# 2010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**　ばねが $d$ だけ伸びておもりが静止しているとき，つりあいの式は $mg = kd$

さらに $x$ だけ下げると，ばねの伸びは $d + x$ なので，つりあいの式は　$F + mg = k(d + x)$

2式を比べて，$F = kx$

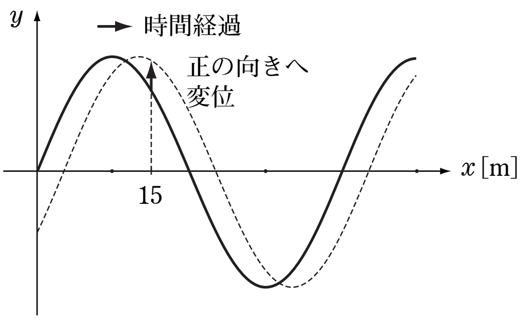
（答）$\boxed{1}$…①

**問２**　コイルを貫く磁束の時間変化が最も急激になるように動かすことを考える。

直線電流周囲の磁場の強さは導線からの距離に依存するから，導線に対して垂直に動かすとよい。また，コイル面を磁場が垂直に貫くように，コイル面を点Aと導線を含む面内に保つとよい。

（答）$\boxed{2}$…①

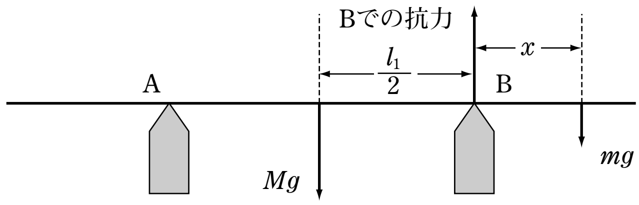
**問３**　与えられた $t = 0$ での波形を $+x$ 方向に平行移動すると，$x = 15$ [m] ではこのあと $+y$ 方向に変位していくことがわかる。




速さ $V = 20$ [m/s]，波長 $\lambda = 40$ [m] より，この波の周期 $T$ は $T = \dfrac{\lambda}{V} = \dfrac{40[\mathrm{m}]}{20[\mathrm{m/s}]} = 2.0$ [s] なので，適切なグラフは③となる。

（答）$\boxed{3}$…③

**問 4**　レールが B を支点として傾き始めるとき，A での抗力の大きさはゼロである。




レールの重心は AB の中点であるから，このとき B を基準とした力のモーメントのつりあいの式

$$\frac{l_1}{2}Mg = x \cdot mg \qquad \text{より} \qquad x = \frac{M}{2m}l_1$$

（答）$\boxed{4}$…②

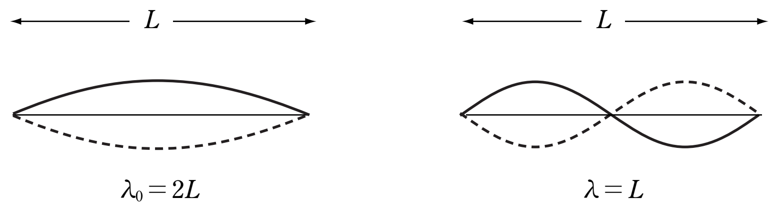
**問 5**　水が得た熱量 $Q_1$ は，$Q_1 = (94\,[℃] - 14\,[℃]) \times 360\,[\mathrm{g}] \times 4.2\,[\mathrm{J/g\cdot K}] = 120960\,[\mathrm{J}]$

電気ポットの消費エネルギー $Q_2$ は，$Q_2 = 800\,[\mathrm{W}] \times 3 \times 60\,[\mathrm{s}] = 144000\,[\mathrm{J}]$

$$\therefore \quad \frac{Q_1}{Q_2} = 0.84 = 84\%$$

（答）$\boxed{5}$…⑦

**問 6**




基本振動の時の波長 $\lambda_0$ は，$\lambda_0 = 2L$ なので，弦を伝わる波の速さ $v$ は $v = f_0\lambda_0 = 2f_0L$ である。

