解答速報　物理

医学部受験専門予備校　慧修会

2024年度　昭和大学Ⅱ期

【　講　評　】

典型問題ばかりであるので、ミスなく高得点を狙いたい。

$\boxed{1}$は非等速円運動の問題。非常に典型的である。

$\boxed{2}$は万有引力の問題。これも典型的であり、計算も簡単であるため、完答したい。

$\boxed{3}$は光の干渉の問題。問題数は多いが、典型的であり計算量自体は多くない。

$\boxed{4}$はホール効果の問題。類題経験があれば難なく解けただろう。

【　解　答　】

$\boxed{1}$

(1) $\sqrt{v_0^2-(2-\sqrt{2})gr}$　(2) $\frac{mv_0^2}{r}-\left(2-\frac{3\sqrt{2}}{2}\right)mg$　(3) $v_0>\sqrt{2gr}$　(4) $\sqrt{gr\sin\theta}$, $\frac{v_0^2}{3gr}-\frac{2}{3}$

$\boxed{2}$

(1) $\frac{2\pi r}{T}$, $\frac{4\pi^2 mr}{T^2}$　(2) $\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$　(3) $\sqrt{\frac{8GM}{5r}}$　(4) $\sqrt{\frac{2GM}{r}}$

$\boxed{3}$

(1) 回折　(2) $\frac{xd}{L}$　(3) $\frac{L\lambda}{d}m$　(4) 6.3×10^{-7}[m]　(5) 1倍　(6) $1/n$ 倍　(7) $\frac{(n-1)La}{d}$　(8) 上方

$\boxed{4}$

(1) $envac$　(2) evB, x軸負方向　(3) vB, x軸負方向　(4) $\frac{IB}{enc}$　(5) ホール（もしくは　正孔）

(6) x軸正方向

【　解　説　】

$\boxed{1}$

角度θのときの速さv、垂直抗力Nとすると、エネルギー保存則より、

$$\frac{mv_0^2}{2}=\frac{mv^2}{2}+mgr(1+\sin\theta)\ \Rightarrow\ v=\sqrt{v_0^2-2gr(1+\sin\theta)}$$

である。中心力は重力と垂直抗力の合力であり、それと円運動の運動方程式より、

$$mg\sin\theta+N=\frac{mv^2}{r}\Rightarrow N=\frac{mv_0^2}{r}-(2+3\sin\theta)mg$$

(1)　$\theta=-\pi/4$ を代入すれば、

$$v=\sqrt{v_0^2-(2-\sqrt{2})gr}$$

(2)　$\theta=-\pi/4$ を代入すれば、

$$N=\frac{mv_0^2}{r}-\left(2-\frac{3\sqrt{2}}{2}\right)mg$$

(3)　$\theta=0$ で $v>0$ となる条件を求めればよく、

$$v_0^2-2gr>0\quad\Leftrightarrow\quad v_0>\sqrt{2gr}$$

(4)　点Dで$N=0$より、

$$mg\sin\theta=\frac{mv^2}{r}\ \Leftrightarrow\ v=\sqrt{gr\sin\theta}$$

$$\frac{mv_0^2}{r}-(2+3\sin\theta)mg=0\quad\Leftrightarrow\quad\sin\theta=\frac{v_0^2}{3gr}-\frac{2}{3}$$

$\boxed{2}$

(1) 角速度は $2\pi/T$ であるので、速さは $2\pi r/T$ であり、向心力は、

$$mr\cdot\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2=\frac{4\pi^2 mr}{T^2}$$

(2) (1)の力の大きさが、太陽が宇宙船に及ぼす万有引力の大きさに等しいので、

$$\frac{GMm}{r^2}=\frac{4\pi^2 mr}{T^2}\quad\Rightarrow\quad M=\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$$

(3) 長軸の長さが $5r$ であるので、力学的エネルギーの和は $-GmM/5r$ となることから、

$$\frac{mv_{\mathrm{A}}^2}{2}-\frac{GmM}{r}=-\frac{GmM}{5r}\quad\Rightarrow\quad v_{\mathrm{A}}=\sqrt{\frac{8GM}{5r}}$$

(4) 力学的エネルギーが 0 以上となればいいので、

$$\frac{mv_{\mathrm{A}}^2}{2}-\frac{GmM}{r}\geqq 0\quad\Rightarrow\quad v_{\mathrm{A}}\geqq\sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

$\boxed{3}$

(1) 波動が障害物などと相互作用し直進方向以外にも伝わる現象を回折という。

(2) 求める光路差は、

$$|\mathrm{S_2P} - \mathrm{S_1P}| = \left|\sqrt{L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2} - \sqrt{L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2}\right| \fallingdotseq L\left|\left(1 + \frac{1}{L^2}\left(x + \frac{d}{2}\right)^2\right) - \left(1 + \frac{1}{L^2}\left(x - \frac{d}{2}\right)^2\right)\right| = \frac{xd}{L}$$

(3) (2)の光路差が波長の整数倍になるとき明線が現れるので、

$$\frac{xd}{L} = m\lambda \quad \Rightarrow \quad x = \frac{L\lambda}{d}m$$

(4) 前問より、明線の間隔は $L\lambda/d$ である。よって、

$$\lambda = \frac{0.94\ [\mathrm{mm}] \times 4.1\ [\mathrm{mm}]}{6.1[\mathrm{m}]} \fallingdotseq 6.3 \times 10^{-7}[\mathrm{m}]$$

(5) 光路差は変化しないので、明線の間隔も変化しない。

(6) 同じ x に対する光路差が n 倍になることから、明線の間隔は $1/n$ 倍になる。

(7) スリット$\mathrm{S_1}$を通過する光のうち、長さ a の部分の経路の屈折率が変わると近似してよい。つまり、$\mathrm{S_1}$ を通過する光の光路が $(n-1)a$ だけ増えると見なすことができる。このとき、求める距離を x とすると、

$$\frac{xd}{L} = (n-1)a \Rightarrow x = \frac{(n-1)La}{d}$$

(8) $\mathrm{S_1}$を通過する光の光路が増えているので、それを相殺するように、明線の位置は$\mathrm{S_1}$に近づく、すなわち上方に移動する。

$\boxed{4}$。

(1) 電流に垂直な面の面積は ac であるから、求める電流の大きさは，電流の定義

$$I = enSv$$

より

$$I = enacv$$

(2) 電子は y 軸負方向に運動しているので、力の向きは x 軸負方向であり、大きさは

$$evB$$

(3) 電子が x 軸負側に集まるので、電場は x 軸負方向となる。磁場からの力と電場からの力がつり合うので、電場の大きさ E とすると、

$$eE = evB \quad \Rightarrow \quad E = vB$$

(4) 電位差の大きさは、

$$Ea = vBa = \frac{IB}{enc}$$

(5) p 型半導体では、キャリアはホールもしくは正孔である。

(6) キャリアの電荷の符号が反対になると電場も逆向きになるので、電場は x 軸正方向である。