

令和3年度
一般選抜（前期）

13時50分～16時20分

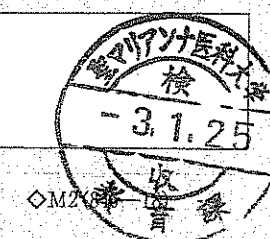
理 科 問 題 冊 子

科目名	頁
物 理	1 ～ 6 頁
化 学	7 ～ 10 頁
生 物	11 ～ 17 頁

注 意 事 項

1. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、この注意をよく読むこと。
2. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、問題冊子ならびに解答用紙は開かないこと。
3. 試験開始の合図〔チャイム〕の後に問題冊子ならびに選択した科目に拘わらず解答用紙の全ページの所定の欄に受験番号と氏名を記入すること。
4. 解答はかならず定められた解答用紙を用い、それぞれ定められた位置に問題の指示に従って記入すること。解答用紙に解答以外のことを書かないこと。ただし、物理の計算には、物理の計算用紙を用いてよい。
5. 解答はすべて黒鉛筆を用いてはっきりと読みやすく書くこと。
6. 解答用紙のホチキスはずさないこと。
7. 質問は文字が不鮮明なときに限り受け付ける。
8. 問題冊子に、落丁や乱丁があるときは手を挙げて交換を求めること。
9. 試験開始60分以内および試験終了前10分間は、退場を認めない。
10. 試験終了の合図〔チャイム〕があったとき、ただちに筆記用具を置くこと。
11. 試験終了の合図〔チャイム〕の後は、問題冊子ならびに解答用紙はいずれも表紙を上にして、通路側から解答用紙、問題冊子の順に並べて置くこと。いっさい持ち帰ってはならない。
なお、途中退場の場合は、すべて裏返しにして置くこと。
12. 選択科目の変更は認めない。
13. その他、監督者の指示に従うこと。

受験番号		氏 名	
------	--	-----	--



物 理

以下の各問題の解答はすべて解答欄に記入し、必要なら単位も含めて答えなさい。選択肢問題以外は、特に指示のない限り解答の過程も簡潔に示しなさい。

1 以下の文章の (①) から (⑪) に適切な数値を入れなさい。(⑫) には、「正立実像」「正立虚像」「倒立実像」「倒立虚像」のいずれかの語句を入れなさい。ただし、解答の過程は示さなくてよい。

〔1〕 時速 36 km で走行している質量 1.0×10^3 kg の自動車に力が加わり 0.10 秒後に停止した。このとき、自動車が受けた平均の力の大きさは (①) N であり、質量 (②) kg の物体に作用する重力の大きさと同じである。この平均の力を軽減させるために力が加わる時間を 10 倍にすれば、平均の力は (③) 倍になる。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

〔2〕 角周波数 314 rad/s 、実効値 100 V の交流電圧をコイルに加えて実効値 0.50 A の電流を流すためには、自己インダクタンス (④) H のコイルを用いればよい。このコイルを一次コイルとした変圧器によって、実効値 100 V の交流電圧を実効値 8.0 V の電圧に変換するためには、変圧器の二次コイルの巻数は一次コイルの巻数の (⑤) 倍にすればよい。この変圧器において、一次コイルから二次コイルに送られる電力の損失を 4.0% とすると、二次コイルに流れる電流の実効値は (⑥) A となる。

〔3〕 圧力を一定にして 1 モルの理想気体の絶対温度を 3 倍にした場合、体積は (⑦) 倍になる。絶対温度を一定にして理想気体の分子数を 4 倍にし、かつ体積を 2 倍にした場合、圧力は (⑧) 倍になる。理想気体の分子数と体積を一定にして、分子の速さ v の 2 乗の平均値 $\overline{v^2}$ が 9 倍になった場合、圧力は (⑨) 倍になる。

〔4〕 凸レンズの焦点の外側に物体を置くと、凸レンズの後方に像ができる。焦点距離 3.0 cm の凸レンズから光軸上の距離で 5.0 cm 離れた位置に物体を置くと、凸レンズより (⑩) cm 離れた後方の位置に倍率 (⑪) 倍の (⑫) ができる。



