# 物理（３教科型）　　2月9日実施分

**●工学部（電子情報工学科／電気工学科）**
**●情報工学部（情報工学科／情報通信工学科／システムマネジメント学科）**

**1**

(1) 答

$mgh$

(2) 答

0

(3) 計算

点Bにおいて位置エネルギーが0で，点Aにおいて運動エネルギーが0なので，$mgh=\frac{1}{2}mv^2$となる。よって，

答

$\sqrt{2gh}$

(4) 計算

大問Ⅰの小問(3)から衝突直前の速さは

$\sqrt{2gh}$

なので，これに反発係数をかければよい。

答

$e$ 倍

(5) 計算

反発係数が$e$であるため、衝突する度に速さに$e$が掛かる。よって$n$回衝突すると，

答

$e^n$ 倍

(6) 計算

衝突直後と最高到達点での力学的エネルギー保存則は，衝突直後の速さを$v$,最高到達点の高さを$y$とすると

$mgy=\frac{1}{2}mv^2$。

よって$y=\frac{v^2}{2g}$なので、$n$回衝突後の最高到達点は$h$の

答

$e^{2n}$ 倍

(7) 計算

$mv+MV=0$より$V=-\frac{m}{M}v$であり，

これを$mgh=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}MV^2$に代入すると，

$v=\sqrt{\frac{M}{m+M}}\sqrt{2gh}$

となるので，

答

$\sqrt{\frac{M}{m+M}}$ 倍

(8) 計算

衝突後の小物体と台の速度をそれぞれ$v'$と$V'$とすると，この場合

$$mv'+MV'=0,\quad e=\frac{V'-v'}{v-V}$$

が成り立つので，

$$V'=-\frac{m}{M}v'$$

を二つ目の式に代入すると

$$v'=-ev$$

となる。よって，

答

$e\sqrt{\frac{M}{m+M}}$ 倍

**2**

(1) 答

(ア)

(2) 答

(エ)

(3) 計算

$$E=RI$$
$$=\frac{mgR}{Bl}\tan\theta$$

答

$$\frac{mg}{Bl}R\tan\theta$$

(4) 計算

$$ma=mg\sin\theta$$
$$a=g\sin\theta$$

答

$$g\sin\theta$$

(5) 計算

一定速度 $v_0$ ですべっているので力のつりあい

$mg\sin\theta = I_0Bl\cos\theta$ が成り立っている。

よって $I_0=\frac{mg}{Bl}\tan\theta$

答

$$\frac{mg}{Bl}\tan\theta$$

(6) 計算

導体棒が動くことによる単位時間当りの磁束の変化は

$$B\,\Delta S=v_0Bl\cos\theta$$

よって、 $E_0=v_0Bl\cos\theta$

答

$$v_0Bl\cos\theta$$

(7) 計算

$E_0=RI_0$ より(5), (6)を代入して $v_0Bl\cos\theta=R\frac{mg}{Bl}\tan\theta$

よって $v_0=\frac{mgR\tan\theta}{B^2l^2\cos\theta}$

答

(オ)

(8) 計算

消費電力 =1$s$ 当りの位置エネルギーの変化

消費電力は $mgv_0\sin\theta$

答

$$mgv_0\sin\theta$$

**3**

(1) 計算

反射の法則より入射角と反射角は等しいので

$$\theta_3=\theta_1$$

答

$$\theta_1$$

(2) 計算

屈折の法則より

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=n$$

答

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=n$$

(3) 計算

屈折率の定義より，薄膜内の光の速さを $v$ とすると空気中での光の速さに対する比は，$c/v=n$。空気中と薄膜内で光の振動数および周期は変化しないこと、波長は速度と周期の積であることより，薄膜内の波長は $\lambda/n$。

答

$$\frac{\lambda}{n}\left(=\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}\lambda\right)$$

(4) 計算

距離 AC を屈折角と $d$ を用いて表すと $\overline{AC}\cos\theta_2=d$。

距離 ACB はこの2倍となる。

求める光路長は，これに屈折率 $n$ を掛けて

$$n2\overline{AC}=\frac{2nd}{\cos\theta_2}$$

答

$$\frac{2nd}{\cos\theta_2}$$

(5) 計算

光が屈折率の小さな媒質から大きな媒質へ進むときの境界面での反射による位相のずれは，波の固定端での反射に相当するため位相が $\pi$ 変化する。

答

（え）

(6) 計算

距離 DB は距離 AB を用いて表すと $\overline{DB}=\overline{AB}\sin\theta_1$，

距離 AB は $d$ を用いて $\overline{AB}=2d\tan\theta_2$ と表される。

また空気の屈折率を1としているので，空気中の光の速さは $c$ に等しい。これらより求める時間は，

$$\frac{\overline{DB}}{c}=\frac{2d\sin\theta_1\tan\theta_2}{c}$$

(2)を用いて $\theta_1$ を消去して解を得る。

答

$$\frac{2nd\sin\theta_1\tan\theta_2}{c}$$

(7) 計算

問(4), (5)の解より，光路差Δを計算すると，

$$\Delta=L_a-cT_b=\frac{2nd}{\cos\theta_2}-2d\sin\theta_1\tan\theta_2$$

(2)の解を用いて右辺2項目の $\theta_1$ を書き直すと

$$\Delta=2nd\left(\frac{1}{\cos\theta_2}-\frac{(\sin\theta_2)^2}{\cos\theta_2}\right)=2nd\cos\theta_2$$

