

令和6年度(前期日程)

入学者選抜学力検査問題

理 科

試験時間

1. 理学部, 医学部(医学科・保健学科検査技術科学専攻), 薬学部, 工学部は 120 分
2. 医学部(保健学科放射線技術科学専攻)は 60 分

	問 題	ページ
物理	1 ~ 3	1 ~ 6
化学	1 ~ 3	7 ~ 11
生物	1 ~ 3	12 ~ 21
地学	1 ~ 4	22 ~ 27

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この冊子を開いてはいけません。
 2. あらかじめ届け出た科目の各解答紙の2箇所に受験番号を必ず記入しなさい。
なお, 解答紙には必要事項以外は記入してはいけません。
 3. 解答は必ず解答紙の指定された場所に記入しなさい。
 4. 試験開始後, この冊子又は解答紙に落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
 5. この冊子の白紙と余白部分は, 適宜下書きに使用してもかまいません。
 6. 試験終了後, 解答紙は持ち帰ってはいけません。
 7. 試験終了後, この冊子は持ち帰りなさい。
- ※この冊子の中に解答紙が挟み込んであります。

物 理

1 図1のように、人工衛星が地球の自転周期と同じ周期で、自転の向きに赤道上を回っていると
する。この人工衛星は、地上から見て静止して見えることから静止衛星という。また、この軌道
を静止軌道とよぶ。地球の質量を M [kg]、地球の半径を r [m]、人工衛星の質量を m_s [kg]、静
止軌道の半径を R_0 [m]、万有引力定数を G [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$]、地球の自転周期を T [s] とし、以下の
問いに答えよ。ただし、空気抵抗は無視できるとする。

(問 1) 地球が人工衛星に及ぼす万有引力の大きさ F_G [N] を、 G 、 M 、 m_s 、 R_0 を用いて表せ。

(問 2) 人工衛星の向心加速度の大きさ a_c [m/s^2] を、 R_0 、 T を用いて表せ。

(問 3) 静止軌道の半径 R_0 を、 G 、 M 、 T を用いて表せ。

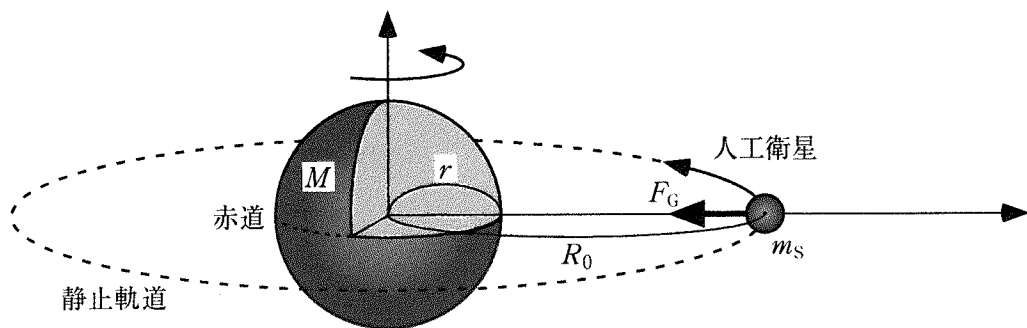


図 1

次に、図2のように、人工衛星と地球の赤道上の一点を長さ L [m] のケーブルで接続し、人工衛星を静止軌道より外側の位置で静止衛星とした。ケーブルの質量は無視できるとし、以下の問いに答えよ。

