

2013 年度大学入試センター試験 解説 〈物理 I〉

第 1 問 小問集合

問 1 バイオリンの弦の振動数を f とする。振動数 440.0 Hz のおんさとのうなりの周期が 0.5 s であり、題意より $f < 440.0$ Hz だから、単位時間あたりのうなりの回数（うなりの振動数）について

$$440.0 \text{ Hz} - f = \frac{1}{0.5\text{s}}$$

が成り立つ。これより

$$f = 440.0 \text{ Hz} - 2.0 \text{ Hz} = \underline{438.0} \text{ Hz}$$

(答) …①

問 2 $3.6 \text{ km/h} = 1.0 \text{ m/s}$ であることに注意して、1 秒間にプロペラ部分に流入する海水の運動エネルギー K は

$$K = \frac{1}{2} \times (3.0 \times 10^3 \text{ kg}) \times (1.0 \text{ m/s})^2 = 1.5 \times 10^3 \text{ J}$$

得られた電力が $P = 4.5 \times 10^2 \text{ W}$ なので、1 秒あたり流入する運動エネルギーに対する割合は

$$\frac{4.5 \times 10^2 \text{ W}}{1.5 \times 10^3 \text{ J/s}} = 0.30 = \underline{30} \%$$

(答) …②

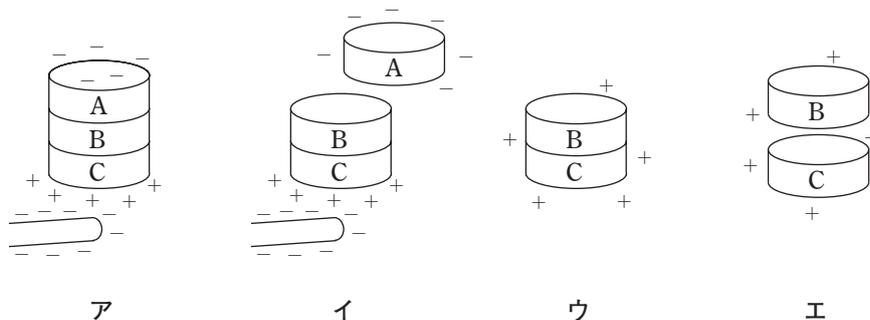
問 3 ア 棒に近い C の下面に正電荷が引き寄せられ、棒から遠い A の上面に負電荷が反発されて、それぞれ分布する。

イ 遠ざけられた A には負電荷が残り、C の下面には正電荷が引き寄せられたまま分布する。

ウ 棒が遠ざけられたため、正電荷が B と C 全体の表面に分布する。

エ B と C を分離すると、正電荷はそれぞれの表面に分布する。

以上より、すべての操作が終わった後、A は負に、B は正に帯電している。



(答) …③

問 4 A の自由落下に要する時間を t とすると、

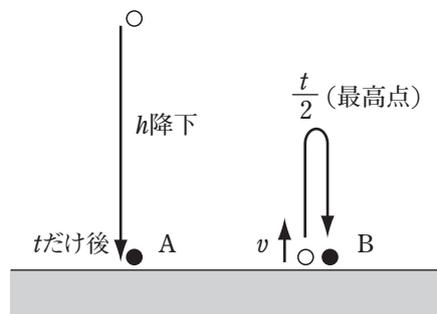
$$\frac{1}{2}gt^2 = h \quad \text{より} \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

同じ時間 t の間に、地面から速さ v で投げ上げられた B が再び地面に落下するから、B は投げ上げから時間 $\frac{t}{2}$ だけ後に最高点に達して速さがゼロになる。すなわち、

$$v - g \times \frac{t}{2} = 0$$

が成り立つので、 t を消去して v を求めると、

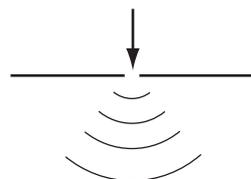
$$v = \frac{1}{2}gt = \sqrt{\frac{gh}{2}}$$



