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（2日目）　物理

2025年 2月 3日実施

1

(1) $\dfrac{GM}{R^2}$　(2) $\sqrt{gR}$　(3) $\sqrt{\dfrac{24\pi}{Gd}}$　(4) $(\sqrt{2}-1)m$　(5) $\dfrac{Rh}{R-h}$

解説

(1)　地表面での万有引力の大きさが mg に等しいと考えて，

$$mg=\frac{GMm}{R^2}\qquad \therefore\ g=\boldsymbol{\frac{GM}{R^2}}$$

(2)　求める速さを v_1 とおく．地表面すれすれの場合の円運動の運動方程式より，

$$m\frac{{v_1}^2}{R}=mg\qquad \therefore\ v_1=\boldsymbol{\sqrt{gR}}$$

(3)　小物体の円軌道の半径は $2R$ であるので，運動方程式は，

$$m\frac{v^2}{2R}=\frac{GMm}{(2R)^2}\qquad \therefore\ v=\sqrt{\frac{GM}{2R}}$$

したがって，$M=\dfrac{4}{3}\pi R^3 d$ であることに注意すると，求める周回運動の周期 T は，

$$T=\frac{2\pi\cdot 2R}{v}=2\pi\sqrt{\frac{(2R)^3}{GM}}=\sqrt{\frac{4\pi^2\cdot 8R^3}{G\cdot\frac{4}{3}\pi R^3 d}}=\boldsymbol{\sqrt{\frac{24\pi}{Gd}}}$$

(4)　発射した質量を $\varDelta m$ とすると，残りの小物体の質量は $m'=m-\varDelta m$ となる．小物体が無限遠に飛び去るために必要な速度の下限値を v_2 とおくと，

$$\frac{1}{2}m'{v_2}^2-\frac{GMm'}{2R}=0\qquad \therefore\ v_2=\sqrt{\frac{GM}{R}}=\sqrt{2}\cdot v$$

問題文の記述から，$\varDelta m$ の速度は，$(\sqrt{2}-1)v$ となることがわかるので，発射前後での運動量保存則より，

$$mv=(m-\varDelta m)\sqrt{2}v+\varDelta m(\sqrt{2}-1)v\qquad \therefore\ \varDelta m=\boldsymbol{(\sqrt{2}-1)m}$$

(5)　別の小物体（質量 m_0 とおく）の地表面での運動エネルギーを K_0 とおいて，2 通りの場合の力学的エネルギー保存則を考えると，

万有引力が作用した場合：　$K_0-\dfrac{GMm_0}{R}=-\dfrac{GMm_0}{R+H}$

重力加速度の大きさが一定の場合：　$K_0=m_0gh$

となるので，(1) の結果から $GM=gR^2$ と置き換えられることに注意して，これらの式から K_0 を消去すると，

$$m_0gh-\frac{gR^2m_0}{R}=-\frac{gR^2m_0}{R+H}\qquad \therefore\ H=\boldsymbol{\frac{Rh}{R-h}}$$

＜次頁につづく＞

2

(1)　オ　(2)　250〔V〕　(3)　1.0〔A〕　(4)　120〔Ω〕　(5)　0.80 倍

解説

(1)　図 2 において電流の位相が電圧の位相より進んでいるので X はコンデンサーとわかる．また，図 3 の回路において，仮に Y がコイルであるとすると，S を閉じて充分時間が経過したあとも S を流れる電流は 5.0 A となるはずなので，Y は抵抗器とわかる．

(2)　X がコンデンサーであるから，S を閉じた直後は，直流電源の電圧と 50 Ω の抵抗の電圧は等しい．

(3)　電流が 5.0 A から 1.0 A に変化することより，Y は抵抗値 200 Ω の抵抗器であるとわかる．S を開く直前は X，Y の電圧はともに 200 V である．この電圧は S を開いた直後も変わらないので，求める電流は

$$\frac{200}{200} = \mathbf{1.0}\,〔\mathbf{A}〕$$

(4)　図 1 の交流電源の電圧，電流の最大値をそれぞれ V_0，I_0 とする．Y の電流の最大値は $\dfrac{V_0}{200}$ となる．また，各電流の最大値の比より，X，Z の電流の最大値はそれぞれ $\dfrac{V_0}{100}$，$\dfrac{V_0}{300}$ とわかる．図 1 の交流電源の電圧を $V(t) = V_0 \sin \omega t$ と表すと，電源電流 $I(t)$ は

$$\begin{aligned} I(t) &= \frac{V_0}{200}\sin\omega t + \frac{V_0}{100}\cos\omega t - \frac{V_0}{300}\cos\omega t \\ &= \frac{V_0}{200}\sin\omega t + \frac{V_0}{150}\cos\omega t \qquad \cdots\cdots ① \\ &= \sqrt{\left(\frac{V_0}{200}\right)^2 + \left(\frac{V_0}{150}\right)^2} \cdot \sin(\omega t + \theta) \\ &= \frac{V_0}{120}\sin(\omega t + \theta) \end{aligned}$$

