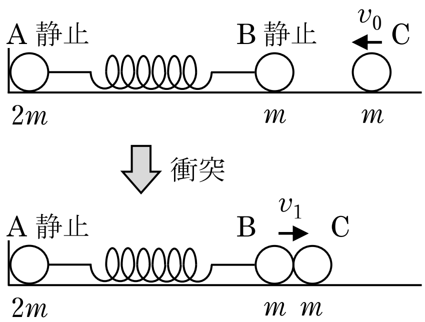
〔Ⅰ〕

問１　B と C を合わせた物体系（物体 D）において，衝突した直後までは水平方向の外力がはたらかないので，水平方向の運動量保存則が成立する。よって

$$2mv_1 = m(-v_0) \qquad \therefore \quad v_1 = -\frac{1}{2}v_0$$

※　右向きが正方向であることに注意。v_1 は速度なので右向きで定義されているが，v_0（>0）は左向きの速さとして定義されている。



問２

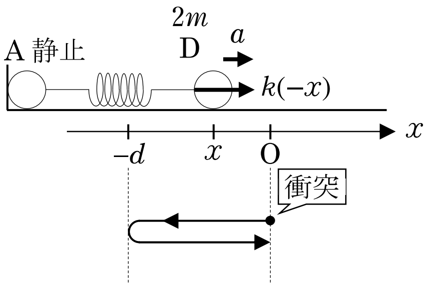
(1)　D の運動方程式は

$$2ma = -kx$$

(2)　(1)より，$a = -\dfrac{k}{2m}x$ なので，D は原点 O を振動の中心とする周期 $2\pi\sqrt{\dfrac{2m}{k}}$ の単振動をする。ただし，この単振動は衝突してから再び原点 O に戻ってくるまでの期間のみの単振動である。

求める時間 t_D は半周期に等しく

$$t_D = \pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$$



問３　問２(2)の単振動の振幅を d とすると，力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}\cdot 2mv_1{}^2 = \frac{1}{2}kd^2 \qquad \therefore \quad d = v_0\sqrt{\frac{m}{2k}}$$

【別解】（単振動での速さの最大）＝（振幅）×（角振動数）より

$$\frac{1}{2}v_0 = d \times \sqrt{\frac{k}{2m}} \qquad \therefore \quad d = v_0\sqrt{\frac{m}{2k}}$$

A が壁を押す力，すなわち A が壁から押される力の大きさは，A にはたらく力のつりあいより A がばねから受ける弾性力の大きさに等しい。ゆえに，$F_{\max}$ はばねが最も縮んだときの弾性力に等しく

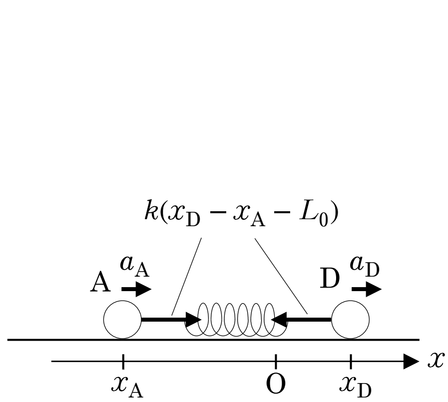
$$F_{\max} = kd = v_0\sqrt{\frac{km}{2}}$$

問４

(1)　ばねの長さは $x_D - x_A$ なので，ばねの伸びは $x_D - x_A - L_0$ である。よって，運動方程式は

物体 A：$2ma_A = k(x_D - x_A - L_0)$　……①

物体 D：$2ma_D = -k(x_D - x_A - L_0)$　……②



(2)　② − ① より

$$2m(a_D - a_A) = -2k(x_D - x_A - L_0)$$

$$\therefore \quad 2ma_{AD} = -2k(x_{AD} - L_0)$$

(3)　(2)より，$a_{AD} = -\dfrac{k}{m}(x_{AD} - L_0)$ なので，A から見た D は，ばねの長さが L_0 の位置を振動の中心とする単振動で，その周期 T は，$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

問５

(1) A が壁から離れた直後から，A と D とばねを合わせた物体系には水平方向の外力がはたらかないので，水平方向の運動量保存則が成立する。A が壁から離れた瞬間の，A の速度は 0，D の速度は問２(2)の単振動より $\frac{1}{2}v_0$ であるから，水平方向の運動量保存則より

$$2m\cdot\frac{1}{2}v_0 = 2mv_2 + 2mv_2 \qquad \therefore \quad v_2 = \underline{\frac{1}{4}v_0}$$

(2) A が壁から離れた直後からの，A と D とばねを合わせた物体系で力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}\cdot 2m{v_2}^2 + \frac{1}{2}\cdot 2m{v_2}^2 + \frac{1}{2}k(L_{\max} - L_0)^2 = \frac{1}{2}\cdot 2m\left(\frac{1}{2}v_0\right)^2$$

$$\therefore \quad L_{\max} = \underline{L_0 + \frac{v_0}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}}$$

