解答速報

藤田医科大学（後期）　物理

2025年 3月 3日実施

第1問

問 1　$\sqrt{2kgH}$　　問 2　$\dfrac{1}{\sqrt{k}}$　　問 3　e^2H　　問 4　$2(1+e)\sqrt{k}\cdot H$　　問 5　$\dfrac{1}{14}H$ 以上

解説

問 1　求める速さを v とおくと，力学的エネルギー保存則より $mgkH=\dfrac{1}{2}mv^2$ が成り立つ．よって $v=\boldsymbol{\sqrt{2kgH}}$

問 2　床に衝突する直前の速度の鉛直方向成分の大きさを v' とおくと，力学的エネルギー保存則（または等加速度運動の公式）より $v'=\sqrt{2gH}$ となる．よって $\tan\theta=\dfrac{v'}{v}=\boldsymbol{\dfrac{1}{\sqrt{k}}}$

問 3　AE の e^2 倍となるので，$\boldsymbol{e^2H}$ （鉛直方向のはねかえりと等加速度運動について考えて解いてもよい．）

問 4　A から B に達するまでの時間を t とすると，等加速度運動の公式より

$$H=\frac{1}{2}gt^2$$

が成り立つ．よって

$$t=\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

となる．また，B から C に達するまでの時間は et となるので，求める距離は

$$(t+et)v=\boldsymbol{2(1+e)\sqrt{k}\cdot H}$$

問 5　3 度目に床と同じ高さとなる点を E′ とする．B から E′ に達するまでの時間は $2e^2t$ となるので，

$$\mathrm{E'D}=(et+2e^2t)v=e(1+2e)vt$$

となる．また，$\mathrm{ED}=H$ より，

$$(1+e)vt=H \quad \therefore\ vt=\frac{H}{1+e}$$

となるので，

$$\mathrm{E'D}=\frac{e(1+2e)}{1+e}H$$

となる．求める幅の最小値は，

$$\mathrm{E'E}=\mathrm{E'D}-H=\frac{2e^2-1}{e+1}H$$

となるので，$e=0.75$ を代入して $\boldsymbol{\dfrac{1}{14}H}$ **（以上）**

＜次頁につづく＞

第2問

問 1　P：$\dfrac{M_\mathrm{P}-eM_\mathrm{Q}}{M_\mathrm{P}+M_\mathrm{Q}}v_0$　　Q：$\dfrac{(1+e)M_\mathrm{P}}{M_\mathrm{P}+M_\mathrm{Q}}v_0$　　問 2　$M_\mathrm{P}>eM_\mathrm{Q}$　　問 3　$\dfrac{e(M_\mathrm{P}+M_\mathrm{Q})}{(1+e)M_\mathrm{P}}L$

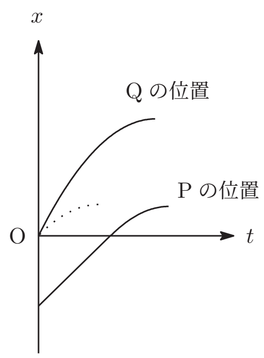
問 4　$\dfrac{{v_0}^2}{2\mu g}\left(\dfrac{(1+e)M_\mathrm{P}}{M_\mathrm{P}+M_\mathrm{Q}}\right)^2$　　問 5　$\dfrac{v_0}{\mu g}\cdot\dfrac{(1+e)M_\mathrm{P}}{M_\mathrm{P}+M_\mathrm{Q}}$

問 6　正しくない

説明例 1：あらい面上での P，Q の加速度は等しい．また，点 O での速度は P より Q の方が大きい．$L=0$ のとき，P と Q は離れていき，P の方が先に静止するため，衝突しない．Q が点 O にあるときを時刻 $t=0$ とすると，L が 0 より大きい場合，$t=0$ 以降における P と Q の距離は $L=0$ の場合の同時刻の P と Q の距離よりも常に小さくない．よってこの場合も衝突しない．

説明例 2：あらい面上での P，Q の加速度は等しい．また，点 O での速度は P より Q の方が大きい．よって，同じ位置（時刻は問わない）における P，Q の速度は，必ず Q の方が大きい．P が Q に追いつくためには，ある同じ位置において P の速度の方が大きくならなければならないが，そのような状況は起こりえないので，絶対に衝突しない．

