

2017 年度大学入試センター試験 解説 〈物理〉

第 1 問 小問集合

問 1 右向きを正として小球 B の衝突後の速度を v [m/s] とすると、衝突前後での小球 A, B の運動量保存則より、

$$4.0 [\text{kg}] \times 3.0 [\text{m/s}] + 2.0 [\text{kg}] \times (-1.0 [\text{m/s}]) = 4.0 [\text{kg}] \times 1.0 [\text{m/s}] + 2.0 [\text{kg}] \times v [\text{m/s}]$$

ゆえに、

$$v = 3.0 [\text{m/s}]$$

(答) …③

問 2 端 A のまわりでの棒 AB における力のモーメントのつりあいより、

$$0 = Mg \cdot \frac{2}{3} \ell - Th$$

T について解くと、

$$T = \frac{2\ell}{3h} Mg$$

(答) …②

問 3 電気量の大きさが等しく異符号の二つの点電荷による電気力線は、一方の電荷から出てもう一方の電荷に入っていくなめらかな曲線となる。また各点での電場の向きを連ねた曲線が電気力線なので、途中で折れ曲がったりはしない。

(答) …⑥

問 4 ア 凸レンズの焦点の外側に物体を置いたとき、凸レンズによって生じる実像は倒立実像である。

イ レンズの中心から物体までの距離を a 、像までの距離を b 、焦点距離を f とすると、レンズの式より、

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

物体をレンズから遠ざけると a は大きくなり、また f は一定なので、上式より b は小さくなり、実像はレンズに近づいていく。

(答) …⑤

- 問5 ウ 気温が低くなるほど音速は遅くなるので、上空より地表のほうが音速は遅い。
- エ 地表から斜め上方に出た音波は、屈折の法則より音速が大きいと屈折角も大きくなるので、大きく地表に向かって曲がっていく。したがって、遠くの地表面上に届きやすくなる。

(答) …⑤

第 2 問 電気と磁気

A

問 1 図 1 (a) 平行板コンデンサーの極板間は電場の強さが一定である。電場の強さを E_a とすると、

$$V = E_a x$$

したがって、①のようなグラフになる。

(答) …①

図 1 (b) 平行板コンデンサーの極板と金属板の間は電場の強さが一定であり、金属板内では静電誘導により逆向きに同じ強さの電場が生じるため、金属板内 ($d \leq x \leq 2d$) での電場は 0 で等電位となる。したがって、 $0 \leq x \leq d$, $2d \leq x \leq 3d$ では右上がりの直線、 $d \leq x \leq 2d$ では電位が一定であり、極板間の電位差は (a) と変わらず V_0 であるから、③のようなグラフになる。

(答) …③

問 2 図 1 (b) では、金属板の厚さ d だけ極板間距離が短くなったと考えてよい。図 1 (a), (b) の平行板コンデンサーの電気容量をそれぞれ C_a , C_b とすると、電気容量は極板間距離に反比例するので、

$$C_b = \frac{3d}{3d-d} C_a = \frac{3}{2} C_a \quad \text{ゆえに,} \quad \frac{U_b}{U_a} = \frac{\frac{1}{2} C_b V_0^2}{\frac{1}{2} C_a V_0^2} = \frac{C_b}{C_a} = \frac{3}{2}$$

(答) …⑤

B

問 3 コイルを貫く磁束が時間変化すると、コイルに誘導起電力が生じて抵抗器に電流が流れる。

したがって図 3 より、 $0 < t < T$, $2T < t < 3T$ のときのみ電流が流れる。

(答) …③

問 4 スイッチが P 側の場合、右ねじの法則より $0 < t < T$ のとき抵抗器を左から右に電流が流れ、 $2T < t < 3T$ のとき右から左に流れる。したがって、スイッチを Q 側にするとダイオードの整流作用で $0 < t < T$ のときのみ抵抗器に電流が流れる。

図 3 より、 $0 < t < T$ での時間変化 $\Delta t = T$, 磁束の変化 $\Delta \phi = \{ B_0 - (-B_0) \} S = 2B_0 S$ なので、コイルに生じる誘導起電力の大きさを V とすると、

$$V = N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{2B_0 SN}{T}$$

(答) …⑤

第3問 波動(光)・熱

A

問1 点Oに近い順に m 番目 ($m = 1, 2, \dots$) の明線が生じる位置でのガラス板 A, B 間の距離を Δ_m とすると, ガラス板 B の上面で反射するとき位相が反転するので,

$$2\Delta_m = (2m - 1)\frac{\lambda}{2} \dots\dots (1)$$

また, 点O から m 番目の明線までの距離を x_m とすると,

$$\frac{\Delta_m}{x_m} = \frac{a}{L} \quad \text{ゆえに,} \quad \Delta_m = \frac{a}{L} x_m$$

