2012（H24)年度　東京大学　理科前期　入学試験　物理解説

第１問

＜解答＞

Ⅰ

(1)

小球Aの衝突後の速さをv'とすれば，弾性衝突だから，

跳ね返り係数は，$1=\left|\dfrac{-v'}{v-(-v)}\right|=\dfrac{v'}{2v}$，したがって，$v'=2v$　　（答）

(2)

衝突前後の運動量の保存により，$mv-Mv=-mv'=-2mv$

したがって，$\dfrac{M}{m}=3$　（答）

Ⅱ

(1)

小球Aが水平面H上を運動しているときと，高さxで衝突する直前とについて，

エネルギー保存の法則により，$\dfrac{1}{2}mv_0{}^2+mgh=\dfrac{1}{2}mv_A{}^2+mgx$

したがって，$v_A{}^2=v_0{}^2+2g(h-x)$　①

小球Bについて，水平面H上を運動しているときと，高さxで衝突する直前とについて，

エネルギー保存の法則により，$\dfrac{1}{2}Mv_0{}^2+Mgh=\dfrac{1}{2}Mv_B{}^2+Mgx$

したがって，$v_B{}^2=v_0{}^2+2g(h-x)$

したがって，$\dfrac{v_A}{v_B}=1$　　（答）

(2)

衝突後の小球A，Bの速さをv_A'，v_B'とする。衝突前後の運動量保存の法則により，

$mv_A-Mv_B=-mv_A'+Mv_B'$，したがって$v_A-3v_B=-2v_A=-v_A'+3v_B'$　②

跳ね返り係数は，$1=\left|\dfrac{-v_A'-v_B'}{v_A-(-v_B)}\right|=\dfrac{v_A'+v_B'}{v_A+v_B}=\dfrac{v_A'+v_B'}{2v_A}$　③

②，③により，$v_A'=2v_A$，$v_B'=0$

小球Aの衝突後のエネルギー保存により，$\dfrac{1}{2}mv_A'^2=\dfrac{1}{2}mv_f{}^2+mg(h-x)$

したがって，$2mv_A{}^2=\dfrac{1}{2}mv_f{}^2+mg(h-x)$，$v_A{}^2=\dfrac{1}{4}v_f{}^2+\dfrac{1}{2}g(h-x)$　④

①，④から，$x=h+\dfrac{4v_0{}^2-v_f{}^2}{6g}$　　（答）

III

(1)

小球BとCの衝突前の速さをV_B，V_C，衝突後の速さをV_B'，V_C'とする。

水平面H上とL上の小球Bの運動について，エネルギー保存の法則により

$$\frac{M}{2}(V_B')^2=\frac{M}{2}\left(\sqrt{\frac{19gh}{5}}\right)^2+Mgh,\ したがって，V_B'=\sqrt{\frac{29gh}{5}}$$

V_B'の北方向の速さは，斜面によって影響を受けない。なぜなら，斜面は東西方向に傾斜しているので，重力の加速度は南北方向には働かないからである。

したがって，$V_B'\sin\beta=$（水平面H上での北方向の速さ）$=\sqrt{\frac{19gh}{5}}\sin\alpha$

したがって，$\sqrt{\frac{29gh}{5}}\sin\beta=\sqrt{\frac{19gh}{5}}\times\frac{2}{\sqrt{19}}=2\sqrt{\frac{gh}{5}}$　　①

したがって，$\sin\beta=\frac{2}{\sqrt{29}}$，したがって，$\tan\beta=\frac{\sin\beta}{\cos\beta}=\frac{\sin\beta}{\sqrt{1-\sin^2\beta}}=\frac{2}{5}$　　（答）

(2)

北方向の速さは水平面H上とL上で同じだから，小球BとCの移動する軌道の北方向の間隔はH上とL上で同じである。

すなわち，$\ell\tan\alpha=2d\tan\beta$，しかるに$\tan\alpha=\frac{2}{\sqrt{15}}$

したがって，$d=\frac{\ell\tan\alpha}{2\tan\beta}=\frac{5\ell}{4}\times\frac{2}{\sqrt{15}}=\frac{\sqrt{15}}{6}\ell$　　（答）

