２０２５年度　私大医学部入試

２０２５年２月１日　実施

東京女子医科大学

一般　**物 理**

（制限時間　理科２科１２０分）

解答速報

解　　答

Ⅰ．

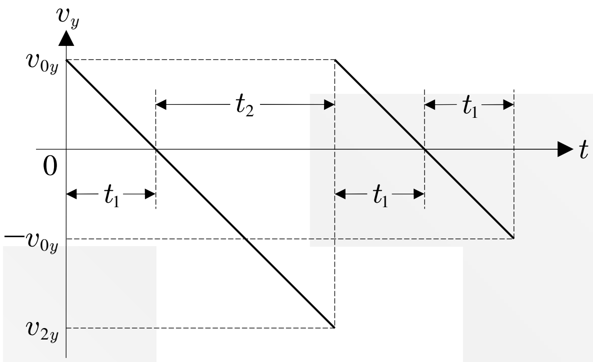
（A）

（１）$\sqrt{\dfrac{2S}{g}}$　　（２）$\sqrt{\dfrac{2aS}{g}}$

（３）$\sqrt{\left\{\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{b}{1+\sqrt{a}}\right)^2+2\right\}gS}$　　（４）$\sqrt{\left\{\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{b}{1+\sqrt{a}}\right)^2+2a\right\}gS}$

（５）反発係数：$\dfrac{1}{\sqrt{a}}$

グラフ：



ただし，$v_{0y}=\sqrt{2gS}$，$v_{2y}=-\sqrt{2agS}$，$t_1=\sqrt{\dfrac{2S}{g}}$，$t_2=\sqrt{\dfrac{2aS}{g}}$

（B）

（１）$mr\omega^2=k(r-L_0)$

（２）$r-L_0=aL_0$ のときの角速度 ω は，

$$m(1+a)L_0\omega^2=kaL_0 \qquad \therefore \quad \omega=\sqrt{\frac{a}{1+a}\frac{k}{m}}$$

となる。このときの回転数は

$$\frac{\omega}{2\pi}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{a}{1+a}\frac{k}{m}}$$

（C）

（1） Aの速度：$\sqrt{\dfrac{2M}{m+M}gh}$， Bの速度：$-\dfrac{m}{M}\sqrt{\dfrac{2M}{m+M}gh}$

（2）水平方向の運動量保存より，Aの床に対する速度は0である。失われた力学的エネルギーは，Aがはじめに持っていた重力による位置エネルギーに一致する。

Aの床に対する速度：0，失われた力学的エネルギー：mgh

Ⅱ.

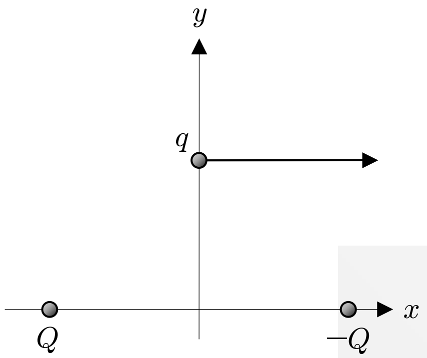
（A）イ　（B）コ　（C）ウ　（D）イ　（E）ア　（F）ク

（G）エ　（H）オ　（I）ウ　（J）カ　（K）ア　（L）セ

Ⅲ.

