解答速報

久留米大学医学部（前期）　物理

2024年2月1日実施

1

(1) $\frac{1}{2}MgL\sin\theta$　(2) $\frac{1}{2}Mg\tan\theta$　(3) $\frac{1}{2}Mg\tan\theta$　(4) $\tan\theta \leqq 2\mu$

(5) $\tan\theta \leqq \frac{2\mu(M+W)}{M+2W}$　(6) $\frac{1}{2}Mg$　(7) $\frac{\ell}{L}mg$　(8) $\frac{Mg}{4\cos\theta}$

(9) $\tan\theta_0 = 3\mu$

解説

I

(1)　点Pから重力の作用線におろした垂線の長さは $\frac{L}{2}\sin\theta$ なので，$\frac{L}{2}\sin\theta \times Mg = \boldsymbol{\frac{1}{2}MgL\sin\theta}$

(2)　水平方向左向きに加えた力の大きさを F とおくと，点Pのまわりの力のモーメントのつり合いより，

$$L\cos\theta \times F - \frac{1}{2}MgL\sin\theta = 0 \qquad \therefore F = \boldsymbol{\frac{1}{2}Mg\tan\theta}$$

(3)　静止摩擦力の大きさを f とおくと，棒にはたらく水平方向の力のつり合いより $f = F$ したがって，$f = \boldsymbol{\frac{1}{2}Mg\tan\theta}$

(4)　棒に働く鉛直方向の力のつり合いより，棒が床から受ける垂直抗力は $N = Mg$ とわかる。点Pで滑らない条件 $f \leqq \mu N$ に得られた値を代入すると，

$$\frac{1}{2}Mg\tan\theta \leqq \mu Mg \qquad \therefore \boldsymbol{\tan\theta \leqq 2\mu}$$

(5)　棒の上端に小物体を固定したときに水平に加えた力の大きさを F' とすると，点Pのまわりの力のつりあいより，

$$L\cos\theta \times F' - \frac{1}{2}MgL\sin\theta - L\sin\theta \times W = 0 \qquad \therefore F' = \frac{1}{2}Mg\tan\theta + W\tan\theta$$

また，静止摩擦力 f' と垂直抗力の大きさ N' を力のつり合いから求めると，$f' = F' = \frac{1}{2}Mg\tan\theta + W\tan\theta$，$N' = (M+W)g$ となる。これらを点Pで滑らない条件 $f' \leqq \mu N'$ に代入すると，

$$\frac{1}{2}Mg\tan\theta + W\tan\theta \leqq \mu(M+W)g \qquad \therefore \boldsymbol{\tan\theta \leqq \frac{2\mu(M+W)}{M+2W}}$$

II

(6)　張力の大きさを T とおく。点Pのまわりの力のモーメントのつり合いより，

$$L\sin\theta \times T - \frac{1}{2}MgL\sin\theta = 0 \qquad \therefore T = \boldsymbol{\frac{1}{2}Mg}$$

(7)　質量 m の小物体を固定したことによる重力の力のモーメントと糸の張力の増加分 ΔT による力のモーメントの変化分がつり合えばよいので，

$$L\sin\theta \times \Delta T - \ell\sin\theta \times mg = 0 \qquad \therefore \Delta T = \boldsymbol{\frac{\ell}{L}mg}$$

＜次頁につづく＞

Ⅲ

(8)　棒にはたらく張力の大きさを T''，点 P にはたらく静止摩擦力の大きさを f''，垂直抗力の大きさを N'' とおくと，力のつりあいの式は，

水平方向：$f'' - T''\sin\theta = 0$

鉛直方向：$T''\cos\theta + N'' - Mg = 0$

また，点 P のまわりの力のモーメントのつり合いを，T'' を水平・鉛直方向成分に分けて考えると，

$$L\sin\theta \times T''\cos\theta + L\cos\theta \times T''\sin\theta - \frac{1}{2}MgL\sin\theta = 0$$

