問　題　訂　正

「物理」

訂正箇所	問題 $\boxed{2}$ ４ページ　［１］（２）　上から１行目と２行目
誤	・・・。R_2, R_3, R_4 を図１の上向きに流れる電流をそれぞれ I_2, I_3, I_4 〔A〕とする。I_2, I_3, I_4 の間に・・・
正	・・・。R_2, R_3, R_4 を流れる電流をそれぞれ I_2, I_3, I_4〔A〕とする。ただし，I_2, I_3, I_4 は図１の上向きに流れるときを正とする。 I_2, I_3, I_4 の間に・・・

訂正箇所	問題 $\boxed{2}$ ５ページ　［３］　上から４行目
誤	C_2 を図１の下向きに流れる電流 I_C〔A〕は，$I_C = I_0 \sin(\omega t + \phi)$ と表される。
正	C_2 を流れる電流 I_C〔A〕は，図１の下向きに流れるときを正とすると，$I_C = I_0 \sin(\omega t + \phi)$ と表される。

令和８年度　入学試験問題

物　　理

20

（前期日程・私費外国人留学生選抜）

「解答はじめ」の合図があるまでは問題冊子を開いてはいけません。

注　意　事　項

1. 問題冊子は１ページから７ページまでの綴りでできています。「解答はじめ」の合図の後，ページの落丁，乱丁あるいは印刷の不鮮明なものがあれば，手をあげて試験監督者に申し出てください。

2. 問題は３問あります。すべての問題に解答してください。それぞれに解答用紙が１枚ずつ，合計３枚あります。３枚の解答用紙のすべてに受験番号を必ず記入してください。

3. 解答は該当する解答用紙の解答欄に記入してください。途中の計算は，計算欄にできるだけ記入してください。

4. 問題冊子の余白は，下書きに使用してください。

5. 問題冊子は，試験終了後，持ち帰ってください。

1

[1]　図 1 のように，球とみなせる地球の表面（地表）付近の点 A から地表に平行に質量 m のロケットを速さ v_0 で打ち出した。すると，ロケットは，地球の中心を焦点の一つとするだ円軌道を描いた。この軌道上にある点 B は地球の中心から最も遠い点であり，地球の中心から点 B までの距離は r である。地球の質量を M，地球の半径を R，万有引力定数を G として，以下の問いに答えよ。なお，必要に応じて，ロケットと地球の中心を結ぶ線分が単位時間に描く面積（面積速度）が一定であることと，地球のまわりを周回するロケットの周期の 2 乗と，そのだ円軌道の半長軸の長さの 3 乗の比は一定になることを用いよ。また，円周率を π とする。

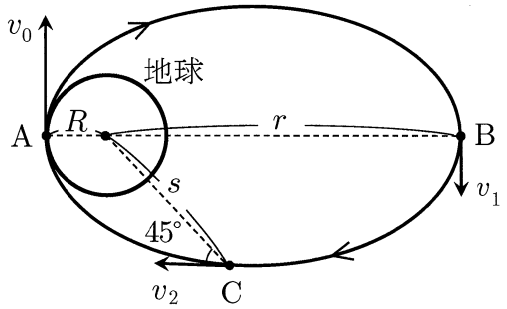

図 1

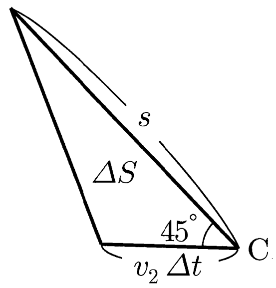

図 2

(1)　点 B におけるロケットの速さ v_1 を，r, R, v_0 を用いて表せ。

(2)　点 A における，ロケットがもつ力学的エネルギー E_0 を，m, M, R, v_0, G を用いて表せ。ただし，万有引力による位置エネルギーの基準点を無限遠とする。

(3)　ロケットの速さ v_0 を，M, r, R, G を用いて表せ。

(4)　ロケットが点 B を通るだ円軌道を 1 周する時間 T を求めたい。まず，距離 r が R と等しい場合，ロケットは地表すれすれの円軌道を回ることになる。このときのロケットの速さ $v_0{}'$ を，M, R, G を用いて表せ。また，円軌道を 1 周する時間 T' を，M, R, G を用いて表せ。次に，時間 T を，M, r, R, G を用いて表せ。

