2015（H27)年度　東京大学　理科前期　入学試験　物理解説

（物理，化学，生物，地学から２科目受験）（配点120点）（150分）

第１問

＜解答＞

Ⅰ

(1)

小球Aが失った位置エネルギーは $mgl\sin\theta$，小球Aの運動エネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$

エネルギー保存の法則により両者は等しいから，小球Aの速さは $v=\sqrt{2gl\sin\theta}$　（答）

(2)

小球に働く鉛直上向きの力は張力 T，下向きに重力 mg と遠心力 $\frac{mv^2}{l}=2mg$

上向きと下向きの力がつり合っているので，$T=mg+2mg=3mg$　（答）

(3)

水平方向には力が働かないので，水平方向の加速度は0

鉛直方向について運動方程式 $ma=T-mg=2mg$，したがって鉛直上向きに加速度 $a=2g$　（答）

Ⅱ

(1)

小球A，Bには水平方向には力が働かないので，重心の水平方向の加速度はない。

張力を T' とすれば，小球Aの鉛直方向の加速度 a_A について $ma_A=T'-mg$

小球Bの鉛直方向の加速度 a_B について $ma_B=-T'-mg$

重心Gの y 座標は小球A，Bの y 座標を y_A，y_B として，$y_G=\frac{y_A+y_B}{2}$ だから，

重心Gの加速度は $a_G=\frac{a_A+a_B}{2}=-g$

したがって，重心Gの加速度の大きさは g，向きは鉛直下向き　（答）

(2)

時刻 $t=0$ においてⅠ(1)で $\theta=\frac{1}{2}\pi$ として，小球Aは水平右向きに速さ $\sqrt{2gl}$，小球Bは水平，鉛直とも速さは0である。したがって重心の速さは水平右向きに $\frac{1}{2}\sqrt{2gl}$ だから，

重心に対する小球Aの相対速度は水平右向きに速さ $\frac{1}{2}\sqrt{2gl}$　（答）

小球Bの相対速度は水平左向きに速さ $\frac{1}{2}\sqrt{2gl}$　（答）

(3)

重心からみて，小球A，Bは重心を中心とし，張力 T' を向心力とする円運動をしている。

したがって，$T'=m\left(\frac{1}{2}\sqrt{2gl}\right)^2\div\left(\frac{1}{2}l\right)=mg$　（答）

(4)

小球Aの運動方程式は鉛直方向に，$ma_A = T' - mg = 0$，したがって加速度の大きさは 0 （答）

小球B の運動方程式は鉛直方向に，$ma_B = -T' - mg = -2mg$

したがって，小球B の加速度の大きさは$2g$で，向きは鉛直下向き　（答）

(5)

小球A，B が重心G と同じ高さになるのは，円運動で$\dfrac{\pi}{2}$ 回転したとき。

重心G に対する小球B の相対速度をv_{BG} とすれば,

円運動の$\dfrac{1}{4}$周期の時間は $\dfrac{1}{4}\times\dfrac{2\pi}{\omega}$，ただし角速度 $\omega = \dfrac{v_{BG}}{\dfrac{l}{2}} = \dfrac{1}{2}\sqrt{2gl} \div \dfrac{l}{2} = \sqrt{\dfrac{2g}{l}}$

したがって，高さが等しくなる時刻は $\dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{l}{2g}}$　（答）

(6)

小球Aの回転角をθとすれば，回転により回転中心（重心）に対して水平方向の変位が

$\dfrac{l}{2}\sin\theta = \dfrac{l}{2}\sin\omega t = \dfrac{l}{2}\sin\left(\sqrt{\dfrac{2g}{l}}\,t\right)$

重心の水平右方への変位が $\dfrac{1}{2}\sqrt{2gl}\,t$

したがって，小球Aの水平位置は，$\dfrac{1}{2}\sqrt{2gl}\,t + \dfrac{l}{2}\sin\left(\sqrt{\dfrac{2g}{l}}\,t\right)$　（答）