以上より，$f'' = \dfrac{1}{4}Mg\tan\theta$，$N = \dfrac{3}{4}Mg$，$T'' = \boldsymbol{\dfrac{Mg}{4\cos\theta}}$ となる。

(9)　$\theta = \theta_0$ のとき，$f'' = \mu N''$ となるので，

$$\frac{1}{4}Mg\tan\theta_0 = \mu \cdot \frac{3}{4}Mg \qquad \therefore \boldsymbol{\tan\theta_0 = 3\mu}$$

＜次頁につづく＞

2

(1) T　(2) $\frac{3}{2}nRT$　(3) $\frac{Q}{2nT}$　(4) $\frac{ka(L+a)}{nR}$

(5) $4ka^2$　(6) $Q-4ka^2$　(7) $\frac{Q+26ka^2}{Q-4ka^2}$　(8) 8 倍

解説

Ⅰ

(1)　断熱自由膨張より温度一定。よって $\boldsymbol{T}$

(2)　単原子分子理想気体より，定積モル比熱 $C_{\mathrm{V}}=\frac{3}{2}R$ である。よって $\boldsymbol{\frac{3}{2}nRT}$

Ⅱ

(3)　定積変化より

$$Q=nC_{\mathrm{V}}\Delta T \qquad \therefore C_{\mathrm{V}}=\frac{Q}{n\Delta T}=\frac{Q}{n(3T-T)}=\boldsymbol{\frac{Q}{2nT}}$$

Ⅲ

(4)　ピストンにはたらく力のつり合いより気体の圧力は $\frac{ka}{S}$，体積は $S(L+a)$ である。よって理想気体の状態方程式から

$$T_0=\frac{\frac{ka}{S}\cdot S(k+a)}{nR}=\boldsymbol{\frac{ka(L+a)}{nR}}$$

(5)　気体がした仕事はばねの弾性エネルギーとして蓄えられるので，

$$W_{\mathrm{out}}=\frac{1}{2}k(3a)^2-\frac{1}{2}ka^2=\boldsymbol{4ka^2}$$

(6)　求める内部エネルギーの変化を ΔU とすると，熱力学第 1 法則より

$$Q=\Delta U+W_{\mathrm{out}} \qquad \therefore \Delta U=Q-W_{\mathrm{out}}=\boldsymbol{Q-4ka^2}$$

(7)　$\gamma=\frac{C_{\mathrm{p}}}{C_{\mathrm{V}}}$ にマイヤーの関係式 $C_{\mathrm{p}}=C_{\mathrm{V}}+R$ を代入して $\gamma=1+\frac{R}{C_{\mathrm{V}}}\cdots$① となる。よって定積モル比熱 C_{V} を求めればよい。

$$\Delta U=nC_{\mathrm{V}}\Delta T \qquad \therefore C_{\mathrm{V}}=\frac{\Delta U}{n\Delta T}\cdots②$$

である。また，$x=3a$ のときの気体の温度 T_1 は理想気体の状態方程式から

$$T_1=\frac{\frac{3ka}{S}\cdot S(L+3a)}{nR}=\frac{3ka(L+3a)}{nR}$$

となるので，(4) の T_0 との差から $\Delta T=T_1-T_0=\frac{2ka(L+4a)}{nR}$ と求まる。よってこの値を (6) の答えとともに②式に代入して

$$C_{\mathrm{V}}=\frac{\Delta U}{n\Delta T}=\frac{Q-4ka^2}{2ka(L+4a)}\cdot R\cdots③$$

となる。よって①式より

$$\gamma=1+\frac{R}{C_{\mathrm{V}}}=1+\frac{2ka(L+4a)}{Q-4ka^2}\cdots④$$

④式に $L=11a$ を代入して $\gamma=\boldsymbol{\frac{Q+26ka^2}{Q-4ka^2}}$

(8)　単原子分子理想気体より $C_{\mathrm{V}}=\frac{3}{2}R$ と，題意より Q が (5) の仕事の大きさの 10 倍，つまり $Q=10\times 4ka^2=40ka^2$ を (7) の③式に代入して L について解くと

$$C_{\mathrm{V}}=\frac{3}{2}R=\frac{40ka^2-4ka^2}{2ka(L+4a)}\cdot R \qquad \therefore L=\boldsymbol{8}a$$

