医学部進学予備校 メビオ × 医学部専門予備校 YMS 医学部専門予備校 英進館メビオ 福岡校

解答速報

東海大学医学部　物理

2022年2月2日実施

1

解答

(1) $-\dfrac{\sqrt{3}(m_{\rm B}-m_{\rm C})}{2m_{\rm A}-m_{\rm B}-m_{\rm C}}$　(2) $\dfrac{\sqrt{3}}{12}a$　(3) π

(4) $\dfrac{\pi}{2}$　(5) $\dfrac{3}{2}M$

解説

(1) 点Oを原点として$\overrightarrow{\rm BC}$の向きを正の向きにx軸をとり，$\overrightarrow{\rm OA}$の向きを正の向きにy軸をとる（下図参照）。このとき点A，B，Cの座標はそれぞれ，A$(0,\ \frac{\sqrt{3}}{3}a)$，B$(-\frac{1}{2}a,\ -\frac{\sqrt{3}}{6}a)$，C$(\frac{1}{2}a,\ -\frac{\sqrt{3}}{6}a)$となる。したがって，全体の重心をD$(x_{\rm D},\ y_{\rm D})$とおくと，

$$x_{\rm D}=\frac{m_{\rm A}\cdot 0+m_{\rm B}\cdot\left(-\dfrac{1}{2}a\right)+m_{\rm C}\cdot\dfrac{1}{2}a}{m_{\rm A}+m_{\rm B}+m_{\rm C}}a=\frac{-m_{\rm B}+m_{\rm C}}{2(m_{\rm A}+m_{\rm B}+m_{\rm C})}a$$

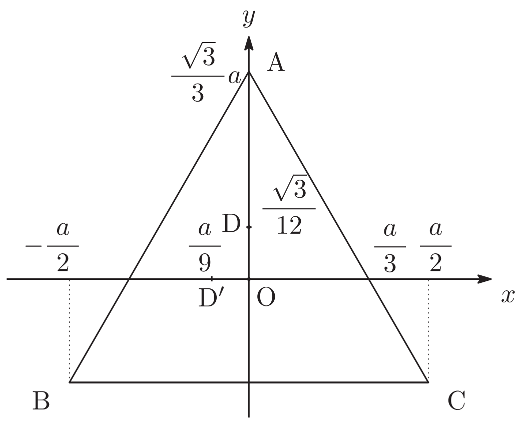
$$y_{\rm D}=\frac{m_{\rm A}\cdot\dfrac{\sqrt{3}}{3}a+m_{\rm B}\cdot\left(-\dfrac{\sqrt{3}}{6}a\right)+m_{\rm C}\cdot\left(-\dfrac{\sqrt{3}}{6}ap\right)}{m_{\rm A}+m_{\rm B}+m_{\rm C}}a=\frac{\sqrt{3}(2m_{\rm A}-m_{\rm B}-m_{\rm C})}{6(m_{\rm A}+m_{\rm B}+m_{\rm C})}a$$

θは，$\overrightarrow{\rm OA}$と鉛直方向のなす角なので，$\tan\theta=\dfrac{x_{\rm D}}{y_{\rm D}}=-\boldsymbol{\dfrac{\sqrt{3}(m_{\rm B}-m_{\rm C})}{2m_{\rm A}-m_{\rm B}-m_{\rm C}}}$

(2) Dの座標は(1)より，$y_{\rm D}=\dfrac{\sqrt{3}}{12}a$，$x_{\rm D}=0$ したがって，OD $=\boldsymbol{\dfrac{\sqrt{3}}{12}a}$

(3) 安定なつり合いのとき，点Dは点Oの鉛直真下に位置するので，$\theta=\boldsymbol{\pi}$

(4) 重りの質量が$m_{\rm A}=\dfrac{3}{2}M$，$m_{\rm B}=2M$，$m_{\rm C}=M$のとき，新たな重心の位置D′の座標は$x_{\rm D'}=-\dfrac{1}{9}a$，$y_{\rm D'}=0$　安定なつり合いでは，点D′が点Oの鉛直真下に位置するので，$\theta=\boldsymbol{\dfrac{\pi}{2}}$



