a = g |\tan \alpha| = g 2x|_{x=0,2} = 3,9 \text{ m/s}^2 \quad .$$





ĐÁP ÁN CÂU 12

Đáp án: D

Ngôi sao không chịu tác dụng của ngoại lực nên mô men động lượng của nó bảo toàn. Ký hiệu I_0 , ω_0 , R_0 và I , ω , R là mô men quán tính, tốc độ góc, bán kính của ngôi sao ngay sau khi nổ và của sao neutron. Ta có $I_0\omega_0 = I\omega$, suy ra $\omega = I_0\omega_0 / I$. Chu kỳ T của sao neutron bằng

$$T = 2\pi/\omega = 2\pi I / (I_0\omega_0) = IT_0 / I_0 ,$$

trong đó T_0 là chu kỳ quay của ngôi sao ngay sau khi nổ. Mô men quán tính của quả cầu đặc đồng nhất bán kính R , khối lượng m là $2mR^2/5$. Ta có

$$T = T_0 (R/R_0)^2 = 0,014 \text{ s} .$$



ĐÁP ÁN CÂU 13

Đáp án: B

Cường độ ánh sáng qua kính lọc thứ nhất là $I_0/2$, trong đó I_0 là cường độ ánh sáng tới.

Cường độ qua kính lọc thứ hai là $I_0(\cos\alpha)^2/2$.

Cường độ qua kính lọc thứ ba là

$I_0(\cos\alpha)^2(\cos\alpha)^2/2$. Với $\alpha=45^\circ$, cường độ ánh sáng truyền qua bằng 12,5% cường độ ánh sáng tới.



ĐÁP ÁN CÂU 14

Đáp án: D

Gọi x_T và x_N là tọa độ của Thành và Nam ở thời điểm $\frac{4}{c}$ trong hệ quy chiếu của người quan sát, ta

$$\text{có } x_T = 5 + v\left(\frac{4}{c} - \frac{3}{c}\right) = 5 + \frac{v}{c} \equiv 5 + \beta < 7 = x_N.$$

Suy ra Thành ở đuôi tàu, Nam ở đầu tàu. Mặt khác,

$$l_0\sqrt{1-\beta^2} = 7 - (5 + \beta) \rightarrow 2\sqrt{1-\beta^2} = 2 - \beta \rightarrow \beta \equiv \frac{v}{c} = \frac{4}{5},$$

tức là $v = 0,8 c$.



ĐÁP ÁN CÂU 15

Đáp án: B

Theo nguyên lí I nhiệt động lực học, ta có $Q = \Delta U_1 + \Delta W_1 = \Delta U_2 + \Delta W_2$, trong đó ΔU và ΔW là biến thiên nội năng và biến thiên thế năng trong trọng trường của thanh trụ. Ký hiệu m , L , c và α là khối lượng, độ dài, nhiệt dung riêng và hệ số nở dài của thanh trụ, ta có

$$m_1 c \Delta t_1 + \frac{1}{2} m_1 g (\alpha L_1 \Delta t_1) = m_2 c \Delta t_2 + \frac{1}{2} m_2 g (\alpha L_2 \Delta t_2)$$

hay $m_1 c (\Delta t_1 - 2 \Delta t_2) + \frac{1}{2} m_1 g \alpha L_1 (\Delta t_1 - 4 \Delta t_2) = 0$.

Để thỏa mãn phương trình trên, $2 \Delta t_2 < \Delta t_1 < 4 \Delta t_2$.



ĐÁP ÁN CÂU 16

Đáp án: D

Thời gian đi từ A đến B là ngắn nhất nếu quỹ đạo trùng với đường truyền của ánh sáng, lúc đầu truyền trong “môi trường 1” với tốc độ v_1 , sau đó truyền trong “môi trường 2” với tốc độ v_2 . Đường truyền của ánh sáng thỏa mãn điều kiện phản xạ toàn phần

$$\cos \theta = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = \frac{v_2}{v_1}$$



ĐÁP ÁN CÂU 17

Đáp án: B

Cực đại bậc m nằm trên hướng lập góc θ với hướng tia tới thỏa mãn hệ thức
 $d \sin \theta = m\lambda$, trong đó d là khoảng cách giữa hai vạch liền nhau của cách tử. Do đó

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{d} \leq 1$$

suy ra

$$m \leq \frac{d}{\lambda} = \frac{10^{-2}}{2000 \times 630 \times 10^{-9}} = 7,9$$

Như vậy, ta có thể quan sát $2 \times 7 + 1 = 15$ cực đại.



ĐÁP ÁN CÂU 18

Đáp án: C

Thế tĩnh điện tại tâm vòng tròn gây bởi điện tích $\pm q$ là $\pm \frac{kq}{R}$.

Thế gây bởi các điện tích bằng tổng thế tĩnh điện gây bởi từng điện tích. Do đó thế tổng cộng là

$$V = -\frac{2kq}{R}$$

Cường độ điện trường $\vec{E} = \sum_{i=1}^8 \vec{E}_i$ với $|\vec{E}_i| = \frac{kq}{R^2}$. Do đối xứng, dễ dàng nhận được

$$E = \frac{2kq}{R^2} (1 + \sqrt{2})$$



ĐÁP ÁN CÂU 19

Đáp án: D

Đối với quá trình đoạn nhiệt ta có công thức Poisson $pV^\gamma = \text{const}$. Mặt khác, $pV = nRT$ hay $V = nRT/p$. Do đó,

$$p \left(\frac{RT}{p} \right)^\gamma = \text{const.} ,$$

suy ra $T^\gamma = \text{const} \frac{p^{\gamma-1}}{R^\gamma}$ hay $T^{\gamma/(\gamma-1)} \sim p$.

Với khí đơn nguyên tử, $\gamma = 5/3$,
do đó $p \sim T^{5/2}$.



ĐÁP ÁN CÂU 20

Đáp án: C

$$\begin{aligned} \text{Năng lượng cần thiết} &= \text{Năng lượng liên kết của } ^{17}\text{O} - \text{Năng lượng liên kết của } ^{16}\text{O} \\ &= 7,75 \times 17 - 7,97 \times 16 \\ &= 4,23 \text{ MeV} . \end{aligned}$$

Chúc Hội thi thành công

