解答速報

久留米大学医学部（後期）　物理

2026年 3月 8日実施

1

(1) $\dfrac{3mg}{k}$　(2) $\dfrac{9\left(mg\right)^2}{2k}$　(3) mg

(4) $3mgd$　(5) $\dfrac{kx}{5m}$　(6) $\dfrac{kx}{5}+mg$

(7) $2\pi\sqrt{\dfrac{5m}{k}}$　(8) $\dfrac{2mg}{k}$　(9) $D'\leqq\dfrac{5mg}{k}$

解説

Ⅰ．(1)　ばねの自然の長さからの伸びを $\varDelta l$，糸の張力の大きさを S とする．小物体 A についての斜面に平行な成分の力のつりあい，小物体 B についての鉛直成分の力のつりあいの式は，それぞれ，

A：$k\varDelta l=4mg\sin 30^\circ+S$,　B：$mg=S$

以上の式から S を消去して $\varDelta l=\boldsymbol{\dfrac{3mg}{k}}$

(2)　ばねが自然の長さであるときを弾性力による位置エネルギーの基準点として，$\dfrac{1}{2}k\varDelta l^2=\boldsymbol{\dfrac{9\left(mg\right)^2}{2k}}$

(3)　小物体 B についての力のつりあいより $S=\boldsymbol{mg}$

Ⅱ．(4)　手で押さえて静止している状態のとき，小物体 A の高さはⅠの状態に対して $d\sin 30^\circ=\dfrac{d}{2}$ だけ下がっている．よって系全体の重力による位置エネルギーの減少分は $4mg\dfrac{d}{2}+mgd=\boldsymbol{3mgd}$

(5)　糸がたるむことなく運動しているとき，小物体は中心が $x=0$，角振動数 $\omega=\sqrt{\dfrac{k}{4m+m}}=\sqrt{\dfrac{k}{5m}}$ の単振動をする．中心からの変位が x のときの加速度の大きさなので $\left|-\omega^2x\right|=\boldsymbol{\dfrac{kx}{5m}}$

(6)　小物体 B の運動方程式は鉛直下向きを正として $m\cdot\left(-\dfrac{kx}{5m}\right)=mg-S$ である．$S=\boldsymbol{\dfrac{kx}{5}+mg}$

(7)　二つの小物体の行う単振動の周期 $T=\dfrac{2\pi}{\omega}=\boldsymbol{2\pi\sqrt{\dfrac{5m}{k}}}$

Ⅲ．(8)　糸がたるんだ瞬間 $S=0$．(6) の解答より $S=0$ となるのは $x=-\dfrac{5mg}{k}$ である．$x<0$ となっているのは，Ⅰの状態にくらべてばねが $\dfrac{5mg}{k}$ だけ短くなっていることを示しているので，このときのばねの自然の長さからの縮みは，$\dfrac{5mg}{k}-\Delta l=\boldsymbol{\dfrac{2mg}{k}}$

Ⅳ．(9)　(8) より，小物体 A が糸がたるまない状態で単振動を続けるのは，振幅が $\dfrac{5mg}{k}$ 以下の場合であることがわかる．静かに手を離していることから D' は単振動の振幅に相当するので，小物体 A が単振動をするための条件は，$\boldsymbol{D'\leqq\dfrac{5mg}{k}}$

＜次頁につづく＞

2

(1) 30 °C　(2) 6.3×10^3 J　(3) 2.1 J/(g·K)　(4) 3.3×10^4 J
(5) 3.3×10^2 J/g　(6) 40 g　(7) 14 °C　(8) 86 g
(9) 0.45 J/(g·K)　(10) 10 °C

解説

Ⅰ.　(1)　求める温度を t_1 [°C] とすると,

$$300 \times (173.0 - 131.0) = 100 \times 4.20 \times (t_1 - 0) \qquad \therefore t_1 = \mathbf{30\ {}^\circ C}$$

(2)　0 s 〜 21.0 s の間にヒーターから与えられた熱量を求めればよいので，$300 \times (21.0 - 0) = \mathbf{6.3 \times 10^3\ J}$

(3)　氷の比熱を c_{I} とすると,

$$6.3 \times 10^3 = 100 \times c_{\mathrm{I}} \times \{0 - (-30.0)\} \qquad \therefore c_{\mathrm{I}} = \mathbf{2.1\ J/(g \cdot K)}$$