$\boxed{\text{解説}}$



問 1　衝突後の P，Q の速度をそれぞれ v_P，v_Q とすると，運動量保存則より

$$M_\mathrm{P}v_0=M_\mathrm{P}v_\mathrm{P}+M_\mathrm{Q}v_\mathrm{Q}$$

が成り立つ．また，

$$e=-\frac{v_\mathrm{P}-v_\mathrm{Q}}{v_0-0}$$

も成り立つ．これらを v_P，v_Q について解くと

$$v_\mathrm{P}=\boldsymbol{\frac{M_\mathrm{P}-eM_\mathrm{Q}}{M_\mathrm{P}+M_\mathrm{Q}}v_0},\ v_\mathrm{Q}=\boldsymbol{\frac{(1+e)M_\mathrm{P}}{M_\mathrm{P}+M_\mathrm{Q}}v_0}$$

問 2　$v_\mathrm{P}>0$ であればよいので，$\boldsymbol{M_\mathrm{P}>eM_\mathrm{Q}}$

問 3　Q が動き出してから O に達するまでに $\dfrac{L}{v_\mathrm{Q}}$ だけ時間がかかるため，求める距離は $L-v_\mathrm{P}\dfrac{L}{v_\mathrm{Q}}=\boldsymbol{\dfrac{e(M_\mathrm{P}+M_\mathrm{Q})}{(1+e)M_\mathrm{P}}L}$

問 4　あらい面上での P，Q の加速度は，ともに $-\mu g$ となる．求める距離を L' とすると，等加速度運動の公式より

$$0^2-{v_\mathrm{Q}}^2=2(-\mu g)L'$$

が成り立つ．よって

$$L'=\boldsymbol{\frac{{v_0}^2}{2\mu g}\left(\frac{(1+e)M_\mathrm{P}}{M_\mathrm{P}+M_\mathrm{Q}}\right)^2}$$

問 5　求める時間を t とおくと，$0=v_\mathrm{Q}-\mu gt$ が成り立つ．よって

$$t=\boldsymbol{\frac{v_0}{\mu g}\cdot\frac{(1+e)M_\mathrm{P}}{M_\mathrm{P}+M_\mathrm{Q}}}$$

問 6　説明例 1 の補足：$L=0$ と仮定したとき（P の位置を点線で示した），および $L>0$ のときの P，Q の位置をかくと，例えば右上図のようになる．

＜次頁につづく＞

第3問

問1 $\dfrac{C_P}{\gamma}$

問2 $n\dfrac{C_P}{\gamma}\Delta T$

問3 下図

問4 $0.5P_1V_1$

問5 $0.5nC_PT_1$

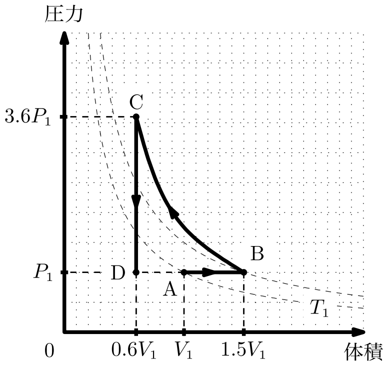
問6 $\dfrac{\gamma}{\gamma-1}\times\dfrac{P_1V_1}{nT_1}$

問7 $2.5^{\gamma-1}\times 1.5\times T_1$

問8 $\dfrac{\left(2.5^{\gamma-1}-1\right)\times 1.5}{\gamma-1}\times P_1V_1$

問9 $-\dfrac{0.4}{\gamma-1}\times P_1V_1$

問10 ピストンの固定を外す以前の状態で,「ピストンとおもり1に作用する重力」「シリンダー内部の気体から受ける力」(存在すれば)「大気から受ける力」の3力がつり合っているので,ピストンの位置は動かない.



解説

問1 比熱比の定義 $\gamma=\dfrac{C_P}{C_V}$ より,$C_V=\boldsymbol{\dfrac{C_P}{\gamma}}$

問2 $\Delta U=nC_V\Delta T=\boldsymbol{n\dfrac{C_P}{\gamma}\Delta T}$

問3 状態Cにおける気体の圧力を P_{C} とすると,ポアソンの法則より

$$P_1\times(1.5V_1)^{\gamma}=P_{\mathrm{C}}\times(0.6V_1)^{\gamma}\qquad\therefore P_{\mathrm{C}}=(5\times0.5)^{\gamma}P_1=9.52\times0.379P_1\fallingdotseq 3.6P_1$$

A→Bの過程が定圧変化,B→Cの過程が断熱圧縮で温度が上昇すること,C→Dの過程が定積変化であることに注意して描図を行う.