また，節が 1 つあるとき定常波の波長は基本振動の時の $\frac{1}{2}$ 倍になるので，振動数は 2 倍の $f = 2f_0$ になる。

（答）$\boxed{6}$…⑥

## 第２問　電磁気

**A**

**問１**　変圧器では，１次コイルと２次コイルの電圧の比は巻き数の比に等しいので，

(1次コイルの巻き数)：(2次コイルの巻き数) $= 6600\,[\mathrm{V}] : 100\,[\mathrm{V}] = 66 : 1$

(答) $\boxed{\ 1\ }$…⑥

**問２**　損失のない変圧器では (電力)＝(電圧)×(電流) が等しく伝わるので，電圧を10倍にすると電流は $\dfrac{1}{10}$ 倍になる。

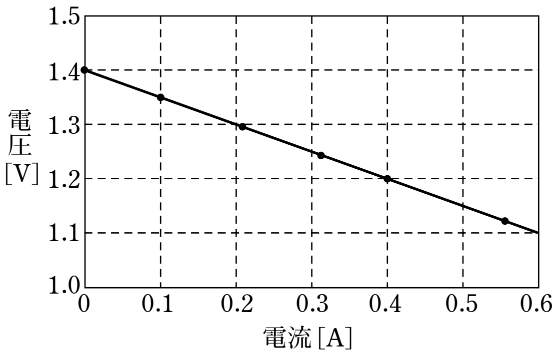
(答) $\boxed{\ 2\ }$…②

また，送電線の抵抗を $r$，流れる電流を $I$ とすると，失われる電力は $rI^2$ と表されるので，電流が $\dfrac{1}{10}$ 倍になれば失われる電力は $\dfrac{1}{100}$ 倍になる。

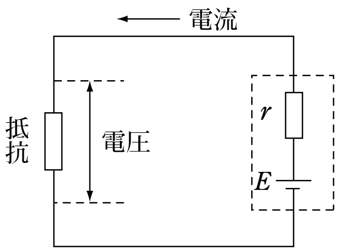
(答) $\boxed{\ 3\ }$…①

**B**

**問３**　抵抗両端の電圧を $V$，流れる電流を $I$ とすると，$V = E - rI$ と表される。



(a)



(b)

これを $V-I$ グラフにしたとき，起電力 $E$ は縦軸切片に相当するから，測定結果とグラフを比べて $\underline{E = 1.40\,[\mathrm{V}]}$ と推定できる。

また，測定値 (例： $V = 1.20\,[\mathrm{V}]$，$I = 0.40\,[\mathrm{A}]$) を用いると，

$$1.20\,[\mathrm{V}] = 1.40\,[\mathrm{V}] - r \times 0.40\,[\mathrm{A}] \qquad \therefore \quad r = \frac{0.20\,[\mathrm{V}]}{0.40\,[\mathrm{A}]} = \underline{0.50\,[\Omega]}$$

(答) $\boxed{\ 4\ }$…③

**問 4**　一様な抵抗では，電気抵抗値は長さに比例するので，AB 間の抵抗 $R$ と BC 間の抵抗 $R'$ について

$$\overline{\mathrm{AB}} : \overline{\mathrm{BC}} = R : R' = L : x \qquad \therefore \quad R' = R\frac{x}{L}$$

（答）$\boxed{5}$…②

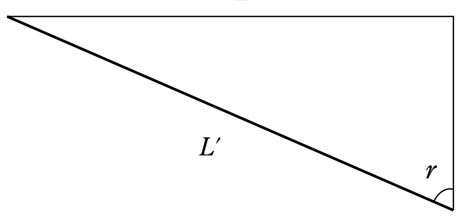
また，検流計の針が振れていなければ，内部抵抗での電圧降下が生じないので，BC 間の電圧は電池の起電力 $E$ に等しい。