(3)

小球BとCの衝突前後でエネルギーが保存されるから，

$$\frac{MV_B^2}{2}+\frac{MV_C^2}{4}=\frac{MV_B'^2}{2}+\frac{MV_C'^2}{4}$$

したがって，②から，$V_C^2=2V_B'^2+V_C'^2-2V_B^2=\frac{87gh}{5}-2V_B^2$

小球Bは斜面の高さ$\frac{h}{10}$と壁との間を往復運動していたのだから，エネルギー保存の法則により，

$$\frac{MV_B^2}{2}=\frac{Mgh}{10},\ V_B^2=\frac{gh}{5},\ したがって，V_C^2=\frac{87gh}{5}-\frac{2gh}{5}=17gh$$

小球Cの水平面H上とL上でのエネルギー保存により，

$$\frac{MV^2}{4}+\frac{Mgh}{2}=\frac{MV_C^2}{4},\ したがって，V^2=V_C^2-2gh=15gh,\ V=\sqrt{15gh}$$　　（答）

(4)

小球BとCの衝突前後の北方向の速さを，$V_{Bn}=0$，V_{Bn}'，V_{Cn}，V_{Cn}'とする。

すると，北方向の運動量の保存の法則により，

$\frac{M}{2}V_{Cn}=MV_{Bn}'+\frac{M}{2}V_{Cn}'$，①から，$V_{Bn}'=V_{Cn}'=2\sqrt{\frac{gh}{5}}$だから，$V_{Cn}=6\sqrt{\frac{gh}{5}}$，

しかるに北方向の速さは斜面の降下によって変化せず，水平面H上とL上では同じだから，

Vの北方向成分$V_n=V_{Cn}$，したがって

$$\sin\theta = \frac{V_n}{V} = 6\sqrt{\frac{gh}{5}} \div \sqrt{15gh} = \frac{2\sqrt{3}}{5} \qquad \text{（答）}$$

＜解説＞

一見複雑そうな問題だから，運動過程全体を頭の中でえがきながら，問題の意図を理解するようにする。すると，それほど難しい問題ではないことが分かるであろう。問題は誘導的に構成されているから，前問の答を活用しながら解答していくこと。解答のポイントを解説する。

Ⅰ

⑴

弾性衝突での跳ね返り係数が1であることから，直ちに求まる。

⑵

衝突前後の運動量が保存されることと⑴の結果から求まる。

Ⅱ

⑴

水平面H上を運動しているときと，斜面の高さxで運動しているときのエネルギー保存の関係から求める。

⑵

弾性衝突における跳ね返り係数と運動量保存の法則によって，衝突前後の速さを求める。その後，水平面H上と衝突点との間でエネルギー保存の法則を適用する。

Ⅲ

⑴

与えられている水平面H上での速さから，水平面L上での速さを求める。重力による加速度は東西方向に働くので（なぜなら，斜面は東西方向に傾いていて，南北方向にはない），小球の南北方向の速さは斜面上の移動によっては変化しない。これに気づくことがポイントである。また弾性衝突であり，壁は滑らかなので，壁との衝突によって小球の速さは変化しない。

別解というほどではないが，速さを東西方向，南北方向に分解して考える方法を説明する。

小球Bの衝突前の速さを東方向に$-v_{Be}$，小球Cの衝突前の速さを北方向にv_{Cn}，東方向にv_{Ce}とする。小球Bの衝突後の速さを東方向に$-v_{Be}'$，北方向にv_{Bn}'とする。

滑らかな壁との衝突によって小球Bの速さは変化しないから，$\tan\beta = \dfrac{v_{Bn'}}{v_{Be'}}$　①

斜面の方向は西から東方向だから，北方向の速さは斜面上の移動では変化しない。

すなわち，v_{Cn}'，v_{Bn}'は水平面H上でも変化しないから，

$$v_{Bn}' = v_{Cn}' = \sqrt{\frac{19gh}{5}}\sin\alpha = \sqrt{\frac{19gh}{5}} \times \frac{2}{\sqrt{19}} = 2\sqrt{\frac{gh}{5}} \qquad ②$$

