2012 年度センター試験物理 I

第 1 問

問 1

波長 $\lambda = 2.0$ m，振動数 $f = \dfrac{5}{10}$ Hz より，

$$v = f\lambda = 2.0 \times \frac{5}{10} = 1.0 \text{ m/s}$$

問 2

略

問 3

A と B は糸によりその運動が束縛されるため，加速度の大きさが等しい。

したがって，A の上向きの加速度を α とすると，B の下向きの加速度も α である。

糸の張力を T とすると，

A の運動方程式： $m\alpha = T - mg$ ・・・①

B の運動方程式： $3m\alpha = -T + 3mg$ ・・・②

①＋②より， $4m\alpha = 2mg$ $\therefore \alpha = \dfrac{g}{2}$

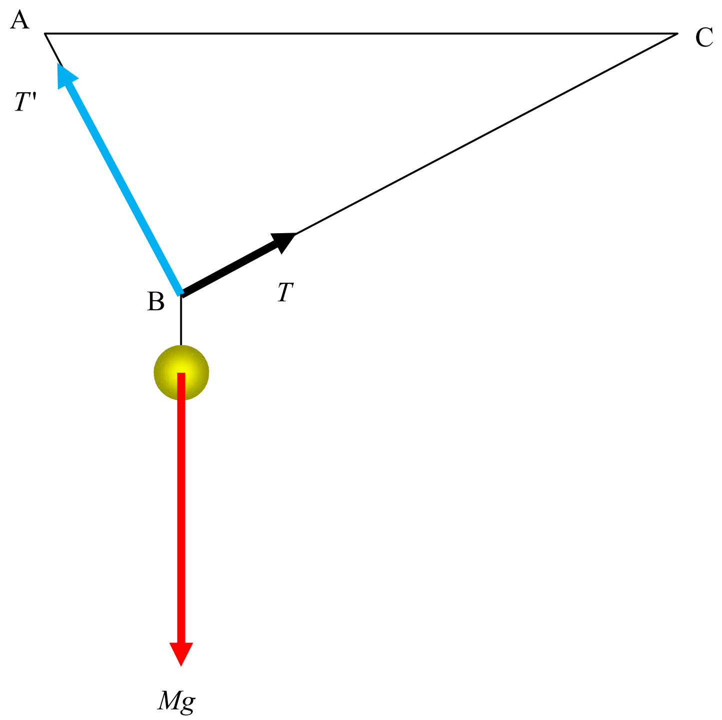
$$\therefore h = \frac{1}{2} \cdot \frac{g}{2} \cdot t^2 \quad \therefore t = \sqrt{\frac{4h}{g}}$$