(5)　ロケットが図 1 に示す点 C の位置に到達したとき，地球の中心と点 C を結ぶ線分とロケットの速度とのなす角度は 45° となった。地球の中心と点 C との距離を s とする。点 C におけるロケットの速さ v_2 を，s, R, v_0 を用いて表せ。なお，点 C における面積速度の大きさは，図 2 の三角形の面積 ΔS を用いて $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ と表される。ここで，ΔS は，微小時間 Δt に形成される長さ $v_2\,\Delta t$ の辺と長さ s の辺をもち，これらのなす角度が 45° の三角形の面積である。

(6) 問(3)，問(5)の結果，および力学的エネルギー保存則を用いると，問(5)の条件を満たす距離 s は，2 次方程式 $s^2 - (\boxed{})\, s + 2rR = 0$ を解くことにより求められる。$\boxed{}$ にあてはまる式を，r，R を用いて表せ。

[2] 次に，設問 [1] のように周回するロケットが，図 1 の点 B で後方に燃焼ガスを短時間噴出して加速した結果，ロケットの速さが v_1 から v になった。例えば，v が v_3 のとき，図 3 のように，設問 [1] の点線の軌道から矢印のついた実線の軌道になった。以下の問いに答えよ。ただし，燃焼ガスの噴出は 1 回限りとするが，燃焼ガスの噴出量により v の値と軌道はさまざまになりうる。噴出の前後でロケットの質量 m は変化しないものとする。

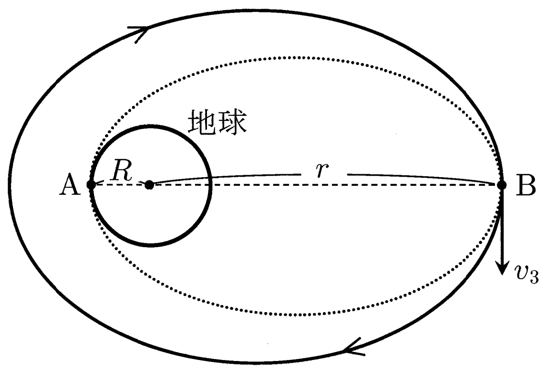

図 3

(7) 点 B におけるロケットの速さ v を図3の v_3 よりも大きくすることで，ロケットを円軌道で周回させることができる。このための v を v_3' とすると，v_3' は設問 [1] のだ円軌道を描く v_1 の何倍か。$\frac{v_3'}{v_1}$ を，r，R を用いて表せ。

(8) 点 B におけるロケットの速さ v を v_3' よりも大きくすることで，ロケットを無限の遠方に飛ばすことができる。このための，点 B におけるロケットの最小の速さ v_3'' は問(7)の v_3' の何倍か。$\frac{v_3''}{v_3'}$ を求めよ。

(9) 点 B におけるロケットの速さ v が $v_1 < v < v_3''$ の範囲のとき，ロケットのもつ力学的エネルギーについて，以下の ① ～ ③ の中から最も適当なものを選べ。ただし，万有引力による位置エネルギーの基準点を無限遠とする。

① 常に正となる。

② 正，負，0 になりうる。

③ 常に負となる。

2

電池，抵抗，コンデンサー，コイル，交流電源とスイッチを図1のように接続して回路を作った。スイッチ S_1 は接点アとイ～オのいずれかを，スイッチ S_2 は接点ハとニ～へのいずれかをそれぞれ接続することができる。抵抗 R_1，R_2，R_3，R_4 の抵抗値はすべて R〔Ω〕とし，コンデンサー C_1，C_2，C_3 の電気容量はすべて C〔F〕，コイル L_1 の自己インダクタンスは L〔H〕とする。3つの電池の起電力は図1の左からそれぞれ 10 V，12 V，6 V であり，電池の内部抵抗やコイルの抵抗の影響，および電磁波として回路から放出されるエネルギーは無視する。