水平面H上での東方向の速さは，エネルギー保存の法則により，$\dfrac{M}{2}(v_{Be}'')^2 = \dfrac{M}{2}(v_{Be}')^2 - Mgh$

したがって，$(v_{Be}'')^2 = (v_{Be}')^2 - 2gh$，$(v_{Be}')^2 = (v_{Be}'')^2 + 2gh$

しかるに$v_{Be}'' = \sqrt{\dfrac{19gh}{5}}\cos\alpha = \sqrt{\dfrac{19gh}{5}} \times \sqrt{\dfrac{15}{19}} = \sqrt{3gh}$

$(v_{Be}')^2=5gh$，$v_{Be}'=\sqrt{5gh}$　　③

①，②，③から$\tan\beta=2\sqrt{\dfrac{gh}{5}}\times\dfrac{1}{\sqrt{5gh}}=\dfrac{2}{5}$　　（答）

⑵

小球BとCの水平面H上での移動の軌道が平行でなので，水平面L上でも平行である。軌道の南北方向の間隔は，両球の速さが水平面H上とL上で同じだから，変化しないことに着眼する。

別の考え方を紹介しよう。

水平面H上では，小球BとCの運動の速さと方向は同じだから，水平面L上でも同じである。

したがって，$V_C'=V_B'=\sqrt{\dfrac{29gh}{5}}$　　②

両球の西方向の速さは水平面L上では，$\sqrt{\dfrac{29gh}{5}}\cos\beta=\sqrt{\dfrac{29gh}{5}}\dfrac{5}{\sqrt{29}}=\sqrt{5gh}$

両球の西方向の速さは水平面H上では，$\sqrt{\dfrac{19gh}{5}}\cos\alpha=\sqrt{\dfrac{19gh}{5}}\sqrt{\dfrac{15}{19}}=\sqrt{3gh}$

水平面L上では，壁と衝突後の小球BとCとの距離は$2d$

水平面H上では，小球BとCとの距離はℓ

この距離を移動する時間は同じだから，$\dfrac{2d}{\sqrt{5gh}}=\dfrac{\ell}{\sqrt{3gh}}$

したがって，$d=\dfrac{\ell}{2}\sqrt{\dfrac{5}{3}}=\dfrac{\sqrt{15}}{6}\ell$　　（答）

同様に，速さを分解して考えてみる。

水平面H上の運動において，小球BとCの距離ℓ が一定なので，

$v_{Be}''=v_{Ce}''$，エネルギー保存の法則により，$\dfrac{M}{4}(v_{Ce}'')^2=\dfrac{M}{4}(v_{Ce}')^2-\dfrac{M}{2}gh$，だから

$v_{Be}'=v_{Ce}'$，すると$\dfrac{\ell}{v_{Ce}''}=\dfrac{2d}{v_{Be}'}$，したがって$d=\dfrac{\ell\ v_{Be}'}{2v_{Ce}''}=\dfrac{\ell\ \sqrt{5gh}}{2\sqrt{3gh}}=\dfrac{\ell}{2}\sqrt{\dfrac{5}{3}}=\dfrac{\sqrt{15}}{6}\ell$　　（答）

⑶

同様に，速さを分解して考えてみる。

小球BとCの衝突前後の運動量保存により，

東西方向について，$-Mv_{Be}+\dfrac{M}{2}v_{Ce}=Mv_{Be}'-\dfrac{M}{2}v_{Ce}'$　　④

南北方向について，$\dfrac{M}{2}v_{Cn}=Mv_{Bn}'+\dfrac{M}{2}v_{Cn}'$　　⑤

④から，$-2v_{Be}+v_{Ce}=2v_{Be}'-v_{Ce}'=v_{Be}'=\sqrt{5gh}$，

しかるにエネルギー保存の法則により，$\dfrac{M}{2}(v_{Be})^2=Mg\dfrac{h}{10}$，$v_{Be}=\sqrt{\dfrac{gh}{5}}$，

