

令和4年度一般選抜試験(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で31ページあり、問題数は、物理4問、化学4問、生物4問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が3枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 解答用紙の所定欄に次のとおり受験番号を記入しなさい。氏名を記入してはならない。

- ・ 一般選抜試験のみを志願する受験者は一般の欄に受験番号を記入する。
- ・ 併用試験のみを志願する受験者は併用の欄に受験番号を記入する。
- ・ 一般選抜試験と併用試験の両方を志願する受験者は一般と併用の両方の欄にそれぞれの受験番号を記入する。

なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。

また、※印の欄には何も記入してはならない。

- 4) 理科は物理・化学・生物のうち2科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙3枚のうち1枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

物 理 (前期)

I 密度 ρ の均質な材質でできている、大きさの異なる直方体の物体 A、B がある。底面積はそれぞれ S 、 $S/2$ であり、高さはそれぞれ h 、 $h/2$ である。図 1 のように A を水に静かに浮かべた。水の密度を ρ_0 、重力加速度の大きさを g として、以下の間に答えよ。途中の考え方も記せ。ただし、水を入れた容器はじゅうぶんに大きいので、A、B の浮き沈みによる水面の高さの変化はないものとし、A や B の運動に対して水がおよぼす抵抗力は無視できるとする。

問 1 水面から A の下面までの距離を求めよ。

問 2 続いて、図 2 のように A の上に B を静かにのせたところ、水面から A の下面までの距離が $\frac{3}{4}h$ のところで静止した。 ρ は ρ_0 の何倍か。

このときの B の上面の位置を基準として、そこからの、鉛直下向きの B の上面の変位を z とする。

問 3 さらに B に対して、手で上から z 軸方向に力を加えて、A と B をゆっくり沈め、B の上面が水面から深さ d となる位置で静止させた。B の上面が $z=0$ から深さ d に沈むまでの、B が手におよぼす力の大きさ F の変化を、解答用紙の所定欄に図示せよ。ただし、図中の目盛りを適切に決め、A の上面、B の上面がそれぞれ水面を通過する時の z と F の値を軸上に明示すること。その際、 ρ は用いないこと。

問 4 その後、手を離したところ、A と B は一体のまま上昇し、ちょうど A の下面が水面に達したときに速さが 0 になった。深さ d を求めよ。

問 5 その後、A と B は一体のまま再び沈みはじめた。このときの時刻を $t=0$ とすると、B の上面が、はじめて $z=0$ にもどるまでの時間はいくらか。ただし ρ と d は用いないこと。

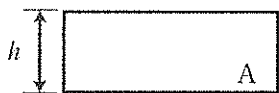


図 1

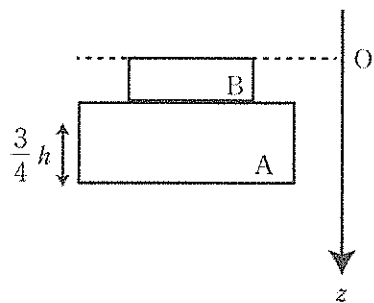


図 2

Ⅱ 図1のような電流電圧特性をもつダイオードXを用いた回路について、以下の問に答えよ。途中の考え方も記せ。

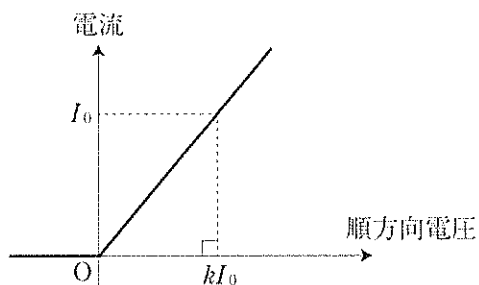


図1

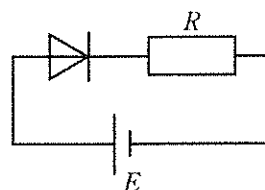


図2

問1 図2のような、ダイオードX、起電力 E の電池、抵抗値 R の抵抗からなる回路に流れる電流の大きさはいくらか。

図3のような、ダイオードX、抵抗値 R の抵抗、電気容量 C のコンデンサー、周期 T の交流電源、スイッチからなる回路がある。回路内の電位は、接地点を基準とする。はじめスイッチは開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていない。