2 図 1 のように、自然長 L_0 、ばね定数 k の軽いばねの先端に質量 m のおもりを取り付け、他端を箱の中の点 P に接続した。ばねはガードで囲われていて振動の方向が制限されている。ガードは直線 AC に平行で、直線 BD に垂直である。ただし、ガードがばねとおもりに与える影響は無視できるものとする。箱の中には観察者がいて、観察者は、ばねの長さおよびおもりの単振動の周期を観測できる。

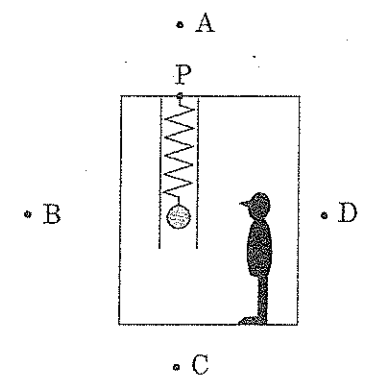


図 1

初め、観察者は、ばねの長さが L_0 でおもりが静止している状態を観測した。その後、箱が運動を開始し、観察者は、ばねが伸びておもりが静止している状態を観測した。

〔イ〕 観察者が観測したばねの長さは L_1 であった。箱が等加速度直線運動していると仮定して以下の各問に答えなさい。

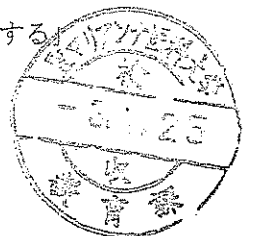
- 〔1〕 箱は直線 AC 上、または直線 BD 上を移動できるものとする。箱が向かっている方向を図中の記号 A～D で答えなさい。
- 〔2〕 観察者からみたおもりのつり合いの式を書きなさい。ただし、箱の加速度の大きさを a とする。
- 〔3〕 箱の加速度の大きさ a を求めなさい。
- 〔4〕 観察者がつり合いの位置にあるおもりに撃力を与えて単振動を開始させた。ばねがもっとも縮んだときのばねの長さは L_0 であった。 a 、 k 、 m を用いて単振動の振幅を表しなさい。
- 〔5〕 観察者が〔4〕の単振動の周期を観測したところ、周期は T であった。 L_0 、 L_1 、 T を用いて a を表しなさい。

〔ロ〕 次に箱が等速円運動していると仮定する。観察者が観測したばねの長さを L_2 として以下の各問に答えなさい。ただし、円運動の中心 O は点 P から見て点 A の方向にあり、おもりは直線 OP 上にある。

- 〔6〕 おもりに作用する遠心力の大きさを求めなさい。
- 〔7〕 OP の長さ R を求めなさい。ただし、円運動の角速度を ω とする。
- 〔8〕 観察者がつり合いの位置にあるおもりに撃力を与えて単振動を開始させたところ、周期 T の単振動を観測した。円運動の角速度 ω を求めなさい。必要であれば、次の関係を用いなさい。

「おもりの位置 x 、加速度 a に対して、運動方程式が、定数 k' 、 x_0 を用いて

$$m a = -k' (x - x_0) \text{ で表れるとき、おもりは角振動数 } \sqrt{\frac{k'}{m}} \text{ の単振動をする。}$$



3 図2のような、電源、電気抵抗、コンデンサー、ダイオード、スイッチを用いた電気回路を考える。電源電圧 E [V] は、C に対して S_1 側の電位が高い状態を正として図3のように変化し、時刻 t [s] のとき $E = 8.3 \sin 100\pi t$ である。また、電流は、 S_2 から電気抵抗またはコンデンサーを流れて C に向かう方向を正とする。以下の各問に答えなさい。必要であれば、 $\pi \approx 3.14$ 、 $\sqrt{2} \approx 1.41$ を用いなさい。