したがって，$v_{Ce}=\sqrt{5gh}+2v_{Be}=\sqrt{5gh}+2\sqrt{\dfrac{gh}{5}}=7\sqrt{\dfrac{gh}{5}}$

⑤から，$v_{Cn}=2v_{Bn}'+v_{Cn}'=6\sqrt{\dfrac{gh}{5}}$

小球Cの水平面H上とL上の運動エネルギーの保存によって，

$\dfrac{M}{4}V^2+\dfrac{M}{2}gh=\dfrac{M}{4}(v_{Ce}{}^2+v_{Cn}{}^2)$，$V^2=17gh-2gh=15gh$，$V=\sqrt{15gh}$　　（答）

(4)

小球のCの南北方向の速さは，斜面を降下しても変化しない。

小球Cの南北方向の速さは水平面H上とL上で同じだから，$\sin\theta=\dfrac{v_{Cn}}{V}=\dfrac{2\sqrt{3}}{5}$　　（答）

第２問

＜解答＞

Ⅰ

(1)

$X=0$のときを時間tの原点とすれば，$X=vt$

回路を貫く磁束は，$\phi=\dfrac{1}{2}BX^2$

したがって，誘導起電力は，$V=-\dfrac{\varDelta\phi}{\varDelta t}=-BvX$

したがって，回路を流れる電流の大きさは，$I=\dfrac{|V|}{R}=\dfrac{vBX}{R}$　　（答）

(2)

回路の右辺の導線を流れる電流はx軸および磁場と直交するので，x軸方向に力を受ける。
その力の向きはフレミングの左手の法則により負方向で，

$F=IBX=\dfrac{vB^2X^2}{R}$　　（答）

(3)

回路を貫く磁束は，$\phi=B\left\{(2a)^2-\dfrac{(4a-X)^2}{2}\right\}=B\left\{4aX-\dfrac{X^2}{2}-4a^2\right\}$

したがって，誘導起電力は，$V=-\dfrac{\varDelta\phi}{\varDelta t}=-B(4av-vX)$

したがって，回路を流れる電流の大きさは，$I=\dfrac{|V|}{R}=\dfrac{B(4av-vX)}{R}$

左辺と右辺の導線の電流の向きは逆なので，左辺の導線には正方向に$IB(X-2a)$，右辺の導線には負方向に$2aIB$の力が働く。したがって，

差引して負方向に，$F=2aIB-IB(X-2a)=IB(4a-X)=\dfrac{vB^2(4a-X)^2}{R}$　　（答）

II

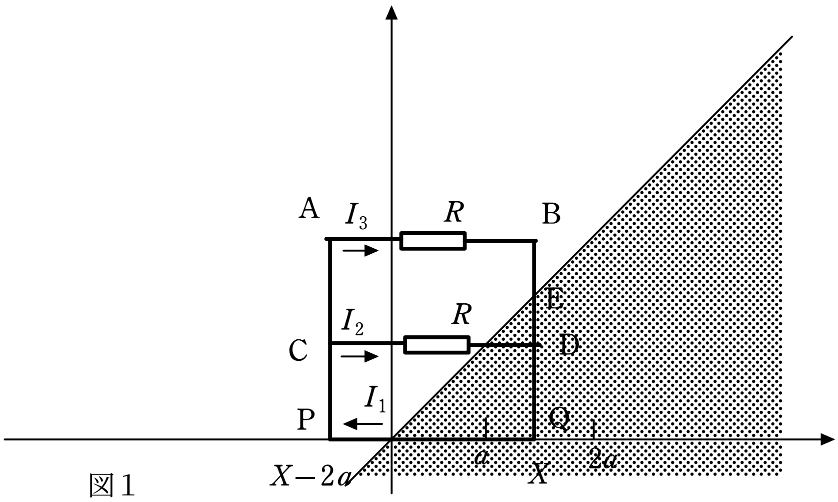

図１

(1)