＜解説＞

運動の問題。Ⅰは基本的な問題だから，完答すること。Ⅱは難問だと思う。もちろん，類似問題の経験があれば，容易に着眼，着想でき，完答できるかも知れない。だが，ほぼ初めてだと，いかなる運動になるか，現象そのものを把握することが難しい。問題が誘導的に構成されていることから，重心からみて，小球A，B が等速円運動をすることに気づくと，霧が晴れた思いがする。

Ⅱ(1) 小球A，B の質量が同じだから，重心は小球A，B の座標の中点である。加速度は質点の座標の２階の時間微分だから，重心の加速度は小球A，B の加速度の平均値（両者の和の半分）である。

(2) 重心の速度も小球A，B の速度の平均値（両者の和の半分）である。重心に対する相対速度は（小球Aの速度－重心の速度）である。

(3) ここで，どのような運動なのかを把握する必要がある。設問(1)，(2)から，重心からみて重心を中心とする等速円運動をするということが閃くかどうか。問題作成者の意図はそこにある。類似問題の経験がないと，難しいだろう。ひもの張力は円運動の向心力となっている。

(4) 時刻$t=0$において，小球に働く力は鉛直方向の重力と張力だから，運動方程式を書き下して求める。(5) 重心G からみたとき，小球A，B はG を中心とした等速円運動をしている。したがって，A，B が同じ高さになるということは，GとA，B が同じ高さになることだから，A，B が$\dfrac{\pi}{2}$回転したときである。これは回転の周期の$\dfrac{1}{4}$である。(6) 円運動による水平移動に回転中心である重心G の水平方向の移動を加える。

さてⅡでは，重心Gからみたとき，小球A，Bは G を回転中心とする等速円運動をする。そして重心，小球A，Bは重力の加速度で下降する。類似問題の経験があれば別だが，そうでなければ，このような運動になることを把握することはなかなか難しいであろう。ところが，筆者はこの解説を執筆中に，なるほどと思うくらいに，類似の実際の運動に遭遇したのである。それは何か。総評で書くことにする。

第２問

＜解答＞

Ⅰ

(1)

磁場の方向と角度θ傾いた平面内を棒が速さuで移動すると，棒内の電子にローレンツ力が働き，起電力 $V=uLB\cos\theta$ が発生する。N本の棒とレールからなる回路にキルヒホッフの法則を適用すると，

$uLB\cos\theta-IR-\dfrac{IR}{N-1}=0$，したがって $I=\dfrac{N-1}{N}\dfrac{uLB\cos\theta}{R}$　（答）

(2)

棒Ⅰにはレール面下向きに重力の加速度成分 $mg\sin\theta$ が働く。また電流Iが流れる棒が磁場の方向と角度θ傾いた平面内を移動すると$ILB\cos\theta$の力がレール面上向きに働く。

棒１の運動方程式は，$ma=mg\sin\theta-ILB\cos\theta$，加速度 a は0だから，

$mg\sin\theta=ILB\cos\theta=\dfrac{N-1}{N}\dfrac{u(LB\cos\theta)^2}{R}$

したがって，$u=\dfrac{N}{N-1}\dfrac{mgR\sin\theta}{(LB\cos\theta)^2}$　（答）

Ⅱ

棒Ⅰがレール面上向きに速さwで動くことにより発生する電流は，

$I=\dfrac{N-1}{N}\dfrac{wLB\cos\theta}{R}$

$N-1$本の棒の1本に流れる電流は，$i=\dfrac{I}{N-1}=\dfrac{wLB\cos\theta}{NR}$

この電流が流れる棒に対し働く磁場の力と重力がつり合うので，

$mg\sin\theta=iLB\cos\theta=\dfrac{w(LB\cos\theta)^2}{NR}$，$\therefore\ w=\dfrac{mgNR\sin\theta}{(LB\cos\theta)^2}$　（答）