(問 4) ケーブルに作用する張力 F_T [N] を、 G 、 M 、 m_s 、 r 、 L 、 T を用いて表せ。

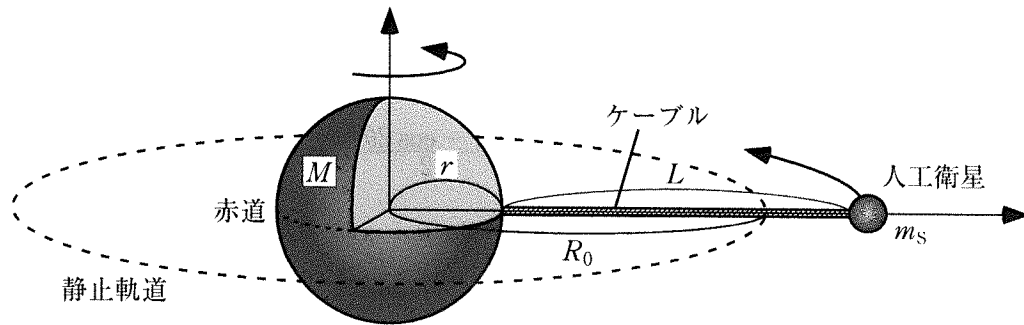


図 2

図3のように、ケーブルを利用してコンテナを人工衛星まで運ぶ。これを宇宙エレベーターとよぶ。質量 m_c [kg] のコンテナを地上から人工衛星まで運んだのち、コンテナを人工衛星から静かに放した。以下の問いに答えよ。

(問 5) コンテナを地上から人工衛星まで運ぶのに必要な仕事 W [J] を、 G 、 M 、 m_c 、 r 、 L 、 T を用いて表せ。

(問 6) コンテナを無限の遠方に飛ばすために、ケーブルの長さ L が満たすべき条件を、 R_0 と r を用いて表せ。

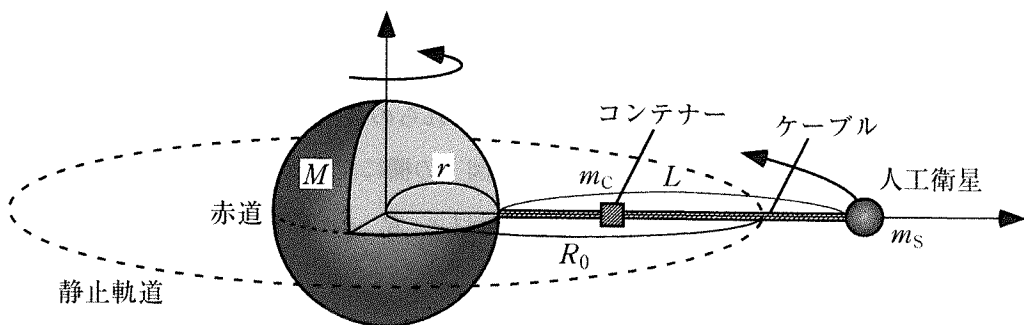


図 3

- 2 図のように内部抵抗 $r[\Omega]$ の交流電源に、抵抗値 $R[\Omega]$ の外部抵抗、自己インダクタンス $L[\text{H}]$ のコイル、電気容量 $C[\text{F}]$ のコンデンサーを直列に接続した回路を考える。交流電源の電圧 $V(t)$ と電流 $I(t)$ は、それぞれ

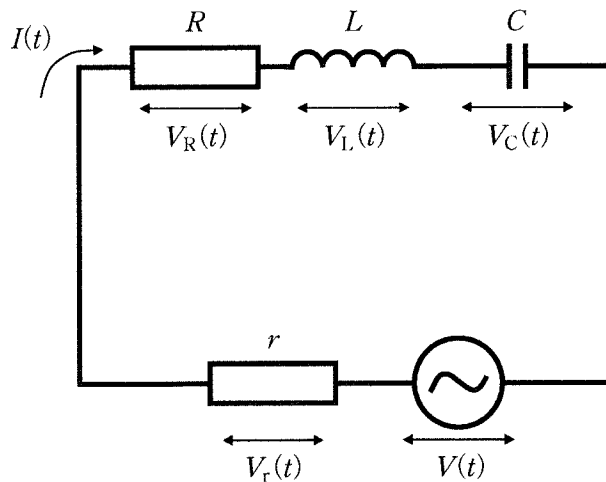
$$V(t) = V_0 \sin(\omega t + \phi)$$

$$I(t) = I_0 \sin \omega t$$

と表されるものとする。ここで、 $V_0[\text{V}]$ 、 $I_0[\text{A}]$ はそれぞれ電圧と電流の最大値、 $\phi[\text{rad}]$ は電圧と電流の位相差、 $\omega[\text{rad/s}]$ は角周波数、 $t[\text{s}]$ は時刻である。以下の問いに答えよ。なお、解答にあたって、必要であれば、以下の公式を使ってもよい。

$$\sin \theta \cos \theta = \frac{\sin 2\theta}{2}, \quad \sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}, \quad \cos^2 \theta = \frac{1 + \cos 2\theta}{2},$$

$$A \sin \theta + B \cos \theta = \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\theta + \alpha) \quad \text{ただし、} \tan \alpha = \frac{B}{A}$$