(1) に代入して,

$$2\frac{a}{L} x_m = (2m - 1)\frac{\lambda}{2} \quad \text{ゆえに,} \quad x_m = (2m - 1)\frac{L\lambda}{4a}$$

m 番目と $m + 1$ 番目の明線の間隔は,

$$x_{m+1} - x_m = \left\{ 2(m + 1) - 1 \right\} \frac{L\lambda}{4a} - (2m - 1) \frac{L\lambda}{4a} = \frac{L\lambda}{2a}$$

これは m によらないので, $d = \frac{L\lambda}{2a}$

(答) …②

問2 ア ガラス板 B の上面とガラス板 A の下面で反射した光は位相が2回反転するので, 直進する光との位相のずれがなくなる。したがって, 真上から見たとき明線のあった位置には暗線が見える。

イ $1 < n < 1.5$ より, 反射によって位相が変化する条件は変わらない。また, 液体中での光の波長を λ' とすると,

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = n \quad \text{ゆえに,} \quad \lambda' = \frac{\lambda}{n}$$

隣り合う明線の間隔を d' とすると, 問1の結果より,

$$d' = \frac{L\lambda'}{2a} = \frac{L\lambda}{2an} = \frac{d}{n}$$

(答) …⑥

B

問 3 状態 A での単原子分子理想気体の内部エネルギーを U_A とすると,

$$U_A = \frac{3}{2}nRT_0$$

(答) …③

問 4 状態 B での絶対温度を T_B とすると, 状態 A, B でのボイル・シャルルの法則より,

$$\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{2p_0V_0}{T_B} \quad \text{ゆえに, } T_B = 2T_0$$

(答) …④

問 5 過程 C → A での気体の内部エネルギーの変化 ΔU_{CA} は,

$$\Delta U_{CA} = \frac{3}{2}nR(T_0 - T_B) = \frac{3}{2}nR(T_0 - 2T_0) = -\frac{3}{2}nRT_0$$

過程 C → A で気体がした仕事 W_{CA} は,

$$W_{CA} = p_0(V_0 - 2V_0) = -p_0V_0 = -nRT_0$$

よって熱力学第一法則から, 過程 C → A で気体が放出した熱量 Q_{CA} は,

$$-Q_{CA} = \Delta U_{CA} + W_{CA}$$

$$\therefore Q_{CA} = \frac{3}{2}nRT_0 + nRT_0 = \frac{5}{2}nRT_0$$

[別解]

定圧モル比熱 $\frac{5}{2}R$ を用いれば,

$$Q_{CA} = \frac{5}{2}nR(T_B - T_0) = \frac{5}{2}nRT_0$$

(答) …⑤

第 4 問 力学

A

問 1 小物体は頂点 O に向かって等加速度運動をする。その加速度の大きさを α とすると、円錐面に沿った方向の運動方程式は、下向きを正として、

$$m\alpha = mg \cos \theta \quad \text{ゆえに、} \quad \alpha = g \cos \theta$$

静かに放してから頂点 O に到達するまでの時間を t とすると、等加速度直線運動の式より、

$$l = \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad \text{ゆえに、} \quad t = \sqrt{\frac{2l}{\alpha}} = \sqrt{\frac{2l}{g \cos \theta}}$$

(答) …①

問 2 円錐面から小物体に作用する垂直抗力の大きさを N とすると、上向きを正として小物体の鉛直方向の力のつりあいより、

$$0 = N \sin \theta - mg \quad \text{ゆえに、} \quad N = \frac{mg}{\sin \theta} \quad \dots\dots (2)$$

また、小物体の円運動の運動方程式より、

$$m \frac{v_0^2}{a} = N \cos \theta$$

(2) を代入して、

$$m \frac{v_0^2}{a} = \frac{mg}{\sin \theta} \cos \theta \quad \text{ゆえに、} \quad a = \frac{v_0^2 \tan \theta}{g}$$

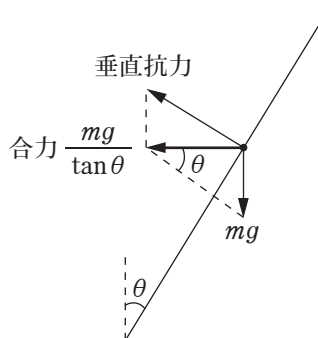
(答) …①

[別解]