＜次頁につづく＞

3

(1) (i) イ　(ii) ア

(2) $\mu\dfrac{N_{\mathrm{A}}}{\ell_{\mathrm{A}}}I_{\mathrm{A}}$

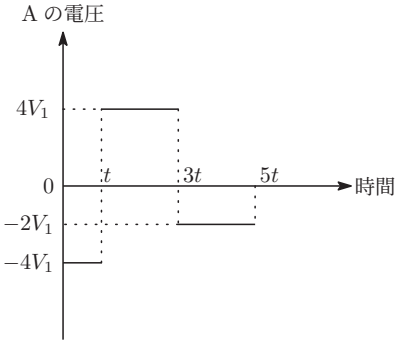
(3) $\mu\dfrac{N_{\mathrm{A}}S}{\ell_{\mathrm{A}}}\Delta I_{\mathrm{A}}$

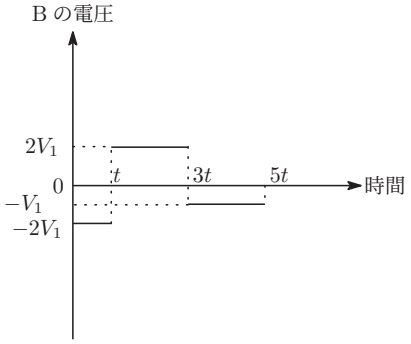
(4) $\mu\dfrac{{N_{\mathrm{A}}}^2S}{\ell_{\mathrm{A}}}\cdot\dfrac{\Delta I_{\mathrm{A}}}{\Delta t}$，$\mathrm{P_A}$

(5) $\mu\dfrac{N_{\mathrm{A}}N_{\mathrm{B}}S}{\ell_{\mathrm{A}}}\cdot\dfrac{\Delta I_{\mathrm{A}}}{\Delta t}$，$\mathrm{P_B}$

(6) $\mu\dfrac{N_{\mathrm{A}}N_{\mathrm{B}}S}{\ell_{\mathrm{A}}}$

(7) 下図





解説

(1)　(i) A を流れる電流は（正の向きに）増加しはじめ，これより鉄心を貫く磁束が y 軸の負の向きに増加しはじめる．レンツの法則より，B には y 軸の正の向きに磁束が生じる向きの誘導起電力が生じる．よって **(イ)** 負の向き

(ii) (i) と逆のことが起こるので，**(ア)** 正の向き

(2)　I_{A} により生じる磁場の強さは $\dfrac{N_{\mathrm{A}}}{\ell_{\mathrm{A}}}I_{\mathrm{A}}$ となるので，これと透磁率の積をとることにより $\boldsymbol{\mu\dfrac{N_{\mathrm{A}}}{\ell_{\mathrm{A}}}I_{\mathrm{A}}}$

(3)　A を貫く磁束の大きさは $\mu\dfrac{N_{\mathrm{A}}S}{\ell_{\mathrm{A}}}I_{\mathrm{A}}$ となる．よってその変化は $\boldsymbol{\mu\dfrac{N_{\mathrm{A}}S}{\ell_{\mathrm{A}}}\Delta I_{\mathrm{A}}}$

(4)　求める誘導起電力の大きさは，ファラデーの電磁誘導の法則より $N_{\mathrm{A}}\cdot\mu\dfrac{N_{\mathrm{A}}S}{\ell_{\mathrm{A}}}\dfrac{\Delta I_{\mathrm{A}}}{\Delta t}=\boldsymbol{\mu\dfrac{{N_{\mathrm{A}}}^2S}{\ell_{\mathrm{A}}}\cdot\dfrac{\Delta I_{\mathrm{A}}}{\Delta t}}$