- (問 1) 外部抵抗、コイル、コンデンサーそれぞれにかかる電圧 $V_R(t)$ 、 $V_L(t)$ 、 $V_C(t)$ を、 r 、 R 、 L 、 C 、 I_0 、 ω 、 t の中から必要なものを用いて表せ。
- (問 2) 外部抵抗、コイル、コンデンサーで消費される電力の時間的変化 $P_R(t)$ 、 $P_L(t)$ 、 $P_C(t)$ をそれぞれ解答紙の対応する図に記入し、それらの振幅も図中に記入せよ。また、それぞれの消費電力の時間平均 $\overline{P_R}$ 、 $\overline{P_L}$ 、 $\overline{P_C}$ を図下の欄に記入せよ。ただし、図中の $T = \frac{2\pi}{\omega}$ [s] は交流電源の周期であり、使える物理量は r 、 R 、 L 、 C 、 I_0 、 ω 、 t とする。
- (問 3) 回路のインピーダンス $Z = \frac{V_0}{I_0}$ を、 r 、 R 、 L 、 C 、 ω 、 t の中から必要なものを用いて表せ。

(問 4) 交流電源の最大電圧 V_0 を一定にしたまま、角周波数 ω を変化させて電流を測定したところ、特定の角周波数(共振角周波数) ω_0 [rad/s] において測定値が最大となった。このときの角周波数 ω_0 と電流の最大値 I_{\max} を r, R, L, C, V_0 の中から必要なものを用いて表せ。

(問 5) 交流電源の角周波数を ω_F [rad/s] に固定し、外部抵抗の抵抗値 R とコンデンサーの電気容量 C を変化させる場合、外部抵抗の平均消費電力 $\overline{P_R}$ を最大にする R と C を、 r, L, ω_F の中から必要なものを用いて表せ。

- 3 図1のように、2つのスリット S_A と S_B に左から入射した波長 λ の単色光は、スリットで回折し、そこから L だけ離れたスクリーンに到達し干渉縞をつくる。 S_A と S_B の中点を通り、スクリーンに垂直な直線とスクリーンの交点を O とし、 O を原点とした x 軸をスクリーンに沿って図1のようにとる。 P はスクリーン上の任意の点である。 S_A と S_B の間の距離 d は L より十分小さいものとする。以下の問いに答えよ。なお、必要なら1に比べて十分に小さい実数 θ と δ に対する近似式 $\sin \theta \cong \tan \theta$, $\sqrt{1 + \delta} \cong 1 + \frac{\delta}{2}$ を用いてよい。

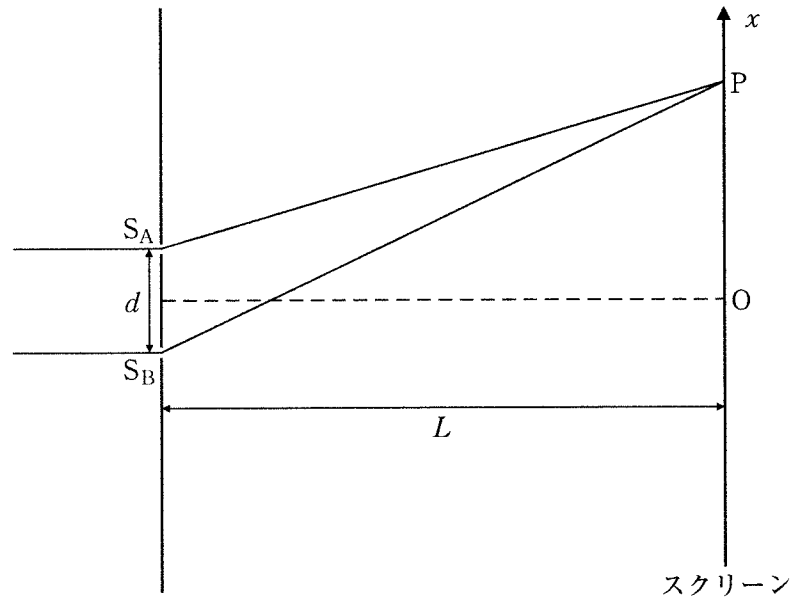


図1

(問1) スクリーン上の O では、2つのスリットから等距離のため明線ができる。 $x > 0$ においてできる明線のうち、 O に最も近い明線の位置 x_1 を λ , L , d で表せ。