【別解】(単振動での速さの最大)＝(振幅)×(角振動数) より

$$\frac{1}{2}v_0 = d' \times \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad \therefore \quad d' = \frac{v_0}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$$

A から見た D は，ばねの長さが L_0 の位置を振動の中心とする単振動をしているので，

$$L_{\max} = L_0 + d' = \underline{L_0 + \frac{v_0}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}}$$

問６　<u>(イ)</u>

(ア)　$t = 0$ で $x_{\mathrm{D}} = 0$ であることに不適。

(イ)　正答。

(ウ)　$t = 0$ の直後からばねが伸び始めることに不適。

(エ)　時間 T で１周期の振動をすること不適。

大問３つのうち，一番難しかったであろう。２物体連結の単振動においては，難関大学で出題されることが多い設定である。

・**物理 VOL.4** $\boxed{9}$　２物体連結の単振動。「高３赤門会難関大医歯薬物理」(2025 年度名称：「高３赤門会物理」) で９月に学習した。

・**力学入試攻略** $\boxed{15}$　ばねの長さが最大となるときに，２物体の速度が一致し，力学的エネルギー保存則から距離を求める。夏期特選講座「ハイレベル力学入試攻略」で学習した。

〔Ⅱ〕

問１

(1) 電力 P で，時間 $t_2 - t_1$ であるから，$Q_{\mathrm{H}} = \underline{P(t_2 - t_1)}$

(2) 質量 m，比熱 c の水が $T_2 - T_1$ の温度変化をしたので，$Q_{\mathrm{W}} = \underline{mc(T_2 - T_1)}$

(3) 熱容量 C_{K} の熱量計が $T_2 - T_1$ の温度変化をしたので，$Q_{\mathrm{K}} = \underline{C_{\mathrm{K}}(T_2 - T_1)}$

(4) ヒーターで発生した熱量で，水と熱量計が温度上昇をするので，$\underline{Q_{\mathrm{H}} = Q_{\mathrm{W}} + Q_{\mathrm{K}}}$

問２

(1) 電力 100.0W で 235 秒間の加熱をしたので，求める熱量は $100.0 \times 235 = \underline{2.35 \times 10^4\ \mathrm{J}}$

(2) 求める熱容量を C [J/K]とする。235 秒間で，水と熱量計を合わせた全体が 50.0℃の温度上昇をするので

$$2.35 \times 10^4 = 100.0 \times 4.20 \times 50.0 + C \times 50.0 \qquad \therefore \quad C = \underline{50.0\ \mathrm{J/K}}$$

(3) 求める比熱を c_i [J/(g･K)]とする。最初の 50 秒間で，水と熱量計を合わせた全体が 20.0℃の温度上昇をするので

$$100.0 \times 50.0 = 100.0 \times c_i \times 20.0 + C \times 20.0 \qquad \therefore \quad c_i = \underline{2.00\ \mathrm{J/(g \cdot K)}}$$

(4) 求める融解熱を c_{m} [J/g]とする。温度が 0℃で一定となっている 350 秒間で発生した熱量で氷が融解するので

$$100.0 \times 350 = 100.0 \times c_{\mathrm{m}} \qquad \therefore \quad c_{\mathrm{m}} = \underline{3.50 \times 10^2\ \mathrm{J/g}}$$

問３

(1) 100.0g のアルミニウム球が 100.0℃の温度減少をするので，求める熱量は

$$100.0 \times 0.900 \times 100.0 = \underline{9.00 \times 10^3\ \mathrm{J}}$$

(2) 残っている氷の質量を m[g]とすると，融解した氷の質量は $100.0 - m$ [g]である。100.0g の氷と熱量計が 20.0℃の温度上昇をし， $100.0 - m$ [g]の氷だけが融解をするので

$$9.00 \times 10^3 = 100.0 \times c_i \times 20.0 + C \times 20 + (100.0 - m) \times c_{\mathrm{m}} \qquad \therefore \quad m = \frac{620}{7} \fallingdotseq \underline{88.6\ \mathrm{g}}$$

物理基礎や化学で学習する内容で，一番解きやすい大問であった。落ち着いて計算したい。

・**物理 VOL.1 問題２２－１**　比熱や熱容量，融解熱を用いた熱量の計算問題。「高３国立大物理」「高３赤門会難関大医歯薬物理」（2025 年度名称：「高３赤門会物理」）で５月に学習した。