導線DQに発生する起電力は，avB

導線EDに発生する起電力は，$(X-a)vB$

図２(1)の等価回路を考える。すると，$I_1=I_2+I_3$　①

閉回路ABDCにキルヒホッフの法則を適用すると，　$I_3R-(X-a)vB-I_2R=0$　②

閉回路CDQPにキルヒホッフの法則を適用すると，　$-avB+I_2R=0$　③

③より，$I_2=\dfrac{avB}{R}$，②より，$I_3=\dfrac{vBX}{R}$，したがって，$I_1=\dfrac{vB(a+X)}{R}$　（答）

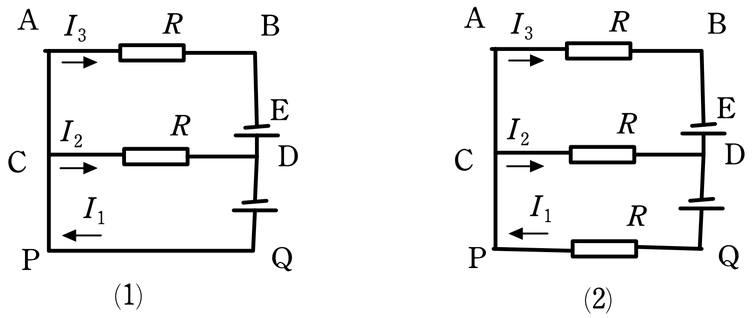

図２　等価回路

(2)

発生する起電力は同じだから，図２(2)の等価回路を考える。

$I_1=I_2+I_3$　④

閉回路ABDCにキルヒホッフの法則を適用すると，　$I_3R-(X-a)vB-I_2R=0$　⑤

閉回路CDQPにキルヒホッフの法則を適用すると，　$-avB+I_1R+I_2R=0$　⑥

④，⑤，⑥から，$I_2=\dfrac{vB(2a-X)}{3R}$，$I_2=\dfrac{vB(2X-a)}{3R}$

したがって，$I_1=\dfrac{vB(a+X)}{3R}$　（答）

III

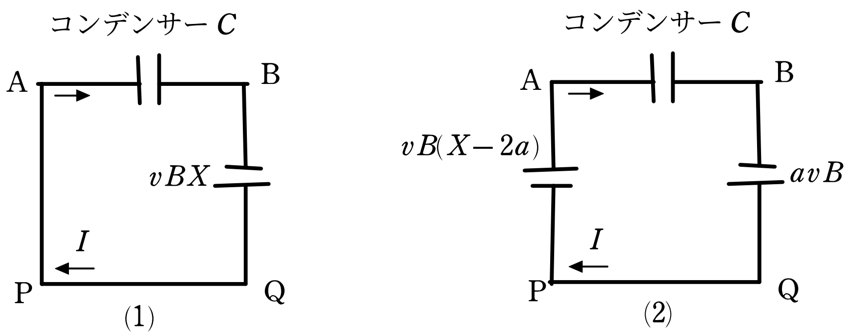

図３　等価回路

(1)

問題の対象は図３(1)の等価回路になる。導線BQに発生する起電力はvBX

コンデンサーの両端の電圧は$\dfrac{q}{C}$，ただしq はコンデンサーに蓄えられた電荷

回路にキルヒホッフの法則を適用すると，$vBX-\dfrac{q}{C}=0$

しかるに，電流$I=\dfrac{1}{C}\dfrac{\Delta q}{\Delta t}$だから，$vB\dfrac{\Delta X}{\Delta t}-\dfrac{1}{C}\dfrac{\Delta q}{\Delta t}=v^2B-\dfrac{1}{C}I=0$