以下の設問に答えよ。特に指定がない場合は，解答は R, C, L から必要なものを用いて表せ。円周率を π とする。

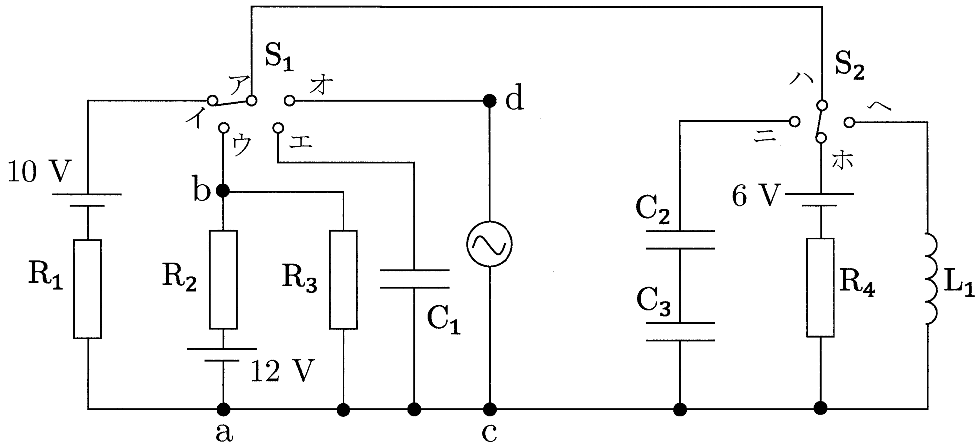

図1

［1］まず，スイッチ S_2 を（ハ，ホ）で接続し，S_1 をいろいろ切り替えて実験した。

(1) スイッチ S_1 を（ア，イ）で接続したとき，R_1 を流れる電流 I_1〔A〕の向きと大きさを求めよ。向きについては，図1において上向きか下向きかを答えよ。

(2) スイッチ S_1 を（ア，ウ）で接続した。R_2，R_3，R_4 を図1の上向きに流れる電流をそれぞれ I_2, I_3, I_4〔A〕とする。I_2, I_3, I_4 の間に成り立つ式を，電流に関するキルヒホッフの法則（第1法則）を用いて求めよ。

(3) 問(2)の接続のとき，図1の点 a の電位を 0 Vとしたときの点 b の電位 V_b〔V〕を，I_2 と R を用いて表せ。

(4) 問(2)の接続のとき，電流 I_2 の向きと大きさを求めよ。向きについては，図1において上向きか下向きかを答えよ。

[2] 次に，コンデンサー C_1, C_2, C_3 に電荷が蓄えられていない状態でコンデンサー C_1 を充電するためにスイッチ S_1 を（ア，エ），S_2 を（ハ，ホ）で接続した。十分に時間が経過した後，S_2 を（ハ，ニ）の接続に切り替えた。その後，十分に時間が経過した後について，以下の問いに答えよ。

(5) コンデンサー C_2 の電気量 Q_2〔C〕を求めよ。

(6) コンデンサー C_2 に蓄えられている静電エネルギー U_2〔J〕を求めよ。

[3] スイッチ S_1 を（ア，オ），S_2 を（ハ，ニ）で接続して十分に時間が経過した。点 c に対する点 d の電位 V〔V〕が，時刻 t〔s〕，角周波数 ω〔rad/s〕，電圧の最大値 V_0〔V〕を用いて $V = V_0 \sin \omega t$ と表されるとき，コンデンサー C_2 を図 1 の下向きに流れる電流 I_C〔A〕は，$I_C = I_0 \sin(\omega t + \phi)$ と表される。I_0〔A〕は電流の最大値，ϕ〔rad〕は位相差を表す。以下の問いに答えよ。

(7) 位相差 ϕ の値として最も適当なものを以下の①～⑥の中から一つ選び，その番号を答えよ。

① $-\frac{\pi}{2}$　② $-\frac{\pi}{4}$　③ 0　④ $\frac{\pi}{4}$　⑤ $\frac{\pi}{2}$　⑥ π

