受験番号	

令和６年度
物　理

問題		
1		点

受験番号	

令和６年度 **物　理　解　答　紙**

（３枚のうち，その１）

解答紙には答えだけでなく，設問に応じて，式・計算・図や文章による説明も書き入れよ。

1

（問１）万有引力の法則より

$$F_G = G\frac{m_s M}{R_0^2} \quad \cdots ①$$

答：$G\frac{m_s M}{R_0^2}$ [N]

（問２）角速度を ω とおくと $\omega = \frac{2\pi}{T}$ が成り立つ。

よって

$$a_c = R_0\omega^2 = \frac{4\pi^2 R_0}{T^2} \quad \cdots ②$$

答：$\frac{4\pi^2 R_0}{T^2}$ [m/s²]

（問３）①,② の結果を用いると，人工衛星の運動方程式は

$$m_s\frac{4\pi^2 R_0}{T^2} = G\frac{m_s M}{R_0^2}$$

これを R_0 について解くと，$R_0 = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} \quad \cdots ③$

答：$\sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$ [m]

（問４）人工衛星の運動方程式

$$m_s(r+L)\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = F_T + G\frac{m_s M}{(r+L)^2}$$

$$F_T = m_s(r+L)\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 - G\frac{m_s M}{(r+L)^2}$$

答：$m_s(r+L)\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 - G\frac{m_s M}{(r+L)^2}$ [N]

（ただし，F_T は張力の大きさとして求めた）

（問５）コンテナーが地表にあるときと，人工衛星にあるときの力学的エネルギーをそれぞれ E_1, E_2 とおくと，

$$E_1 = \frac{1}{2}m_c\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 - G\frac{m_c M}{r}, \quad E_2 = \frac{1}{2}m_c\left\{\frac{2\pi(r+L)}{T}\right\}^2 - G\frac{m_c M}{r+L}$$

よって求める仕事は，

$$W = E_2 - E_1 = \frac{1}{2}m_c\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2(2r+L)L + G\frac{m_c ML}{r(r+L)}$$

答：$\frac{1}{2}m_c\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2(2r+L)L + G\frac{m_c ML}{r(r+L)}$ [J]

（問６）求める条件は $E_2 \geqq 0$ であるから，

$$\frac{1}{2}m_c\left\{\frac{2\pi(r+L)}{T}\right\}^2 - G\frac{m_c M}{r+L} \geqq 0$$

変形すると，

$$(r+L)^3 \geqq \frac{GMT^2}{2\pi^2} = 2R_0^3 \quad (\because ③)$$

$$r+L \geqq \sqrt[3]{2}R_0$$

$$L \geqq \sqrt[3]{2}R_0 - r$$

答：$L \geqq \sqrt[3]{2}R_0 - r$

[redacted]