（A）

（1）向き：



大きさ：$\dfrac{kQq}{\sqrt{2}\,a^2}$

（2）$\left(1-\dfrac{1}{\sqrt{5}}\right)\dfrac{kQq}{a}$

（B）

（1）$\dfrac{E}{R_1}$　（2）$\dfrac{R_2}{R_1+R_2}CE$　（3）$\dfrac{E}{R_1+R_2}$

（C）

（1）向き：b→a，大きさ：$\dfrac{mg\sin\theta}{BL}$　（2）$\dfrac{mgR\sin\theta}{B^2L^2}$

（3）重力がする仕事の仕事率：$\dfrac{m^2g^2R\sin^2\theta}{B^2L^2}$

電気回路における物理量：抵抗の消費電力

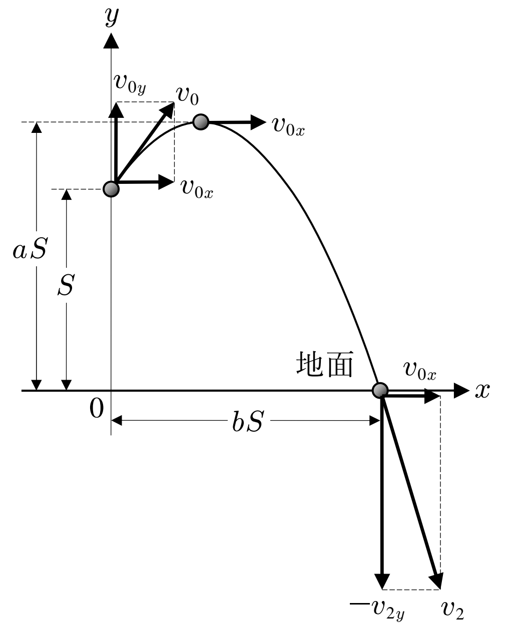
解　説

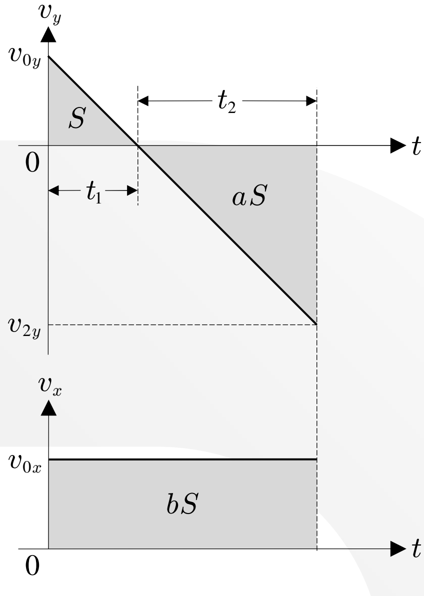
Ⅰ.

（A）ボールの初速度を$(v_{0x},\ v_{0y})$，初速度の大きさをv_0とする。与えられたv_y-tグラフ，v_x-tグラフに示された面積は，それぞれ右図のように

S　：初期位置の高さ
aS　：最高点の高さ
bS　：地面に到達するまでの水平変位

に対応する。





（１）ボールが最高点に到達するまでの時間をt_1とする。v_y-tグラフより，

$$S=\frac{1}{2}v_{0y}t_1$$

が成り立つ。また，最高点では$v_y=0$となるから，y方向の等加速度運動の式より，

$$0=v_{0y}-gt_1$$

が成り立つ。２式より，

$$t_1=\sqrt{\frac{2S}{g}}\ ,\qquad v_{0y}=\sqrt{2gS}$$

を得る。

(答)　$\sqrt{\dfrac{2S}{g}}$

（２）ボールが最高点から地面に到達するまでの時間をt_2とすれば，y方向の等加速度運動の式より，

$$aS=\frac{1}{2}gt_2{}^2\qquad\therefore\quad t_2=\sqrt{\frac{2aS}{g}}$$

となる。

(答)　$\sqrt{\dfrac{2aS}{g}}$

（３）v_x-tグラフより，

$$bS=v_{0x}\left(t_1+t_2\right)\qquad\therefore\quad v_{0x}=\frac{bS}{t_1+t_2}=\frac{bS}{\sqrt{\dfrac{2S}{g}}+\sqrt{\dfrac{2aS}{g}}}=\frac{b}{1+\sqrt{a}}\sqrt{\frac{gS}{2}}$$

を得る。よって，

$$v_0=\sqrt{{v_{0x}}^2+{v_{0y}}^2}=\sqrt{\left(\frac{b}{1+\sqrt{a}}\right)^2\frac{gS}{2}+2gS}=\sqrt{\left\{\frac{1}{2}\left(\frac{b}{1+\sqrt{a}}\right)^2+2\right\}gS}$$

