

## 2023年度大学入学共通テスト 解説 〈物理〉

### 第1問 小問集合

問1 体重計 a, b の表示する質量をそれぞれ  $m_1, m_2$ , 板の長さを  $3\ell$ , 人の質量を  $m$ , 重力加速度の大きさを  $g$  とすれば, 板に成立するつり合いの式は,

$$\text{鉛直方向の力のつり合い: } m_1g + m_2g = mg$$

$$\text{片足まわりの力のモーメントのつり合い: } 2\ell \times m_1g = \ell \times m_2g$$

となる。これらを  $m_1, m_2$  について解けば,

$$m_1 = \frac{1}{3}m, \quad m_2 = \frac{2}{3}m$$

となる。 $m = 60 \text{ kg}$  であるから,  $m_1 = 20 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 40 \text{ kg}$  となる。

(答)  …③

問2 サイクルを一周するとともにの圧力と体積に戻るため, 状態方程式より温度ももとに戻っている。気体分子運動論より一定量の理想気体の内部エネルギーは温度のみで決まるため, 温度がもとに戻れば内部エネルギーももとに戻ることになる。また, 断熱膨張  $A \rightarrow B$  と定積加熱  $B \rightarrow C$  では温度が変化しているため, 内部エネルギーも変化している。ゆえにサイクルを一周する間, 気体の内部エネルギーは「変化するがもとの値に戻る。」

(答)  …③

定積加熱  $B \rightarrow C$  で気体が外部にする仕事は 0 である。図 2 より, 断熱膨張  $A \rightarrow B$  で気体が外部にする仕事より, 等温圧縮  $C \rightarrow A$  で気体が外部からされる仕事の方が大きいため, サイクル一周で気体がされた仕事の総和は「正」である。よって熱力学第一法則より, サイクル一周で気体が吸収した熱量の総和は「負」である。

(答)  …③

問3 そりが岸に固定されて動けない状態でブロックがそりの上をすべるとき, ブロックから受ける摩擦力とつり合うように, そりは岸から水平方向の力を受ける。この外力がそりとブロックからなる系に力積を及ぼすため系に「運動量の保存則は成立しない。」また, そりが岸に固定されていない場合は系に働く外力の力積は 0 であるため系の「運動量の保存則は成立する。」また, いずれの場合もそりとブロックの間に働く摩擦力は非保存力であり, 系に負の仕事をするため, 系に「力学的エネルギー保存則は成立しない。」

(答)  …④

(答)  …②

問4 荷電粒子の電気量の大きさを  $q$ , 質量を  $m$ , 速さを  $v$ , 磁場の磁束密度の大きさを  $B$ , 円運動の半径を  $r$  とすれば,

$$m \frac{v^2}{r} = qvB \quad \therefore r = \frac{mv}{qB}$$

よって質量が大きいほど円運動の半径は大きい。

また、紙面に向かって奥向きの磁場から荷電粒子が受ける力の向きを考えれば、正の荷電粒子は紙面に向かって反時計回りに運動し、負の荷電粒子は紙面に向かって時計回りに運動する。

(答)  …④

問5 1つの光子からエネルギーを吸収し、1つの電子が飛び出すにあたってのエネルギー収支より、

$$h\nu = K_0 + W$$

図4より  $\nu = \nu_0$  のとき  $K_0 = 0$  であるから、

$$h\nu_0 = W \quad \therefore h = \frac{W}{\nu_0}$$

(答)  …⑥

プランク定数の次元に一致する選択肢は⑤しかない。

## 第2問 力学

### 空気抵抗を受ける落体の運動

問1 物体は運動と「逆向き」に空気から抵抗力を受ける。抵抗力の大きさは物体が速いほど増加する。ゆえに物体を静かに放すと、落下する速さが大きくなるにつれて抵抗力の大きさは「増加」し、落下する加速度の大きさは「減少」する。

(答)  …⑥

問2 アルミカップ3枚の速さが一定値  $v_f$  に達したという状態は、表1において枚数  $n$  が3の列で20 cmの落下に要する時間が一定に達しているところを読めばいい。その時間が0.13 sであることから、

$$v_f = \frac{20\text{cm}}{0.13\text{s}} \doteq 150\text{cm/s} = 1.5 \times 10^0 \text{ m/s}$$

(答)  …①

(答)  …⑥

(答)  …⑩

問3 アルミカップの枚数  $n$  は落体の質量  $m$  に比例する。予想していた結果とは  $v_f = \frac{mg}{k}$  に基づく  $v_f$  と  $n$  の比例関係である。それは単なる単調増加性にとどまることのない、原点を通る直線的な関係である。

(答)  …②

問4 抵抗力の大きさが速さの2乗に比例すると仮定した場合に得られる  $v_f = \sqrt{\frac{mg}{k'}}$  の関係より、 $v_f$  は  $\sqrt{n}$  に比例する。これは  $v_f^2$  が  $n$  に比例するとも言換えられる。

(答)  ・  …④, ⑧ (順序問わず)

問5 図5の隣り合う2点を結ぶ直線の傾きがその付近での加速度の大きさ  $a$  を表す。これに対応する最適の記述は  の選択肢において (c) である。落下するアルミカップの運動方程式