問 4

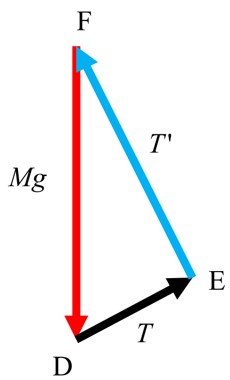
略

問 5

楽な解法



力がつり合っているとき，ベクトルを継ぎ足すと閉じた図形ができる。



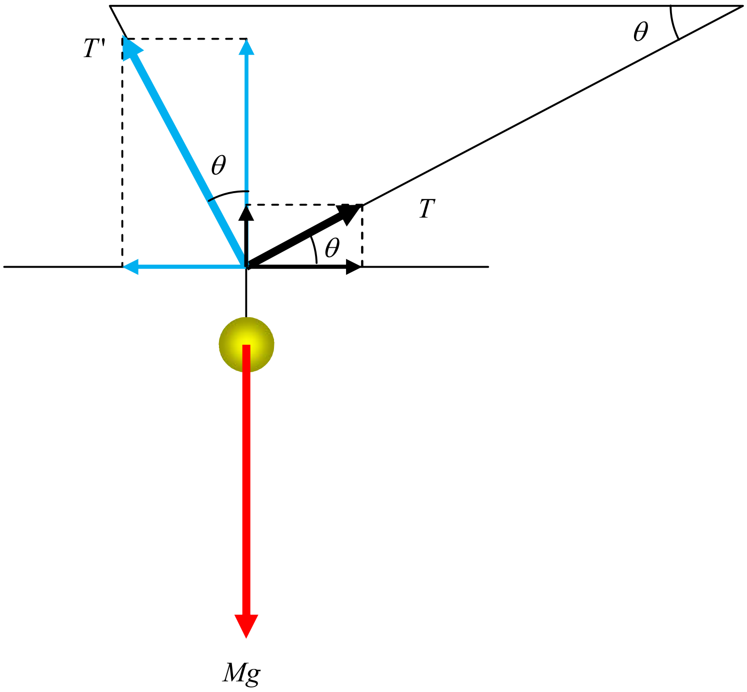
△ABC∽△DEF より，

$T : T' : Mg = 1 : 2 : \sqrt{5}$

$\therefore T : Mg = 1 : \sqrt{5}$

$\therefore T = \dfrac{1}{\sqrt{5}} Mg$

オーソドックスな解法



水平方向のつり合い

$$T'\sin\theta = T\cos\theta$$

$$\sin\theta = \frac{l}{\sqrt{(2l)^2 + l^2}} = \frac{1}{\sqrt{5}}, \quad \cos\theta = \frac{2l}{\sqrt{(2l)^2 + l^2}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$$ より，

$$T' = 2T$$

鉛直方向のつり合い

$$T'\cos\theta + T\sin\theta = Mg$$

$$\therefore 2T \cdot \frac{2}{\sqrt{5}} + T \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} = Mg$$

$$\therefore \sqrt{5}T = Mg$$

$$\therefore T = \frac{Mg}{\sqrt{5}}$$

問 6

断熱系内の熱エネルギーは保存されるから，

水の熱エネルギー変化＋鉄球の熱エネルギー変化＋断熱容器の熱エネルギー変化＝0

断熱容器の熱容量は無視できるから，断熱容器の熱エネルギー変化＝0 としてよい。

よって，

$$4.2[\mathrm{J}/(\mathrm{g}\cdot\mathrm{K})]\times(12.0-10.0)[\mathrm{K}]\times 100[\mathrm{g}]+0.45[\mathrm{J}/(\mathrm{g}\cdot\mathrm{K})]\times(12.0-96.0)[\mathrm{K}]\times m[\mathrm{g}]=0$$

$$\therefore m=\frac{4.2\cdot 2.0\cdot 100}{0.45\cdot 84.0}\approx 22$$

丁寧に解くとこうなるが,

実際的には,

水が得た熱量＝鉄球が失った熱量より,

$$4.2[\mathrm{J}/(\mathrm{g}\cdot\mathrm{K})]\times(12.0-10.0)[\mathrm{K}]\times 100[\mathrm{g}]=0.45[\mathrm{J}/(\mathrm{g}\cdot\mathrm{K})]\times(96.0-12.0)[\mathrm{K}]\times m[\mathrm{g}]=0$$