(8) 電流の最大値 I_0 を，V_0，ω，C を用いて表せ。

[4] スイッチ S_1 を（ア，エ），S_2 を（ハ，ホ）で接続して十分に時間をおいてコンデンサー C_1 を充電した。次に，スイッチ S_2 を（ハ，ヘ）に切り替えてコンデンサー C_1 とコイル L_1 を接続したところ，回路に流れる電流が一定の周期で振動する電気振動が観測された。この C_1 と L_1 で構成された回路について以下の問いに答えよ。ただし，ジュール熱による損失は無視する。

(9) 電流の振動にともなって，コンデンサー C_1 に蓄えられるエネルギーも振動する。このエネルギーの振動の周期 T〔s〕を，C，L を用いて表せ。

(10) コイル L_1 に流れる振動電流の最大値 I_{L0}〔A〕を，C，L を用いて表せ。

(11) 解答用紙の図中には，コンデンサー C_1 に蓄えられるエネルギーの変化が曲線で示されている。U_0〔J〕は C_1 に蓄えられるエネルギーの最大値である。

① この回路の全エネルギーの時間変化を解答用紙の図中に実線で描け。

② コイル L_1 に蓄えられるエネルギー U_L〔J〕の時間変化を問①と同じ図中に点線（または破線）で描け。

3

[1] 図 1 のように，空気中に置いたプリズムの PQ 面上の点 A に波長 λ の単色光を入射すると，光線がプリズムの PR 面上の点 B から空気中に出てきた。プリズムの頂点の角度を $\angle \mathrm{QPR} = \theta$ とし，点 A を通って PQ に垂直な直線と，点 B を通って PR に垂直な直線との交点を点 C とする。空気の屈折率を 1 とし，波長 λ の光を入射したときのプリズムの屈折率を n とする。円周率を π とし，$n \sin\theta > 1$ とする。

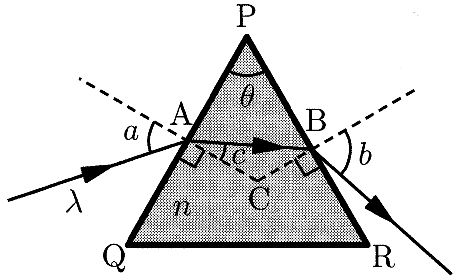

図 1

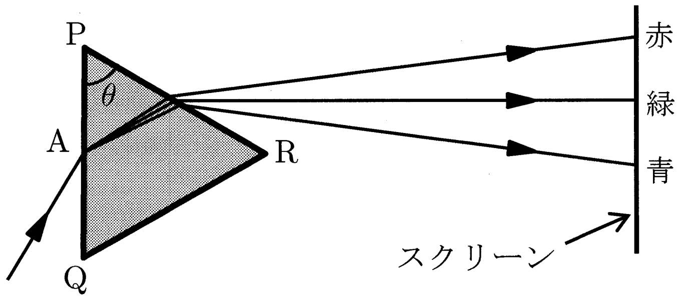

図 2

(1) 点 A における入射角を a，屈折角を c とする。$\sin c$ と $\cos c$ を，n と a を用いてそれぞれ表せ。

(2) $\angle \mathrm{ACB}$ と $\angle \mathrm{ABC}$ を，θ，c から必要なものを用いてそれぞれ表せ。

(3) 点 B における屈折角を b とする。$\theta = \dfrac{\pi}{3}$ の場合に，屈折率 n は

$$n = \sqrt{\frac{1}{3}\left(\boxed{\quad (\text{ア}) \quad}\right)^2 + \sin^2 a} \qquad ①$$

と表せる。$\boxed{(\text{ア})}$ にあてはまる式を a と b を用いて答えよ。必要に応じて，関係式 $\sin(\theta_1 - \theta_2) = \sin\theta_1 \cos\theta_2 - \cos\theta_1 \sin\theta_2$ を用いよ。

単色光の代わりに白色光を入射すると，プリズムから出てくる光はいろいろな色に分かれた（図 2）。以下では問(3)と同様に $\theta = \dfrac{\pi}{3}$ とする。

