2016（H28）年度 新潟大学　理系前期　入学試験　物理解説

$\boxed{1}$ 注意　全学部受験者用

＜解答＞

問１

　エネルギー保存の法則によれば，小球が失った位置エネルギーが運動エネルギーに変化したのだから，$mgl(1-\cos\theta_0)=\dfrac{1}{2}m{v_0}^2$　（答）

問２

(1)

　最下点での円運動の方程式は，$ma=T-mg$，$\therefore T=m(a+g)=m\left(\dfrac{{v_0}^2}{l}+g\right)$

(2)

　最高点での円運動の方程式は，$ma=T-mg\cos\theta_0$，

$\therefore T=m(a+g\cos\theta_0)=m\left(\dfrac{v^2}{l}+g\cos\theta_0\right)$

最高点では $v=0$ だから，問１の答を利用して，$T=mg\cos\theta_0=mg\left(1-\dfrac{{v_0}^2}{2gl}\right)$　（答）

問３

(1)

　衝突直前の小球の速さの斜面に垂直方向成分は $v_0\sin 30°=\dfrac{1}{2}v_0$，

斜面方向成分は $v_0\cos 30°=\dfrac{\sqrt{3}}{2}v_0$，

衝突直後の速さの斜面垂直方向成分は，弾性衝突なので逆方向に $\dfrac{1}{2}v_0$，

斜面はなめらかなので，速さの斜面方向成分は変化しない

したがって衝突直後の小球の速さは v_0　（答），跳ね上がる向きは水平面から60°　（答）

(2)

　力積は衝突前後の運動量の変化で，（衝突後の運動量－衝突前の運動量）である。

衝突前後で斜面方向の速度は変化しないので，斜面方向の運動量変化はない。

斜面垂直方向の速度が変化するので，斜面垂直方向の運動量が変化する。

衝突前は斜面垂直下向きに運動量 $\dfrac{1}{2}mv_0$，衝突後は逆方向に運動量 $\dfrac{1}{2}mv_0$

したがって，運動量変化すなわち力積は $\dfrac{1}{2}mv_0-\left(-\dfrac{1}{2}mv_0\right)=mv_0$　（答）

斜面が小球に与える力積の向きは斜面に垂直上向き　（答）

問４

(1)

　衝突後の速さの水平方向成分は $v_0\cos 60°=\dfrac{1}{2}v_0$，これは変化しない。

最高点で速さの鉛直方向成分は 0，したがって運動エネルギーは $\dfrac{1}{2}m\left(\dfrac{1}{2}v_0\right)^2 = \dfrac{m{v_0}^2}{8}$ （答）

(2)

はじめの衝突点から最高点まで高さを h とすれば，エネルギー保存の法則により

$\dfrac{1}{2}m{v_0}^2 = mgh + \dfrac{m{v_0}^2}{8}$，$\therefore h = \dfrac{3{v_0}^2}{8g}$ （答）

問５

(1)

はじめの衝突から2 度目の衝突までの時間を t とする。

衝突直後の鉛直方向の速さは $v_0\sin 60° = \dfrac{\sqrt{3}}{2}v_0$

はじめの衝突の位置を原点 $(0\,,\,0)$ として，2 度目の衝突の点 $(x\,,\,y)$ は

$x = \dfrac{1}{2}v_0t$，$y = \dfrac{\sqrt{3}}{2}v_0t - \dfrac{1}{2}gt^2$

点 $(x\,,\,y)$ は斜面上にあるから，

$y = x\tan 30° = \dfrac{1}{\sqrt{3}}x$，したがって $\dfrac{3}{2}v_0t - \dfrac{\sqrt{3}}{2}gt^2 = \dfrac{1}{2}v_0t$，$\therefore t = \dfrac{2\sqrt{3}\,v_0}{3g}$ （答）

(2)

2度目の衝突直前の水平方向の速さは右向きに $\dfrac{1}{2}v_0$，鉛直方向の速さは下向きに $\dfrac{\sqrt{3}\,v_0}{6}$

したがって，斜面垂直下向きの速さは $\dfrac{1}{2}v_0\cos 60° + \dfrac{\sqrt{3}\,v_0}{6}\cos 30° = \dfrac{1}{2}v_0$