$I=v^2BC$　　（答）

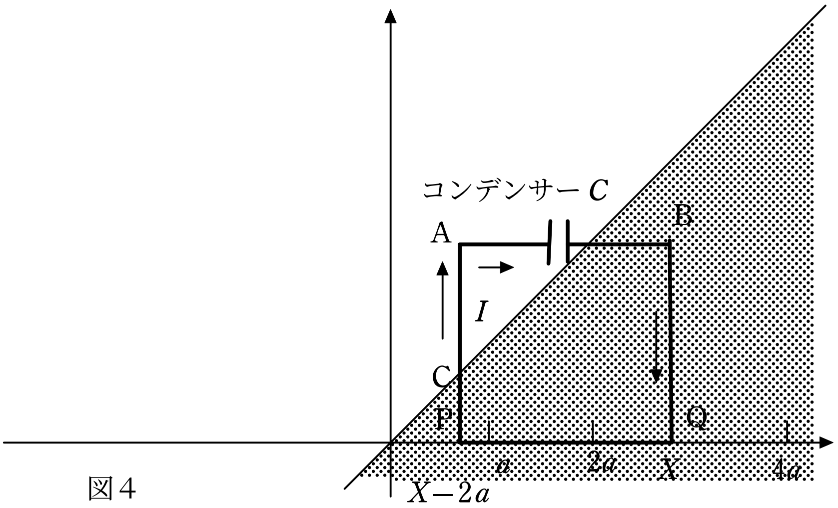

図４

(2)

問題の対象は図３(2)の等価回路になる。導線BQに発生する起電力は$2avB$

導線PCに発生する起電力は，BQに発生する起電力と反対方向で，$vB(X-2a)$

回路にキルヒホッフの法則を適用すると，$2avB+vB(X-2a)-\dfrac{q}{C}=0$

電流$I=\dfrac{1}{C}\dfrac{\Delta q}{\Delta t}$だから，$vB\dfrac{\Delta X}{\Delta t}-\dfrac{1}{C}\dfrac{\Delta q}{\Delta t}=v^2B-\dfrac{1}{C}I=0$，$I=v^2BC$

したがって，フレミングの左手の法則により，回路に働く力は，負方向に

$F=IB(\mathrm{BQ}-\mathrm{PC})=IB(4a-X)=v^2B^2C(4a-X)$　　（答）

<解説>

電磁誘導，すなわち磁場中を回路が通るときに発生する電流と力に関する問題。

Ⅰ

⑴

回路を貫く磁束をXの関数として表現する。さらにXを時間の関数として表現すれば，$\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$を求めることができる。

⑵

磁場中で導線に電流が流れるときは，ローレンツ力により導線に力が働く。その向きを教えるフレミングの左手の法則は覚えておくこと。

⑶

⑴，⑵の考え方を用いれば，容易だろう。同様に，回路を貫く磁束をXの関数として表現する。左辺と右辺の導線には逆方向の力が働くので，磁場を横切らない左辺の導線部分の長さに対応する負方向の力が差引して残ることになる。

Ⅱ

⑴

図１を描いて，回路を構成する導線の各部に発生する誘導起電力を考える。その上で等価回路を考えて，キルヒホッフの法則を適用する。

Ⅰでは，回路を貫く磁束の変化から誘導起電力を考えたが，ここでは導線が磁場を横切ることによって，誘導起電力が発生すると考えた方が扱い易い（両者とも，運動する電子に働く磁場の力による起電力に基づくことは同じである。）

図２のような等価回路を考える場合，導線に誘導起電力による電池があたかも存在するかのように考える。回路を貫く磁束の変化が誘導起電力を発生させる，とだけ理解していたのでは，等価回路の電池を考えることは困難である。

磁場による誘導起電力は，導線が磁場を横切ることによって発生するという基本的な理論を忘れてはならない。この理論によれば，閉回路を貫く磁束が変化すると，その時間変化に比例した起電力が発生するのである。磁場を横切る導線に発生する起電力を積算すると，ちょうど回路を貫く磁束の変化に相当する起電力になるというわけである。

それでは，導線が磁場を横切ることによって誘導起電力が発生するという基本的な理論とは何か？それは，磁場が移動する荷電粒子に及ぼすローレンツ力である。導線を磁場中で移動すると，導線内の電子にローレンツ力が働き，電子を導線の方向に移動させる力が働き，起電力が発生したことと等価になるというわけである。たとえば，磁場に垂直な面内で導線を導線の方向と垂直な方向に移動すると，導線の方向に電子に力が働き，電子を移動させる。これが誘導起電力である。

このように考えると，等価回路で導線に誘導起電力による電池を考えることができる。

⑵

導線に発生する誘導起電力は同じだから，⑴の等価回路に抵抗を付加して，キルヒホッフの法則を適用すればよい。

III

(1)