(4)　21.0 s〜131.0 s で 100 g の氷がすべて 0 °C の水になったので,

$$300 \times (131.0 - 21.0) = \mathbf{3.3 \times 10^4\ J}$$

(5)　(4) の結果より，$3.3 \times 10^4 \div 100 = \mathbf{3.3 \times 10^2\ J/g}$

(6)　求める氷の質量を m_1 [g] とすると,

$$300 \times (87.0 - 21.0) = 3.3 \times 10^2 \times (100 - m_1) \qquad \therefore m_1 = \mathbf{40\ g}$$

Ⅱ.　(7)　熱量の保存より，求める温度を t_2 [°C] とすると,

$$100 \times 4.20 \times (t_2 - 5.00) + 200 \times 0.900 \times (t_2 - 35.0) = 0 \qquad \therefore t_2 = \mathbf{14\ {}^\circ C}$$

Ⅲ.　(8)　金属球が失った熱量は，$200 \times 0.900 \times (35.0 - 0) = 6.3 \times 10^3$ J である．時刻 15.4 s における氷の温度は -8.0 °C であるから，求める氷の質量を m_2 [g] とすると,

$$6.3 \times 10^3 = 100 \times 2.1 \times \{0 - (-8.0)\} + 3.3 \times 10^2 \times (100 - m_2) \qquad \therefore m_2 = \mathbf{86\ g}$$

Ⅳ.　(9)　-30.0 °C の氷が 0 °C の水になるまでに得た熱量は，$100 \times 2.1 \times \{0 - (-30.0)\} = 6.3 \times 10^3$ J であり，これは金属球 A が失った熱量と等しい．したがって，金属球 B が $100 - 88.0 = 12$ g の氷を溶かしたと考えればよい．金属球 B の比熱を c_{B} とすると,

$$3.3 \times 10^2 \times 12 = 220 \times c_{\mathrm{B}} \times (40.0 - 0) \qquad \therefore c_{\mathrm{B}} = \mathbf{0.45\ J/(g \cdot K)}$$

Ⅴ.　(10)　時刻 120.1 s で残っている氷をすべて 0 °C の水にするために必要な熱量は，$300 \times (131.0 - 120.1)$ J である．求める温度を t_3 [°C] とすると，熱量の保存より,

$$300 \times (131.0 - 120.1) + 100 \times 4.20 \times t_3 + 200 \times 0.900 \times (t_3 - 35.0) + 220 \times 0.45 \times (t_3 - 40.0) = 0 \qquad \therefore t_3 = \mathbf{10\ {}^\circ C}$$

<次頁につづく>

3

(1) $\dfrac{\mu_0 I}{6\pi a}$　(2) $\dfrac{I}{4\pi a}$　(3) $\dfrac{\mu_0 evI}{4\pi a}$　(4) (エ)

(5) $-2(B_{\rm AD}-B_{\rm BC})av\Delta t$　(6) $\dfrac{\mu_0 vI}{4\pi}$　(7) (ア)　(8) $\dfrac{\mu_0 vI}{4\pi R}$

(9) (イ)　(10) $\dfrac{v}{R}\left(\dfrac{\mu_0 I}{4\pi}\right)^2$

解説

(1) 直線電流 I から距離 $3a$ だけ離れた位置の磁束密度の大きさは $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi(3a)}=\boldsymbol{\dfrac{\mu_0 I}{6\pi a}}$ である.

(2) 辺 AD 上に直線電流 I がつくる磁場の強さは $\dfrac{I}{2\pi(2a)}=\boldsymbol{\dfrac{I}{4\pi a}}$ である.

解答者注：直線電流 I が辺 AD 上に作る磁場の大きさを問われたと解釈し，コイル ABCD に流れる電流が辺 AD 上に作る磁場を無視した.

(3) 辺 AD 内部の電子は直線電流 I が辺 AD 上に作る磁場と垂直に速さ v で運動しているので，ローレンツ力の大きさは

$$ev\cdot\frac{\mu_0 I}{4\pi a}=\boldsymbol{\frac{\mu_0 evI}{4\pi a}}$$

(4) 電子の速度が $+x$ 向き，直線電流 I が辺 AD 上につくる磁場の向きが $-z$ 向きである．したがって，フレミングの左手の法則から，ローレンツ力の向きは **(エ)** y 軸負の向きである.