$$\therefore m=\frac{4.2\cdot 2.0\cdot 100}{0.45\cdot 84.0}\approx 22$$

第 2 問

A

問 1

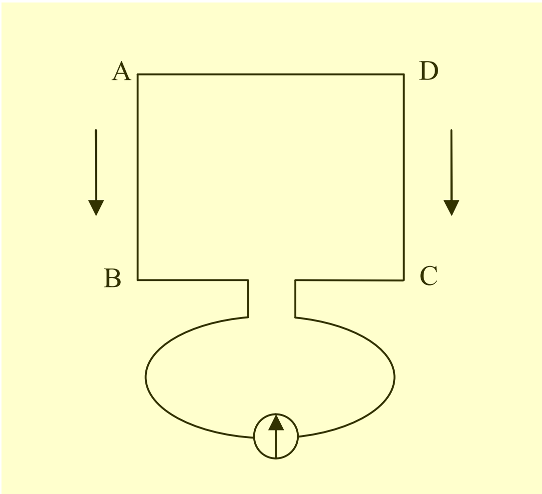
略

問 2

コイルを貫く磁界の変化を妨げる向きに誘導起電力が発生し，誘導電流が流れる。
また，その大きさは磁界（磁束）の変化の速さに比例する。

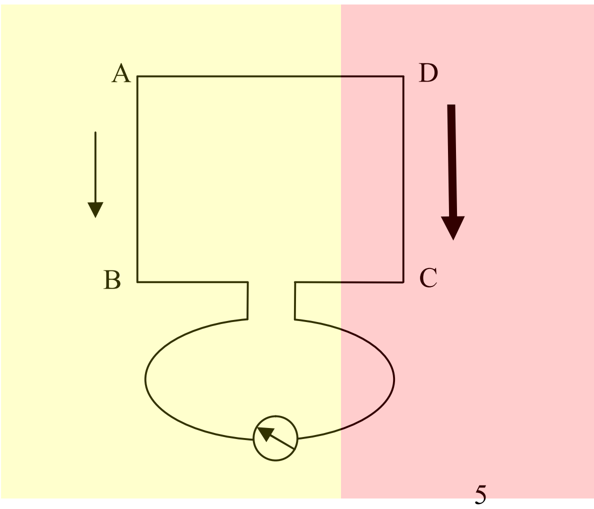
コイルが領域Ⅰにあるとき

AB と DC に発生する起電力の向きと大きさが同じだから，回路に電流が流れない。



コイルが領域Ⅰから領域Ⅱへ移動しているとき

DC の磁界の変化の速さが AB の磁界の変化の速さより大きいから，
DC の向きに発生する起電力＞AB の向きに発生する起電力
よって，誘導電流は DC の向き，すなわち負の向きに流れる。



コイルが領域 II にあるとき

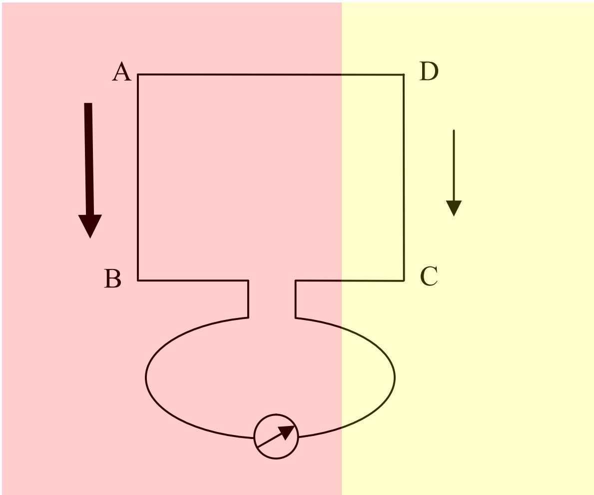
コイルが領域 I 内にあるときと同じ理由で回路に電流が流れない。

コイルが領域 II から領域 III へ移動しているとき

AB の磁界の変化の速さが DC の磁界の変化の速さより大きいから,

AB の向きに発生する起電力＞DC の向きに発生する起電力

よって，誘導電流は AB の向き，すなわち正の向きに流れる。



コイルが領域 III にあるとき

コイルが領域 I 内にあるときと同じ理由で回路に電流が流れない。

B

ニクロム線の全抵抗の大きさは，$\dfrac{15\mathrm{V}}{0.15\mathrm{A}}=100\Omega$

よって，ニクロム線 1m あたりの抵抗の大きさは，$\dfrac{100}{25.0}=4.00\Omega/\mathrm{m}$

問 3

全抵抗＝$\dfrac{15\mathrm{V}}{0.25\mathrm{A}}=60\Omega$

抵抗とニクロム線の並列部分の抵抗の大きさは，$60\Omega-2\times4.00\Omega/\mathrm{m}\times5.0\mathrm{m}=20\Omega$

並列部分のニクロム線の抵抗の大きさは $4.00\Omega/\mathrm{m}\times15\mathrm{m}=60\Omega$ だから，

求める抵抗を x とすると，

$$\frac{1}{20}=\frac{1}{x}+\frac{1}{60} \qquad \therefore x=30$$

問 4

銅線の抵抗は無視できるから，銅線とニクロム線の並列部分の回路はショートし，

電流は銅線のみを流れる。

よって，回路の全抵抗の大きさは，$20\Omega+2\times4.00\Omega/\mathrm{m}\times L\mathrm{m}=(20+8.00L)\Omega$

$$\therefore I=\frac{15\mathrm{V}}{(20+8.00L)\Omega}$$

第 3 問

A

問 1

明線条件 $d\sin\theta_m = m\lambda$ より，

$1.2\times10^{-6}\sin\theta_m = 6.0\times10^{-7}m$

$\therefore m = 2\sin\theta_m$

$-60° < \theta < 60°$ より，

$2\sin(-60°) < m < 2\sin 60°$

$\therefore -1.74 < m < 1.74$

$\therefore m = -1$， 0， 1

問 2

$\sin\theta_\mathrm{P} = 0.36$， $\sin\theta_\mathrm{Q} = 0.50$， $\sin\theta_\mathrm{R} = 0.72 = 2\sin\theta_\mathrm{P}$