弾性衝突だから，小球の方向は斜面垂直上向きとなり，速さはそのままである。

斜面に沿って上向きの速さは $\dfrac{1}{2}v_0\sin 60° - \dfrac{\sqrt{3}\,v_0}{6}\cos 60° = \dfrac{\sqrt{3}}{6}v_0$

小球の方向が斜面となす角をθとすれば，$\tan\theta = \dfrac{\text{斜面垂直上向きの速さ}}{\text{斜面に沿って上向きの速さ}} = \sqrt{3}$，$\therefore \theta = 60°$

斜面は水平面に対して30° 傾いているから，小球の向きは水平面に対して $30° + 60° = 90°$（答）

＜解説＞

問１

最下点では重力による位置エネルギーを0として考える。

問２

小球は円運動をしているので，円運動の方程式を考える。小球に働く力は糸の張力と重力である。その合成力が円運動の向心力となる。

力のつり合いから求める方法もある。小球は糸によって，糸の方向の位置は変化しない。すなわち，糸の方向の力はつり合っている。

最下点における力のつり合いは，糸の張力＝小球に働く重力＋小球に働く遠心力

したがって，$T = mg + \dfrac{m{v_0}^2}{l}$

最高点における力のつり合いは，糸の張力＝小球に働く重力の糸方向成分＋小球に働く遠心力

したがって，$T = mg\cos\theta_0 + \dfrac{mv^2}{l} = mg\cos\theta_0$

問３

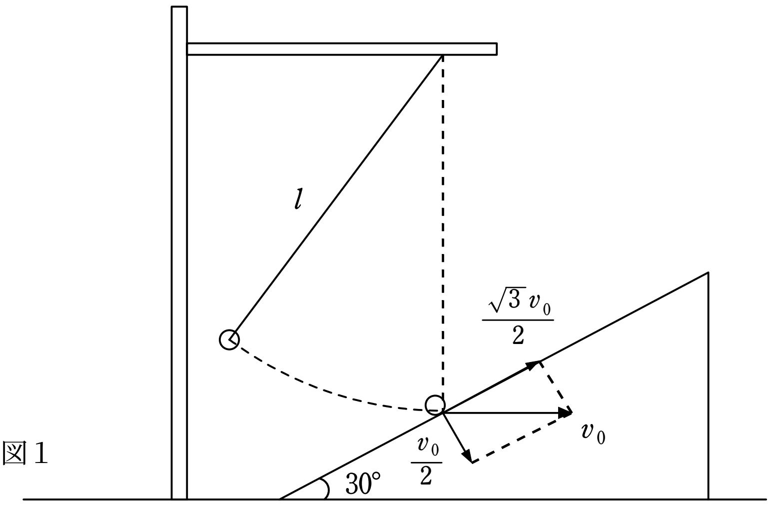
(1)

　図１のように，速さを斜面方向成分と斜面垂直方向成分とに分けて考える。斜面から受けるそれぞれの影響が異なる。

(2)

　斜面垂直方向の運動量が変化する。力積の意味を把握していること。

図１



問４

(1)

　最高点では，鉛直方向の速さが0である。

再び斜面と衝突するまで，水平方向の速さは変化しない。

(2)

　(1)の結果を利用する。

問５

(1)

　水平方向の運動は等速運動である。鉛直方向の運動は重力による等加速度運動である。

(2)

　やはり小球の速さを，斜面方向成分と斜面垂直方向成分とに分けて考える。

$\boxed{2}$ 注意　教育学部、理学部（数学科・物理学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科）