(5) 微小時間 Δt の間にコイルが $+x$ 向きに $v\Delta t$ だけ移動することで，コイルを貫く $-z$ 向きの磁束は辺 AD 付近で $B_{\rm AD}\cdot 2av\Delta t$ 減少し，辺 BC 付近で $B_{\rm BC}\cdot 2av\Delta t$ 増加する．したがって，コイル全体の $-z$ 向きの磁束は $\Delta\Phi=\boldsymbol{-2(B_{\rm AD}-B_{\rm BC})av\Delta t}$ (<0) だけ変化する.

(6) 磁束密度 $B_{\rm AD}=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi a}$，$B_{\rm BC}=\dfrac{\mu_0 I}{8\pi a}$ と，(5) の結果をファラデーの電磁誘導の法則に代入して，誘導起電力の大きさは

$$V=\left|-1\cdot\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|=2(B_{\rm AD}-B_{\rm BC})av=\boldsymbol{\frac{\mu_0 vI}{4\pi}}$$

(7) コイルを貫く $-z$ 向きの磁束が減るので，レンツの法則からコイルに流れる誘導電流の向きは **(ア)** A→B→C→D→A の向きである.

(8) (6) とオームの法則より求める誘導電流の大きさは $\dfrac{V}{R}=\boldsymbol{\dfrac{\mu_0 vI}{4\pi R}}$

(9) 2 本の平行電流間にはたらく力の向きは，電流の向きが同じであれば引力，逆向きであれば斥力である．したがって，辺 AD には直線電流 I から引力（$-x$ 向き）がはたらく．同様に辺 BC には直線電流 I から斥力（$+x$ 向き）がはたらく．直線電流 I に近い辺 AD の方が辺 BC はたらく力より大きい．また，辺 AB と辺 CD にはたらく力の合力は 0 となる．よって

(コイル全体に直線電流 I からはたらく力) = (辺 AD と辺 BC にはたらく力の合力)

は **(イ)** x 軸負の向き.

別解

エネルギー収支を考えると，(10) のコイルに加える力の仕事率 $P=\vec{F}\cdot\vec{v}$ とコイルの消費電力 $\dfrac{V^2}{R}$ が等しいので，$P=\dfrac{V^2}{R}>0$ と分かる．したがって，コイルに加える力は速度と同じ $+x$ 向きだと分かる．コイルは等速で動くので，力のつり合いが成り立ち，コイルに直線電流 I からはたらく力の向きはコイルに加える力と逆向きで，(イ) x 軸負の向きとわかる.

(10) (9) 別解で考えたように，エネルギー収支から

$$F=\frac{V^2}{vR}=\boldsymbol{\frac{v}{R}\left(\frac{\mu_0 I}{4\pi}\right)^2}$$

＜次頁につづく＞

講評

$\boxed{1}$ ［力学：力のつり合い，単振動，糸がたるむ条件］（やや易～標準）

糸で結ばれた 2 物体とばね，斜面が組み合わさった設定の問題．Ⅱ以降では，運動方程式まで戻って解くこともできるが，できるだけ単振動の性質を利用して手早く解答したい．(8) では，糸がたるみ始める瞬間にばねが自然長であると安易に判断しないように注意．

$\boxed{2}$ ［熱：物質の状態変化，熱量保存，比熱］（やや易～やや難）

ヒーターで熱せられた断熱容器内の氷が水になる問題．後半では，2 種類の金属球が容器内に入れられる．問題設定は標準的だが，(8) 以降の計算が煩雑である．一度計算した値を上手く利用して解答したい．

$\boxed{3}$ ［電磁気：直線電流が作る磁場中を運動するコイル］（やや易～標準）

直線電流が作る磁場中を運動するコイルに生じる誘導起電力に関する出題．(2) でコイルを流れる電流がつくる磁場を考慮して悩んだ受験生もいたかもしれない．しかし，ほとんどの設問は典型問題なので，素早く解答することも可能だろう．

総評

2025 年度後期より難化，2026 年度前期よりやや易化した．今回は $\boxed{2}$ の計算量が多く，かなり時間を要するので，$\boxed{1}$，$\boxed{3}$ を優先的に解き，$\boxed{2}$ は後に回した方が得点しやすかったと思われる．目標得点率は 75 ％