(5) 全体の重心の位置がOと一致するようにおもりを取り付ければ良い。おもりの位置とD′とOは一直線上に並ぶので，重りの位置は辺ACとx軸の交点$(\frac{1}{3}a,\ 0)$。求めるおもりの質量をmとおくと，

$$-\frac{1}{9}a\left(\frac{3}{2}M+2M+M\right)+\frac{1}{3}am=0\qquad\therefore\ m=\boldsymbol{\frac{3}{2}M}$$

＜次頁につづく＞

2

解答

(1) $\dfrac{V}{R}$〔A〕　(2) $\dfrac{1}{3}V$〔V〕　(3) $\dfrac{1}{6}CV^2$〔J〕　(4) $\dfrac{1}{6}V$〔V〕　(5) $\dfrac{1}{2}V$〔V〕

解説

(1) 求める電流を I_0 とおくと，キルヒホッフの第 2 法則より，

$$V - RI_0 = 0 \qquad \therefore I_0 = \boldsymbol{\frac{V}{R}}〔\mathbf{A}〕$$

(2) はじめ，AB 間のコンデンサーの A 側を正として CV の電荷が蓄えられており，これを抵抗器を介して，BD 間のコンデンサーを電気容量 $\dfrac{C}{2}$ の一つのコンデンサーとみなし，これに並列に接続したとみなせる。したがって，充分時間が経過すると B を基準とした D の電位は，$\dfrac{CV}{C+\frac{C}{2}} = \dfrac{2}{3}V$ となる。このとき C の電位は D の半分なので，$\boldsymbol{\dfrac{1}{3}V}$〔**V**〕

(3) コンデンサーに蓄えられているエネルギーの減少量を求めれば良いので，

$$\frac{1}{2}CV^2 - \frac{1}{2}\frac{3}{2}C\left(\frac{2}{3}V\right)^2 = \boldsymbol{\frac{1}{6}CV^2}〔\mathbf{J}〕$$

(4),(5) (4)，(5) で問われている電位をそれぞれ V_x，V' とおく。点 A，点 D の電位も V' であることに注意すると，点 B の両側の極板と，点 C の両側の極板における電荷保存則より，

B の両側：$-CV = -2CV'$

C の両側：$\dfrac{1}{3}V + CV_x = CV'$

2 式を解くと，$V_x = \boldsymbol{\dfrac{1}{6}V}$〔**V**〕$_{(4)}$，$V' = \boldsymbol{\dfrac{1}{2}V}$〔**V**〕$_{(5)}$

＜次頁につづく＞

3 解答

(1) ウ　(2) オ　(3) エ　(4) エ　(5) ア

解説

(1) 右側の液面が x 下がっていることに注意して，右側の液面よりも上の高さ $2x$ の液体にかかる重力が復元力となるので，$2Sx\rho g \cdots$ **ウ.**

(2) 左側の液面の加速度を a とすると，液体全体の運動方程式は，$\rho SLa = -2\rho Sgx$ となり単振動であることがわかる。したがって，$a = -\dfrac{2g}{L}x$ となるので，周期は $\pi\sqrt{\dfrac{2L}{g}} \cdots$ **オ.**

(3) 与えられた関係式より，

$$(P + P\varDelta P)(S(l-x))^{\frac{5}{3}} = P(Sl)^{\frac{5}{3}}$$

$$\therefore \left(1 + \frac{\varDelta P}{P}\right)\left(1 - \frac{x}{l}\right)^{\frac{5}{3}} = 1$$

$$\therefore 1 + \frac{\varDelta P}{P} - \frac{5x}{3l} \fallingdotseq 1$$

$$\therefore \varDelta P \fallingdotseq \frac{5x}{3l}P \cdots \textbf{エ.}$$

(4) (3) の結果を踏まえると，液体全体の運動方程式は，$\rho SLa = -2\rho Sgx - \dfrac{5PS}{3l}x$ となり，(2) と同様単振動をすることがわかる。したがって，$a = -\dfrac{2g + \dfrac{5P}{3\rho l}}{L}$ となるので，周期は $\pi\sqrt{\dfrac{2L}{g + \dfrac{5P}{6\rho l}}} \cdots$ **エ.**