工学部および農学部受験者用

［１］

＜解答＞

問１

　電荷$-2Q$による原点$(0, 0)$の電場$E_1 = \dfrac{2kQ}{a^2}$，向きはx軸正方向

電荷$4Q$による原点$(0, 0)$の電場 $E_2=\dfrac{4kQ}{(4a)^2}=\dfrac{kQ}{4a^2}$，向きは$x$軸負方向

したがって原点$(0, 0)$の電場 $E=E_1-E_2=\dfrac{7kQ}{4a^2}$，電場の向きは$x$ 軸正方向　（答）

また，電荷$-2Q$による原点$(0, 0)$の電位は$V_1=-\dfrac{2kQ}{a}$

電荷$4Q$による原点$(0, 0)$の電位 $V_2=\dfrac{k4Q}{4a}=\dfrac{kQ}{a}$

したがって原点$(0, 0)$における電位 $V=V_1+V_2=-\dfrac{kQ}{a}$　（答）

問２

電荷$-2Q$による点$(x, 0)$の電位は，$-\dfrac{2kQ}{|x-a|}$

電荷$4Q$による点$(x, 0)$の電位は，$\dfrac{4kQ}{|x-4a|}$

点$(x, 0)$の電位 $-\dfrac{2kQ}{|x-a|}+\dfrac{4kQ}{|x-4a|}=0$とすると，$|x-4a|=2|x-a|$

$x<a$では$x=-2a$，$a<x<4a$では$x=2a$，$4a<x$では解はない。

したがって，x軸上で無限遠以外で電位が0になる点は，$(-2a, 0)$，$(2a, 0)$　（答）

問３

電荷$-2Q$による点$(x, 0)$の電場は$\dfrac{2kQ}{(x-a)^2}$，

向きは$x<a$のときx軸正方向，$x>a$のときx軸負方向

電荷$4Q$による点$(x, 0)$の電場は，$\dfrac{4kQ}{(x-4a)^2}$

向きは$x<4a$のときx軸負方向，$x>4a$のときx軸正方向

負方向の電場は$-$符号，正方向の電場はプラス符号として，

$x<a$のとき，電場 $\dfrac{2kQ}{(x-a)^2}-\dfrac{4kQ}{(x-4a)^2}=0$を満たすのは，$x=-(2+3\sqrt{2})a$

$a<x<4a$のとき，電場 $-\dfrac{2kQ}{(x-a)^2}-\dfrac{4kQ}{(x-4a)^2}=0$を満たす$x$は存在しない。

$x>4a$のとき，$-\dfrac{2kQ}{(x-a)^2}+\dfrac{4kQ}{(x-4a)^2}=0$を満たす$x$は存在しない。

したがって，x軸上で無限遠以外で電場が0になる点は，$(-(2+3\sqrt{2})a, 0)$　（答）

問４

電荷電$-2Q$による点$(0, 2a)$の電場は$\dfrac{2kQ}{5a^2}$

そのx成分は正方向に$\dfrac{1}{\sqrt{5}}\times\dfrac{2kQ}{5a^2}$，$y$成分は負方向に$\dfrac{2}{\sqrt{5}}\times\dfrac{2kQ}{5a^2}$

電荷$4Q$による点$(0, 2a)$の電場は，$\dfrac{kQ}{5a^2}$

そのx成分は負方向に$\dfrac{2}{\sqrt{5}}\times\dfrac{kQ}{5a^2}$，$y$成分は正方向に$\dfrac{1}{\sqrt{5}}\times\dfrac{kQ}{5a^2}$

したがって，両電荷による点$(0\,,2a)$の電場のx成分は

$$\frac{1}{\sqrt{5}}\times\frac{2kQ}{5a^2}-\frac{2}{\sqrt{5}}\times\frac{kQ}{5a^2}=0$$ （答）

y成分は $-\frac{2}{\sqrt{5}}\times\frac{2kQ}{5a^2}+\frac{1}{\sqrt{5}}\times\frac{kQ}{5a^2}=-\frac{3}{\sqrt{5}}\times\frac{kQ}{5a^2}=-\frac{3kQ}{5\sqrt{5}\,a^2}$ （答）

問５

電荷$-2Q$による点$\mathrm{P}(X\,,Y)$の電位は，$-\frac{2kQ}{\sqrt{(X-a)^2+Y^2}}$

電荷$4Q$による点$\mathrm{P}(X\,,Y)$の電位は，$\frac{4kQ}{\sqrt{(X-4a)^2+Y^2}}$

したがって点$\mathrm{P}(X\,,Y)$における電位 $-\frac{2kQ}{\sqrt{(X-a)^2+Y^2}}+\frac{4kQ}{\sqrt{(X-4a)^2+Y^2}}=0$とすれば，

$X^2+Y^2=(2a)^2$，したがって点Pが描く軌跡は原点を中心とする半径$2a$の円 （答）

＜解説＞

問１

点電荷$-2Q$と$4Q$によるそれぞれの電場と電位を考え，合成する。合成する場合，電場については向き，電位については正負を考慮する。負の点電荷の場合，電場は電荷の方向に，正の点電荷の場合は電荷の方向とは逆向きになる。