問4 定圧変化での気体が外部にした仕事は $W_{\mathrm{AB}}=P_1(1.5V_1-V_1)=\boldsymbol{0.5P_1V_1}$

問5 シャルルの法則より,状態Bでの気体の温度は $1.5T_1$.定圧変化での気体が吸収した熱量は $Q_{\mathrm{AB}}=nC_P(1.5T_1-T_1)=\boldsymbol{0.5nC_PT_1}$

問6 今回,気体定数は $R=C_P-C_V=\dfrac{\gamma-1}{\gamma}C_P$ と表される.定圧変化において,$W:Q=R:C_P$ なので,

$$Q_{\mathrm{AB}}=\frac{C_P}{R}W_{\mathrm{AB}}=\frac{\gamma}{\gamma-1}W_{\mathrm{AB}}$$

この式に W_{AB},Q_{AB} を代入して整理すると,$C_P=\boldsymbol{\dfrac{\gamma}{\gamma-1}\times\dfrac{P_1V_1}{nT_1}}$

問7 状態Cにおける気体の温度を T_{C} とすると,温度と体積についてのポアソンの法則 $(\text{温度})\times(\text{体積})^{\gamma-1}=(\text{一定})$ より,

$$1.5T_1\times(1.5V_1)^{\gamma-1}=T_{\mathrm{C}}\times(0.6V_1)^{\gamma-1}\qquad\therefore T_{\mathrm{C}}=\boldsymbol{2.5^{\gamma-1}\times1.5\times T_1}$$

問8 $\Delta U_{\mathrm{BC}}=nC_V(T_{\mathrm{C}}-1.5T_1)=\boldsymbol{\dfrac{\left(2.5^{\gamma-1}-1\right)\times1.5}{\gamma-1}\times P_1V_1}$

問9 状態Dにおける気体の温度は $0.6T_1$ なので,$\Delta U_{\mathrm{AD}}=nC_V(0.6T_1-T_1)=\boldsymbol{-\dfrac{0.4}{\gamma-1}\times P_1V_1}$

＜次頁につづく＞

第4問

問1　A：$\dfrac{2\varepsilon_0 S}{d}V_0$，$B_1$：$-\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}V_0$，$B_2$：$-\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}V_0$

問2　a → b

問3　B_1：$-\dfrac{2\varepsilon_0\varepsilon_1 S}{(\varepsilon_0+\varepsilon_1)d}V_0$，$B_2$：$-\dfrac{2{\varepsilon_0}^2 S}{(\varepsilon_0+\varepsilon_1)d}V_0$

問4　$\dfrac{\varepsilon_1-\varepsilon_0}{\varepsilon_0+\varepsilon_1}\cdot\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}{V_0}^2$

問5　$\dfrac{d-h}{d}\cdot\dfrac{2\varepsilon_0}{\varepsilon_0+\varepsilon_1}V_0$

問6　$-\dfrac{2h}{d}V_0$

解説

問1　AB_1 間，AB_2 間の電気容量をともに C_0 とすると，$C_0=\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$ であり，極板 A の電位が V_0，極板 B_1，B_2 の電位はいずれも 0 であるから，求める電気量は，

A：$C_0V_0\times 2=\boldsymbol{\dfrac{2\varepsilon_0 S}{d}V_0}$，$B_1$：$-C_0V_0=\boldsymbol{-\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}V_0}$，同じく，$B_2$：$\boldsymbol{-\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}V_0}$

問2，問3　十分に時間が経過すると電流は止まり，B_1 と B_2 はともに電位 0 となる．AB_1 間の電気容量を C_1 とすると，$C_1=\dfrac{\varepsilon_1 S}{d}=\dfrac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0}C_0$ であり，極板 A の電位を V_1 とすると，電気量保存則より，$C_0V_1+C_1V_1=2C_0V_0$ であるから，$V_1=\dfrac{2C_0}{C_0+C_1}V_0=\dfrac{2\varepsilon_0}{\varepsilon_0+\varepsilon_1}V_0$ となる．したがって，求める電気量は B_1：$-C_1V_1=\boldsymbol{-\dfrac{2\varepsilon_0\varepsilon_1 S}{(\varepsilon_0+\varepsilon_1)d}V_0}$，$B_2$：$-C_0V_1=\boldsymbol{-\dfrac{2{\varepsilon_0}^2 S}{(\varepsilon_0+\varepsilon_1)d}V_0}$（問3の答）

