〔Ⅰ〕

⑴	〔1〕	⑵	〔2〕	⑶	〔4〕	⑷	〔1〕	⑸	〔3〕	⑹	〔3〕
⑺	〔2〕	⑻	〔1〕	⑼	〔1〕	⑽	〔4〕	⑾	〔1〕	⑿	〔3〕

【解説】
⑴
導体内部にできる電界の強さを E とすると，
$$E=\frac{V}{L}$$
⑵
1 個の自由電子が電界から受ける力の大きさを F とすると，
$$F=eE=\frac{eV}{L}$$
⑶
自由電子に働く力がつりあっているので，
$$kv=F\Leftrightarrow v=\frac{F}{k}=\frac{eV}{kL}$$
⑷，⑸
$$I=enAv=enA\cdot\frac{eV}{kL}\Leftrightarrow V=\frac{kLI}{ne^2A}$$
⑹
導体の抵抗を R とすると，
$$V=RI$$
⑸の結果と比較して
$$R=\frac{kL}{ne^2A}$$
⑿
ダイオード D にかかる電圧を V，流れる電流を I とし，ともに順方向を正とすると，キルヒホッフの第２法則より
$$1.5=1.0I+V\Leftrightarrow I=-V+1.5$$
図３において，この直線と特性曲線との交点での電流 0.5A が，求める値である。
【注】
特性曲線をうまく利用したい。

〔Ⅱ〕

⑴	〔23〕	⑵	〔17〕	⑶	〔14〕	⑷	〔17〕	⑸	〔27〕	⑹	〔15〕
⑺	〔34〕	⑻	〔32〕	⑼	〔19〕	⑽	〔21〕	⑾	〔19〕		

【解説】
⑴
波長を λ とすると，図より
$$\lambda=8[\mathrm{m}]$$
⑵
波の速さを v，周期を T とすると，
$$T=\frac{\lambda}{v}=\frac{8}{4}=2[\mathrm{s}]$$
⑶
振動数を f とすると，
$$f=\frac{1}{T}=\frac{1}{2}[\mathrm{Hz}]$$

⑷

$$\frac{t}{T}=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{T}=\frac{1}{4}$$

なので，図のグラフを$\frac{1}{4}$波長右に進めると，$x=4$ m における変位は 2 m である。

⑸

入射波による媒質の変位をy_0とすると，初期位相に注意して，

$$y_0=-2\sin 2\pi\left(\frac{t}{2}-\frac{x}{8}\right)=-2\sin\left(\pi t-\frac{\pi}{4}x\right)\ [\mathrm{m}]$$

⑺

$$\frac{t}{T}=\frac{1}{2}$$

なので，入射波のグラフを半波長右に進め，$x=8$ mのところで左に折り返したグラフが反射波を表す。そして，2 つの波を重ね合わせたグラフが実際の波形となる。

⑻

$$\frac{t}{T}=\frac{3}{4}$$

なので，入射波のグラフを$\frac{3}{4}$波長右に進め，⑺と同様にして波形を求める。

⑼

$$\frac{t}{T}=1$$

なので，入射波のグラフを 1 波長右に進め，⑺と同様にして反射波を求める。すると，入射波，反射波ともに媒質の速度が上向きで最大であるのは$x=4$ mの位置である。

⑽

$x=8$ mの位置で波は自由端反射するので，この位置が定常波の腹となる。したがって，節の位置のうち，x 座標が最も大きいのは

$$x=8-\frac{\lambda}{4}=6\ [\mathrm{m}]$$

⑾

定常波の腹の間隔は

$$\frac{\lambda}{2}=2\ [\mathrm{m}]$$

【注】

⑷は，⑸で求めた波の式に$t=\frac{1}{2}$，$x=4$ を代入しても良い。

⑺～⑼は，周期に対する時間の比で考えたが，速さを用いて波の進む距離を求めても良い。ただ，周期，波長に対する時間，長さの比は，2πをかければそのまま位相差となるので，できれば比で考えられるようになってほしい。