問２

点$(x\,,0)$における電位を求め，電位０となるxを求める。

問３

問２と同様の考え方をする。

問４

点電荷がつくる電場は観測点と点電荷を結ぶ線の方向のベクトルである。その向きは負電荷であれば，観測点から点電荷の向きに，正電荷であれば逆向きになる。

それぞれの点電荷による電場ベクトルのx成分，y成分を求め，合成する。

問５

点$\mathrm{P}(X\,,Y)$に２つの点電荷がつくるそれぞれの電位を求め，合成して点$\mathrm{P}(X\,,Y)$の電位の表示式を求める。

［２］

＜解答＞

問１

1秒あたりN個の電子が導線の断面を通過しているとすれば，$I=Ne$

$I=1$ A とすれば，$N=\frac{1}{e}$ （答）

問２

自由電子の平均の速さをvとすれば，$I=Svne$，$\therefore\ v=\frac{I}{enS}$ （答）

問３

単位体積あたりの自由電子の個数nを求める。

単位体積あたりのアルミ原子の数は，(密度／モル質量)×アボガドロ数$=6.0\times10^{28}$ 個／m^3

１原子あたり自由電子が３個だから，単位体積あたりの自由電子の個数 $n=1.8\times10^{29}$ 個／m^3

したがって問２から，$v=3.47\times10^{-5}$ m/s，したがって 1 分間に進む距離は 2.1×10^{-3} m　（答）

問４

抵抗は (抵抗率×金属導線の長さ) ／ (金属導線の断面面積) = $2.8\times10^{-2}\ \Omega$

したがって，1 分間に発生する熱量は (電流 $)^2\times$ (抵抗)× 60 秒 ＝ 1.7 J

<解説>

問１

電流が１Aということは1 秒間に１C（クーロン）の電気量が流れること。自由電子1個の電気量（電気素量）が e C だから，$1/e$ 個の電子が1 秒間に流れる。

問２

自由電子の平均の速さをv とすれば１秒間に $Sv\times n$ 個の電子が移動することになる。したがって，1 秒間に流れる電気量は $Svne$ であり，これが電流 I に等しい。

問３

$v=I/(Sne)$で，S と e の値は与えられているから，単位体積あたりの自由電子の個数 n を求める必要がある。自由電子３個が１原子に付随しているので，

(単位体積あたりの自由電子の個数 n) = (3×単位体積あたりのアルミニウム原子の個数)

モル密度 (単位体積あたりのモル数) = (アルミニウムの密度) / (1モルあたりの質量)

1モル中の原子数 (あるいは分子数) がアボガドロ数N_A だから，(モル密度×N_A) が単位体積あたりの原子数となる。

問４

発生する熱量は，（抵抗による消費電力×時間）である。

（抵抗による消費電力）＝ (電流 $)^2\times$(抵抗)である。

$\boxed{3}$　注意　教育学部，理学部（物理学科 ），医学部，歯学部および農学部受験者用

[１]

<解答>

(1) $\dfrac{L}{c+V_O}$，　(2) $L-(V_A+V_O)T$，　(3) $T+\dfrac{L-(V_A+V_O)T}{c+V_O}$，　(4) $\dfrac{c-V_A}{c+V_O}T$

(5) $\dfrac{c+V_O}{(c-V_A)T}$，　(6) $\dfrac{c-V_O}{cT}$，　(7) $\dfrac{2cV_O+(c-V_O)V_A}{c(c-V_A)T}$，　(8) $\dfrac{L}{c-U+V_O}$

(9) $T+\dfrac{L-(V_A+V_O)T}{c-U+V_O}$，　(10) $\dfrac{(c-U-V_A)T}{c-U+V_O}$，　(11) $\dfrac{c-U+V_0}{(c-U-V_A)T}$

<解説>

(1)

時間 t の間に観測者は東へ V_Ot 動くので，$L-V_Ot$ が音の密部が動く距離 ct に等しい。

$L-V_O t = ct$, $\therefore t=\dfrac{L}{c+V_O}$

(3)

$L-(V_A+V_O)T$ が音の密部と観測者が動く距離 $(c+V_O)(t-T)$ に等しい。

$L-(V_A+V_O)T=(c+V_O)(t-T)$, $\therefore t = T+\dfrac{L-(V_A+V_O)T}{c+V_O}$

あるいは，距離 $L-(V_A+V_O)T$ 離れた音の密部と観測者が出会うまでの時間は $\dfrac{L-(V_A+V_O)T}{c+V_O}$

したがって2 番目の密部が出発した時刻 T を加えて，$t=T+\dfrac{L-(V_A+V_O)T}{c+V_O}$

上記いずれの考え方でも良い。

(4)