図３(1)に示すように，磁場を横切ることによる起電力を含む等価回路を考えて，同じようにキルヒホッフの法則を適用する。すると，電圧の式が求まる。コンデンサーが蓄える電気量の変化（時間微分）が電流になることから，この式の時間変化（微分）を考えることによって，電流を求める。

(2)

磁場と回路は図４に示すような位置関係にある。すると図３(2)に示すような等価回路になる。(1)と同様にキルヒホッフの法則を適用して電流を求める。左辺と右辺の導線に働く力は逆方向であることは，Ｉ(3)と同様である。

第３問

＜解答＞

Ｉ

(1)

$$l_1{}^2=L^2+\left(X-\frac{a}{2}\right)^2,\ \text{したがって，}\ l_1=L\left\{1+\frac{1}{L^2}\left(X-\frac{a}{2}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}\fallingdotseq L\left\{1+\frac{1}{2L^2}\left(X-\frac{a}{2}\right)^2\right\}$$

$$l_2{}^2=L^2+\left(X+\frac{a}{2}\right)^2,\ \text{したがって，}\ l_2=L\left\{1+\frac{1}{L^2}\left(X+\frac{a}{2}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}\fallingdotseq L\left\{1+\frac{1}{2L^2}\left(X+\frac{a}{2}\right)^2\right\}$$

$$l_1-l_2=-\frac{aX}{L},\ \text{したがって，}\ \Delta l=|l_1-l_2|\fallingdotseq\frac{a|X|}{L}\qquad\text{（答）}$$

(2)

点Pに明線があるときは，$\dfrac{aX}{L}=m\lambda$ だから，$X=\dfrac{mL\lambda}{a}$　　（答）

II

(1)

容器の体積をV，容器内の気体の分子数をNとすれば，気体の状態方程式は，$pV=NkT$

したがって，$\rho=\dfrac{N}{V}=\dfrac{p}{kT}$　　（答）

(2)

気体の数密度が増加すると屈折率が増大する。するとC_1を通る光路長が増大するので，あたかもl_1が大きくなったかのように作用する。したがって，l_1が減少し，l_2が増大するように明線が移動する。これは，Xが増加する方向，すなわちx軸の正方向へ移動することである。

III

(1)

C_1とC_2を通る光の光路長差は$(l_1-l_2)+d(n-1)$

明線の位置が$X+\Delta X$とするならば，このとき$l_1-l_2=-\dfrac{a(X+\Delta X)}{L}$

したがって，$\dfrac{1}{\lambda}\left\{-\dfrac{a(X+\varDelta X)}{L}+d(n-1)\right\}=m$を満たす$X+\varDelta X$が明線の位置である。

$m=0$のとき$X=0$だから，$d(n-1)=\dfrac{a\varDelta X}{L}$，$n=\dfrac{a\varDelta X}{dL}+1$　　（答）

(2)

Xが明線の位置となる条件は，$\dfrac{1}{\lambda}\left\{-\dfrac{aX}{L}+d(n-1)\right\}=m$

C_1が真空のとき，すなわち$n=1$のとき，$X=0$で$m=0$の明線が位置する。

C_1に気体が入ってnが増大し，$X=0$で$m=N$の明線が位置するのだから，$n=\dfrac{\lambda N}{d}+1$　　（答）

(3)

(1)でnを求めるときの正確さは，$\dfrac{a}{dL}\times$（$\varDelta X$の測定の正確さ）$=\dfrac{5}{2.5\times 5}\times 10^{-4}\times 0.1=4\times 10^{-6}$

(2)でnを求めるときの正確さは，$\dfrac{\lambda}{d}\times$（Nの測定の正確さ）$=\dfrac{5}{2.5}\times 10^{-6}\times 1=2\times 10^{-6}$

したがって，(2)の方法の方が精度よく求めることができる。

＜解説＞

光の干渉を用いた気体の屈折率の測定実験に関する問題である。

Ⅰ

(1)