(問2) O と x_1 の間にできる暗線の位置を λ , L , d で表せ。

次に、図2のように、 S_A と S_B の中点の位置にスリット S_C を追加した。このようにスリットが3つあっても、スクリーン上の O では、すべてのスリットから等距離とみなせるため明線ができる。また、 d が L より十分小さいから、距離 S_BP と距離 S_CP の差 $|S_BP - S_CP|$ は、距離 S_CP と距離 S_AP の差 $|S_CP - S_AP|$ に等しいと考えてよい。この長さを b とする。以下の問いに答えよ。

(問3) 3つのスリットで回折し、 x_1 の位置で干渉した光は、(問1)の x_1 での明線に比べて明るくなるか、暗くなるか、理由を述べて答えよ。

(問4) $x > 0$ にできる O と同程度の明るさの明線のうち、 O に最も近い明線の位置 x_2 を λ , L , d で表せ。

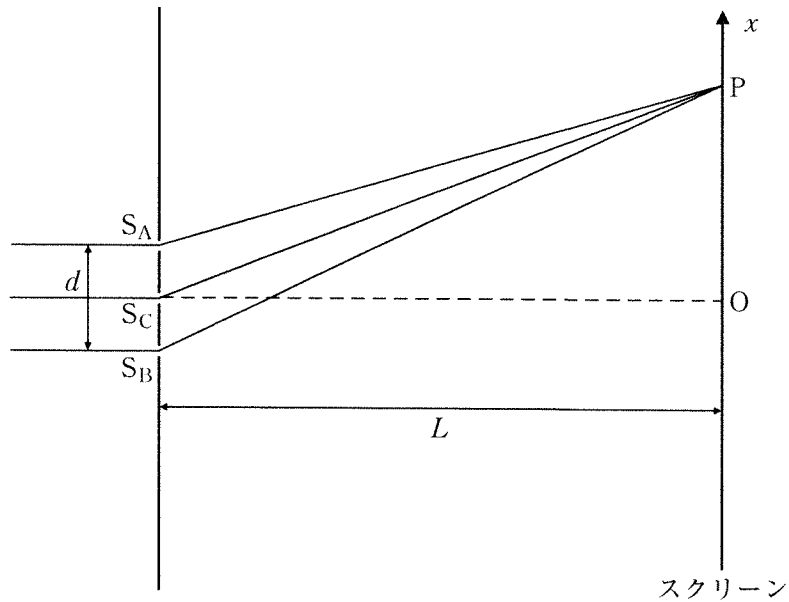


図2

光は電磁波であるが、ここでは電場のみを考える。S_CPをXとすると、S_Cで回折した光の電場は、Pの位置xで、

$$E_C = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{X}{\lambda} \right) = A \sin \phi$$

で与えられるものとする。ただし、 $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{X}{\lambda} \right)$ とおいた。Aは電場の振幅、tは時刻、Tは電場の振動の周期である。以下の問いに答えよ。

(問5) S_AとS_Bで回折してPに到達した光の電場を、それぞれ、E_AとE_Bとする。E_A、E_B、E_Cの重ね合わせによりできる光の電場Eは、Pの位置xで、

$$E = E_A + E_B + E_C = A \left(\boxed{} \right) \sin \phi$$

と表せる。 $\boxed{}$ に入る数式を波長 λ と長さbで表せ。なお、必要なら実数 α 、 β に対し、 $\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta) = 2 \sin \alpha \cos \beta$ の関係式を用いてよい。

(問6) Oとx₂の間で、E=0となる暗線の位置を λ 、L、dで表せ。

(問7) 光の電場の振幅の2乗を光の強度とする。x₂での光の強度は、x₁での光の強度の何倍か。