（3教科型）　物理

●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)　計算

水平方向の力のつり合いから

$$F = T_A \cos30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}T_A$$

鉛直方向の力のつり合いから

$$mg = T_A \sin30^\circ = \frac{1}{2}T_A$$

$\therefore\ T_A = 2\,mg \quad F = \frac{\sqrt{3}}{2}T_A = \sqrt{3}\,mg$

答　$F = \sqrt{3}\,mg$　　$T_A = 2\,mg$

(2)　計算

はじめ小球 A の高さは $\frac{1}{2}L$，衝突直前は 0 である。

力学的エネルギー保存則から，

$$mg\left(\frac{1}{2}L\right) = \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$v_A^2 = gL$$

答　$v_A = \sqrt{gL}$

(3)　計算

運動量保存則から　$m v_A = m v_A' + m v_B'$ …①

反発係数の定義から　$-e v_A = v_A' - v_B'$ …②

$(1-e)v_A = 2v_A'$ よって $v_A' = \frac{1-e}{2}v_A$

$v_B' = v_A' + e v_A$ よって $v_B' = \frac{1+e}{2}v_A$

答　$v_A' = \frac{1-e}{2}\sqrt{gL}$　　$v_B' = \frac{1+e}{2}\sqrt{gL}$

(4)　計算

衝突前の力学的エネルギー $= \frac{1}{2}mv_A^2$

衝突後の力学的エネルギー

$= \frac{1}{2}m\left(\frac{1-e}{2}v_A\right)^2 + \frac{1}{2}m\left(\frac{1+e}{2}v_A\right)^2$

$= \frac{1}{2}m\left(\frac{1+e^2}{2}\right)v_A^2$

$1 - \frac{1+e^2}{2} = 0.48 \quad e^2 = 0.04$

答　$e = 0.2$

(5)　計算

単振り子の周期の半分

答　$\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

(6)　計算

2 回目の衝突直前の小球 A，B の速度は対称性から $-v_A'$，$-v_B'$ となる。衝突直後の速度を v_A''，v_B'' とすると，運動量保存則，反発係数の定義から

$m(-v_A') + m(-v_B') = -mv_A = mv_A'' + mv_B''$

$-e\{-v_A' - (-v_B')\} = -e^2 v_A = v_A'' - v_B''$

よって $v_A'' = -\frac{1+e^2}{2}v_A$。力学的エネルギー保存則から

$\frac{1}{2}mv_A''^2 = \frac{1}{2}m \times \frac{(1+e^2)^2}{4} \times gL = mgh$

よって $h = \frac{(1+e^2)^2}{8}L$

答　⑧

2

(1)

(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
kx_0	$\frac{1}{2}kx_0^2$	$T_1=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$\frac{1}{2}mv^2$

(オ)

計算

$$\frac{1}{2}kx_0^2=\frac{1}{2}mv^2$$

$$v=\pm\sqrt{\frac{k}{m}}x_0$$

答 $\sqrt{\frac{k}{m}}x_0$

(2)

あ	い	う	え
Q_0/C	$\frac{1}{2}Q_0^2/C$	$T_2=2\pi\sqrt{LC}$	$\frac{1}{2}LI^2$

お

計算

$\frac{1}{2}Q_0^2/C=\frac{1}{2}LI^2$ より $I=\pm\sqrt{\frac{1}{LC}}Q_0$

答 $\sqrt{\frac{1}{LC}}Q_0$

(3) 図3 直列ばね

計算

ばねの力と電位差，変位と電気量が対応し，ばね定数 k は電気容量の逆数 C^{-1} に対応する。直列ばねの場合は，ばねの力が共通で変位が合計されるので，電位差が共通で電気量が合計されるコンデンサー並列接続に対応する。この場合の合成電気容量は

$C_S=C_1+C_2$ であり，ばね定数（の逆数）に対応させて，

$\frac{1}{k_S}=\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}$ である。

ここで，$k_1=k_2=k$ なので，$k_S=k/2$ となり，

$T'=2\pi\sqrt{\frac{m}{k_S}}=\sqrt{2}\,T_1$ であり，周期は $\sqrt{2}$ 倍になる。

答 T_1 の $\sqrt{2}$ 倍

(4) 図4 並列ばね

計算

(3)と同様，並列ばねの場合は，ばねの変位が共通で力が合計されるので，電気量が共通で電位差が合計される直列コンデンサーに対応する。 この場合の合成電気容量は $\frac{1}{C_S}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$ であり，ばね定数（の逆数）に対応させて，$k_S=k_1+k_2$ である。