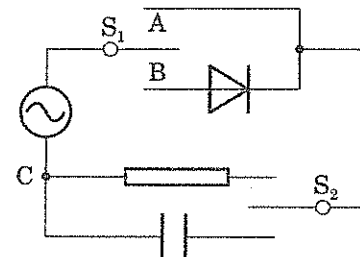


図2

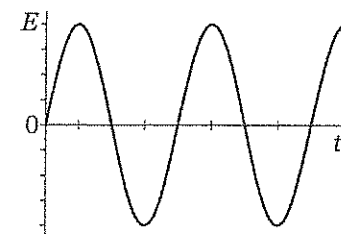


図3

【状態1】 $t=0$ に S_1 を A 側に接続し、 S_2 は電気抵抗側に接続した。

電気抵抗の抵抗値は $2.0 \times 10^3 \Omega$ である。

- 〔2〕 この回路を流れる電流の最大値を答えなさい。
〔3〕 この回路を流れる電流の時間変化の式を答えなさい。

【状態2】 はじめ、コンデンサーに電荷はないものとする。 $t=0$ に S_1 を A 側に接続し、 S_2 はコンデンサー側に接続した。コンデンサーの電気容量（静電容量）は $3.5 \times 10^{-5} \text{ F}$ である。

- 〔4〕 この回路を流れる電流の最大値を答えなさい。
〔5〕 この回路を流れる電流の時間変化の式を答えなさい。

【状態3】 $t=0$ に S_1 を B 側に接続し、 S_2 は電気抵抗側に接続した。ダイオードの順方向電流 I_d [A] は図4に示すように、順方向電圧を V_d [V] とするとき、 $V_d < 2.0 \text{ V}$ の場合は $I_d = 0 \text{ A}$ 、 $V_d \geq 2.0 \text{ V}$ の場合は $I_d = 0.010(V_d - 2.0)$ である。

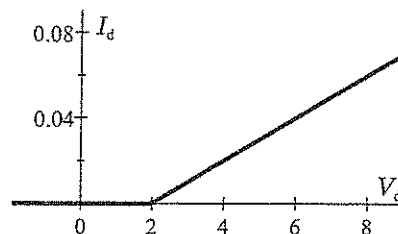


図4

- 〔6〕 十分な時間が経過した後の、C に対する S_2 の電圧の時間変化として最も適切な図を【選択肢1】から選び、その記号を答えなさい。
〔7〕 電気抵抗の両端にかかる電圧の最大値を答えなさい。

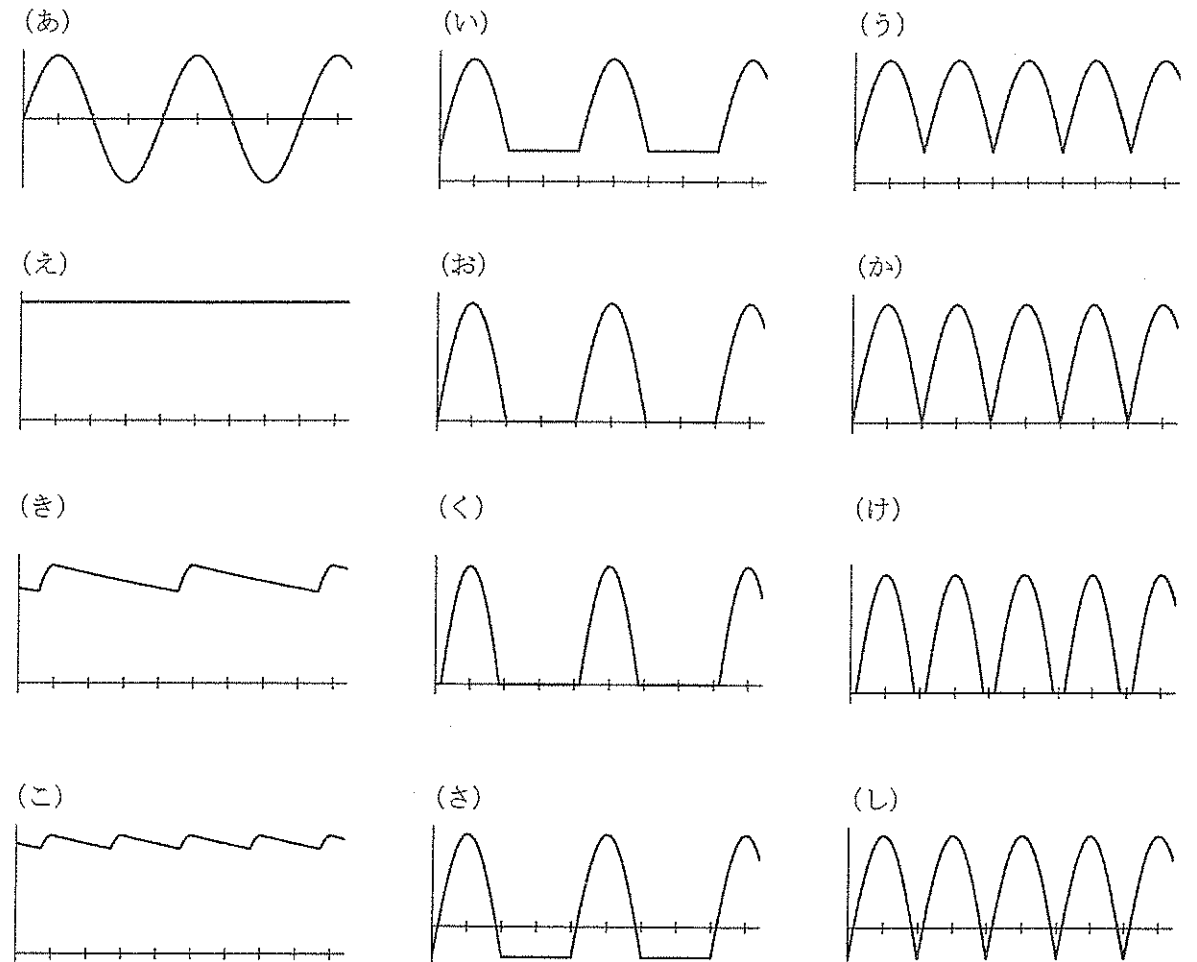
【状態4】 はじめ、コンデンサーに電荷はないものとする。 $t=0$ に S_1 を B 側に接続し、 S_2 はコンデンサー側に接続したところ、接続直後からはこの回路に電流は流れていたが、十分な時間が経過した後ではこの回路に電流は流れなくなった。