(5) 与えられた関係式 (圧力) $\times$ (体積)$^{\frac{5}{3}}$ = 一定 をボイル・シャルルの法則 (圧力) $\times$ (体積)/(温度) = 一定 で片々割ると，(温度) $\times$ (体積)$^{\frac{2}{3}}$ = 一定 を得る。したがって，左側の液面と開口端の間の長さが $l+x$ のときの温度 T からの温度の変化を $\varDelta T$ とおくと，

$$(T + \varDelta T)(S(l+x))^{\frac{2}{3}} = T(Sl)^{\frac{2}{3}}$$

$$\therefore \left(1 + \frac{\varDelta T}{T}\right)\left(1 + \frac{x}{l}\right)^{\frac{2}{3}} = 1$$

$$\therefore 1 + \frac{\varDelta T}{T} + \frac{2x}{3l} \fallingdotseq 1$$

$$\therefore \varDelta T \fallingdotseq -\frac{2x}{3l}T$$

よって，$l+x$ のときの温度は，$T - \dfrac{2x}{3l}T$ となることがわかる。同様にして，$l-x$ のときの温度は，$T + \dfrac{2x}{3l}T$ となる。したがって求める温度変化は，$-\dfrac{4x}{3l}T \cdots$ **ア.**

<次頁につづく>

4 解答

(1) イ　(2) エ　(3) ウ　(4) オ　(5) ウ

解説

(1) 初速度 0，初期位置 $x=r$，振幅 r，角振動数 $\omega=\sqrt{\dfrac{k}{m}}$ の単振動なので，$x=r\cos\left(\sqrt{\dfrac{k}{m}}t\right)\cdots$**イ.**

(2) Δt の間に音源の出した波は距離 $V\Delta t-u\Delta t$ の区間に，$f\Delta t$ 個含まれているので，求める波長は，

$$\frac{V\Delta t-u\Delta t}{f\Delta t}=\frac{V-u}{f}\cdots\textbf{エ.}$$

(3) 音源が最大の速さで観測者に近づくとき，すなわち音源が最初に原点を x 軸の正の向きに横切る瞬間である。単振動の周期は $T=2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ だから，求める時刻は，$\dfrac{3}{4}T=\dfrac{3\pi}{2}\sqrt{\dfrac{m}{k}}\cdots$**ウ.**

(4) 観測者が最初に最大振動数の音を聞く時刻は，音源が最大振動数の音を原点で出した時刻からさらに観測者までの距離 L を進むのにかかる時間を考えて $\dfrac{3\pi}{2}\sqrt{\dfrac{m}{k}}+\dfrac{L}{V}$ である。これを (1) の式に代入すると，音源の位置は，

$$r\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}\left(\frac{3\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}+\frac{L}{V}\right)\right)=r\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}\frac{L}{V}\right)\cdots\textbf{オ.}$$

(5) 音源が観測者に近づく最大の速さは $v_{\max}=r\omega=r\sqrt{\dfrac{k}{m}}$ なので，ドップラー効果の公式より最大振動数は振動数 f の $\dfrac{V}{V-v_{\max}}=\dfrac{V}{V-r\sqrt{\dfrac{k}{m}}}$ 倍$\cdots$**ウ.**

＜次頁につづく＞

講評

$\boxed{1}$ [力学：剛体のつりあい]（標準）

正三角形の剛体のつり合いの問題。点 O を原点にとり，BC 方向を x 軸，OA 方向を y 軸に座標軸をとって考えると良い。図を丁寧に描き，力のモーメントを正確に記述できるかがポイントになる。

$\boxed{2}$ [電磁気：コンデンサーの接続]（標準）

問題の設定は標準的なものであるが，接続の仕方を変えるたびに回路図を描き直して考えた方が良い。丁寧に作業すれば完答は可能。

$\boxed{3}$ [力学＋熱：U 字管における単振動・断熱変化]（標準）

U 字管における単振動および，断熱変化の問題。左側の液面が上がると右側の液面が下がることに気付かないと連鎖的にミスをしてしまう。後半がやや難しいが選択肢もあるので完答することは可能。

$\boxed{4}$ ［力学＋波動：単振動・ドップラー効果］（標準）

単振動する音源によるドップラー効果の問題。(4) 以外は標準的内容だが，(4) は音源から観測者まで音が伝わる時間を考慮する必要があることに気付くことが必要でやや難易度が高い。

総評

2021 年度 2 月 2 日より易化。合格のためには，$\boxed{3}$は完答，$\boxed{1}$，$\boxed{2}$，$\boxed{4}$は部分点を稼ぎ，70% を目標としたい。