と表せる．ただし，$\tan\theta = \dfrac{\frac{V_0}{150}}{\frac{V_0}{200}} = \dfrac{4}{3}$ である．したがって，$I_0 = \dfrac{V_0}{120}$ と表せるので，この回路のインピーダンス Z は

$$Z = \frac{V_0}{I_0} = \mathbf{120}\,〔\mathbf{\Omega}〕$$

(5)　電圧が 0，すなわち $V(t_1) = V_0 \sin\omega t_0 = 0$ を満たす時刻 t_1 において，$\sin\omega t_0 = 0$，$\cos\omega t_0 = \pm 1$ であることがわかる．したがって，①式，および，$V_0 = ZI_0 = 120 I_0$ を用いて，

$$I(t_0) = \frac{120 I_0}{150}\cos\omega t_0 = \pm\mathbf{0.80} I_0$$

となる．

＜次頁につづく＞

3

(1) イ．$\dfrac{V}{V-v_{\mathrm{S}}\cos\theta}f_0$　　(2) エ．$\dfrac{V-v_{\mathrm{S}}\cos\theta}{V}\Delta t$　　(3) ウ．$\dfrac{V+v_{\mathrm{O}}\cos\theta}{V}f_0$

(4) オ．$\dfrac{v_{\mathrm{O}}(1-\cos\theta)}{V}f_0$　　(5) ウ．$\dfrac{2\sqrt{3}v\left(2V+\sqrt{3}v\right)}{\left(2V-\sqrt{3}v\right)^2}f_0$

解説

(1) 音源 S の速度のうち，観測者 O に近づく向きの成分の大きさは $v_{\mathrm{S}}\cos\theta$ なので，O が聞く音波の振動数は

$$f_1=\boldsymbol{\frac{V}{V-v_{\mathrm{S}}\cos\theta}f_0}\ \text{〔Hz〕}$$

(2) 求める時間を $\Delta t'$ とすると，$f_0\Delta t=f_1\Delta t'$ が成立するので，$\Delta t'=\dfrac{f_0}{f_1}\Delta t=\boldsymbol{\dfrac{V-v_{\mathrm{S}}\cos\theta}{V}\Delta t}$〔s〕

(3) 壁に対して音源 S に対称な点 S$'$ を考え，それをあらためて音源とみなす．観測者 O が S$'$ に近づく向きの速度成分は $v_{\mathrm{O}}\cos\theta$ なので，点 W から来る音波の振動数は $f_2=\boldsymbol{\dfrac{V+v_{\mathrm{O}}\cos\theta}{V}f_0}$〔Hz〕

(4) 直接音の振動数は $f_3=\dfrac{V+v_{\mathrm{O}}}{V}f_0$ なので，うなりの振動数は $n_1=f_3-f_2=\boldsymbol{\dfrac{v_{\mathrm{O}}(1-\cos\theta)}{V}f_0}$〔Hz〕

(5) 問題文に「V にくらべて v は充分小さい」とあることから，以下，音波が発せられてから観測者 O が聞くまでの時間差は無視してよいものとして解答する．

音源 S から直接聞こえる音波の振動数は,

$$f_4=\frac{V+\frac{\sqrt{3}}{2}v}{V-\frac{\sqrt{3}}{2}v}f_0=\frac{2V+\sqrt{3}v}{2V-\sqrt{3}v}f_0\ \text{〔Hz〕}$$

この f_4 は点 W で聞こえる音波の振動数でもあるので，点 W を振動数 f_4 の音源とみなすと，点 W から聞こえる音波の振動数は,

$$f_5=\frac{2V+\sqrt{3}v}{2V-\sqrt{3}v}f_4=\left(\frac{2V+\sqrt{3}v}{2V-\sqrt{3}v}\right)^2f_0\ \text{〔Hz〕}$$

求めるうなりの振動数 n_2 は,

$$n_2=f_5-f_4=\left(\frac{2V+\sqrt{3}v}{2V-\sqrt{3}v}-1\right)\times\frac{2V+\sqrt{3}v}{2V-\sqrt{3}v}f_0=\boldsymbol{\frac{2\sqrt{3}v\left(2V+\sqrt{3}v\right)}{\left(2V-\sqrt{3}v\right)^2}f_0}\ \text{〔Hz〕}$$