Ⅲ

棒N以外の棒に発生する起電力は $V=u'LB\cos\theta$

棒N以外の棒の電流は同じi'とすれば，レール面下向きに棒に働く力と磁場による上方に働く力がつり合う。

$mg\sin\theta=i'LB\cos\theta$

回路全体にキルヒホッフの法則を適用すると，$i'R-u'LB\cos\theta-(N-1)i'R=0$

$$u'=\frac{Ni'R}{LB\cos\theta}=\frac{NmgR\sin\theta}{(LB\cos\theta)^2}$$ （答）

Ⅳ

(1)

n 番目の棒に流れる電流をi_n とする。

$v_1 LB\cos\theta - i_1R = v_2 LB\cos\theta - i_2R = \cdots = v_{N-1} LB\cos\theta - i_{N-1}R = v_N LB\cos\theta - i_N R$

$i_N = -(i_1+i_2\cdots+i_{N-1})$

n 番目の棒の運動方程式は，$ma_n = mg\sin\theta - i_n LB\cos\theta$ （$n=1,2,\cdots,N-1,N$）

$m(a_1+a_2+\cdots+a_{N-1}+a_N) = Nmg\sin\theta - (i_1+i_2+\cdots+i_{N-1}+i_N)LB\cos\theta = Nmg\sin\theta$

$\therefore a_1+a_2+\cdots+a_{N-1}+a_N = Ng\sin\theta$ （答）

(2)

$$m(a_{n+1}-a_n) = -(i_{n+1}-i_n)LB\cos\theta = -\frac{(LB\cos\theta)^2}{R}(v_{n+1}-v_n)$$

$$\therefore a_{n+1}-a_n = -\frac{(LB\cos\theta)^2}{mR}(v_{n+1}-v_n),\ \therefore k=\frac{(LB\cos\theta)^2}{mR}$$

(3)

$a_{n+1}-a_n = -k(v_{n+1}-v_n)$だから，時間の経過とともに$|v_{n+1}-v_n|$，$|a_{n+1}-a_n|$は0に近づく。したがって，1から$N$ 番目までの棒の速さと加速度は同じ値になっていく。加速度の合計は$Ng\sin\theta$だから，各棒の加速度は$g\sin\theta$に近づき，速さは下向きに増加していく。これを満たすグラフは，

ア （答）

(4)

上に書いたように各棒の速さは同じ値になっていくから，棒1と棒N 間の距離は一定値に近づく。

イ （答）

＜解説＞

(1)

棒がレール面下向きに速さuで動くと，磁場中を電子が移動するので，棒中に起電力 $uLB\cos\theta$が発生する。磁場による起電力を含む回路を考える場合，レールと棒からなる構造を回路に置き直して考えることが便利である。これを等価回路というが，図１に示す。この回路にキルヒホッフの法則を適用して流れる電流を考える。

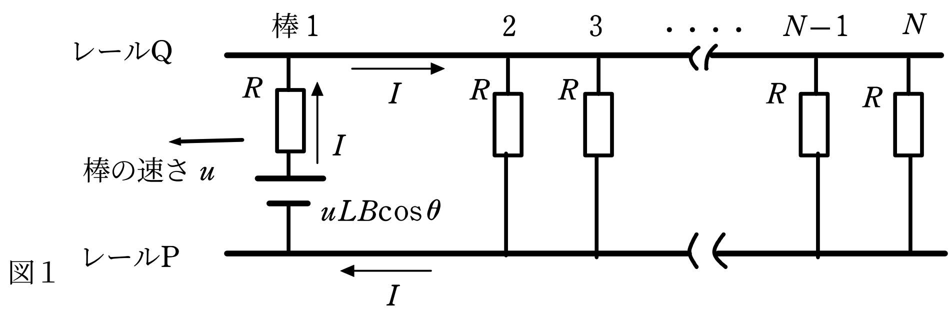
磁場の方向と角度θ 傾いた平面内を棒が速さuで移動すると，棒内の電子に働くローレンツ力は