光路長の差の計算である。典型的な光の干渉実験の一つで，物理Ⅰの教科書には必ず出ているので，すらすら解答できるようでありたい。近似の方法が示されているのでありがたい。教科書によっては，以下のような近似方法が記載されている。

$|l_1{}^2-l_2{}^2|=2aX$，$|l_1-l_2|=\dfrac{2aX}{l_1+l_2}$，$l_1+l_2\fallingdotseq 2L$だから，$|l_1-l_2|\fallingdotseq\dfrac{aX}{L}$

(2)

二つの光路長の差$|l_1-l_2|$が波長の整数倍のとき，光が強めあう条件を記載する。

Ⅱ

(1)

ボルツマン定数を用いた気体の状態方程式を覚えていること。この式には理想気体の分子数が含まれている。nモルの気体の状態方程式は，$pV=nRT$である。1モルの気体にはN_A（アボガドロ定数）個の分子が含まれているから，分子数Nの気体は$\dfrac{N}{N_A}$モルである。したがって，$pV=\dfrac{N}{N_A}RT$。しかるに，気体定数RをN_Aで除した$\dfrac{R}{N_A}$は，ボルツマン定数である。

すなわち，$k=\dfrac{R}{N_A}$，したがって，$pV=NkT$となる。これらを理解していなければならない。

(2)

容器に気体を入れると屈折率が増加する。屈折率が増加すると，光の速さが遅くなるので，あたかも光路が長くなったかのようになる。この場合，l_1が長くなったことと等価になるので，明線の位置は，

逆に実際のl_1が小さくなるような位置に移動する。l_1が小さくなるのはx軸の正方向である。

Ⅲ

(1)

C$_1$を通る光路が実効的に$d(n-1)$だけ長くなったことを考慮する。

(2)

容器C$_1$が真空のとき，$X=-\dfrac{mL\lambda}{a}$を満たすXに明線が並んでいる。原点Oでは，$m=0$の明線が位置する。容器C$_1$に気体を入れていくと，明線はx軸の正方向へ移動する。N本の暗線が原点Oを通過した後，明線が原点Oにきてとまったということは，その明線は$m=N$の明線である。

(3)

(1)，(2)のそれぞれでの屈折率nの表式から，nの精度を検討する。測定値の正確さが，どの程度nの精度に影響するかは，それぞれの表式から算定すればよい。

＜総評＞

第１問が力と運動，第２問が電磁誘導と回路，第３問が光波の問題である。例年に比べやや易化したように思う。

第1問

斜面を滑る小球の運動の問題。一見複雑そうだが，運動の全過程を頭にえがきながら考えていけば，それほど複雑ではないことがわかる。すべて弾性衝突であり，滑らかな面での運動だから（摩擦がないということ），扱いやすい。跳ね返り係数，運動量保存の法則，エネルギー保存の法則を駆使する。この問題のポイントは，斜面は東西方向なので，球の斜面での上昇降下によって南北方向の速さは変化しないということである。

誘導的にできているから，前問を利用しながら解答していく。逆に後問を意識すると，前問をどのように考えるべきかの参考になる。難易度はⅠはC，ⅡはＢ，ⅢはA－。

第2問

磁場を横切る回路に流れる電流と働く力に関する問題。誘導起電力に関する基本的な問題で，Ⅰ，Ⅱは抵抗回路だから，容易であろう。コンデンサーの場合も同様にキルヒホッフの法則によって，電流，電圧の関係を求めればよい。ただコンデンサーにたまる電荷を扱うことになるのだが，これを微分して電流として扱うことが必要になる。

難易度はⅠがC，ⅡがB，ⅢがA－。

第3問

光波の干渉を利用して，気体の屈折率を測定する問題。光波の干渉は，変位の精密測定に利用されるので，良い問題だと思う。決して難しい問題ではないが，光波の事象を的確に理解しているかどうかが試される。また気体の分子の数密度を求めるために，状態方程式の知識が必要となる。

この実験では屈折率変化が干渉縞の移動となって表れる。屈折率の理解，光路長の理解，干渉縞の理解などが的確でなければならない。

難易度はⅠがC，ⅡとⅢがB。

120503