- 〔8〕 十分な時間が経過した後の電源、ダイオード、コンデンサーの電圧について、最も適切な文を【選択肢2】から2つ選び、その記号を答えなさい。



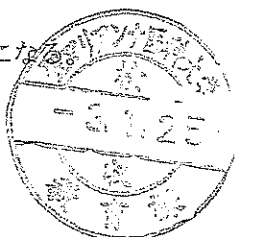
【選択肢1】

選択肢の各図の太線は、十分な時間が経過した後の、C に対する S_2 の電圧の時間変化を模式的に表した図である。横軸は時間であり目盛り間隔は電源電圧の周期の $1/4$ 、縦軸は任意の大きさの電圧を表す。軸の交点の時刻は十分な時間が経過した後のある時刻、軸の交点の電圧は 0 V である。



【選択肢2】

- (す) コンデンサーの極板間電圧が、周期的に変動する。
(せ) コンデンサーの極板間電圧が、正の値で一定になる。
(そ) コンデンサーの極板間電圧が、 0 V で一定になる。
(た) コンデンサーの極板間電圧が、常に 2 V 以下になる。
(ち) ダイオードの順方向電圧が、常に 2 V 以下になる。
(つ) コンデンサーの極板間電圧と電源電圧との差が、常に 0 V になる。
(て) コンデンサーの極板間電圧とダイオードの順方向電圧との差が、常に 0 V になる。



- 4 図5のようにある媒質の上に薄膜を張り、その表面に単色光を入射させ、Rに届く光の明るさを測定する。図のAとBで光は同位相であるものとし、空気の屈折率を1.00、薄膜の厚さを d 、薄膜の屈折率を $n(>1)$ 、単色光の空気中での波長を λ 、単色光の入射角を θ とする。

[A] 以下の文章の空欄(ア)～(オ)に適切な式を入れなさい。(甲)と(乙)では、適切な語句を選びなさい。ただし、解答の過程は示さなくてよい。

Rに届く光には、薄膜の表面Pで反射してRへ届く経路と、BCPRのようにCで反射してRへ届く経路の2つがあり、これらが干渉する。線分BPの長さを L とすると、APの距離は $L \sin \theta$ である。したがって、

APの中に $\frac{L \sin \theta}{\lambda}$ 波長分の波がある。同様に、BQの中に波が何波長分あるかを調べよう。薄膜の中に入った光の波長を λ と n を用いて表すと(ア)である。屈折角を ϕ とすると、 $\sin \phi$ は屈折の法則より n と θ を用いて $\sin \phi =$ (イ)と表すことができる。BQの距離を L と ϕ を用いて表すと(ウ)であるから、