〔Ⅲ〕

⑴ $\dfrac{2\pi R}{3V_0}$

⑵ A：$\dfrac{1-3e}{2}V_0$；B：$\dfrac{1+3e}{2}V_0$

⑶ $\dfrac{2\pi R}{3eV_0}$

⑷ A：$\dfrac{1+3e^2}{2}V_0$；B：$\dfrac{1-3e^2}{2}V_0$

⑸ A：$\dfrac{1+3(-e)^n}{2}V_0$；B：$\dfrac{1-3(-e)^n}{2}V_0$

⑹ $\dfrac{2\pi R}{3e^nV_0}$
⑺ $\dfrac{1}{2}V_0$
【解説】
⑴
1 回目の衝突が起こるまでの時間をT_0とすると，
$$(2V_0+V_0)T_0=2\pi R\Leftrightarrow T_0=\frac{2\pi R}{3V_0}$$
⑵，⑷，⑸，⑺
n 回目の衝突直後の A，B の円周方向の速度をそれぞれ$V_{\mathrm{A}n}$，$V_{\mathrm{B}n}$とおく。ただし，はじめに A が運動する向き（図で右回り）を正とする。
衝突の前後で運動量が保存されるので，
$$mV_{\mathrm{A}n}+mV_{\mathrm{B}n}=2mV_0-mV_0\Leftrightarrow V_{\mathrm{A}n}+V_{\mathrm{B}n}=V_0\cdots\cdots①$$
また，
$$e=-\frac{V_{\mathrm{A}n}-V_{\mathrm{B}n}}{V_{\mathrm{A}(n-1)}-V_{\mathrm{B}(n-1)}}$$
であるから，
$$\begin{aligned}V_{\mathrm{A}n}-V_{\mathrm{B}n}&=-e\left\{V_{\mathrm{A}(n-1)}-V_{\mathrm{B}(n-1)}\right\}\\&=(-e)^2\left\{V_{\mathrm{A}(n-2)}-V_{\mathrm{B}(n-2)}\right\}\\&\ \ \vdots\\&=(-e)^n(V_{\mathrm{A}0}-V_{\mathrm{B}0})\\&=(-e)^n(2V_0+V_0)\\&=3(-e)^nV_0\cdots\cdots②\end{aligned}$$
①，②より
$$V_{\mathrm{A}n}=\frac{1+3(-e)^n}{2}V_0,\quad V_{\mathrm{B}n}=\frac{1-3(-e)^n}{2}V_0$$
したがって，
$$V_{\mathrm{A}1}=\frac{1-3e}{2}V_0,\quad V_{\mathrm{B}1}=\frac{1+3e}{2}V_0$$
$$|V_{\mathrm{A}2}|=\frac{1+3e^2}{2}V_0,\quad |V_{\mathrm{B}2}|=\frac{1-3e^2}{2}V_0$$
$$|V_{\mathrm{A}n}|=\frac{1+3(-e)^n}{2}V_0,\quad |V_{\mathrm{B}n}|=\frac{1-3(-e)^n}{2}V_0$$
$$\lim_{n\to\infty}|V_{\mathrm{A}n}|=\lim_{n\to\infty}|V_{\mathrm{B}n}|=\frac{1}{2}V_0$$
⑶，⑹
n 回目の衝突後，次の衝突が起こるまでの時間をT_nとおくと，⑵から，
$$T_n=\frac{2\pi R}{|V_{\mathrm{A}n}-V_{\mathrm{B}n}|}=\frac{2\pi R}{|3(-e)^nV_0|}=\frac{2\pi R}{3e^nV_0}$$
したがって，
$$T_1=\frac{2\pi R}{3eV_0}$$
【注】
運動量が保存されているので，A，B の円周方向の重心速度V_{G}は一定であり，
$$V_{\mathrm{G}}=\frac{m\cdot 2V_0-mV_0}{m+m}=\frac{V_0}{2}$$
A，B が非弾性衝突を繰り返すと相対速度は 0 に近づき，それらの速さはともに$|V_{\mathrm{G}}|$に近づく。

したがって，A，B の近づく速さは$\frac{1}{2}V_0$である。
⑺はこのように考えても良い。
円周方向の運動では，２つの物体の距離が円周の長さに等しくなると衝突が起こることに注意すれば，直線上の運動とほとんど同様に考えられる。