見本

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**

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〔N·m^2/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。

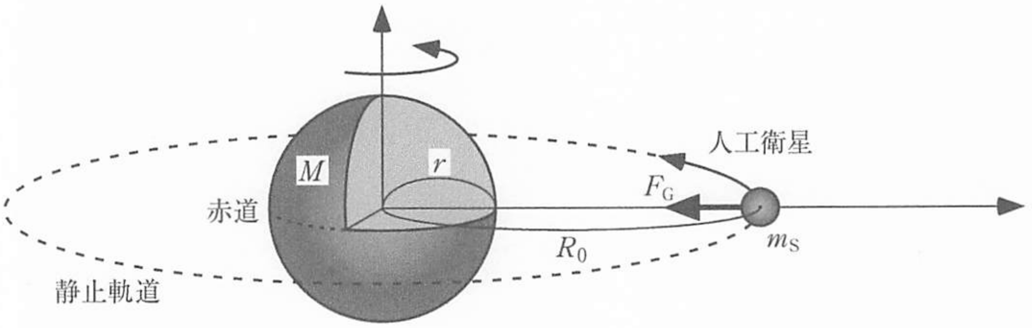


図1

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。

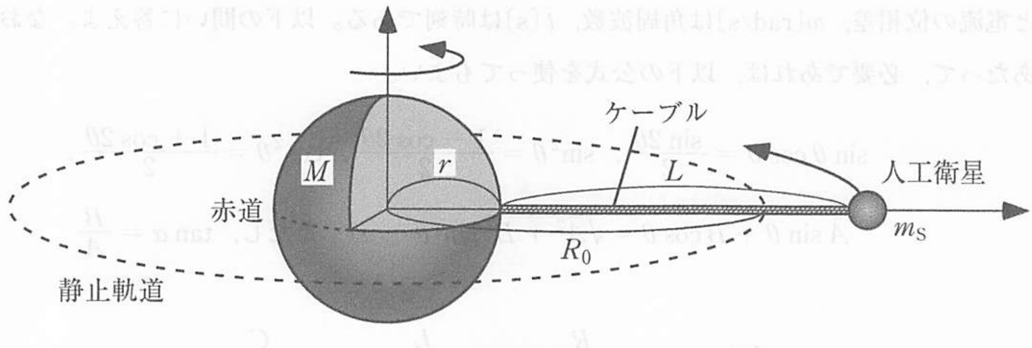


図２

図３のように，ケーブルを利用してコンテナー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〕のコンテナーを地上から人工衛星まで運んだのち，コンテナーを人工衛星から静かに放した。以下の問いに答えよ。

（問 5）　コンテナー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）　コンテナー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。

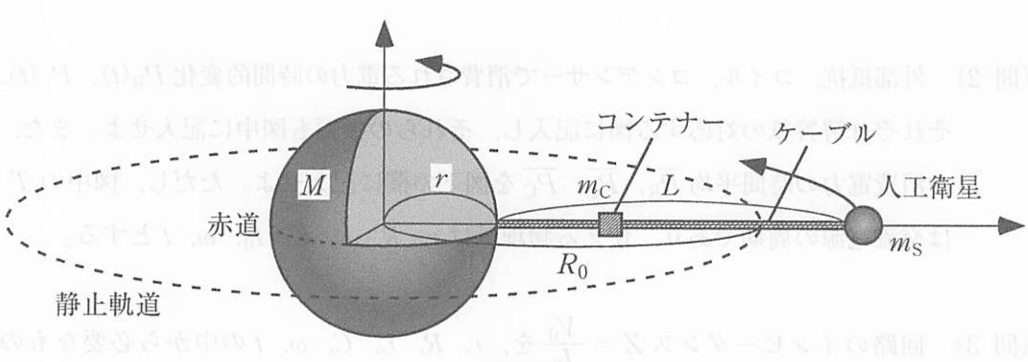


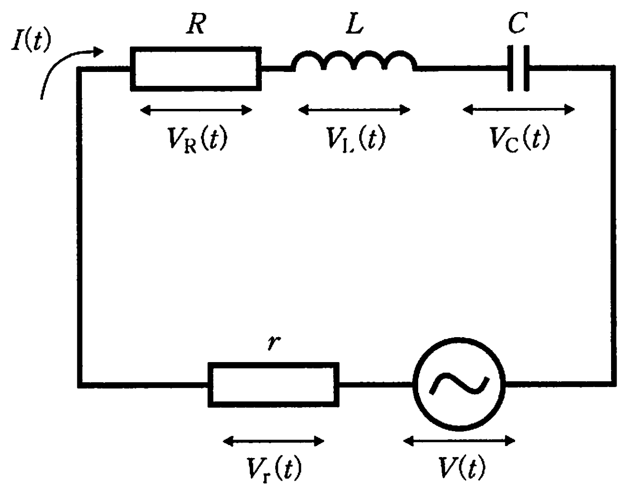
図３

2 図のように内部抵抗 r〔Ω〕の交流電源に，抵抗値 R〔Ω〕の外部抵抗，自己インダクタンス L〔H〕のコイル，電気容量 C〔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〔V〕，I_0〔A〕はそれぞれ電圧と電流の最大値，ϕ〔rad〕は電圧と電流の位相差，ω〔rad/s〕は角周波数，t〔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。