受験番号

令和６年度　物理解答紙

（３枚のうち，その２）

解答紙には答えだけでなく，設問に応じて，式・計算・図や文章による説明も書き入れよ。

2

（問１）$V_R(t)=I_0R\sin\omega t$

$V_L(t)=\omega LI_0\sin(\omega t+\frac{\pi}{2})=\omega LI_0\cos\omega t$

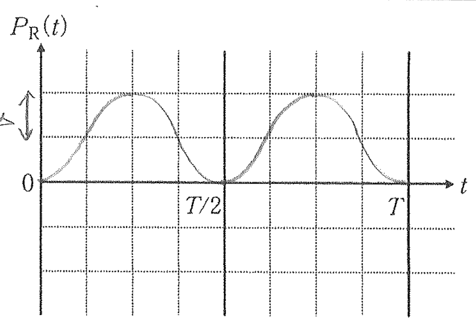
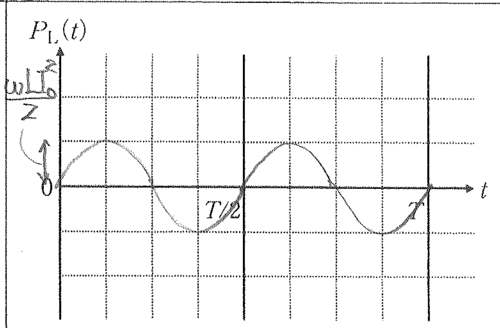
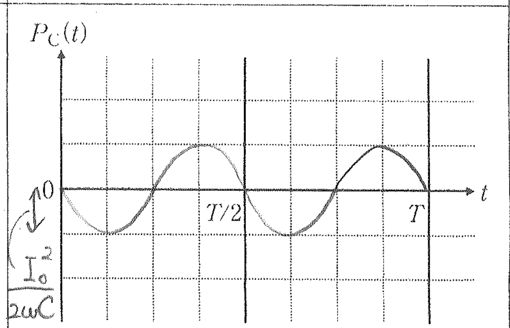
$V_C(t)=\frac{I_0}{\omega C}\sin(\omega t-\frac{\pi}{2})=-\frac{I_0}{\omega C}\cos\omega t$

答：
$V_R(t)=I_0R\sin\omega t$ [V]
$V_L(t)=\omega LI_0\cos\omega t$ [V]
$V_C(t)=-\frac{I_0}{\omega C}\cos\omega t$ [V]

（問２）$P_R(t)=RI_0^2\sin^2\omega t=\frac{RI_0^2}{2}(1-\cos2\omega t)$

$P_L(t)=I_0\sin\omega t\cdot\omega LI_0\cos\omega t=\frac{1}{2}\omega LI_0^2\sin2\omega t$

$P_C(t)=I_0\sin\omega t\cdot\left(-\frac{I_0}{\omega C}\cos\omega t\right)=-\frac{I_0^2}{2\omega C}\sin2\omega t$

	外部抵抗	コイル	コンデンサー
消費電力の変化 $\frac{RI_0^2}{2}$			
平均消費電力	$\frac{RI_0^2}{2}$ [W]	0 [W]	0 [W]

（問３）$V(t)=(R+r)I_0\sin\omega t+(\omega L-\frac{1}{\omega C})I_0\cos\omega t$

$=\sqrt{(R+r)^2+(\omega L-\frac{1}{\omega C})^2}\,I_0\sin(\omega t+\phi)$

となるので　$Z=\sqrt{(R+r)^2+(\omega L-\frac{1}{\omega C})^2}$　…①

答：$\sqrt{(R+r)^2+(\omega L-\frac{1}{\omega C})^2}$ [Ω]

（問４）Zが最小となるとき電流は最大で，①式よりそれは

$\omega_0L-\frac{1}{\omega_0C}=0$，すなわち　$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$のとき。

このとき　$Z=R+r$　であるから，$I_{max}=\frac{V_0}{Z}=\frac{V_0}{R+r}$

答：
$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$ [rad/s]
$I_{max}=\frac{V_0}{R+r}$ [A]

（問５）$\overline{P_R}=\frac{RI_0^2}{2}=\frac{RV_0^2}{2Z^2}=\frac{RV_0^2}{2\{(R+r)^2+(\omega_F L-\frac{1}{\omega_F C})^2\}}$

ここで，$\overline{P_R}$が最大となるのは$(\omega_F L-\frac{1}{\omega_F C})^2=0$，すなわち　$C=\frac{1}{\omega_F^2L}$

で，このとき

$\overline{P_R}=\frac{RV_0^2}{2(R+r)^2}=\frac{V_0^2}{2}\cdot\frac{1}{\{(\sqrt{R}-\frac{r}{\sqrt{R}})^2+4r\}}$

より　$\sqrt{R}-\frac{r}{\sqrt{R}}=0$，すなわち　$R=r$のとき，$\overline{P_R}$は最大となる

答：
$C=\frac{1}{\omega_F^2L}$ [F]
$R=r$ [Ω]