観測者が聞くおんさA からの音の周期は,

（2番目の密部が観測者に届いた時刻）－（音波のはじめの密部が観測者に届いた時刻）

$$= T+\frac{L-(V_A+V_O)T}{c+V_O}-\frac{L}{c+V_O} = \frac{c-V_A}{c+V_O}T$$

(5)

振動数は周期の逆数である。

(6)

(5)を利用する。おんさBからの音の場合，おんさBは静止しているので，(5)で$V_A=0$

さらに，おんさBからの音の方向と観測者の動く方向は同じなので，(5)で$V_O \to -V_O$として，

$$\frac{c+V_O}{(c-V_A)T} \to \frac{c-V_O}{cT}$$

(7)

うなりの単位時間あたりの回数は，２つの音波の振動数の差である。

したがって，(5)と(6)の差は，$\dfrac{c+V_O}{(c-V_A)T} - \dfrac{c-V_O}{cT} = \dfrac{2cV_O+(c-V_O)V_A}{c(c-V_A)T}$

(8)，(9)，(10)，(11)

風が吹くということは，音波の伝播媒体である空気が移動することである。

西から東へ速さUで一様に風が吹いているので，東から西へ向かう音波の速さ c が実質的に $c-U$ となる。したがって (1) の答えで，c を$c-U$ とすれば良い。同様に (9) , (10) , (11) は (3) , (4) , (5) の答えで c を $c-U$ とすれば良い。

[2]

＜解答＞

問１

ここでは，光路長 $4\varDelta L$ の変化で干渉した光が最大からが最小へと変化したのだから，

$4\varDelta L = \dfrac{1}{2}\lambda$，$\therefore \lambda=8\varDelta L$　（答）

問２

波長λ のとき，干渉した光の強度は最大と最小の中点だったから，m を整数として

$2(L_B-L_A)=\left(m+\dfrac{1}{4}\right)\lambda$　①

波長を少しずつ大きくして，$\Delta\lambda$ 大きくなったとき光の強度が最大となったので，

$2(L_B-L_A)=m(\lambda+\Delta\lambda)$　②

したがって，$L_B-L_A=\dfrac{\lambda(\lambda+\Delta\lambda)}{8\Delta\lambda}$　（答）

問３

問２の ①，② から，$\left(m+\dfrac{1}{4}\right)\lambda=m(\lambda+\Delta\lambda)$，$\therefore\ \dfrac{\lambda}{\Delta\lambda}=4m$

①において，L_B を小さくすると m が１つ減るごとに最大値，最小値を観測するので，

最小値を 250 回観測したということは $m=250$，したがって $\dfrac{\lambda}{\Delta\lambda}=4m=1000$　（答）

＜解説＞

問１

光路の差が1 波長変化すると，干渉した光の強度は最大 → 最小 → 最大と変化する。鏡 B が ΔL 動くと，往復で光路長は $2\Delta L$ 変化することに注意する。

問２

干渉した光の強度が最大のとき，光路長差は波長の整数倍，最小のとき光路長差は（波長の整数倍＋1/2 波長）である。最初は最大と最小の中点だったから，光路長差は（波長の整数倍＋1/4 波長）である。

問３

初めに $2(L_B-L_A)=\left(m+\dfrac{1}{4}\right)\lambda$ で，L_B を小さくすると，$2(L_B-L_A)=m\lambda$ となって最大値を観測する。さらに L_B を小さくすると，$2(L_B-L_A)=(m-1)\lambda+r\lambda$，$0\leqq r<1$，となって $r=1/2$ で最小値を観測する。さらに L_B を小さくして，$r=0$ となって最大値を観測する。このように，L_B を小さくして m が１つ減るごとに最小値を観測する。したがって，最小値を250 回観測したということは，$m=250$ ということである。

４ 注意　理学部（数学科・物理学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科），医学部，歯学部および工学部受験者用