（答） $\sqrt{\left\{\frac{1}{2}\left(\frac{b}{1+\sqrt{a}}\right)^2+2\right\}gS}$

（４）ボールは x 方向に等速度運動をしているため，$v_x=v_{0x}$ で一定である。地面に達したときのボールの速度を $\left(v_{0x},\ v_{2y}\right)$，速さを v_2 とすれば，y 方向の等加速度運動の式より，

$$v_{2y}=-gt_2=-\sqrt{2agS}$$

である。よって，

$$v_2=\sqrt{{v_{0x}}^2+{v_{2y}}^2}=\sqrt{\left(\frac{b}{1+\sqrt{a}}\right)^2\frac{gS}{2}+2agS}=\sqrt{\left\{\frac{1}{2}\left(\frac{b}{1+\sqrt{a}}\right)^2+2a\right\}gS}$$

（答） $\sqrt{\left\{\frac{1}{2}\left(\frac{b}{1+\sqrt{a}}\right)^2+2a\right\}gS}$

（５）ボールの速度の y 成分は $v_{2y}=-\sqrt{2agS}$ から $v_{0y}=\sqrt{2gS}$ となるため，反発係数は，

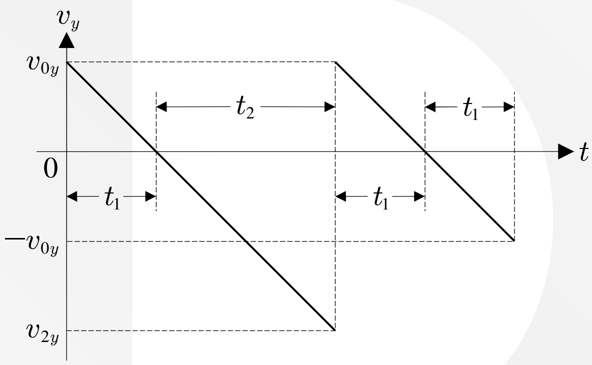
$$\left|\frac{v_{0y}}{v_{2y}}\right|=\frac{1}{\sqrt{a}}$$

である。

（答） $\frac{1}{\sqrt{a}}$

地面ではね返った後，y 方向には加速度 $-g$ の等加速度運動をし，時間 t_1 が経過すると最高点に到達する。さらに同じ時間 t_1 だけ経過したときに再び地面に到達する。このときの v_y-t グラフの傾きははね返る前の v_y-t グラフの傾きと同じであることに注意してグラフを描くと次図のようになる。

（答）



ただし，$v_{0y}=\sqrt{2gS}$，$v_{2y}=-\sqrt{2agS}$，$t_1=\sqrt{\frac{2S}{g}}$，$t_2=\sqrt{\frac{2aS}{g}}$

（B）

（１）ばねの伸びは$r-L_0$であるから，おもりの向心方向の運動方程式を書くと，

$$mr\omega^2=k(r-L_0)$$

となる。

（答）$mr\omega^2=k(r-L_0)$

（２）$r-L_0=aL_0$のときの角速度ωは，

$$m(1+a)L_0\omega^2=kaL_0 \qquad \therefore \quad \omega=\sqrt{\frac{a}{1+a}\frac{k}{m}}$$

となる。このときの回転数は

$$\frac{\omega}{2\pi}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{a}{1+a}\frac{k}{m}}$$

である。

（答）$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{a}{1+a}\frac{k}{m}}$

（C）

（１）求める物体A，台Bの速度をそれぞれv，Vとする。物体A，台Bからなる系を考えると，水平方向には外力が働いていないため，水平方向の運動量が保存する。また，ここまでは摩擦力も働いていないため，力学的エネルギーも保存する。

水平方向の運動量保存：$mv+MV=0$

力学的エネルギー保存：$\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}MV^2=mgh$

$v>0$，$V<0$に注意してこれを解くと，

$$v=\sqrt{\frac{2M}{m+M}gh}\ , \qquad V=-\frac{m}{M}\sqrt{\frac{2M}{m+M}gh}$$

を得る。

（答）Aの速度：$\sqrt{\frac{2M}{m+M}gh}$，Bの速度：$-\frac{m}{M}\sqrt{\frac{2M}{m+M}gh}$

（２）AがBに対して静止したとき，AとBの速度は等しくなっており，このときの床に対する速度をv_∞とする。物体A，台Bからなる系を考えると，やはり水平方向には外力が働いていないため，水平方向の運動量が保存する。よって，

$$mv_\infty+Mv_\infty=0 \qquad \therefore \quad v_\infty=0$$

となる。はじめの状態でも，AがBに対して静止したときも，A，Bは静止しており，運動エネルギーは0であるため，失われた力学的エネルギーはAが持っていた重力による位置エネルギーmghに等しい。

（答）Aの床に対する速度：0，失われた力学的エネルギー：mgh

Ⅱ.