より,

$$ma = mg - R \quad \therefore R = m(g - a)$$

ゆえに  の選択肢は (c) である。

(答)  …⑨

### 第3問 波動

音源・観測者が円運動するときのドップラー効果

問1 向心加速度の大きさは  $\frac{v^2}{r}$  と表されるため、向心力の大きさは  $\frac{mv^2}{r}$  である。また、円運動において向心力と速度は直交するため、向心力がする仕事は0である。

(答)  …⑤

問2 音源が運動する場合に観測者が観測する振動数  $f$  は、音源の速度の観測者へ向かう成分  $u$  を用いて  $f = \frac{V}{V-u} f_0$  と表される。 $f = f_0$  となるのは、 $u = 0$  となるときである。 $u = 0$  となる点は C と D である。

(答)  …⑥

問3  $f = \frac{V}{V-u} f_0$  の式において、点 A では  $u = v$ 、点 B では  $u = -v$  であるから、

$$f_A = \frac{V}{V-v} f_0, \quad f_B = \frac{V}{V+v} f_0$$

となる。これらを連立して  $f_0$  を消去すれば、

$$v = \frac{f_A - f_B}{f_A + f_B} V$$

を得る。

(答)  …⑥

問4 観測者が運動する場合に観測者が観測する振動数  $f'$  は、観測者の速度の音源から観測者へ向かう成分  $u'$  を用いて  $f' = \frac{V-u'}{V} f_0$  と表される。 $u'$  が最小となるのは点 A で  $u' = -v$ 、最大となるのは点 B で  $u' = v$  であるから、 $f'$  は点 A において最も大きく、点 B において最も小さい。

(答)  …①

問5 媒質である空気に対する音の速さは不変であるから、(a) は誤り。原点 O から見れば音源の視線速度は常に0であり、観測される波長も振動数も常に一定であるから、(b) は正しい。音源が静止しており、音源から見た音の速さはいつでも一定であるため、(c) は正しい。音源が静止しているとき、音源から発される音波の波長は一定であるため、(d) は誤り。

(答)  …④

## 第4問 電磁気学

### コンデンサーの放電過渡現象

問1 コンデンサーの極板間の一様電場の大きさ  $E$  と電位差  $V$ 、極板間距離  $d$  の間には  $V = Ed$  の

関係が成り立つから、 $E = \frac{V}{d}$  である。極板間の電気力線の本数は  $4\pi k_0 Q$  本と表される一方、

電場の大きさ  $E$  と極板の面積  $S$  を用いて  $ES$  本とも表せるため、

$$4\pi k_0 Q = ES \quad \therefore Q = \frac{ES}{4\pi k_0}$$

が成り立つ。電気容量の定義より、

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\frac{ES}{4\pi k_0}}{Ed} = \frac{S}{4\pi k_0 d}$$

であることがわかる。

(答) 21 …⑧

問2  $t = 0$  にスイッチを開いた直後において、抵抗にかかる電圧は  $5.0 \text{ V}$  である。図3より  $t = 0$  における電流を読み取れば、 $100 \text{ mA}$  である。求める抵抗の値を  $R$  とすれば、オームの法則より、

$$R = \frac{5.0 \text{ V}}{100 \text{ mA}} = 50 \Omega$$

となる。

(答) 22 …⑦

問3 横軸の  $1 \text{ cm}$  が  $10 \text{ s}$  に、縦軸の  $1 \text{ cm}$  が  $10 \text{ mA}$  に対応することから、グラフの  $1 \text{ cm}^2$  に対応する電気量は、 $10 \text{ mA} \times 10 \text{ s} = 0.1 \text{ C}$  に対応することがわかる。これより、グラフの  $45 \text{ cm}^2$  に対応する電気量は、 $45 \times 0.1 \text{ C} = 4.5 \text{ C}$  となる。 $t = 0$  においてコンデンサーに蓄えられていた電気量がこの値に等しいと考えれば、電気容量の定義より、

$$C = \frac{4.5 \text{ C}}{5.0 \text{ V}} = 9.0 \times 10^{-1} \text{ F}$$

となる。

(答) 23 …③, 24 …⑧

問4  $2^{10} = 1024 \approx 1000$  より、電流が最初の  $\frac{1}{1000}$  になるまでには、電流が  $\frac{1}{2}$  になる時間の約  $10$  倍の時間がかかる。よって、求める時間は、

$$35 \text{ s} \times 10 = 350 \text{ s}$$

程度である。

(答) 25 …④

問5  $t = t_1$  においては抵抗を流れる電流が最初の  $\frac{1}{2}$  になっていることから、抵抗の電圧も  $\frac{1}{2}$  になっている。コンデンサーの電圧は抵抗の電圧に等しいことから、 $t = t_1$  においてコンデンサー

に蓄えられている電気量が  $\frac{Q_0}{2}$  であることがわかる。よって、 $t=0$  から  $t=t_1$  までに放電された電気量  $Q_1$  は  $Q_0 - \frac{Q_0}{2} = \frac{Q_0}{2}$  に等しい。ゆえに、 $Q_0 = \underline{\quad\quad}$   $2Q_1$  である。 $Q_1$  のおおよその値をグラフから読み取れば、 $Q_1 \approx 2.5 \text{ C}$ 、すなわち  $Q_0 \approx 5.0 \text{ C}$  である。この値を用いて電気容量の値を求めれば、

$$C = \frac{5.0\text{C}}{5.0\text{V}} = 1.0\text{F}$$

である。この値がより正しいとすれば、問3で求めた値は約10% 小さかった ということになる。

エ

(答)  …⑥