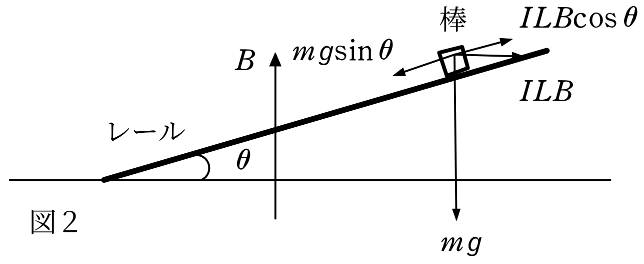
$f=quB\cos\theta=qE$となり，$E=uB\cos\theta$とおける。このローレンツ力が電流Iを流す力である。

$\dfrac{V}{L}=E=uB\cos\theta$に相当するから，起電力は$V=uLB\cos\theta$となる。

(2)

電流I が棒に流れると，磁場によって，$ILB\cos\theta$ なる力が棒に対して，レール上方に働く。
一定の速さになったということは，棒に働く力が0 になったということである。すなわちレール下方に働く重力による力 $mg\sin\theta$と磁場による力がつり合う。



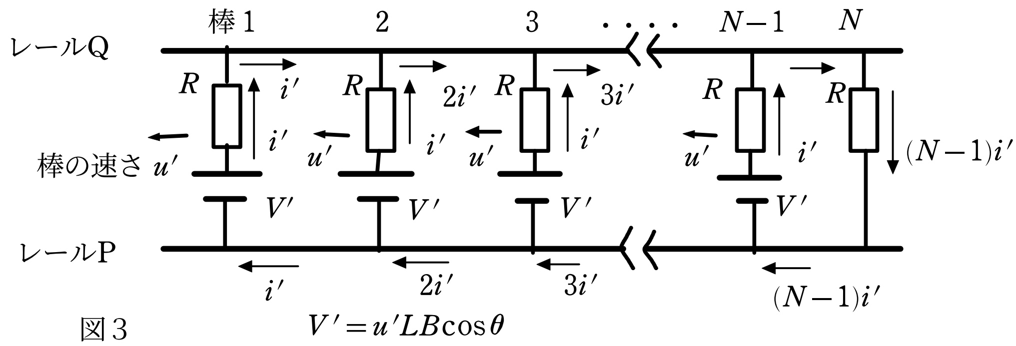


Ⅱ

考え方をまとめておこう。棒Ⅰを動かすと，電流が流れる。この電流が他の棒に分流するので，磁場からの力が棒に作用する。この場合は，その磁場の力と重力とがつり合うので，他の棒は静止したままとなる。他の棒は静止しているので，起電力は発生しない。

Ⅲ

図３のような等価回路図を描いて考える。



Ⅳ

図４のような等価回路図を描いて考える。$i_N=-(i_1+i_2\cdots+i_{N-1})$であることは明らかであろう。各棒についての運動方程式と回路の式とから(1)，(2)を解く。

(3) ヒントの「$a=-Kv$ を満たす場合，v は時間の経過とともに0 に近づく」をどのように活用するかがポイントだ。Ⅳで$a_{n+1}-a_n=-k\,(v_{n+1}-v_n)$と与えられているから，$(v_{n+1}-v_n)$ が時間とともに0に近づくと理解できる。加えて，$(v_{n+1}-v_n)$ が0 に近づくのだから，$(a_{n+1}-a_n)$も0 に近づくことになる。$a_1+a_2+\cdots+a_{N-1}+a_N=Ng\sin\theta$ と求まっているから，全ての棒は同じ加速度$g\sin\theta$で下降することになる。これらを満たすv_1とv_Nのグラフは，アである。