ここで，$k_1=k_2=k$ なので $k_S=2k$ となり，

$T'=2\pi\sqrt{\frac{m}{k_S}}=T_1/\sqrt{2}$ であり，周期は $1/\sqrt{2}$ 倍になる。

答 T_1 の $1/\sqrt{2}$ 倍

(5) 図5 直列コンデンサー

計算

直列コンデンサーの合成 $C_S=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$ を考える。電気量は共通で Q となるが，電位差は合計で $V_S=V_1+V_2$ $=Q/C_1+Q/C_2$ となるため，合成電気容量 $C_S=Q/V_S$ $=\frac{1}{1/C_1+1/C_2}=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$ となる。

ここで $C_1=C_2=C$ なので $C_S=C/2$ となり，$T'=2\pi\sqrt{LC_S}$ $=T_2/\sqrt{2}$ であり，周期は $1/\sqrt{2}$ 倍になる。

答 T_2 の $1/\sqrt{2}$ 倍

(6) 図6 並列コンデンサー

計算

並列コンデンサーの合成 $C_S=C_1+C_2$ を考える。電位差は共通で V となるが，電気量は合計で $Q_S=Q_1+Q_2=VC_1+VC_2$ となるため，合成電気容量 $C_S=V/Q_S$ $=C_1+C_2$ となる。

ここで $C_1=C_2=C$ なので，$C_S=2C$ となり，$T'=2\pi\sqrt{LC_S}$ $=\sqrt{2}\,T_2$ であり，周期は $\sqrt{2}$ 倍になる。

答 T_2 の $\sqrt{2}$ 倍

(7) D

3

(1)

A	T	λ
く	ち	あ

(2)

A	T	λ
0.01 〔m〕	0.2 〔S〕	0.1 〔m〕

(3) 計算 $v=\lambda/T=0.1/0.2=0.5$

答 0.5〔m/S〕

(4) あ

(5) い

(6)

(ア)	(イ)	(ウ)
こ	し	い

(7) 計算

節と節の間隔は波長 λ の半分

$\therefore\ \lambda/2=0.1/2=0.05$

答 0.05〔m〕

(8)

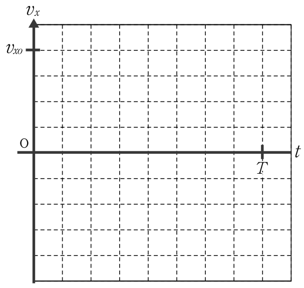
①式の波	②式の波	合成された波
い	う	く

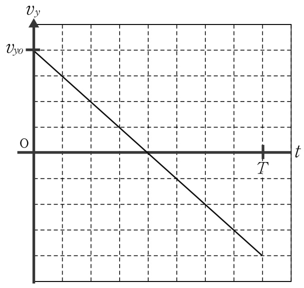
（３教科型） 物理

●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)





(2) 計算

$t=o$ で $vy=v_0\sin\theta$

最高点に到達する t は $t=\frac{T}{2}(s)$

$t(s)$ での $vy=v_0\sin\theta-gt$

最高点では $vy=o$ より

$$o=v_0\sin\theta-g\frac{T}{2}$$

$$T=\frac{2v_o\sin\theta}{g}$$

答

$$\frac{2v_o\sin\theta}{g}$$

(3) 計算

(2)より最高点での t は $t=\frac{v_o\sin\theta}{g}$

$y=v_0\sin\theta\,\mathrm{t}-\frac{1}{2}gt^2$ より

$y=v_0{}^2x=v_0\sin\theta\frac{v_o\sin\theta}{g}-\frac{1}{2}g\left(\frac{v_o\sin\theta}{g}\right)^2$