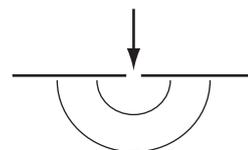
(答) ...②

問 5 振動数を半分にすると波長は 2 倍になり、波面の間隔は広くなる。

また、波長が長くなるほど障害物の後方に波がまわりこむ現象（回折）が現れやすくなるので、適切な図は②とわかる。



(変化前)



(変化後)

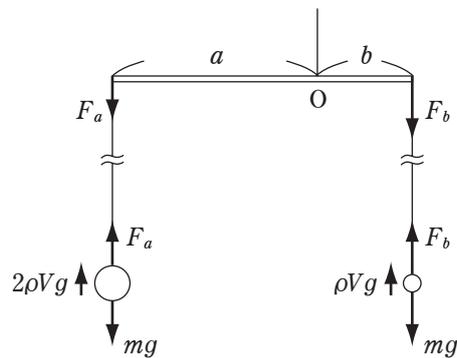
(答) ...②

問6 左右のおもりにつないだ糸の張力の大きさを、それぞれ F_a 、 F_b とする。おもりのつり合いの式は、張力の他に重力と浮力を考えて、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{左のおもり} \quad F_a + 2\rho Vg = mg \\ \text{右のおもり} \quad F_b + \rho Vg = mg \end{array} \right. \quad \text{より} \quad \left\{ \begin{array}{l} F_a = (m - 2\rho V)g \\ F_b = (m - \rho V)g \end{array} \right.$$

さらに、棒に関して点 O まわりの力のモーメントのつり合いを考えると、

$$a \times F_a = b \times F_b \quad \text{より} \quad \frac{a}{b} = \frac{F_b}{F_a} = \frac{m - \rho V}{m - 2\rho V}$$



(答) 6 …④

第 2 問 電磁気

A

問 1 コイルを貫く磁束の時間変化が激しいと、誘導起電力が大きく発生し、検流計の針の振れも大きくなる。

ア 磁石を強くすると磁束が増すので、コイルを通過するときの磁束の時間変化も激しくなる。したがって、検流計の針の振れは大きくなる。

イ コイルの巻き数を半分にすると、コイル全体に生じる誘導起電力の大きさが半減する。したがって、検流計の針の振れは小さくなる。

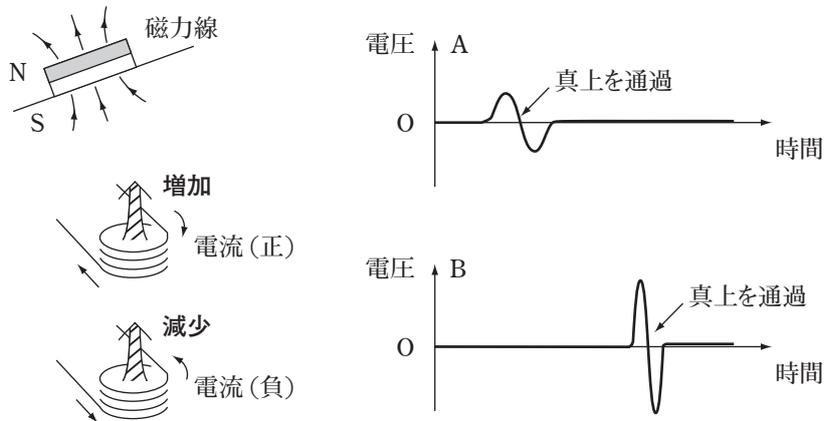
(答) …②

問 2 磁石による磁力線は、斜面を裏から表向きに貫く。

磁石がコイルに近づくと、レンツの法則により裏向きの磁場を生むような電圧が生じるが、これは指定された電流の正の向きにあたる。

逆に磁石がコイルから遠ざかると、負の向きの電圧が生じる。

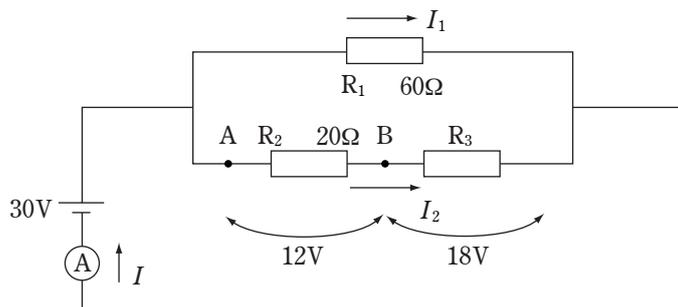
また、磁石が斜面をすべり下りると、2つのコイルのうちコイル B を通過するときの方が、磁石が速く、磁束の時間変化が激しいので、生じる電圧の大きさも大きい。