$a=-Kv$の意味するところは，加速度が速度と逆方向ということ，すなわちブレーキがかかるとい

うことである（減速する）。加えて，加速度の大きさが速度の大きさに比例するので，速度が大きいほどブレーキが大きくなる。したがって，速度は時間とともに0 に近づく。

全ての棒が同じ加速度$g\sin\theta$で下降するということは，磁場のない斜面を滑り落ちるのと同じである。これは奇異な感じがする。しかし，棒の運動方程式 $ma_n = mg\sin\theta - i_n LB\cos\theta$　($n=1, 2, \cdots, N-1, N$) からすると，電流が0になっていくことに相当する。磁場を棒が横切ることによって，起電力は発生するが，電流は流れないので，自由な滑り下り運動と変わらないのである。

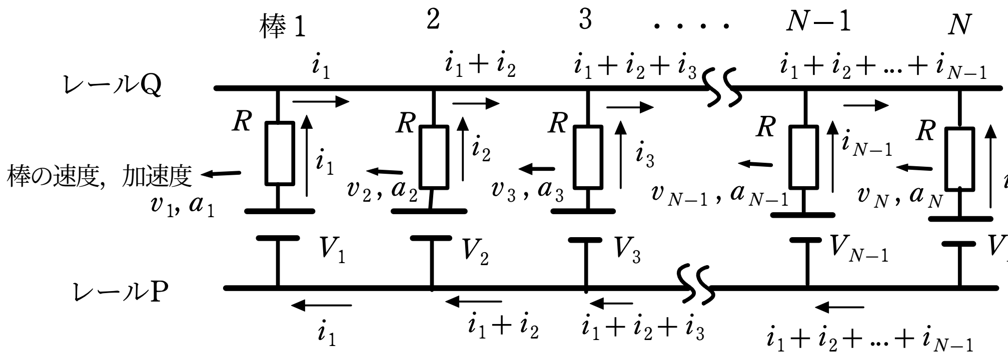


図4　　$V_n = v_n LB\cos\theta$

第３問

＜解答＞

Ⅰ

(1)

容器内の気体の圧力をP_0とすれば，容器上面において下向きに$PS+mg$，上向きにP_0Sの力が働き，これらがつり合っているから，$PS+mg=P_0S$　①

容器内の液面において下向きにP_0S，上向きに$(P+\rho dg)S$の力が働き，

これらがつり合っているから，$P_0S=(P+\rho dg)S$　②，

①，②から $d=\dfrac{m}{\rho S}$　（答）

(2)

Ⅰ(1)の状態において，容器中の気体の圧力は$P+\rho dg$であり，体積をV_0とする。(2)の状態の圧力はPだから，

ボイル の法則により，$(P+\rho dg)V_0 = P\times rV_0$，$\therefore\ r=\dfrac{P+\rho dg}{P}$　（答）

Ⅱ

(1)

この過程は，常に①式が成立しているので，$P_0=P+\dfrac{mg}{S}$であり，定圧変化である。

体積増加は$\dfrac{1}{5}V_0$だから，気体がした仕事 W=圧力×体積増加$=P_0\times\dfrac{1}{5}V_0=\dfrac{1}{5}P_0V_0=\dfrac{1}{5}RT$　（答）

⑵

定圧変化により体積が$\dfrac{6}{5}$倍になったので，ボイル・シャルルの法則により，温度は$\dfrac{6}{5}T$である。

気体が吸収した熱量 $Q=$（定圧モル比熱）×（モル数）×（温度上昇）

$$=\frac{5}{2}R\times 1\times\left(\frac{6}{5}T-T\right)=\frac{1}{2}RT \quad （答）$$

III

⑴

容器内の気体の圧力をP_3，体積をV_3とする。

容器に働く重力と浮力がつり合うから，$mg=\rho V_3 g$，$\therefore V_3=\dfrac{m}{\rho}$　③

容器内の液面に働く圧力のつり合いから，$P_3S=PS+\rho hgS$，$\therefore P_3=P+\rho hg$　④

気体の状態方程式は，$P_3V_3=RT$　⑤

③，④，⑤から $\dfrac{m}{\rho}=\dfrac{RT}{P+\rho hg}$，$\therefore h=\dfrac{RT}{mg}-\dfrac{P}{\rho g}=\dfrac{\rho RT-mP}{\rho mg}$　（答）