$=\frac{(v_o\sin\theta)^2}{2g}$

答

$$\frac{(v_o\sin\theta)^2}{2g}$$

(4) 計算

地面についたときの t は $t=\frac{2v_o\sin\theta}{g}$

よって $L=v_0\cos\theta\frac{2v_o\sin\theta}{g}$

$=\frac{v_o{}^2}{g}\sin2\theta$

答

$$\frac{v_o{}^2}{g}\sin2\theta$$

(5) 計算

(4)より $L=\frac{v_o{}^2}{g}\sin2\theta$ より

$\sin2\theta$ が最大であるには

$$\theta=45°$$

答

$$45°\left(\frac{\pi}{4}\mathrm{rod}\right)$$

2

(1) 計算

電子は z 軸正の方向に一定の速度 v_{z0} で運動するので、距離 L だけ進むのに要する時間は

$$T=L/v_{z0}$$

答

$$L/v_{z0}$$

(2) 計算

電子は z 軸正の方向に一定の速度 v_{z0} で運動し，x 及び y 方向の座標は変化しない。

答

$$(x,\ y)=(0,\ 0)$$

(3) 計算

電子は xy 面内で z 軸の正方向からみて反時計まわりの回転運動を行う。

力のつり合いの式

$$ev_{x0}B_0=m\frac{v_{xo}{}^2}{r}$$

と　　$\omega=v_{xo}/r$

から回転周期は次式のようになる。

$$T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi m}{eB_0}$$

答

$$\frac{2\pi m}{eB_0}$$

(4) 計算

原点での速度が x 軸正の方向を向いているので，回転中心は y 軸上にある。これより，原点以外で $x=0$ となる点の座標は，回転半径 r を用いて $(0,\ 2r)$ となる。回転半径は，力のつり合いの式から $r=mv_{x0}/eB_0$ となるので，求める y 座標の値は $y=2r=2mv_{x0}/(eB_0)$

答

$$\frac{2mv_{x0}}{eB_0}$$

(5) 計算

電子の z 軸方向への運動は加速度が，

$$a_z=eE_0/m$$

の等加速度運動を行う。$z=L$ に到達するのに要する時間を T とすると

$$L=a_zT^2/2$$

より，

$$T=\sqrt{\frac{2mL}{eE_0}}$$

答

$$\sqrt{\frac{2mL}{eE_0}}$$

(6) 計算

(3)と(5)で計算した T が等しいことから，

$$\frac{2\pi m}{eB_0}=\sqrt{\frac{2mL}{eE_0}}$$

これより，電場の強さを求めると次式が得られる。

E_0 の値は

$$E_0=\frac{eLB_0^2}{2\pi^2m}$$

答

$$\frac{eLB_0^2}{2\pi^2m}$$

3

(1) 計算

壁との衝突面に対して垂直な方向の分子の運動量変化 $2mv\cos\theta$ が力積となる。

答　$2mv\cos\theta$

(2) 計算

2 辺の長さ r，底角 θ の 2 等辺三角形の底辺 $2r\cos\theta$ で与えられる。

答　$2r\cos\theta$

(3) 計算

回数

$= v/$((2)で求めた距離)

$= \dfrac{v}{2r\cos\theta}$

答　$\dfrac{v}{2r\cos\theta}$

(4) 計算

壁が時間 t の間に，1 個の分子からの衝突で受ける力積は $2mv\cos\theta\,\dfrac{v}{2r\cos\theta}$。力の大きさは v^2 を $\overline{v^2}$ と置きかえて，これを時間 t で割り分子数をかけて得られる。

$$2mv\cos\theta\,\frac{v}{2r\cos\theta}N=\frac{m\overline{v^2}}{r}N$$

答　$\dfrac{m\overline{v^2}}{r}N$

(5) 計算

圧力は単位面積当たりの力なので

$$P=\frac{m\overline{v^2}}{r}N/(4\pi r^2)$$
$$=\frac{m\overline{v^2}}{4\pi r^3}N$$

答　$\dfrac{m\overline{v^2}}{4\pi r^3}N$

(6) 計算

(5)の答えと $V = 4\pi r^3/3$ から，

$$PV=N\frac{m\overline{v^2}}{4\pi r^3}\,\frac{4\pi r^3}{3}=N\frac{m\overline{v^2}}{3}$$

これを $PV=NkT$ と比較して，$\dfrac{1}{2}m\overline{v^2}=\dfrac{3}{2}kT$ を得る。

答　$\dfrac{3}{2}kT$

(7) 計算

気体分子は運動エネルギーを失わないので温度は変わらない。従って $T = 1$ 倍。体積は $4\pi r^3/3 + 4\pi(r/2)^3/3 = (1+1/8)\dfrac{4\pi r^3}{3}=\dfrac{9}{8}V$ に増えるので，圧力は 8／9 倍に減少する。

答　T：1 倍，P：8/9 倍