（答）$\boxed{6}$…④

## 第 3 問　波動

A

**問 1**



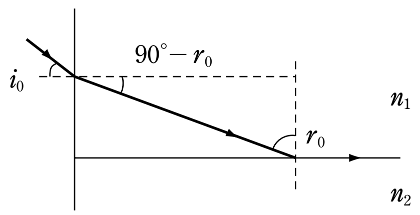

光路を折り返して考えると，入射から出射までに光が進む距離 $L'$ は $L' = \dfrac{L}{\sin r}$ である。

屈折率 $n_1$ の媒質中では光速が $c' = \dfrac{c}{n_1}$ となるので，求める時間 $t$ は

$$t = \frac{L'}{c'} = \frac{n_1 L}{c \sin r}$$

（答）$\boxed{1}$…⑤

**問 2**




媒質 1 と媒質 2 の境界面で全反射が始まるとき，$n_1 \sin r_0 = n_2 \sin 90^\circ$ より　$\sin r_0 = \dfrac{n_2}{n_1}$ である。

また，入射端面では媒質 1 への屈折角が $90^\circ - r_0$ になることに注意して，屈折の法則

$$\sin i_0 = n_1 \sin(90^\circ - r_0)$$

より　$\sin i_0 = n_1 \cos r_0 = n_1\sqrt{1-\left(\dfrac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$

（答）$\boxed{2}$…④

B

**問 3**　波源 A，B が**逆位相**で振動しているとき，水面上の任意点から A，B までの距離をそれぞれ $r_A$，$r_B$ として，波が**強めあう**条件は整数 $m$ を用いて

$$r_A - r_B = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

とできる。これは A，B を焦点とする双曲線群を表す。ただし，取り得る経路差は最大で波源間距離 $d = 3.3\lambda$ なので，整数 $m$ は

$|r_A - r_B| \leqq 3.3\lambda$　すなわち　$\left|m - \dfrac{1}{2}\right| \leqq 3.3$

を満たすものでなくてはならない。

これより　$-2.8 \leqq m \leqq 3.8$　　∴　$m = -2,\ -1,\ 0,\ 1,\ 2,\ 3$ となり，計 6 本の双曲線が得られる。

（答）$\boxed{3}$…⑤

**問 4**　経路 AP と BP がほぼ平行とみなせれば，経路差は $\overline{\mathrm{AP}} - \overline{\mathrm{BP}} = d\cos\theta$ と近似できる。波源 A，B が**同位相**で振動しているとき，波が**強めあう**条件は整数 $m$ を用いて　$d\cos\theta = m\lambda$

（答）$\boxed{4}$…③

$d = 3.3\lambda$ のときには，$\cos\theta = \dfrac{m}{3.3}$ となる。ここで，$|\cos\theta| \leqq 1$ だから，$-3.3 \leqq m \leqq 3.3$ となり，条件を満たす $\cos\theta$ は

$$m = -3,\ -2,\ -1,\ 0,\ 1,\ 2,\ 3$$

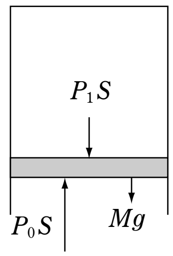
の 7 通り存在し，対応する角 $\theta$ はその 2 倍の 14 通りある。

（答）$\boxed{5}$…⑥

## 第 4 問　力学・熱とエネルギー

A

**問 1**




ピストンのつりあいの式

$P_1S + Mg = P_0S$　より　$P_1 = P_0 - \dfrac{Mg}{S}$

（答）$\boxed{\quad 1 \quad}$…①

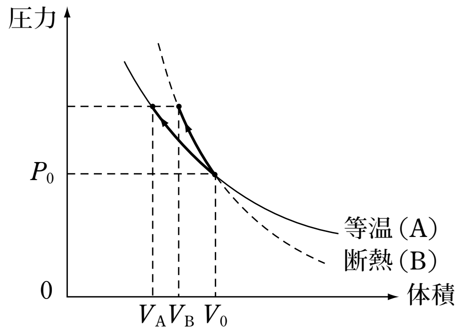
**問 2**　気体の体積を，問 1 のとき $V_1$，問 2 のとき $V_2$ とする。

シリンダーを水平にすると，気体の圧力は $P_0$ になる。温度が $T_0$ で一定だからボイルの法則

$P_0V_2 = P_1V_1$　より　$\dfrac{V_2}{V_1} = \dfrac{P_1}{P_0}$

（答）$\boxed{\quad 2 \quad}$…②

**問 3**




押し縮めた後，ピストンのつりあいより 2 つのシリンダー内の気体の圧力は等しい。

断熱圧縮で，B の気体の温度は上昇するから，$\underline{T_B > T_0}$ となる。

また，状態 $(P_0,\ V_0)$ から，等温線 (A) と断熱線 (B) に沿って状態が変化すると，同一圧力での体積はグラフより $\underline{V_A < V_B}$ になることがわかる。