以上より、適切なグラフは③

(答) …③

B
問 3



AB 間の電圧 V_2 が $V_2 = 12\text{V}$ であれば、抵抗 R_2 と R_3 に流れる電流 I_2 は、

$$I_2 = \frac{12\text{V}}{20\Omega} = 0.6\text{A}$$

また、抵抗 R_3 にかかる電圧 V_3 は、

$$V_3 = 30\text{V} - V_2 = 30\text{V} - 12\text{V} = 18\text{V}$$

したがって、抵抗 R_3 の抵抗値 R_3 は、

$$R_3 = \frac{V_3}{I_2} = \frac{18\text{V}}{0.6\text{A}} = \underline{\underline{30\Omega}}$$

加えて抵抗 R_1 には電流 $I_1 = \frac{30\text{V}}{60\Omega} = 0.5\text{A}$ が流れるので、電流計を流れる電流 I は

$$I = I_1 + I_2 = 0.5\text{A} + 0.6\text{A} = \underline{\underline{1.1\text{A}}}$$

(答) …④

(答) …③

問 4 抵抗 R_1 での消費電力 P_1 は、 $P_1 = \frac{(30\text{V})^2}{60\Omega} = 15\text{W}$ で、変化しない。

抵抗 R_4 の抵抗値を 0Ω から大きくしていくと、抵抗 R_2 に流れる電流 I_2 は減少するので、 R_2 の消費電力 $P_2 = 20\Omega \times I_2^2$ は、減少する。

したがって、適切な組み合わせは⑥

(答) …⑥

第3問 波動

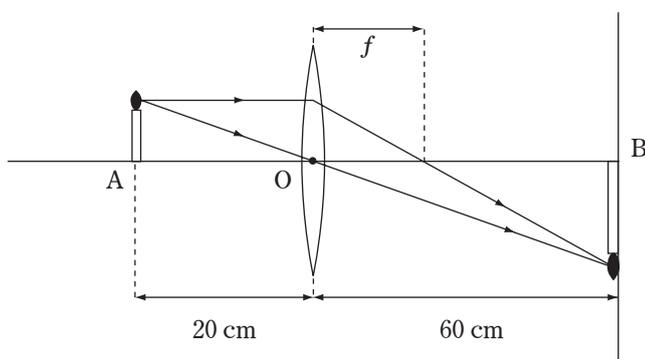
A

問1

- ① レンズの一部を隠すと、通過する光量が減るので像は暗くなるが、形が変わることはない … (正)
- ② この場合にスクリーンにできるのは、倒立実像である。… (誤)
- ③ 像が作られるのは、レンズによって光が屈折の法則にしたがって集まるからである。… (誤)
- ④ 虚像ができるのは、この場合はスクリーン上ではなく、ろうそくと同じ側である。… (誤)

(答) 12 …①

問2



題意より、凸レンズの焦点距離 f は、 $f = 15 \text{ cm}$ とわかる。レンズの公式は

$$\frac{1}{OA} + \frac{1}{OB} = \frac{1}{f}$$

であるので、これから OA を求めると、

$$\frac{1}{OA} = \frac{1}{15 \text{ cm}} - \frac{1}{60 \text{ cm}} = \frac{1}{20 \text{ cm}} \quad \therefore OA = \underline{20 \text{ cm}}$$

また、倍率 m は $m = \frac{OB}{OA} = \frac{60 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = \underline{3.0}$

以上より、適切な組み合わせは⑦

(答) 13 …⑦

B

問3 スピーカーから出された音の波長 λ は、 $\lambda = \frac{340 \text{ m/s}}{1700 \text{ Hz}} = 0.20 \text{ m}$ である。