＜解答＞

問１

気体の状態方程式 $PV=nRT$ において，$n=1$ として

状態 A では，$T_A=\dfrac{P_0V_0}{R}$　（答）

状態 B では，$T_B=\dfrac{P_0V_0}{3R}$　（答）

状態 C では，$T_C=\dfrac{P_0V_0}{R}$　（答）

問２

気体は外部から圧縮されるのだから，外部にする仕事は，$-\dfrac{2}{3}P_0V_0$　（答）

問３

熱力学の第一法則によれば，気体が得た熱量は

$$Q=W+\varDelta U=W+\frac{3}{2}R(T_B-T_A)=W+\frac{3}{2}R\left(\frac{P_0V_0}{3R}-\frac{P_0V_0}{R}\right)=-\frac{2}{3}P_0V_0-P_0V_0=-\frac{5}{3}P_0V_0$$

符号が負だから，気体は熱を放出する。その大きさは $\dfrac{5}{3}P_0V_0$　（答）

問４

$Q=W+\varDelta U=\dfrac{3}{2}R(T_C-T_B)=P_0V_0$，したがって熱を吸収し，その大きさは P_0V_0　（答）

問５

直線 CD は$P=-\dfrac{1}{3}(x-1)P_0+P_0=-\dfrac{1}{3}(x-4)P_0$

$$T_D=\frac{1}{R}xV_0\times\frac{1}{3}(4-x)P_0=\frac{1}{3R}x(4-x)P_0V_0$$

$\varDelta U=\dfrac{3}{2}R(T_D-T_C)=-\dfrac{1}{2}(x^2-4x+3)P_0V_0$　（答）

問６

C → D の変化において気体が外部にする仕事は，直線 CD とV軸が囲む面積に等しい。

$W=\dfrac{1}{6}(7-x)(x-1)P_0V_0=-\dfrac{1}{6}(x-7)(x-1)P_0V_0$　（答）

問７

C → D_1 の変化において気体が吸収する熱は

$$Q=W+\varDelta U=\frac{1}{6}(7-x)(x-1)P_0V_0-\frac{1}{2}(x^2-4x+3)P_0V_0=-\frac{2}{3}(x-4)(x-1)P_0V_0$$

$$=-\frac{2}{3}\left\{\left(x-\frac{5}{2}\right)^2-\frac{9}{4}\right\}P_0V_0$$

$1\leqq x\leqq 3$ だから，$Q\geqq 0$ であり，過程 C→D_1 では気体は熱を吸収する。

$x=\dfrac{5}{2}$ で吸収する熱は $Q=\dfrac{3}{2}P_0V_0$ と最大になり，以降は減少する。

このことは吸収した熱を放出することを意味する。したがって，D_1 において，$x=\dfrac{5}{2}$（答）

問８

問７において $x=\dfrac{5}{2}$ として，$Q=\dfrac{3}{2}P_0V_0$　（答）

問９

このサイクルで吸収する熱量は

A → Bで $-\dfrac{5}{3}P_0V_0$，B → Cで P_0V_0，C → D_1で $\dfrac{3}{2}P_0V_0$，D_1 → Aで $-\dfrac{1}{6}P_0V_0$

このサイクルで外部にする仕事は C → Aで $\dfrac{4}{3}P_0V_0$，A → Bで $-\dfrac{2}{3}P_0V_0$

以上によって，吸収する熱量は $\dfrac{5}{2}P_0V_0$，する仕事は $\dfrac{2}{3}P_0V_0$

したがって熱効率は $\left(\frac{2}{3}P_0V_0\right)\div\left(\frac{5}{2}P_0V_0\right)=\frac{4}{15}$（答）

＜解説＞

問１

圧力，体積が与えられているので，気体の状態方程式から求める。

問２

定圧圧縮だから気体は外部から仕事をされる。その仕事は，線分AB とV 軸が囲む面積に等しい。

問３

A → B において，気体は圧縮され，気体の温度が変化するのだから，気体が吸収（または放出）する熱量を求めるためには，熱力学の第一法則を活用する。

問４

定積変化で，圧力が高くなるのだから，熱を吸収する。

問５

D における温度をx の関数として求め，気体の内部エネルギーを求める。

問６

$1<x<7$ であれば $W>0$だから，気体は外部に仕事をする。

問７

この問題はやや難しい。厳密にいえば，出題の表現が不適切だと，筆者は思う。

C → D_1 および D_1 → A の変化において，吸収する熱を x の関数として求める。C → D_1 では熱を吸収し，D_1 → Aでは熱を放出するような x を求める。