⑵

エ　（答）

⑴の（答）の式から明らかなように，Pが大きくなれば，hは小さくなる。したがって，つり合いの位置は浅くなる。気体の体積は小さくなるので，浮力は減少するので，容器は下降する。

IV

⑴

この過程の式は $P_1V_1^{\frac{5}{3}}=P_2V_2^{\frac{5}{3}}$，また気体の状態方程式から $P_1V_1=RT_1$，$P_2V_2=RT_2$

$$P_1V_1^{\frac{5}{3}}=RT_1V_1^{\frac{2}{3}},\ P_2V_2^{\frac{5}{3}}=RT_2V_2^{\frac{2}{3}},\ \therefore RT_1V_1^{\frac{2}{3}}=RT_2V_2^{\frac{2}{3}},\ \therefore T_2=\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{2}{3}}T_1$$

単原子分子の理想気体1モルの内部エネルギー $U=\dfrac{3}{2}RT$ だから，

内部エネルギーの変化 $\Delta U=\dfrac{3}{2}R\Delta T=\dfrac{3}{2}R(T_2-T_1)=\dfrac{3}{2}RT_1\left\{\left(\dfrac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{2}{3}}-1\right\}$　（答）

⑵

容器と仕切りからなる物体に働く浮力に抗して物体を沈めるための仕事，容器の重力による位置エネルギーの変化（52文字）

<解説>

I

⑴

図１を参照して考える。<解答>では容器上面と液面での力のつり合いから求めたが，以下のように重力と浮力が等しいことから求める方が簡便である。

容器が排除した水の体積は $V=dS$ だから，容器に働く浮力は ρdSg，これが容器の重力mgとつり

合っているので，$\rho dSg=mg$，$d=\dfrac{m}{\rho S}$　（答）

＜解答＞のような方法で求めた理由は，(2)で$P_0=P+\rho dg$を使うからである。

(2)

容器内の水位と外部の水位が同じということは，容器内の気体の圧力が等しいということである。②において，$d=0$とすれば，$P_0=P$となる。

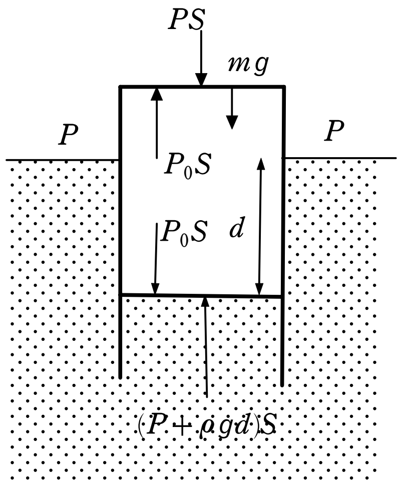


図１

Ⅱ

(1)

この過程が定圧変化であることに気づくことがポイントである。容器内の気体は温度変化により

①圧力が変化（定積変化），②体積が変化（定圧変化），③体積も圧力も変化

の３通りがある。容器の容積が全く変化しない場合は①，容積がエネルギーの損失なく自由に変化できるときは②，容積の変化のためにエネルギーが損失する場合は③となる。

ここで，①式に着目すると，水面における気圧Pが変化しないので，容器内の気体の圧力P_0は不変であることが解る。

定性的に説明すると，気体を加熱すると，気体分子の速度が大きくなり，全体として圧力が高くなる。容器内液面にかかる下方への圧力が高まるが，液面上方には外部気体の圧力と容器の重力に相当する浮力という一定の圧力しか働いていない。したがって，容器内気体は膨張して，液面を押し，容器が上昇する。容器の上昇は気体が外部にした仕事である。この過程を頭の中に描き，直感的に定圧変化と理解することができれば，真に良い。

(2)