(4) プリズムから出た光を図 2 のスクリーンに映すと，上から下へ赤，緑，青の順番で色の帯が現れた。赤，緑，青の光の波長をそれぞれ λ_R，λ_G，λ_B として，３つの波長の大小関係を不等式で表せ。

(5) 図 2 のスクリーンの下方ほど問(3)の①式中の屈折角 b は大きい。波長が短くなるにつれて屈折率はどのように変化していくか，図 2 および問(3)，問(4)を根拠として解答欄の枠内に文章で説明せよ。

[2] 設問[1]とは異なる図 3 のプリズムを考える。このプリズムの面 PR は，面に多くの細い溝が等間隔に平行に引かれていて，回折格子になっている。回折格子の溝の部分では乱反射が起こって光は通過しないが，溝と溝との間の透明な部分は光を通してスリットの役割をする。隣り合うスリット間の距離（格子定数）を d とする（図 4）。プリズムの面 PQ に波長 λ_1 の単色光を垂直に入射させると，プリズムから十分に離れたスクリーン上に複数の明線が現れた。面 PQ と面 PR のなす角を ϕ とする。波長 λ_1 の光を入射したときのプリズムの屈折率を n_1 とする。

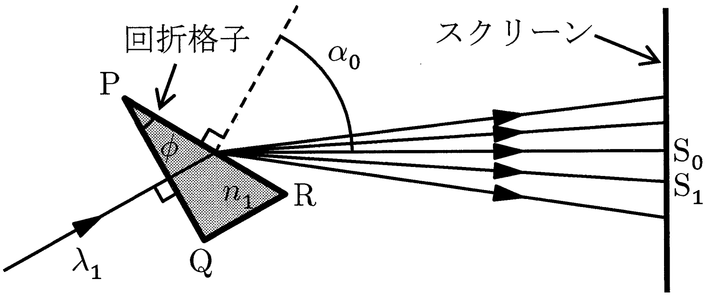

図 3

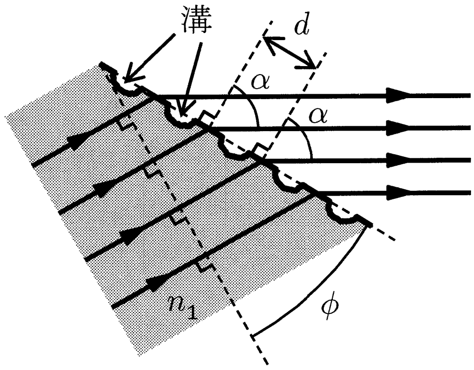

図 4

(6) 各スリットで回折して，スクリーン上の同一点に向かう光を考える。スリットを出た後に回折光が進む方向を，面 PR の法線となす角 α で表す（図4）。隣り合うスリットを通る二つの光の光路の差 D は

$$D = d\sin\alpha - \boxed{\text{(イ)}}$$

と表せる。$\boxed{\text{(イ)}}$ にあてはまる式を d，ϕ，α，n_1 から必要なものを用いて答えよ。

(7) $D=0$ となる光の方向を $\alpha=\alpha_0$ とする。$\sin\alpha_0$ を ϕ と n_1 を用いて表せ。

(8) 回折光が強めあってスクリーン上に明線が現れるための条件式を，d，ϕ，α，λ_1，n_1 と整数 M を用いて表せ。

(9) $\alpha=\alpha_0$ の方向にある明線の位置を S_0 とし，図 3 でその一つ下にある明線の位置を S_1 とする。S_1 に向かう光の方向を $\alpha=\alpha_1$ として $\sin\alpha_1$ を d，ϕ，λ_1，n_1 を用いて表せ。

(10) 波長 λ_2 $(\lambda_2>\lambda_1)$ の光を入射したときのプリズムの屈折率を n_2 $(n_2<n_1)$ とする。入射する光の波長を λ_1 から λ_2 に変更するとスクリーン上の明線の位置が変わるが，格子定数 d がある条件を満たす場合には変更後にも図 3 の S_1 の位置に明線が現れる。この条件を満たす d の中で最小のものを，ϕ，λ_1，λ_2，n_1，n_2 を用いて表せ。