（A）容器の熱容量を C とする。20°C だった水と容器は，$\left(C+100\,\mathrm{g}\cdot 4.2\,\mathrm{J/(g\cdot K)}\right)(50-20)\,\mathrm{K}$ の熱を吸収し，90°C だった水は $100\,\mathrm{g}\cdot 4.2\,\mathrm{J/(g\cdot K)}\cdot(90-50)\,\mathrm{K}$ の熱を放出しているから，

$$\left(C+100\,\mathrm{g}\cdot 4.2\,\mathrm{J/(g\cdot K)}\right)(50-20)\,\mathrm{K}=100\,\mathrm{g}\cdot 4.2\,\mathrm{J/(g\cdot K)}(90-50)\,\mathrm{K}$$

$$\therefore\quad C=1.4\times10^{2}\,\mathrm{J/K}$$

を得る。

（答）イ

（B）分子運動論から得られる圧力の表式

$$p=\frac{Nm\overline{v^2}}{3V}$$

と，理想気体の状態方程式

$$pV=NkT\qquad\left(k:\underbrace{\text{ボルツマン}}_{①}\text{定数},\ T:\text{絶対温度}\right)$$

を比較することで，

$$\frac{Nm\overline{v^2}}{3}=NkT\qquad\therefore\quad \frac{1}{2}m\overline{v^2}=\frac{3}{2}kT$$

のように，単原子分子理想気体の平均運動エネルギーが絶対温度だけで決まることがわかる。

分子の速さを横軸に，分子数を縦軸にとったグラフにおいて，高温のほうが速度の2乗平均速度 $\sqrt{\overline{v^2}}$ が大きく，グラフのピークは右にずれる。また，このグラフの面積は分子の総数に対応するため，面積が等しくなければならない。よって，低温のほうがピークの高さは大きくなる。これらの特徴を最もよく表しているのは $\underbrace{\text{図(c)}}_{②}$ である。

（答）コ

（C）圧力 $p=1.0\times10^{5}\,\mathrm{Pa}$ の定圧変化で，$Q=50\,\mathrm{J}$ の熱を加えた体積が $\Delta V=2.0\times10^{-4}\,\mathrm{m^3}$ だけ増加したとき，気体の内部エネルギーを ΔU とすると，熱力学第一法則より，

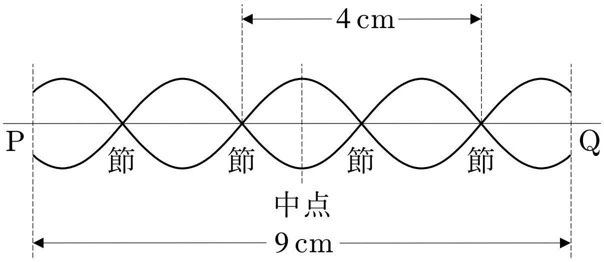
$$Q=\Delta U+p\Delta V$$

$$\therefore\quad \Delta U=Q-p\Delta V=50\,\mathrm{J}-1.0\times10^{5}\,\mathrm{Pa}\cdot 2.0\times10^{-4}\,\mathrm{m^3}=30\,\mathrm{J}$$

となる。

（答）ウ

（D） PQ間に形成される定在波は右図のようになる。PQ間の中点は腹となり，波長の半分の2 cm間隔で腹が現れる。節と節の間隔も $\underbrace{2}_{③}$ cmで，PQ間の節の数は $\underbrace{4}_{④}$ 個である。