C → D_1 の変化において気体が吸収する熱は解答に記載した通り。

D_1 → A の変化において気体が吸収する熱は

$$Q=W+\Delta U=\frac{1}{6}(5-x)(3-x)P_0V_0+\frac{3}{2}R\left(T_A-T_D\right)=\frac{1}{6}(5-x)(3-x)P_0V_0+\frac{1}{2}\left(x^2-4x+3\right)P_0V_0$$

$$=\frac{2}{3}(x-3)(x-2)P_0V_0$$

$2<x<3$ において$Q<0$ だから，気体は熱を放出する。

以上によって，$2<x<3$であれば，C → D_1 の変化において気体は熱を吸収し，D_1 → A の変化において気体は熱を放出する。したがって，状態 D_1 を決めるx は $2<x<3$であれば良く，一意には決まらない。

問題文の表現は誤解を招く。「過程 C → A の途中に状態 D_1 があり，過程 C → D_1 では気体は熱を吸収し，残りの過程 D_1 → A では気体は熱を放出する。状態 D_1 での x を求めよ。」

次のように表現すべきであろう。

「過程 C → A の途中に状態 D_1 があり，過程 C → D_1 では気体は熱を吸収し，D_1 からは熱の放出を始めるとしたとき，状態 D_1 での x を求めよ。」

受験者としては，問題文がおかしいと思っても，熱の吸収が最大になる $x=\frac{5}{2}$ を解答するくらいの柔軟さを示したいところだ。

問８

問７の結果である。

問９

熱機関の熱効率の定義を確認しておこう。熱効率 $= \dfrac{\text{機関がした正味の仕事}}{\text{吸収した熱量}}$

（正味の仕事 = 機関がした仕事 − 機関がされた仕事）であって，この問題では問題図において三角形 ABC の面積が正味の仕事である。放出した熱量は損失である。

ここの吸収した熱量の計算において，問７，８が必要になる。なぜなら，$\mathrm{C} \to \mathrm{A}$ の熱吸収 $\dfrac{4}{3}P_0V_0$ を用いるのではなく，途中の過程 $\mathrm{C} \to \mathrm{D_1}$ の熱吸収 $\dfrac{3}{2}P_0V_0$ を用いなければならないからである。

熱機関の熱効率は，最大の熱吸収によって計算しなければ，実際よりも高い値が得られてしまう。

＜総評＞

例年同様に今年の物理も，問題設定が簡明で煩瑣なところがなく，基礎的な物理の理解を問うものである。好ましい出題姿勢だと感じる。教科書を熟読して，練習問題にしっかり取り組んで，理解を深めることが大事である。

$\boxed{1}$

小球の糸による円運動と斜面との衝突に関する運動と力に関する問題。難しい設定ではなく，物理の基礎知識と思考力を問う問題である。このような問題は的確に正答したい。速さの成分分解など，図を描いて考えること。難易度Ｂ。

$\boxed{2}$

[１]は電荷がつくる電場，電位の基本的な問題。教科書を熟読し，理解していればできる問題で，電荷配置も問題構成も簡明である。電場の方向や電位の正負などを間違えないように。二つの電荷による電場の合成が必要だから，方向の理解が不可欠である。難易度Ｂ。

[２]は金属導線を流れる電流と抵抗に関する基本的な問題。教科書に記載されているので，的確に理解し得点したい。難易度Ｃ。

$\boxed{3}$

[１]は音波のドップラー効果に関する問題。波動の分野ではドップラー効果は頻出問題である。わかり易くドップラー効果の理由を説明する文章中の要所に適切な数式をあてはめる。基本的な数式を導くもので，難しくはない。音波の速さ，周期，振動数などの関係を的確に理解していなければならない。難易度Ｂ－。

[２]は光波干渉計の問題。高精度の長さ計測等に利用されるもので，話題の重力波の検出においても利用された。難易度はＢ。

$\boxed{4}$

理想気体の状態変化に関する基本的な問題。体積－圧力グラフによって表示された状態変化における，仕事と熱の吸収を考える。状態変化の過程は簡明なものだから，教科書を的確に理解していれば，正答できるであろう。問７はやや難しい上に，問題文がやや不適切なので，正答が困難かも知れない。全体として難易度はＢ。

161228