一方， $d\sin\theta_m = m\lambda$ より， $\sin\theta_m = \dfrac{\lambda}{d}m$

すなわち， $\sin\theta_m$ は $\dfrac{\lambda}{d}$ の整数倍である。

したがって，P と R は青色単色光の明線か赤色単色光の明線である。

次に， $|m| \geq 1$ において， m が同じときの θ_m の大きさについて，

青色単色光の波長は赤色単色光の波長より短いから，

θ_m の大きさは青色単色光の方が小さい。

以上より，P と R は青色単色光の明線である。

B

問 3

管の長さを L とすると，

基本振動における波長は，開管の場合 $2L$， 閉管の場合 $4L$

音速を V とすると，

$V = 440\cdot 2L$， $V = f_1\cdot 4L$

$\therefore f_1 = \dfrac{440\cdot 2L}{4L} = 220\,\mathrm{Hz}$

閉管の場合の振動数の数列は，基本振動数の奇数倍，つまり $f_{2n-1} = (2n-1)f_1$ だから，

$f_3 = 220\cdot 3 = 660\,\mathrm{Hz}$

問 4

求める振動数を f' とすると， $3V = f'\cdot 2L$

一方，空気中の場合， $V = 440\cdot 2L$

よって， $f' = 1320\,\mathrm{Hz}$

第 4 問

A

問 1

力学的エネルギー保存則より，

$$mgd+\frac{1}{2}kd^2+0=0+0+\frac{1}{2}mv^2$$

$$\therefore \frac{1}{2}mv^2=mgd+\frac{1}{2}kd^2$$

問 2

自然長に達したとき，小物体はばねから離れるから，加速度の大きさは g となる。

よって，⑤と⑥は選択肢から除外される。

自然長に達するまでの小物体に働く下向きの外力の和＝ $mg+k(d-x)$ より，

小物体の下向きの加速度を a とすると，運動方程式は，

$$ma=mg+k(d-x) \quad \therefore a=-\frac{k}{m}x+g+\frac{kd}{m}$$

よって，選択肢は②

B

問 3

力学的エネルギー保存則より，

$$mgh+0=0+\frac{1}{2}mv^2 \quad \therefore v=\sqrt{2gh}$$

問 4

変化前の力学的エネルギー＋動摩擦力がした仕事＝変化後の力学的エネルギー

より，

動摩擦力がした仕事＝ $mg\cdot\frac{7}{10}h-mgh=-\frac{3}{10}mgh$

また，動摩擦力がした仕事は，

動摩擦力の大きさ×変位の大きさ×動摩擦力の向きと変位の向きのなす角

より，

動摩擦力がした仕事＝ $-\mu' mgL$

よって， $-\mu' mgL=-\frac{3}{10}mgh \quad \therefore \mu'=\frac{3h}{10L}$

問 5

AB を 1 回通過するたびに力学的エネルギーが $\frac{3}{10}mgh$ 失われていき，

AB を通過中に 0 になったとき静止する。

$$mgh \xrightarrow{\mathrm{A \to B}} \frac{7}{10}mgh \xrightarrow{\mathrm{B \to A}} \frac{4}{10}mgh \xrightarrow{\mathrm{A \to B}} \frac{1}{10}mgh \xrightarrow{\mathrm{B \to X}} \text{静止}$$

よって，点 A を通過する回数は 3 回

また，点 B から動摩擦力が小物体にする仕事の大きさが $\frac{1}{10}mgh$ となる位置が X であり，

点 B から点 A にかけて動摩擦力が小物体にする仕事の大きさは $\frac{3}{10}mgh$ だから，

BX 間の距離は $\frac{1}{3}L$ である。

よって，AX 間の距離は $\frac{2}{3}L$ となる。

C

問 6

求める体積を V_{A} とすると， $\frac{P_0 V_0}{nT_0} = \frac{P_{\mathrm{A}} V_{\mathrm{A}}}{nT_0}$ より，

$$V_{\mathrm{A}} = \frac{P_0}{P_{\mathrm{A}}} V_0$$

問 7

内部に移動した熱量を Q，内部エネルギー変化を ΔU，内部の気体が外部にした仕事を W とすると，熱力学第一法則より，

$Q = \Delta U + W$

操作（ア）

内部気体のピストンに対する圧力の向きとピストンの変位の向きが逆だから， $W < 0$

内部の温度が一定だから， $\Delta U = 0$

よって， $Q < 0$，すなわち熱は内部から外部へ移動する。

操作（イ）

ピストンの変位が 0 だから， $W = 0$

温度が高くなるから， $\Delta U > 0$

よって， $Q > 0$，すなわち熱は外部から内部へ移動する。