メガホン A とメガホン B がそれぞれ点 P と点 Q にあるときは、点 O からの経路差がゼロで音が強め合う条件を満たしている。メガホン B は、音が弱め合って小さく聞こえる点 R までに $\frac{\lambda}{2} = 0.10 \text{ m}$ だけ点 O に近づいているとわかる。

$$OR = OQ - \frac{\lambda}{2} = 1.20 \text{ m} - 0.10 \text{ m} = \underline{1.10} \text{ m}$$

(答) …④

問4 x 軸に沿ってスピーカーの位置を変えると、原点 O が強め合う条件を満たす位置なので、筒 C での音の大きさはスピーカーの位置が原点 O で最大となる。

y 軸に沿ってスピーカーの位置を変えると、強め合う条件は満たされたままである。その状態でスピーカーがメガホンに近づくので、筒 C での音の大きさは徐々に大きくなる。

したがって、適切な組み合わせは⑥

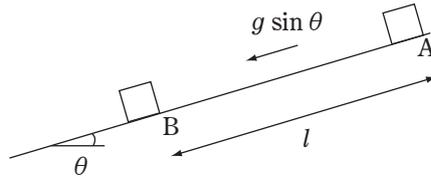
(答) …⑥

第 4 問 力学・気体の状態変化

A

問 1 物体は点 A から点 B までの距離 l に渡り、加速度の大きさ $g \sin \theta$ で初速度ゼロで等加速度運動を行う。求める時間を t として、

$$\frac{1}{2}(g \sin \theta)t^2 = l \quad \text{より} \quad t = \sqrt{\frac{2l}{g \sin \theta}}$$



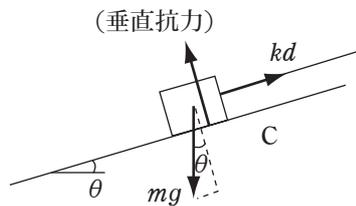
(答) 16 …④

問 2 速さが最大の点 C では加速度がゼロになるので、ここでは斜面に平行な力が釣り合う。BC 間の距離はばねの伸びに等しく、これを d とおくと、点 C でのつり合いの式

$$0 = kd - mg \sin \theta \quad \text{より} \quad d = \frac{mg}{k} \sin \theta$$

したがって AC 間距離は

$$l + d = l + \frac{mg}{k} \sin \theta$$



(答) 17 …③

問 3 速さが最大の点 C では運動エネルギーも最大であり、ここでは位置エネルギーは最小である。また、静かに手離した点 A と最下点である点 D ではともに運動エネルギーはゼロであり、点 A と点 D での位置エネルギーは等しい。以上より、適切なグラフは①

(答) 18 …①

(考察) 点 A を基準に、斜面に沿って下方へ向く座標を x とする。

重力による位置エネルギー U_g は、 $U_g = mg(-x \sin \theta) = -mgx \sin \theta$

範囲 $0 \leq x \leq l$ では、ばねが自然長なので、位置エネルギーの和 U は、 $U = U_g$ であり、これはグラフにおいて AB 間が負の傾きの直線になることを意味する。

範囲 $l < x$ では、ばねの弾性力による位置エネルギー U_k が加わる。糸が張った点 B ($x = l$) からの距離がばねの伸びになるので、 $U_k = \frac{1}{2}k(x-l)^2$

ここで、点 C でのつり合いの式 $mg \sin \theta = kd$ を用いて位置エネルギーの和 $U = U_g + U_k$ を求めると、

$$\begin{aligned} U &= -kdx + \frac{1}{2}k(x-l)^2 \\ &= \frac{1}{2}k\{x^2 - 2(l+d)x + l^2\} \\ &= \frac{1}{2}k\{[x - (l+d)]^2 - (l+d)^2 + l^2\} \end{aligned}$$

