大阪医科大学 2016年度（前期）入学試験 解答速報 物理

2016年2月11日 実施

I

(1) $2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$ [s]

(2) $m\left(\dfrac{v^2}{l}+g\right)$ [N]

(3) $v_\mathrm{m}=\sqrt{gl}$ [m/s]

(4) $v_0=\sqrt{5gl}$ [m/s]

(5) ${v_\mathrm{a}}^2=(2+\sqrt{3})gl$ [m²/s²]，${v_\mathrm{b}}^2=\dfrac{gl}{\sqrt{3}}$ [m²/s²]，$(x,\ y)=\left(\sqrt{\dfrac{2}{3}}l,\ \dfrac{1}{\sqrt{3}}l\right)$ [m]

解説

(1) 単振り子の周期.

(2) 求める張力を T_1 とすると，最下点における円運動の運動方程式は,

$$m\frac{v^2}{l}=T_1-mg.$$

これを解いて，$T_1=m\left(\dfrac{v^2}{l}+g\right)$ [N]

(3) 最高点における円運動の運動方程式は，張力を T_2 として，

$$m\frac{{v_\mathrm{m}}^2}{l}=T_2+mg.$$

$T_2\geqq 0$ であればよいので，$v_\mathrm{m}=\sqrt{gl}$ [m/s]

(4) 力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2=\frac{1}{2}m{v_\mathrm{m}}^2+mg\cdot 2l.$$

(3) を代入して，$v_0=\sqrt{5gl}$ [m/s]

(5) $(x,\ y)$ の点を P とし，OP と X 軸のなす角を θ とする.

力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}m{v_\mathrm{a}}^2=\frac{1}{2}m{v_\mathrm{b}}^2+mgl(1+\sin\theta)\cdots①.$$

点 P における円運動の運動方程式は，張力を T_3 として，

$$m\frac{{v_\mathrm{b}}^2}{l}=T_3+mg\sin\theta\cdots② \text{（ただし，}T_3=0\text{）}$$

条件より，点 P から O まで物体が運動する時間を t として，

$$x-v_\mathrm{b}\sin\theta\cdot t=0\cdots③$$

$$y+v_\mathrm{b}\cos\theta\cdot t-\frac{1}{2}gt^2=0\cdots④$$

① ～ ④ から t, θ を消去し答えを得る．($x=l\cos\theta,\ y=l\sin\theta$ を ③ , ④ に代入し，それらと ② から $\tan\theta=\dfrac{1}{\sqrt{2}}$ を先に求めると計算が楽).

＜次ページへつづく＞

II

① $(x-d)^2$　② $(x+d)^2$　③ $\dfrac{\lambda L}{4d}$ [m]　④ $\dfrac{9\lambda L}{4d}$ [m]　⑤ 2

⑥ nL [m]　⑦ 小さく　⑧ D 側　⑨ $\dfrac{n\lambda L}{2n'd}$ [m]

解説

(1)　$L_1 = L\left(1+\left(\dfrac{x-d}{L}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} \fallingdotseq L\left(1+\dfrac{(x-d)^2}{2L^2}\right)$．同様に $L_2 \fallingdotseq L\left(1+\dfrac{(x+d)^2}{2L^2}\right)$．

(2)　となりあう輝点の中心の間隔 $\Delta x = \dfrac{\lambda L}{2d}$ である．C が最も弱めあう点であることに気をつけると，最も C に近い輝点の C からの距離は $\dfrac{1}{2}\Delta x = \dfrac{\lambda L}{4d}$．CD の距離は $\dfrac{9}{2}\Delta x = \dfrac{9\lambda L}{4d}$．

(3)　となりあう輝点の中心の間隔が 2 倍の $\dfrac{\lambda L}{d}$ となり，C からの距離が $\dfrac{\lambda L}{2d}$ の奇数倍の位置に輝点が現れる．よって，CD 間には C からの距離が $\dfrac{\lambda L}{2d}$，$\dfrac{3\lambda L}{2d}$ である 2 つの輝点が現れる．

(4)　光の波長が $\lambda' = \dfrac{\lambda}{n}$ となる．輝点の間隔がはじめと等しくなるので，$\dfrac{\lambda' L'}{2d} = \dfrac{\lambda L}{2d}$ より，$L' = nL$.

(5)　一般に，同じ媒質であれば波長が長いほど屈折率が小さい．そのため，輝点の間隔が広がるのでそれぞれ D 側にずれる．
水中での赤外線の波長 $\lambda'' = \dfrac{2\lambda}{n'}$ より，⑨の値は $\dfrac{\Delta x}{2} = \dfrac{\lambda'' L'}{4d} = \dfrac{n\lambda L}{2n'd}$.

＜次ページへつづく＞

III

① 4.5　② 0.050　③ 3.1　④ 11 $\left(\fallingdotseq \dfrac{45}{4}\right)$

⑤ 1.8×10^2 $(= 180)$　⑥ 4.5　⑦ 0.10　⑧ 2.5

⑨ 60　⑩ 4.4　⑪ 3.4 $\left(\fallingdotseq \dfrac{75}{22}\right)$　⑫ 14 $\left(\fallingdotseq \dfrac{150}{11}\right)$

解説

(1)　電池の電圧を $E\ (= 90)$ [V]，抵抗 $\mathrm{R_1}$，$\mathrm{R_2}$ の値を $R_1\ (= 20)$ [Ω]，R_2 [Ω] とおくと，キルヒホッフの第 2 法則より，$E - R_1 I - V = 0$ すなわち，$I = 4.5 - 0.050 \times V$．特性曲線との交点を求めると 28 [V]，3.1 [A].