（答）イ

（E）凹面鏡では，鏡の前方を正として，光源の位置 a，像の位置を b とし，凹面鏡の焦点距離を f としたとき，

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

が成り立ち，できる像は $b>0$ のとき倒立実像で，$b<0$ のとき正立虚像である。

$a=20\,\mathrm{cm}$，$f=60\,\mathrm{cm}$ のとき，

$$b=30\,\mathrm{cm}$$

である。よって，この場合，凹面鏡の $\underbrace{\text{前方}}_{⑤}$ の $\underbrace{30\,\mathrm{cm}}_{⑥}$ の位置に $\underbrace{\text{実像}}_{⑦}$ ができる。

（答）ア

（F）反射体を観測者として考えれば，反射体が受け取る音の振動数 f_{R} は，

$$f_{\mathrm{R}}=\underbrace{\frac{V-v_{\mathrm{R}}}{V}}_{⑧}\times f_0$$

である。反射体は振動数 f_{R} の音源として考えることができるため，観測者が聞く反射音の振動数 f は，

$$f=\underbrace{\frac{V}{V+v_{\mathrm{R}}}}_{⑨}\times f_{\mathrm{R}}$$

である。

（答）ク

（G）ミリカンは油滴実験によって，油滴のもつ電気量が電気素量の整数倍であることを示した。

（答）エ

（H） $20\,\mathrm{kV} = 20\times10^3\,\mathrm{kV}$ の電圧で加速された電子が得るエネルギーは

$$1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C}\cdot20\times10^3\,\mathrm{V} = \underbrace{3.2\times10^{-15}\,\mathrm{J}}_{\text{⑩}}$$

である。このエネルギーがすべてX線光子のエネルギーに変換されたとすれば，その波長は,

$$\frac{6.6\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}\cdot3.0\times10^{8}\,\mathrm{m/s}}{3.2\times10^{-15}\,\mathrm{J}} \fallingdotseq \underbrace{6.2\times10^{-11}\,\mathrm{m}}_{\text{⑪}}$$

である。

（答）オ

（Ｉ）結晶に照射したときに干渉による回折像が生じることが，電子の波動性の証拠となる。

（答）ウ

（Ｊ）最も透過力が大きいのは電荷を持たない $\underbrace{\gamma\text{線}}_{\text{⑫}}$ であり，電離作用が最も大きいのは $\underbrace{\alpha\text{線}}_{\text{⑭}}$ である。いずれも中程度となるのは $\underbrace{\beta\text{線}}_{\text{⑬}}$ である。

（答）カ

（K）はじめに質量 m_0 だけあった半減期 T の放射性原子核が時間 t だけ経過したときの残存質量 m は,

$$m = m_0\cdot2^{-\frac{t}{T}}$$

で計算できる。$m_0 = 8.0\,\mathrm{g}$， $T = 8.0$ 日， $t = 24$ 日を代入すれば,

$$m = 8.0\,\mathrm{g}\cdot2^{-\frac{24}{8.0}} = 1.0\,\mathrm{g}$$

となる。

（答）ア

（L）（１）は核融合。（２）は β^- 崩壊（右辺に発生する反電子ニュートリノ $\overline{\nu_e}$ が省略されている)。（３）は α 崩壊。（４）は核分裂（この場合，外部から中性子が ${}^{235}_{92}\mathrm{U}$ に衝突することによって起こる誘導核分裂である)。

（答）セ

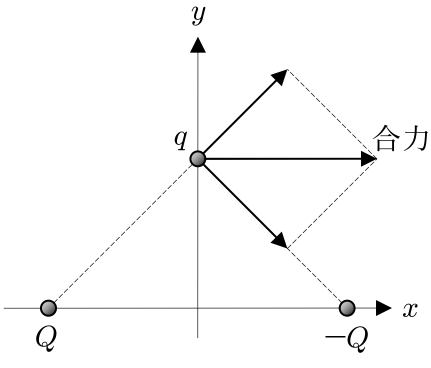
Ⅲ.