であり、点 C ($x = l + d$) で最小値をとる下に凸の放物線であることがわかる。

なお、最下点 D の位置 $x = x_D$ は $U = 0$ となる点のうち $x_D > l + d$ であるものであり、これを解くと

$$x_D = (l + d) + \sqrt{(2l + d)d}$$

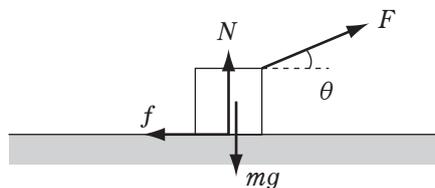
が得られる。

B

問 4 小物体が床から受ける垂直抗力の大きさを N として、鉛直方向のつり合いの式

$$0 = N + F \sin \theta - mg \quad \text{より} \quad N = mg - F \sin \theta$$

したがって、動摩擦力の大きさ f は、 $f = \mu'N = \mu'(mg - F \sin \theta)$



(答) 19 ...②

問5 小物体が点Oから点Pまで動く間に、大きさ F の力からなされた仕事 W_F は、 $W_F = Fl \cos \theta$ 、
 動摩擦力からなされた仕事 W_f は、 $W_f = -fl$ である。

求める速さを v として、運動エネルギー変化と仕事の関係

$$\frac{1}{2}mv^2 - 0 = W_F + W_f \quad \text{より} \quad \frac{1}{2}mv^2 = (F \cos \theta - f)l \quad \therefore v = \sqrt{\frac{2l(F \cos \theta - f)}{m}}$$

(答) 20 …⑥

問6 加速度が(ゼロでない)一定値の等加速度運動では、移動距離は時間の2次関数となるので、
 グラフは放物線で描ける。ここに点Oから点Qへ向かう向きを正として、OP間では加速度が
 正であり、グラフは下に凸の放物線となる。またPQ間では加速度が負であり、グラフは上に
 凸の放物線になるので、適切なものは③

(答) 21 …③

C

問7 ピストンを右にゆっくり移動させると、気体は断熱膨張するので温度は低下する。

$$T_0 > T_1$$

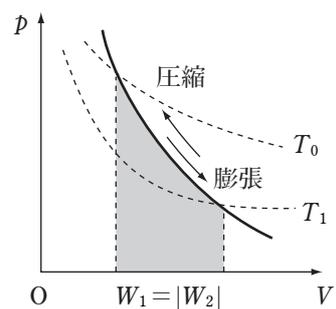
ピストンを左へゆっくり移動させて元に戻すまでは、断熱圧縮される。温度が T_0 に戻れば、
 始めからの内部エネルギー変化 ΔU は、 $\Delta U = 0$ である。また断熱変化なので、気体が得た熱量
 Q も、 $Q = 0$ である。したがって、気体がした仕事の和 $W_1 + W_2$ は、熱力学第1法則から

$$\Delta U = Q - (W_1 + W_2) \quad \text{より} \quad W_1 + W_2 = 0$$

したがって、適切な組み合わせは⑧

(答) 22 …⑧

(考察) このような断熱変化では、圧力-体積 ($p-V$) グラフ
 において、等温線 $pV = \text{一定}$ よりも急激な断熱線に沿って気
 体の状態が変化する。ピストンを右へ移動させるときは断熱
 膨張、左へ移動させるときは断熱圧縮であり、 $T_0 > T_1$ の2
 つの温度の間で変化がおきる。また、気体がした仕事は p
 $-V$ グラフの囲む面積と対応させて考えることができる。
 膨張の際は $W_1 > 0$ 、圧縮の際は $W_2 < 0$ であり、これらの大
 きさはともに等しい。 $(|W_2| = W_1)$
 したがって、 $W_1 + W_2 = 0$ とわかる。



問 8 真空のシリンダー内へ気体が広がる際には、気体は仕事をせず、また熱量の出入りもないので、熱力学第 1 法則より内部エネルギーは変化しない。したがって、温度も変化せず $T_3 = T_0$ である。

全体に広がったのち、ピストンでゆっくりと気体を容器内に戻す間は断熱圧縮であり、気体の温度は上昇するから $T_3 < T_4$ である。

したがって、適切な組み合わせは①

(答)

23

 …①