〔Ⅲ〕

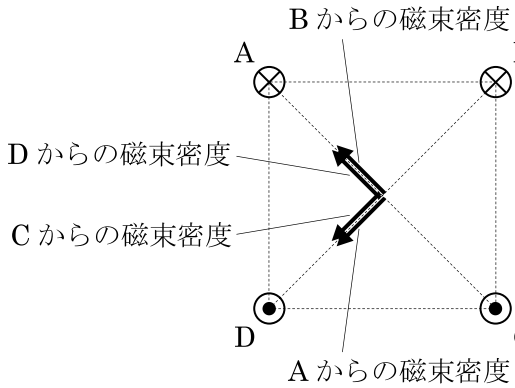
問１　A を通る直流電流が点 E につくる磁界の強さは

$$\frac{I}{2\pi \times \frac{\sqrt{2}}{2}L} = \frac{I}{\sqrt{2}\pi L}$$

であるから，求める磁束密度の大きさは

$$\frac{\mu_0 I}{\sqrt{2}\pi L}$$

向きは，右ねじの法則より，⑥



問２　B，C，D を通る直流電流が点 E につくる磁束密度の大きさは全て等しく，向きは右図のようになる。よって，合成した磁束密度の大きさ B は

$$B = \frac{\mu_0 I}{\sqrt{2}\pi L} \times \sqrt{2} \times 2 = \frac{2\mu_0 I}{\pi L}$$

向きは，⑦

問３　求める力の大きさは,

$$IBL = \frac{2\mu_0 I^2}{\pi}$$

向きは，フレミングの左手の法則より，①

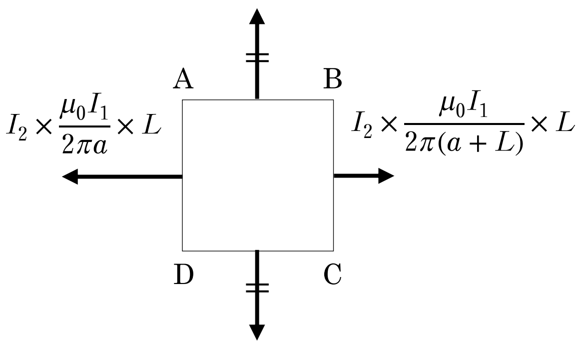
問４　電流 I_1 によって辺 AD 上に作られる磁束密度は，紙面に垂直で表から裏に向かう方向に $\frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}$ であるから，辺 AD を流れる電流が磁界から受ける力は，x の負方向に $I_2 \times \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} \times L$ である。

また，辺 BC 上に作られる磁束密度は，紙面に垂直で表から裏に向かう方向に $\frac{\mu_0 I_1}{2\pi(a+L)}$ であるから辺 BC を流れる電流が磁界から受ける力は，x の正方向に $I_2 \times \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(a+L)} \times L$ である。

　辺 AB 上を流れる電流が磁界から受ける力は，任意の x で辺 CD 上を流れる電流が受ける力と反対向きで同じ大きさである。ゆえに求める力の大きさは

$$I_2 \times \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} \times L - I_2 \times \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(a+L)} \times L = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L^2}{2\pi a(a+L)}$$

$\frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} > \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(a+L)}$ であるから，向きは⑦



問５

⑴　ABCD 内を貫く磁束密度は，導線 1 に流れる電流に比例する。電流が I_1 のときの磁束が Φ_1 なので，求める磁束は

$$\frac{4I_1}{I_1}\Phi_1 = 4\Phi_1$$

⑵　時間 $2t_1$ で磁束が Φ_1 から $4\Phi_1$ になるので，求める誘導起電力の大きさ V' は

$$V' = \frac{4\Phi_1 - \Phi_1}{3t_1 - t_1} = \frac{3\Phi_1}{2t_1}$$

ABCD 内を貫く磁束は紙面に垂直で表から裏に向かう方向に増加するので，誘導起電力の向きは，電磁誘導の法則より，（イ）

(3) 抵抗値 R の抵抗に，電圧 V' が時間 $2t_1$ でかかっているので，求めるジュール熱は

$$\frac{V'^2}{R} \times 2t_1 = \underline{\frac{9\Phi_1{}^2}{2t_1 R}}$$

問６　導体棒 AD に生じる誘導起電力は，D から A の方向に $vL \times B(b) = vL(B_0 - kb)$ である。また導体棒 BC に生じる誘導起電力は，C から B の方向に $vL \times B(b+L) = vL(B_0 - kb - kL)$ である。

$vL(B_0 - kb) > vL(B_0 - kb - kL)$ より，求める誘導起電力の大きさ $|V|$ は

$$|V| = vL(B_0 - kb) - vL(B_0 - kb - kL) = \underline{kvL^2}$$

標準的な入試問題レベルのため，医学部や薬学部，歯学部などを受験した生徒だけでなく、工学部や理学部などを受験した生徒も高得点をとりたい。

・**物理** VOL.2 **例題５８，問題５８－１**　磁界の合成の基本問題。「高３国立大物理」「高３赤門会難関大医歯薬物理」（2025 年度名称：「高３赤門会物理」）で 7 月に学習した。

・**物理** VOL.3 $\boxed{71}$　直線導線近くの正方形コイルにおける電磁力についての問題。「高 3 国立大物理」で 11 月に学習した。