となる。光線 b が表面で位相が $\pi$ 変化するので光路差が波長の半整数倍となればよいので，

$$2nd\cos\theta_2=\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda\ .$$

答

（い）

## 物理（3教科型）　２月10日 実施分

**●工学部（生命環境化学科／知能機械工学科）**
**●情報工学部（情報システム工学科）**

**1**

(1) 答　物体 B が糸から受ける張力の大きさ

$$3mg$$

床が糸から受ける張力の大きさ

$$2mg$$

天井が滑車から受ける力の大きさ

$$6mg$$

(2) 答　物体 A の運動方程式

$$ma=T-mg$$

物体 B の運動方程式

$$3ma=3mg-T$$

計算

$4ma=2mg\ \therefore\ a=\frac{1}{2}g$

$T=ma+mg=\frac{3}{2}mg\quad F=2T=3mg$

答

$$a=\frac{1}{2}g,\ T=\frac{3}{2}mg,\ F=3mg$$

(3) 計算

等加速度直線運動の公式から

$v=v_0+at \quad x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$

$v_0=0 \quad x=h \quad a=\frac{1}{2}g$ を代入して，$h=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}g\right)t^2$

$\therefore t=2\sqrt{\frac{h}{g}} \quad v=\frac{1}{2}g\times 2\sqrt{\frac{h}{g}}=\sqrt{hg}$

答　時間 $2\sqrt{\frac{h}{g}}$

時間 $\sqrt{hg}$

(4) 答

$-g$

(5) 計算

物体Bが床に到達後の物体Aの運動は初速度$\sqrt{hg}$の鉛直投げ上げとなる。また，最高点では速度は0となる。

$v^2-v_0^2=-2gx$に$v=0$，$v_0=\sqrt{hg}$を代入すると，

$x=\frac{1}{2}h$　∴最高点の高さは$2h+\frac{1}{2}h=\frac{5}{2}h$

答

$\frac{5}{2}h$

(6) 計算

(3)から床にはじめて到達したときの速さを$v$とすると$v=\sqrt{hg}$になる。床に衝突直後の速さは$ve$なので，床に衝突してから再度床に衝突するまでにかかる時間は$\frac{2ve}{g}$となる。

$\therefore x=2h+v\times\left(\frac{2ve}{g}\right)-\frac{1}{2}g\left(\frac{2ve}{g}\right)^2=2h+2ve-2ve^2$