＜次頁につづく＞

4

(1)　ア．$p_0\dfrac{V_0}{V_0+V}$　(2)　ウ．T_0　(3)　エ．$(p_0-p)S$

(4)　ア．p_0V_1　(5)　オ．$\left(\dfrac{3}{2}+\dfrac{V_1}{V_0}\right)nRT_0$

解説

(1)，(2) 気体は仕事をせず，シリンダーは断熱されているため，内部エネルギーは変化しない。
したがって絶対温度は変化せず，$\boldsymbol{T_0}$〔K〕　((2) の答)
開始時と充分経過後の温度変化がないからボイルの法則が成り立つ．等しくなった圧力を p_1 とすると，

$$p_0V_0=p_1(V_0+V)\qquad \therefore p_1=\boldsymbol{p_0\frac{V_0}{V_0+V}}\text{〔Pa〕}((1)\text{ の答})$$

(3)　文中に「変化はゆっくり」とあるから，ピストンの力のつり合いを考える．ピストンに加える力を左向きに F とすると，

$$F+pS=p_0S\qquad \therefore F=\boldsymbol{(p_0-p)S}\text{〔N〕}$$

(4)　文脈から「気体にした仕事」を「容器内の気体にした仕事（容器内の気体がピストンからされた仕事）」であると考える．気体の一部は容器 A から B に拡散するものの，ピストンを押す圧力は p_0 で一定であるから，容器内の気体がピストンに対してした仕事は定圧変化のときと同じと考えてよい．したがって，気体がピストンにした仕事は $W_{\text{した}}=p_0\Delta V=-p_0V_1$ であるから，ピストンからされた仕事は $W_{\text{された}}=\boldsymbol{p_0V_1}$〔J〕

(5)　「気体の内部エネルギー」を「シリンダー内の全気体の内部エネルギー和」のことであると考えて，熱力学第 1 法則を用いる．実験開始状態での内部エネルギーを U_0 とすると，単原子分子理想気体であるから，$U_0=\dfrac{3}{2}p_0V_0=\dfrac{3}{2}nRT_0$ である．断熱されているから熱力学第 1 法則より，$\Delta U=p_0V_1=\dfrac{nRT_0}{V_0}\cdot V_1$ が成り立つ．したがって，全内部エネルギーは，

$$U_0+\Delta U=\boldsymbol{\left(\frac{3}{2}+\frac{V_1}{V_0}\right)nRT_0}\text{〔J〕}$$

＜次頁につづく＞

講評

$\boxed{1}$ ［力学：万有引力］（標準）

万有引力を題材とした問題．(1)～(3) までは標準的．(4) は公転速度の $\sqrt{2}$ 倍が脱出速度であることを用いれば素速く解答できる．(5) はあまり見かけない問題だが，エネルギー保存則に (1) で得られた式を適用すればよい．

$\boxed{2}$ ［電磁気：RLC 並列交流回路］（やや難）

正体が不明である素子を題材とした交流回路の問題である．他の医学部の入試においても類題が見られる．問題の文脈から素子の正体を特定しなければならず，類題を解いたことのない受験者は戸惑ったかもしれない．典型問題とは逆に，結果から原因を求めなければならないのでやや解きにくい．

$\boxed{3}$ ［波動：音波のドップラー効果］（やや易～標準）

速度に斜め方向成分を持つドップラー効果についての基礎的な理解や作業力を問う問題．(3) は壁に対して音源 S に対称な点を考え，それをあらためて音源とみなすと答えやすい．(5) では，問題文に「V にくらべて v は充分小さい」とあることから，音波が発せられてから観測者 O が聞くまでの時間差は無視してよいものとして解答した．

$\boxed{4}$ ［熱：気体の状態変化］（標準）

シリンダー内の気体の熱力学．(1)，(2) は断熱自由膨張を正しく理解している必要がある．(3) 以降の変化には慣れない受験者が多かったと思われるが，選択肢があるので難しくはない．

総評

2025 年度 2 日目の難易度は 1 日目と同程度．昨年度 2 日目とも変わらない．大問 1，大問 4 はできれば完答したい．大問 2 は最初から手が付かない受験者もいたかもしれないが，(3) 以降を解き進められた受験者はかなりの実力者だろう．大問 3 の (5) はやや難しい．全体的に計算に時間がかかる問題は少なかった．目標得点率は 65 %