BQの距離を L 、 n 、 θ を用いて表すと(エ)となる。これらから、BQの中には $\frac{L \sin \theta}{\lambda}$ 波長分の波があることがわかり、APに含まれる波と等しい。つまり、PとQに到達する光は同位相である。このことから2つの経路で生じる位相の違いにはQCPを進む光の位相変化と反射における位相変化を考慮することになる。光がPで反射するときには位相が(甲：反転する、変化しない)。さらに、媒質の屈折率 n' が $n' < n$ を満たす場合には、Cで反射するときには位相が(乙：反転する、変化しない)。QCPの距離は図より $2d \cos \phi$ であることを考慮すると、2つの経路の光が強め合う条件は、 $n' < n$ の場合、正の整数 m ($m=1, 2, 3, \dots$)を用いて

$$2d \cos \phi = (\text{オ}) \times \frac{\lambda}{n}$$

となる。

[B] 薄膜の屈折率を $n=1.50$ として、Rで反射光を測定する。以下の各問に有効数字2けたで答えなさい。必要であれば、 $\sqrt{2} \approx 1.41$ 、 $\sqrt{3} \approx 1.73$ 、 $\sqrt{5} \approx 2.24$ を用いなさい。

- 媒質を屈折率1.33の水とし、入射角 $\theta=0$ で波長600 nmの光を薄膜に入射する。反射光が強め合う最小の薄膜の厚さを求めなさい。
- 媒質を屈折率1.80のガラスとし、入射角 $\theta = \frac{\pi}{3}$ で波長732 nmの光を薄膜に入射する。反射光が強め合う最小の薄膜の厚さを求めなさい。
- 媒質を屈折率1.33の水とし、薄膜の厚さを $d=600$ nmとする。入射角 $\theta=0$ で様々な波長の単色光を薄膜に入射したとき、反射光はいくつかの波長で強め合う。可視光の波長領域を390～760 nmとして、強め合う可視光の波長をすべて求めなさい。



- 5 以下の各問に答えなさい。

- 記号 u で表される、原子や原子核の質量に用いられる単位の名を答えなさい。
- 6.0×10^{23} 個の炭素 $^{12}_6\text{C}$ 原子の質量が 1.2×10^{-2} kgであるとする。また、電気素量を 1.6×10^{-19} C、真空中の光の速さを 3.0×10^8 m/sとする。
 - 質量9.6uは何kgであることを求めなさい。
 - エネルギー1 eVは何Jであることを求めなさい。ただし、解答の過程は示さなくてよい。
 - 9.6uの質量をもつ、静止している物体と等価なエネルギーは何eVであることを求めなさい。
- α 粒子の質量は何uであることを求めなさい。ただし、 α 粒子の質量欠損は0.0305uであり、陽子、中性子の質量をそれぞれ1.0073u、1.0087uとする。
- 密度 1.2×10^3 kg/m³、体積 5.0×10^{-3} m³をもつある物体に α 線を当てたところ、この物体は 1.2×10^2 Jのエネルギーを吸収した。このときの吸収線量は何Gyであることを求めなさい。
- 半減期が 1.0×10^3 秒である放射性同位元素を、 1.0×10^8 個だけ含む物質の放射能は何Bqであることを求めなさい。ただし、 N 個の放射性同位元素は崩壊によって t 秒後には $Ne^{-\lambda t}$ 個(e は定数で $e \approx 2.72$ であり、 λ も定数)になり、 $t=0$ での放射能は λN [Bq]で与えられる。必要であれば、 $\log_e 2 \approx 0.693$ を用いなさい。
- ウラン $^{235}_{92}\text{U}$ は中性子1個と反応し、ストロンチウム $^{90}_{38}\text{Sr}$ とキセノン $^{144}_{54}\text{Xe}$ と y 個の中性子とに核分裂することがある。 x と y をそれぞれ求めなさい。
- リチウムと中性子との核反応 $^6_3\text{Li} + n \rightarrow ^4_2\text{He} + ^3_1\text{H}$ において、放出される核エネルギーは何MeVであることを求めなさい。ただし、1 MeV = 10^6 eVであり、 ^3_1H 、 ^4_2He 、 ^6_3Li の結合エネルギーをそれぞれ8.48 MeV、28.3 MeV、32.0 MeVとする。