答

$2h(1+e-e^2)$

**2**

(1) 答

$\varepsilon_0\frac{a^2}{d}$

(2) 答

$\frac{dQ^2}{2\varepsilon_0a^2}$

(3) 計算

極板間距離が$d$のときの静電エネルギー$U(d)$は(2)より，

$$U(d)=\frac{d}{2\varepsilon_0a^2}Q^2$$

また，極板間距離が$d+\Delta d$のときのエネルギーは

$$U(d+\Delta d)=\frac{d+\Delta d}{2\varepsilon_0a^2}Q^2$$

エネルギーの変化$\Delta U$は

$\Delta U=U(d+\Delta d)-U(d)$

$=\frac{d+\Delta d}{2\varepsilon_0a^2}Q^2-\frac{d}{2\varepsilon_0a^2}Q^2$

$=\frac{\Delta d}{2\varepsilon_0a^2}Q^2$

答

$\frac{\Delta dQ^2}{2\varepsilon_0a^2}$

(4) 計算

外力$F$のする仕事$F\Delta d$が静電エネルギーの増加$\Delta U$と等しく，

$$F\Delta d=\Delta U$$

$$F\Delta d=\frac{\Delta d}{2\varepsilon_0a^2}Q^2$$

$$F=\frac{Q^2}{2\varepsilon_0a^2}$$

答

$\frac{Q^2}{2\varepsilon_0a^2}$

(5) 答

（お）

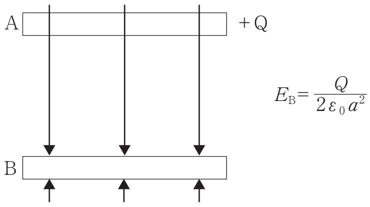
(6) 計算

極板Bが極板Aの位置に作る電場の大きさ$E_B$は，(5)で求めた電気力線の密度に等しく，

$$E_B=\frac{Q}{2\varepsilon_0a^2}$$

極板Aのもつ電気量は$+Q$だから，AがBから受ける力$F$は

$$F=QE_B=Q\cdot\frac{Q}{2\varepsilon_0a^2}=\frac{Q^2}{2\varepsilon_0a^2}$$




答

$\frac{Q^2}{2\varepsilon_0a^2}$

(7) 計算

極板の長さが$a$のときの静電エネルギー$U'(a)$は

$U'(a)=\frac{Q^2}{2C}=\frac{d}{2\varepsilon_0ab}Q^2$

また，極板の長さが$a-\Delta a$のときのエネルギーは

$U'(a-\Delta a)=\frac{d}{2\varepsilon_0(a-\Delta a)b}Q^2=\frac{dQ^2}{2\varepsilon_0ab}\cdot\left(1-\frac{\Delta a}{a}\right)^{-1}$

題意より近似を導入して

$\fallingdotseq\frac{dQ^2}{2\varepsilon_0ab}\cdot\left(1+\frac{\Delta a}{a}\right)$

エネルギーの変化$\Delta U'$は

$\Delta U'=U'(a-\Delta a)-U'(a)$

$=\frac{dQ^2}{2\varepsilon_0ab}\cdot\left(1+\frac{\Delta a}{a}\right)-\frac{dQ^2}{2\varepsilon_0ab}$

$=\frac{dQ^2\Delta a}{2\varepsilon_0a^2b}$

答

$\frac{d\Delta aQ^2}{2\varepsilon_0a^2b}$

(8) 計算

辺長$a$を短くすると静電エネルギーが増加するから，その分のエネルギーだけ，$a$を小さくする方向に外力を働かせ，仕事をする必要がある。従って，外力と釣り合う静電気力は極板を広げる右向きに働く。

外力$F$のする仕事$F\Delta a$が静電エネルギーの変化$\Delta U'$と等しく，

$F\Delta a=\Delta U'$

$F\Delta a=\frac{dQ^2\Delta a}{2\varepsilon_0a^2b}$

$F=\frac{dQ^2}{2\varepsilon_0a^2b}$

答　大きさ $\frac{dQ^2}{2\varepsilon_0a^2b}$

方向　正・負

**3**

(1)

| (ア) | (イ) | (ウ) | (エ) |
|---|---|---|---|
| (い) | (お) | (う) | (え) |

(2) 答

(う)

(3) 計算

液面の差分だけ圧力が変わる。B の液面と同じ高さであれば $p_0$ であるが，A と B では液面の高さに

$$\frac{1}{3}h_0+\frac{1}{6}h_0=\frac{1}{2}h_0$$

だけ差がある。即ち，

$$p_1+\frac{1}{2}h_0\rho g=p_0$$

$$\therefore p_1=p_0-\frac{1}{2}h_0\rho g$$

よって、$\frac{1}{2}h_0\rho g$

答

$$\frac{1}{2}h_0\rho g$$

(4) 答

$$\frac{2}{3}h_0S$$

(5) 計算

ガラス管 A の空気に着目すると，温度変化の前後で温度は $T_0\rightarrow T_1$，体積は $h_0S\rightarrow\frac{2}{3}h_0S$,

圧力は $p_0\rightarrow p_1$

よって，ボイル・シャルルの法則より

$$\frac{p_0h_0S}{T_0}=\frac{p_1\frac{2}{3}h_0S}{T_1}$$

$$\therefore \frac{p_1}{p_0}=\frac{3}{2}\frac{T_1}{T_0}$$

答

$$\frac{3}{2}\frac{T_1}{T_0}$$

(6) 答

(い)

(7) 計算

液体を注ぐ前は$\frac{1}{6}h_0$液面が下がって底面から$\frac{5}{6}h_0$である。ここから液体を注いだ後、$x$だけ上昇した。このとき A と B の液面の高さは同じなのでガラス管 A の空気の体積は

$h_0S\rightarrow\left(2h_0-x-\frac{5}{6}h_0\right)S=\left(\frac{7}{6}h_0-x\right)S$ である。

ここで、バルブを閉じた直後の状態と液体を注いだ後を比べると、A と B の液面にかかる圧力は $p_0$ で等しい。そのため、シャルルの法則が成り立つ。

$$\frac{h_0S}{T_0}=\frac{\left(\frac{7}{6}h_0-x\right)S}{T_1}$$

$$\therefore\frac{7}{6}h_0-x=\frac{T_1}{T_0}h_0$$

よって上昇した高さは　$x=\left(\frac{7}{6}-\frac{T_1}{T_0}\right)h_0$

答

$$\frac{7}{6}-\frac{T_1}{T_0}$$