（答）$\boxed{\quad 3 \quad}$…②

B

**問4**　ばねが最も縮んだとき，小物体は一瞬静止する。このときの自然長からの縮み $d$ は

$$\frac{1}{2}kd^2=\frac{1}{2}mv^2 \quad より \quad d=\sqrt{\frac{m}{k}}\,v$$

したがって，このときのばねの長さは $l-d=l-\sqrt{\dfrac{m}{k}}\,v$

（答）$\boxed{\quad 4 \quad}$…⑥

**問5**　求める高さを $h$ とすると，力学的エネルギー保存則

$$mgh=\frac{1}{2}mv^2 \quad より \quad h=\frac{v^2}{2g}$$

（答）$\boxed{\quad 5 \quad}$…①

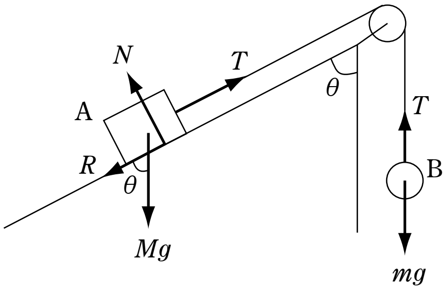
**問6**　ばねに接している間は左向き（負の向き）の力によって加速度が生じる。その大きさはばねの縮みの時間変化に比例するので，ゼロから次第に増したのち減少してゼロに戻って，小物体はばねから離れる。

その後，斜面上を運動する間は，重力の斜面成分による正の向きの一定加速度が生じるので，適切なグラフは⑤

（答）$\boxed{\quad 6 \quad}$…⑤

C

問7




糸の張力を $T$，斜面が A に及ぼす垂直抗力を $N$，静止摩擦力を $R$ として，つりあいの式

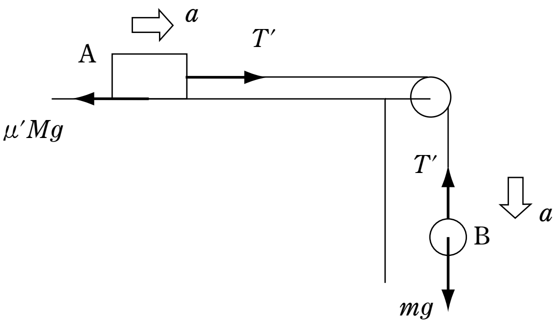
$$\begin{cases} \text{A（斜面と平行）} \quad T = R + Mg\cos\theta \\ \text{A（斜面と垂直）} \quad N = Mg\sin\theta \\ \text{B（鉛直方向）} \quad T = mg \end{cases} \quad \text{より} \quad \begin{cases} R = mg - Mg\cos\theta \\ N = Mg\sin\theta \end{cases}$$

A がすべり始める $\theta = \theta_1$ のとき $R = \mu N$ となるから，

$$mg - Mg\cos\theta_1 = \mu Mg\sin\theta_1 \qquad \therefore \quad \frac{m}{M} = \cos\theta_1 + \mu\sin\theta_1$$

（答）$\boxed{\ 7\ }$…④

問8




A が面から受ける動摩擦力の大きさは $R' = \mu' Mg$ となる。張力を $T'$，A と B の加速度の大きさを $a$ として，運動方程式

$$\begin{cases} \text{A（水平右向き）} \quad Ma = T' - \mu' Mg \\ \text{B（鉛直下向き）} \quad ma = mg - T' \end{cases} \quad \text{より} \quad a = \frac{m - \mu' M}{m + M}g$$

求める速さを $v$ とすると，等加速度運動の公式より

$$v^2 - 0^2 = 2ah \qquad \therefore \quad v = \sqrt{2ah} = \sqrt{\frac{2gh(m - \mu' M)}{m + M}}$$

（答）$\boxed{\ 8\ }$…⑥