ここでは，単原子分子の理想気体の定圧モル比熱$C_p=\dfrac{5}{2}R$を用いた。この公式を忘れた場合はどうするか。

熱力学の第１法則により，気体が吸収した熱量Qは，温度上昇による内部エネルギーの増加と気体がした仕事になる。

温度上昇は$\dfrac{1}{5}T$だから，内部エネルギーの増加は$\dfrac{3}{2}\times1\times R\times\dfrac{1}{5}T=\dfrac{3}{10}RT$

したがって，$Q=\dfrac{3}{10}RT+\dfrac{1}{5}RT=\dfrac{1}{2}RT$　（答）

III

(1)

容器の深さhは容器内の液面に働く圧力に影響する。しかし，浮力には影響しない。一方，浮力は気体の体積に影響される。そこで，容器の重力と浮力のつり合い，容器内の液面に働く圧力のつり合い，そして気体の状態方程式の３つの関係から，hを求める。

(2)

この問題，誤解を招きやすい。良い設問とは思えない。つり合いの位置は容器内の液面の深さhということである。hが小さくなるということは，浅くなるということである。一方，容器が下降するということは，hが大きくなるということである。「つり合いの位置が浅くなる」ということと「容器が下降する」ということは矛盾ではないか，と考えてしまう。

この問題，圧力を大きくすると，容器内の液面は上昇するからhは小さくなる。つり合いの位置というのは，この時点での液面の位置と考えることができるか？固定をはずした瞬間，容器が下降を始めるので，結果としてh は大きくなる。つまり深くなる。しかし，下降を続けるからつり合いの位置は存在しなくなる。ここまで，考えれば，エという解答に到達できるか。多くの受験生は迷ったのではないか？

IV

(1)

この過程は断熱過程で，与えらた式はポアソンの法則である。この式と気体の状態方程式とから，温度変化を求める。温度変化が解れば，内部エネルギーの式から内部エネルギーの変化を求めることができる。

内部エネルギーの式等を覚えていない場合はどうするか。断熱過程では，内部エネルギーの変化は気体がされた仕事であることから，気体がされた仕事を求める方法を紹介する。

熱の出入りはないから，（気体の内部エネルギーの変化$\varDelta U$）＋（気体がされた仕事W）＝0

気体がされた仕事は，図３の打点部であるが，V_1からV_2までの積分で負になる。

$P_1 V_1^{\frac{5}{3}} = P_2 V_2^{\frac{5}{3}} = Z$（一定）とする。気体の状態方程式から $P_1V_1 = RT_1$，$P_2V_2 = RT_2$

$$P_1 = ZV_1^{-\frac{5}{3}} = \frac{RT_1}{V_1},\ \therefore\ Z = RT_1 V_1^{\frac{2}{3}},\ \therefore\ PV^{\frac{5}{3}} = Z = RT_1 V_1^{\frac{2}{3}}$$

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P(V)dV = \int_{V_1}^{V_2} ZV^{-\frac{5}{3}} dV = Z\left[-\frac{3}{2}V^{-\frac{2}{3}}\right]_{V_1}^{V_2} = -\frac{3}{2}Z\left(V_2^{-\frac{2}{3}} - V_1^{-\frac{2}{3}}\right)$$

$$\varDelta U = -W = \frac{3}{2}RT_1V_1^{\frac{2}{3}}\left(V_2^{-\frac{2}{3}} - V_1^{-\frac{2}{3}}\right) = \frac{3}{2}RT_1\left\{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{2}{3}} - 1\right\} \qquad \text{（答）}$$

(2)

容器をゆっくり沈めるために必要な外力がする仕事W'には，$\varDelta U$以外にどのような仕事やエネルギーが含まれるか，という問題である。容器には浮力が働いているから，浮力に抗して沈めるための仕事が発生する。また，容器には重力が働いているから，容器を沈めることによる位置エネルギーの変化が発生する。