（A）

（１）電気量qの点電荷に働く力は右図のようになる。静電気力の合力の大きさは,

$$\sqrt{2}\cdot\frac{kQq}{\left(\sqrt{2}\,a\right)^2}=\frac{kQq}{\sqrt{2}\,a^2}$$

である。



(答) $\dfrac{kQq}{\sqrt{2}\,a^2}$

（２）電位の基準を無限遠にとったとき，$(0,\ a)$の位置における電位は,

$$\frac{kQ}{\sqrt{2}a}-\frac{kQ}{\sqrt{2}a}=0$$

であり，$(a,\ a)$の位置における電位は,

$$\frac{kQ}{\sqrt{5}a}-\frac{kQ}{a}=-\left(1-\frac{1}{\sqrt{5}}\right)\frac{kQ}{a}$$

である。よって，$(0,\ a)\to(a,\ a)$に移動させるときに静電気力がする仕事は,

$$q\cdot\left[0-\left\{-\left(1-\frac{1}{\sqrt{5}}\right)\frac{kQ}{a}\right\}\right]=\left(1-\frac{1}{\sqrt{5}}\right)\frac{kQq}{a}$$

である。

(答) $\left(1-\dfrac{1}{\sqrt{5}}\right)\dfrac{kQq}{a}$

（B）

（１）Sを閉じた直後，コンデンサーの電圧は0であるから，抵抗値R_2の抵抗には電流は流れない。求める電流をI_1とすれば，キルヒホッフの第二法則より,

$$R_1I_1=E\qquad\therefore\quad I_1=\frac{E}{R_1}$$

を得る。

(答) $\dfrac{E}{R_1}$

（２）Sを閉じてから十分時間がたった後，コンデンサーの充電が完了し，コンデンサーには電流が流れなくなる。このとき，抵抗値R_1，R_2の抵抗を流れる電流は共通であり，その値をI_2とすれば，キルヒホッフの第二法則より,

$$R_1I_2+R_2I_2=E\qquad\therefore\quad I_2=\frac{E}{R_1+R_2}$$

を得る。このとき，コンデンサーの電圧はR_2I_2に等しいから，コンデンサーにたくわ

えられている電気量は,

$$CR_2I_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2}CE$$

(答) $\dfrac{R_2}{R_1+R_2}CE$

(3) Sを開いた直後,コンデンサーの電圧は直前の値 R_2I_2 を維持しているため,抵抗値 R_2 の抵抗にかかる電圧は R_2I_2 となる。よって,抵抗値 R_2 の抵抗を流れる電流の大きさは

$$\frac{R_2I_2}{R_2} = I_2 = \frac{E}{R_1+R_2}$$

である。

(答) $\dfrac{E}{R_1+R_2}$

(C)

(1) 導体棒には,a側を高電位とするように誘導起電力が生じ,b→aの向きに電流が流れる。この電流の大きさを I とする。導体棒は一定の速度で運動しており,平行導線に沿って働く力はつり合っているため,

$$IBL = mg\sin\theta \qquad \therefore \quad I = \frac{mg\sin\theta}{BL}$$

を得る。

(答) 向き:b→a,大きさ:$\dfrac{mg\sin\theta}{BL}$

(2) 導体棒が降下する速さを v とすれば,導体棒に生じる誘導起電力の大きさは vBL であるから,キルヒホッフの第二法則より,

$$RI = vBL \qquad \therefore \quad v = \frac{RI}{BL} = \frac{mgR\sin\theta}{B^2L^2}$$

を得る。

(答) $\dfrac{mgR\sin\theta}{B^2L^2}$

(3) 重力がする仕事の仕事率は,

$$mg\sin\theta \cdot v = \frac{m^2g^2R\sin^2\theta}{B^2L^2}$$

である。全体のエネルギー収支を考えると,導体棒の運動エネルギーは変化しておらず,導体棒が重力によって仕事をされている一方,抵抗でジュール熱としてエネルギーが失われている。これら以外に全体のエネルギーを増減させる要素はないため,重力がする仕事率は,抵抗の消費電力に等しいはずである。実際,抵抗の消費電力は,

$$RI^2 = R\left(\frac{mg\sin\theta}{BL}\right)^2 = \frac{m^2g^2R\sin^2\theta}{B^2L^2}$$

であり，重力の仕事率に一致する。

（答）重力がする仕事の仕事率：$\dfrac{m^2g^2R\sin^2\theta}{B^2L^2}$

電気回路における物理量：抵抗の消費電力