小物体にはたらく重力と円錐面からの垂直抗力の合力 $\frac{mg}{\tan \theta}$ は、水平面内にあり常に円軌道の中心を向いている。円運動の方程式は、

$$m \frac{v_0^2}{a} = \frac{mg}{\tan \theta}$$

$$\therefore a = \frac{v_0^2 \tan \theta}{g}$$



問 3 点 B における小物体の速さを v_2 とする。頂点 O を重力による位置エネルギーの基準として、点 A と点 B での小物体の力学的エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2} m v_1^2 + m g l_1 \cos \theta = \frac{1}{2} m v_2^2 + m g l_2 \cos \theta$$

v_2 について解くと、

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2g(l_1 - l_2) \cos \theta}$$

(答) …④

B

問4 $M > m$ より、静かに放すと質量 M の物体は下向きに、質量 m の物体は上向きに、それぞれ動き始める。放した後の質量 M と m の物体の加速度の大きさを a とすると、それぞれ運動する向きを正として運動方程式は、

$$\text{質量 } M \text{ の物体：} Ma = Mg - T \quad \dots\dots (2)$$

$$\text{質量 } m \text{ の物体：} ma = T - mg \quad \dots\dots (3)$$

(2), (3) より a を消去して、

$$m(Mg - T) = M(T - mg) \quad \text{ゆえに、} T = \frac{2Mm}{M + m}g$$

(答) …⑥

問5 このとき、糸の張力の大きさを T' とする。エレベーターとともに運動する観測者から見たとき、質量 M の物体には鉛直下向きに大きさ Ma の慣性力がはたらいている。この物体の鉛直方向の力のつりあいより、上向きを正として、

$$0 = T' - Mg - Ma \quad \text{ゆえに、} T' = M(g + a)$$

糸の両端の張力は大きさが等しいので、糸の張力とばねの弾性力は大きさが等しい。したがって、

$$T' = kx \quad \text{ゆえに、} x = \frac{T'}{k} = \frac{M(g + a)}{k}$$

(答) …②

第5問 波動(音)

問1 ア 音源が静止している場合、観測者が音源に近づくときに観測者に聞こえる振動数を f_1' とすると、ドップラー効果の式より、

$$f_1' = \frac{V+v}{V} f_1 > f_1$$

イ 音源が静止している場合、観測者が動いても音波の波長 $\lambda_0 = \frac{V}{f_1}$ は変化しない。

(答) …⑧

問2 音源が音波を出し始めてから 1 s 後、音波の先端と音源の間の距離は $V-v$ となる。音源は 1 s 間に f_2 回振動しているので、

$$\lambda = \frac{V-v}{f_2}$$

(答) …②

問3 反射板で観測される音波の振動数は、問1で求めた f_1' になる。次に、反射板を音源と考えると、観測者が聞く音の振動数は f_3 なので、ドップラー効果の式より、

$$f_3 = \frac{V}{V-v} f_1' = \frac{V}{V-v} \frac{V+v}{V} f_1 = \frac{V+v}{V-v} f_1$$

v について解くと、

$$v = \frac{f_3 - f_1}{f_3 + f_1} V$$

(答) …①

第 6 問 放射線と原子核

- 問 1 ①…誤 α 線が最も電離作用が強いが、 β 線、 γ 線にも電離作用がある。
 ②…誤 直進するのは、正にも負にも帯電していない γ 線である。
 ③…誤 β 崩壊では原子番号が 1 増加する。
 ④…誤 たとえば放射性同位体の原子核は、放射線を放出して別の元素の原子核になる。
 ⑤…正 シーベルト [Sv] は人体への放射線の影響を評価する等価線量や実効線量などの単位である。

(答) …⑤

- 問 2 この原子核の核子をばらばらにしたとき、陽子の質量の和は Zm_p 、中性子の質量の和は $(A-Z)m_n$ である。したがって、原子核をばらばらにしたときの質量の増加量を Δm とすると、

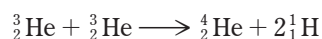
$$\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - M$$

したがって、

$$\Delta E = \Delta mc^2 = \{ Zm_p + (A-Z)m_n - M \} c^2$$

(答) …④

- 問 3 ア 原子番号の和と質量数の和は、右辺と左辺で等しいので、



- イ 左辺の原子核の核子をばらばらにしたとき、

$$7.7 [\text{MeV}] + 7.7 [\text{MeV}] = 15.4 [\text{MeV}]$$

だけエネルギーが吸収され、ばらばらの核子から右辺の原子核になったとき、28.3 MeV だけエネルギーが放出される。したがって、この反応によって、

$$28.3 [\text{MeV}] - 15.4 [\text{MeV}] = 12.9 [\text{MeV}]$$

だけエネルギーが放出される。

(答) …③