$\varepsilon_1>\varepsilon_0$ より，$V_1=\dfrac{2\varepsilon_0}{\varepsilon_0+\varepsilon_1}V_0<V_0$ であるから，B_2 の電気量は $-C_0V_0$ から $-C_0V_1$ に増加している（符号に注意）．したがって，電流の向きは **a → b**（問2の答）

問4　AB_1 間，AB_2 間の静電エネルギーの減少量の和に等しい．挿入前の静電エネルギーは $\dfrac{1}{2}C_0{V_0}^2\times 2=C_0{V_0}^2$ であり，挿入後の静電エネルギーは $\dfrac{1}{2}(C_1V_1+C_0V_1)\times V_1=C_0V_0\times V_1$ であるから，失われたエネルギーは，

$$C_0{V_0}^2-C_0V_0V_1=\frac{\varepsilon_0 S}{d}V_0\times\left(1-\frac{2\varepsilon_0}{\varepsilon_0+\varepsilon_1}\right)V_0=\boldsymbol{\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_0}{\varepsilon_0+\varepsilon_1}\cdot\frac{\varepsilon_0 S}{d}{V_0}^2}$$

問5　S_2 も開いているから，B_1 の電気量は変化しない，対面の極板 A の B_1 側の電気量は C_1V_1 のまま変化せず，電気量保存則より，極板 A の B_2 側の電気量も C_0V_1 のまま変化しない．よって，AB_2 間の電場の強さ（E とする）も，$E=\dfrac{V_1}{d}$ のまま変化しない．したがって，求める電位は

$$\frac{V_1}{d}\times(d-h)=\boldsymbol{\frac{d-h}{d}\cdot\frac{2\varepsilon_0}{\varepsilon_0+\varepsilon_1}V_0}$$

問6　移動により，極板 A の電位は $E\times h=\dfrac{C_0V_1}{\varepsilon_0 S}\times h$ だけ低くなった．ここで，AB_1 間の電場について考えると，誘電体部分の電圧は V_1 のまま変わらず，長さ h の空気層の部分だけ電圧が大きくなっていることがわかる．極板 A の B_1 側の電気量は C_1V_1 であるから，この空気層部分の電圧は $\dfrac{C_1V_1}{\varepsilon_0 S}\times h$ となる．移動前の B_1 の電位は 0 であり，移動後の B_1 の電位は，合計 $\dfrac{C_0V_1}{\varepsilon_0 S}\times h+\dfrac{C_1V_1}{\varepsilon_0 S}\times h=\dfrac{2h}{d}V_0$ だけ低くなるので，求める電位は $\boldsymbol{-\dfrac{2h}{d}V_0}$

＜次頁につづく＞

講評

第 1 問　［力学：力学的エネルギー保存則・壁や床との衝突］（標準）

典型的な問題であるので取りこぼしのないよう慎重に作業したい．反発係数 e の床ではねかえったとき，最高点に達するまでの時間が e 倍に，最高点の高さが e^2 倍になることをおぼえておくと時間が節約できる．

第 2 問　［力学：衝突・等加速度運動］（標準）

2 物体の衝突と，摩擦力による等加速度運動の標準的な問題である．問 5 までは典型的なので取りこぼしは避けたい．問 6 は論述の問題でやや苦手とする受験者もいたかもしれない．$x-t$ グラフをかくなどして考察したことを言葉で表現するとよいだろう．

第 3 問　［熱：気体の状態変化・ポアソンの法則］（標準）

気体定数および定積モル比熱をあえて問題文中で与えない問題．定圧モル比熱と比熱比から定積モル比熱を作り，その後はこの値を代入して解答を作成する必要がある．問われている内容は標準的だが，最終的な解答が受験生には見慣れぬ形になり，正答していても自信が持てない場合があるかもしれない．

第 4 問　［電磁気：平行板コンデンサー］（標準）

平行板コンデンサーの接続問題．設定自体は標準的なものだが，計算の煩雑な設問が多い．特に問 6 は，電場を用いないとかなり計算が大変になり，完答は難しかったと思われる．

総評

2025 年度後期は昨年度後期よりも易しくなった．今回はこれまで頻出だった剛体の問題は出題されず，力学は 2 問とも解きやすい問題であった．第 3 問の熱の問題と第 4 問のコンデンサーの問題は，計算が煩雑になりやすく時間を取られた受験者も多かったことだろう．目標得点率は 75 ％