$$\sin\theta\cos\theta = \frac{\sin 2\theta}{2},\quad \sin^2\theta = \frac{1-\cos 2\theta}{2},\quad \cos^2\theta = \frac{1+\cos 2\theta}{2},$$
$$A\sin\theta + B\cos\theta = \sqrt{A^2+B^2}\sin(\theta+\alpha) \quad ただし，\tan\alpha = \frac{B}{A}$$



(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 $\overline{P_{\mathrm{R}}}$ 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 $\sin\theta \fallingdotseq \tan\theta$，$\sqrt{1+\delta} \fallingdotseq 1+\frac{\delta}{2}$ を用いてよい。

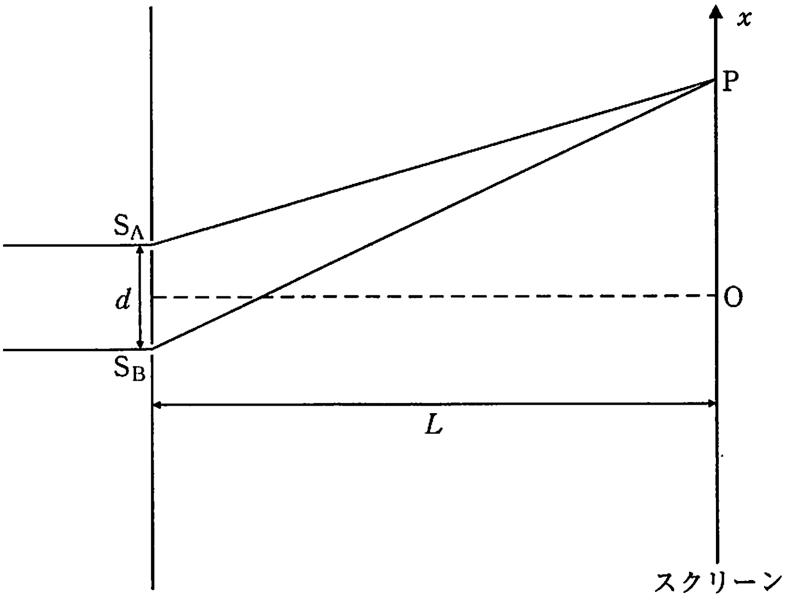


図1

(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。

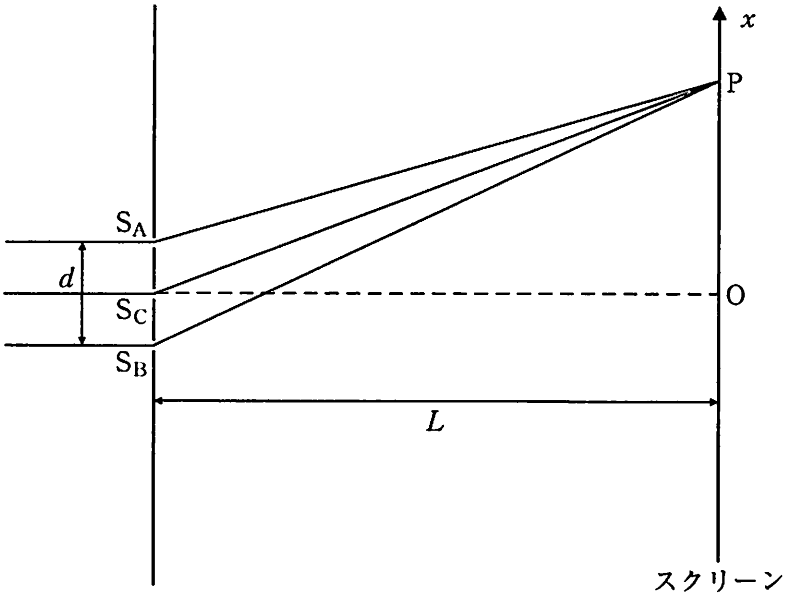


図 2

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 x_2 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。x_2 での光の強度は，x_1 での光の強度の何倍か。