仕切りは上下に滑らかに動くことができるとあるので，仕切りの移動による摩擦を考慮する必要はない。また，Ｉ，IIの設問において容器は水中で滑らかに動くことを前提にしているので，容器の移

動による摩擦も考慮する必要はない。

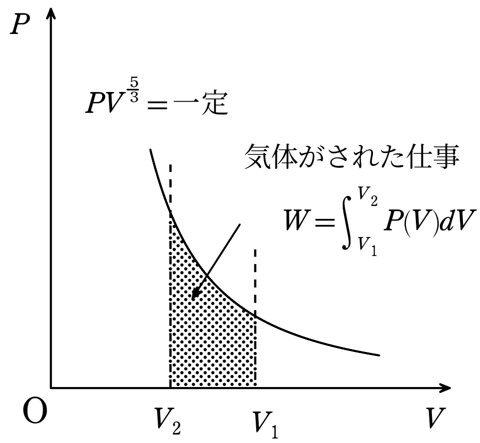


図２

＜総評＞

受験生の高校物理の理解力や思考力を確かめるために，良く考えられた問題だと思う。実現可能性はともかくとして，仮想的な実験系に対して与えられた条件の下，どのような物理現象が発生するかを，高校物理の知識と法則に基づいて，解明していくことが求められる。その際，物理現象の全貌を概ね正しく描けるかが重要になる。

理科２科目選択で150分だから，この物理問題を75分で解答しなければならない。これは，なかなか厳しい。基礎的なことが的確に理解されていなければならない。

第１問

物体の運動と力学の問題である。Ⅰは基礎的な問題であり，受験生は完答しなければならない。きちんと運動方程式を立てること。難易度C。

Ⅱは２個の小球の運動がどのようになるか，正しく描けるかがポイントである。誘導的に設問が構成されているので，重心とともに移動する座標系でどのような運動になるか考え，そこに重心の運動を考慮すれば良い，ということに気がつくであろう。

小球A が最下点に達したとき小球B を放すとどのような運動になるか，頭の中に描くことはなかなか難しい。自分でやってみようかと思っていたとき，たまたまテレビを見ていたら，お笑いタレント「ハリセンボン」の無芸に見える箕輪はるかがけん玉の高難度の技「宇宙遊泳」を披露することになった。剣をもって玉を回し，剣を放すと，剣と玉が同心円状に回転しながら落下してきた。まさに，本問の実験状況と同じである。けん玉の経験のある受験生なら，本問は扱い易かったのではと想像した。玩具には物理現象を上手に利用しているものが多い。良く遊ぶことは良く学ぶことに通じる例だと思った。私も，どこかにしまったけん玉を探して確かめてみようと思った。

⑴，⑵は難易度Ｂ，⑶〜⑹は難易度Ａ。

第２問

電磁気と回路の問題。棒が磁場を横切ってレール上を滑るという設定は良くある問題だが，全ての棒が動くというのは新しい。それだけに，やや難しいところがあるが，本質は棒の運動方程式とキルヒホッフの法則による回路動作である。

棒が磁場を横切って動くことによって発生する起電力を含む回路動作，電流が流れる棒に対して磁場が及ぼす力を含む運動方程式，この二つを理解し表現することが必要だ。等価回路図を描いて考えることが有効である。Ⅰ，Ⅱ，Ⅲは難易度Ｂ，Ⅳは難易度Ａ。

第３問

理想気体の状態変化の問題。簡単な実験設定だから，簡単な物理過程に見えるが，そんなに容易ではない。「空気が閉じ込められている容器が水中に静止している」という設定は，実は不安定なのである。なぜなら，Ⅲ⑵の設問からも予測できるように，容器を静止移置からすこし沈めると，容器内の空気に働く圧力が増大するため，体積が減少し，その結果，浮力が減少するので，さらに沈む，というように，降下がどんどん進んでしまうのである。

Ⅰは難易度はＣ，Ⅱは難易度Ｂ，Ⅲは難易度Ａ－，ⅣはＡ－。

150927