受験番号	

令和６年度
物　理

問題		
3		点

受験番号	

令和６年度　物　理　解　答　紙

（３枚のうち，その３）

解答紙には答えだけでなく，設問に応じて，式・計算・図や文章による説明も書き入れよ。

3

（問１）
$OP = x$ とおく。同位相より点Pで明線となる干渉条件の式は，
$|S_AP - S_BP| = m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \cdots)$
S_AとS_Bの中点をMとし，$\angle PMO = \theta$ とおくと，図より
$|S_AP - S_BP| = d\sin\theta \fallingdotseq d\tan\theta = d\dfrac{x}{L}$ ―①
$x = x_1$ のとき $|S_AP - S_BP| = \lambda$
$x_1 = \dfrac{L\lambda}{d}$

答：　$x_1 = \dfrac{L\lambda}{d}$

（問２）
求める位置は①において
$|S_AP - S_BP| = \dfrac{1}{2}\lambda$ のときであるから $\dfrac{L\lambda}{2d}$

答：　$\dfrac{L\lambda}{2d}$

（問３）
S_Cからx_1の位置に届く光は，S_A，S_Bのいずれとも
光路差が $\dfrac{1}{2}\lambda$ となって弱めあう

答：　暗くなる

（問４）
$b = \lambda$ のときなので３つの光は同位相となって，Oと同程度強めあう
$|S_AP - S_BP| = 2\lambda$ なので
$2\lambda = \dfrac{dx_2}{L}$
$x_2 = \dfrac{2L\lambda}{d}$

答：　$x_2 = \dfrac{2L\lambda}{d}$

（問５）
$|S_BP - S_CP| = |S_CP - S_AP| = l$ より
$E_A = A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{T} - \dfrac{X - l}{\lambda}\right) = A\sin\left\{2\pi\left(\dfrac{t}{T} - \dfrac{X}{\lambda}\right) + \dfrac{2\pi l}{\lambda}\right\}$
$E_B = A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{T} - \dfrac{X + l}{\lambda}\right) = A\sin\left\{2\pi\left(\dfrac{t}{T} - \dfrac{X}{\lambda}\right) - \dfrac{2\pi l}{\lambda}\right\}$
$E = E_A + E_B + E_C$
$= 2A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{T} - \dfrac{X}{\lambda}\right)\cos 2\pi\dfrac{l}{\lambda} + A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{T} - \dfrac{X}{\lambda}\right)$
$= 2A\sin\phi\cos 2\pi\dfrac{l}{\lambda} + A\sin\phi$
$= A\left(2\cos 2\pi\dfrac{l}{\lambda} + 1\right)\sin\phi$

答：　$2\cos\dfrac{2\pi l}{\lambda} + 1$

（問６）
問５より任意の時刻tにおいて $E = 0$ となるので，$2\cos 2\pi\dfrac{l}{\lambda} + 1 = 0$ とおくと，
$2\pi\dfrac{l}{\lambda} = \dfrac{2}{3}\pi,\ \dfrac{4}{3}\pi$ より $l = \dfrac{\lambda}{3},\ \dfrac{2}{3}\lambda$
$|S_CP - S_AP| = l$ より，暗線となる位置をx'とおくと
$\dfrac{\frac{d}{2}x'}{L} = \dfrac{\lambda}{3},\ \dfrac{2}{3}\lambda$，$x' = \dfrac{2L\lambda}{3d},\ \dfrac{4L\lambda}{3d}$

答：　$\dfrac{2L\lambda}{3d}$，$\dfrac{4L\lambda}{3d}$

（問７）
x_1，x_2での強度をそれぞれI_1，I_2とおく
x_1において $l = \dfrac{\lambda}{2}$，x_2において $l = \lambda$
$\dfrac{I_2}{I_1} = \dfrac{A^2\left(2\cos 2\pi\frac{\lambda}{\lambda} + 1\right)^2}{A^2\left(2\cos 2\pi\frac{\lambda/2}{\lambda} + 1\right)^2} = \dfrac{9}{1} = 9$

答：　９倍