電球と $\mathrm{R_1}$ の電流は等しいので，消費電力が等しくなるのは電圧が等しく 45 V となるときである．したがって，特性曲線のグラフから $V = 45$ [V] のときの I の値を読み取ると，$I = 4.0$ [A] となるので，$R_1 = \dfrac{45}{4} \fallingdotseq 11$ [Ω]，消費電力は $45 \times 4 \fallingdotseq 1.8 \times 10^2$ [W] となる．

(2)　$\mathrm{R_2}$ にかかっている電圧は電球と等しく V だから，R_2 に流れる電流は $\dfrac{V}{20}$ と表せる．また，キルヒホッフの第 1 法則より，$\mathrm{R_1}$ に流れる電流は $I + \dfrac{V}{20}$ となるので，$\mathrm{R_1}$ にかかる電圧は $20\left(I + \dfrac{V}{20}\right)$ と表せる．したがって，キルヒホッフの第 2 法則より，$90 - 20\left(I + \dfrac{V}{20}\right) - V = 0$ が成り立つので，整理すると，$I = 4.5 - 0.10V$ となる．特性曲線との交点を求めると 20 [V]，2.5 [A].

電球，$\mathrm{R_1}$，$\mathrm{R_2}$ の 3 つの消費電力が等しいとき，電球と $\mathrm{R_2}$ は並列なので電圧 V は等しく，したがって電流 I も等しくなる．このとき，$\mathrm{R_1}$ の電流は $2I$ となるので，電圧は $\dfrac{V}{2}$ でなければならない．したがって，$\dfrac{3}{2}V = 90$ より，$V = 60$ [V] であることがわかる．特性曲線のグラフから I の値を読み取ると，$I = 4.4$ [A] となるので，$R_1 = \dfrac{30}{8.8} \fallingdotseq 3.4$ [Ω]，$R_2 = \dfrac{60}{4.4} \fallingdotseq 14$ [Ω].

＜次ページへつづく＞

IV

(1) 55 軒

(2) $T = 4\pi\sqrt{\dfrac{2R}{g}}$ [s]

(3) ① 長さ：$\dfrac{h}{mc}\cdots$(A)　② 時間：$\dfrac{h}{mc^2}\cdots$(F)

(4) ① -2　② -4　③ $+1$　④ 0　⑤ 8　⑥ 6

解説

(1)　送電線の全抵抗を R，1 軒の家のみが電気を使用している時の送電電流を I とするとこのときの電力損失は RI^2 となる．したがって，1 軒あたりの消費電力を P とすると，10 軒が同時に使用したときについて，

$$\frac{R(10I)^2}{10P + R(10I)^2} = \frac{2.0}{100}$$

がなりたつ．したがって，$P = 490RI^2$ であることがわかる．次に，n 軒が同時に使用したとして，

$$\frac{R(nI)^2}{nP + R(nI)^2} > \frac{10}{100}$$

であれば良いので，$n > \dfrac{490}{9} = 54.4\cdots$．よって，55 軒のとき 10% を超える．

(2)　G：万有引力定数，M：地球の質量，m：人工衛星の質量，求める周期を T とすると，運動方程式は，$m(2R)\left(\dfrac{2\pi}{T}\right)^2 = G\dfrac{Mm}{(2R)^2}$．また，$GM = gR^2$ が成り立つので，$T = 4\pi\sqrt{\dfrac{2R}{g}}$．

(3)　プランク定数 h の次元が (エネルギーの次元) × (時間の次元) であることを用いればよい．

(4)　アルファ崩壊では ${}^4_2\mathrm{He}$ の原子核が飛び出すので，質量数が 4，原子番号が 2 減少する．ベータ崩壊では電子が飛び出すので，質量数は変化しないが原子番号は 1 増加する．

講評　出題内容，計算量ともに昨年度前期より易化．

大問 I 単振動と非等速円運動．内容は平易だが (5) の計算が煩雑．深追いせずに他の問題の解答を優先するのもよいだろう．

大問 II ロイド鏡の問題．誘導も丁寧で受験生には比較的解きやすかったのではないか？ 特に後半は略図などを書きながら確実に得点したい（表記ミスがあったが，試験時間中に訂正があった模様）．

大問 III 標準的な非オーム抵抗の問題．(2) の最後が判断ミスをし易い．大問 IV (1) 送電の問題は大阪医科大では頻出．過去問の演習をていねいに行った受験生は差をつけられただろう．(3) プランク定数をからめた次元の問題。プランク定数の単位が [J·s] であることを憶えていなくとも，光子のエネルギーまたは，運動量の式を憶えていれば正解にたどり着ける．

受験生の実力が綺麗に得点差として反映される問題．総じてボーダーラインは 8 割程度だと思われる．