また，レンツの法則より，A には負の向きに電流が流れる向きの誘導起電力が生じるので，$\mathbf{P_A}$ の方が電位が高い．

(5)　求める誘導起電力の大きさは，ファラデーの電磁誘導の法則より $N_{\mathrm{B}}\cdot\mu\dfrac{N_{\mathrm{A}}S}{\ell_{\mathrm{A}}}\dfrac{\Delta I_{\mathrm{A}}}{\Delta t}=\boldsymbol{\mu\dfrac{N_{\mathrm{A}}N_{\mathrm{B}}S}{\ell_{\mathrm{A}}}\cdot\dfrac{\Delta I_{\mathrm{A}}}{\Delta t}}$

また，レンツの法則より，B には負の向きに電流が流れる向きの誘導起電力が生じるので，$\mathbf{P_B}$ の方が電位が高い．

(6)　(5) の $\dfrac{\Delta I_{\mathrm{A}}}{\Delta t}$ を除いて $\boldsymbol{\mu\dfrac{N_{\mathrm{A}}N_{\mathrm{B}}S}{\ell_{\mathrm{A}}}}$

(7)　A の電流の時間変化の大きさは時間 0 から $3t$ までの間，最大となるから，このとき A の電圧の大きさは最大値 $4V_1$ をとる．電流が増加するとき $\mathrm{P_A}$ の電位が $\mathrm{Q_A}$ より高くなること，および時間 $3t$ から $5t$ までは A の電流の時間変化の大きさは最大値の 1/2 倍となることに注意して，A の電圧のグラフを描けばよい．

また，$N_{\mathrm{A}}:N_{\mathrm{B}}=2:1$ より，A と B に生じる誘導起電力の大きさの比は $2:1$ となること，および A と B に生じる誘導起電力の向きは一致することに注意して，B の電圧のグラフを描けばよい．

＜次頁につづく＞

講評

1 [力学：剛体のつり合い]（標準）

剛体のつり合いの標準的問題。ⅠおよびⅡはいずれの問題も典型問題であり完答したい。Ⅲは少し計算が重く差がつき易い。

2 [熱：気体の状態変化，モル比熱]（標準）

気体の状態変化の標準的問題。比熱の定義などは正確に押さえておく必要がある。Ⅲの (6) までは確実に取りたい。(7)，(8) の出来は差がつくだろう。

3 [電磁気：自己誘導・相互誘導]（標準）

自己誘導と相互誘導の標準的な問題。(7) のグラフはやや描きにくいが，それ以外は完答したい。

総評

難易度は 2023 年度前期と同程度。いずれの問題も一度は解いたことがある受験者が多かったことだろう。各大問の前半をほぼ正解することが求められ，後半の出来で差がついただろう。特に，2 の (7)，(8) はやや難しく，時間を使い過ぎてしまった受験者もいたかもしれない。目標は 70 %

メルマガ無料登録で全教科配信！ 本解答速報の内容に関するお問合せは… メビオ 0120-146-156 まで

医学部進学予備校 メビオ
0120-146-156 https://www.mebio.co.jp/

医学部専門予備校 YMS
03-3370-0410
https://yms.ne.jp/

医学部専門予備校 英進館メビオ 福岡校
0120-192-215
https://www.mebio-eishinkan.com/

登録はこちらから

後期入試もチャンスあり！最後まで諦めない受験生をメビオは応援します

医学部後期模試
2/16(金) 近畿大学医学部
2/19(月) 金沢医科大学
詳しくはこちら

医学部後期入試ガイダンス
2/4(日) 14:00〜14:30
大阪梅田ツインタワーズ・ノース
詳しくはこちら

詳しくは Web またはお電話で

医学部進学予備校 メビオ フリーダイヤル 0120-146-156
校舎にて個別説明会も随時開催しています。
【受付時間】9:00〜21:00（土日祝可）
大阪府大阪市中央区石町 2-3-12 ベルヴォア天満橋
天満橋駅（京阪/ 大阪メトロ谷町線）より徒歩3 分