問2 次の条件のとき、抵抗を流れる電流の向きを図3中のア、イを用いて答えよ。またその大きさを求めよ。

- (i) 点Aの電位がある正の値 V_1 であるとき
- (ii) 点Aの電位が $-V_1$ であるとき

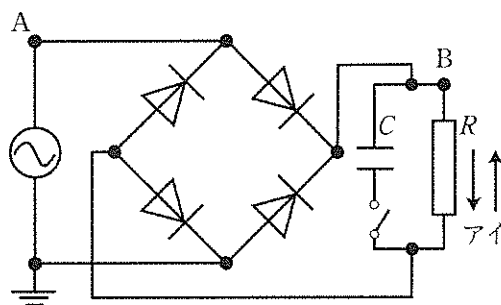


図3

A の電位の時間変化を測定すると図 4 のようになった。

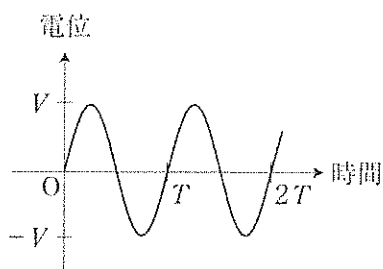
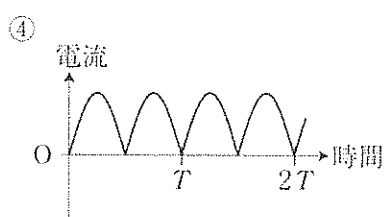
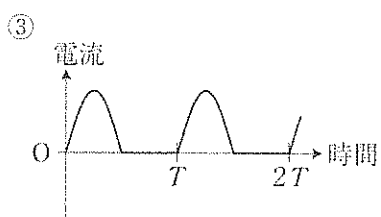
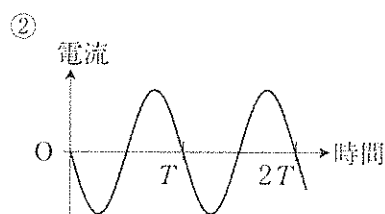
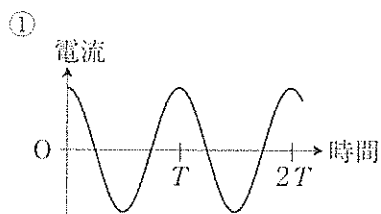


図 4

問 3 抵抗を流れる電流の時間変化を表すグラフとして適切なものを以下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、問 2 (i) で選んだ向きを電流の正の向きとする。
また、このときの抵抗での消費電力の時間平均を求めよ。



問 4 次にスイッチを閉じた。じゅうぶんに時間がたった時刻 t_0 から $t_0 + 2T$ の間の、図 3 の点 B の電位の変化の概略を解答欄に図示せよ。解答欄の図の破線は、A の電位の変化を表している。

Ⅲ 図1のように、大気中(屈折率1)に置かれた平面ガラス(屈折率 >1)の上に、一方が平面で他方が半径 r の球面の一部からなる平凸レンズ(屈折率 >1)をのせ、真上から単色光を入射させる。これを真上から観察すると、接点 O を中心とした同心円状の明暗の環が見えた。以下の問いに答えよ。途中の考え方も記せ。

問1 O から平面ガラスに沿って距離 x だけ離れた点における、平面ガラスの上面と球面の距離 t を、 x と r を用いて表せ。 t は r に比べてじゅうぶん小さい。ただし、 a が1よりじゅうぶん小さいとき、 $\sqrt{1+a}=1+\frac{1}{2}a$ としてよい。

問2 入射光の波長が λ であるとき、 O から m 番目($m=1, 2, 3, \dots$)の明環の半径を、 m 、 r 、 λ のうちの必要なものを用いて表せ。

ヒトの目の網膜には、赤色、緑色、青色の3つの波長領域の光にそれぞれ反応する視細胞がある。この3種類の視細胞が同じ程度に反応したとき白色と感じる。3種類の視細胞の反応の度合いの組み合わせが、色の感覚の違いとなる。図2に、赤色、緑色、青色の光の組み合わせと、ヒトを感じる色の関係を示す。白色と感じる光から赤色の光を取り除くと空色を感じることになる。

波長を380 nm から770 nm まで連続的に変えた光を、図1の組み合わせレンズに入射させ、観察できた明環の位置 x を波長に対しまとめたものが図3である。白い部分は観察者が明るさを感じた明環、灰色の部分は明るさを感じなかった暗環を表している。

問3 470 nm、540 nm、670 nm の3つの波長からなり、ヒトが白色と感じる光を入射させた。次の x での環の色として最も適当なものを図2の色名で答えよ。暗環の場合は暗と答えよ。① $x=5.0$ mm、② $x=7.0$ mm、③ $x=9.0$ mm

問4 平凸レンズを、球面の半径が r' である別の平凸レンズに交換し、波長660 nm の単色光を入射させたところ、 $x=9.9$ mm で O から6番目の明環が観察できた。 r' を求めよ。

問 5 次に、単色光を追加したところ、 $x=9.9\text{ mm}$ の明環の色が黄色になった。
追加した単色光の波長を求めよ。

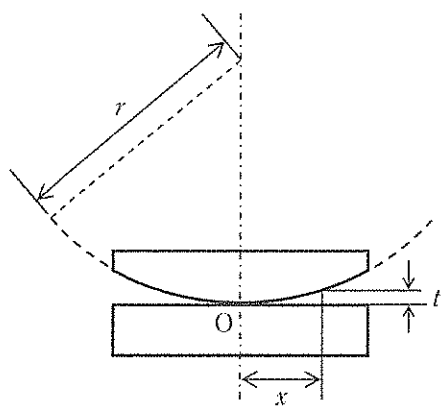


図 1

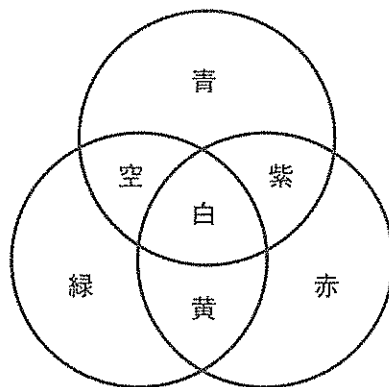


図 2

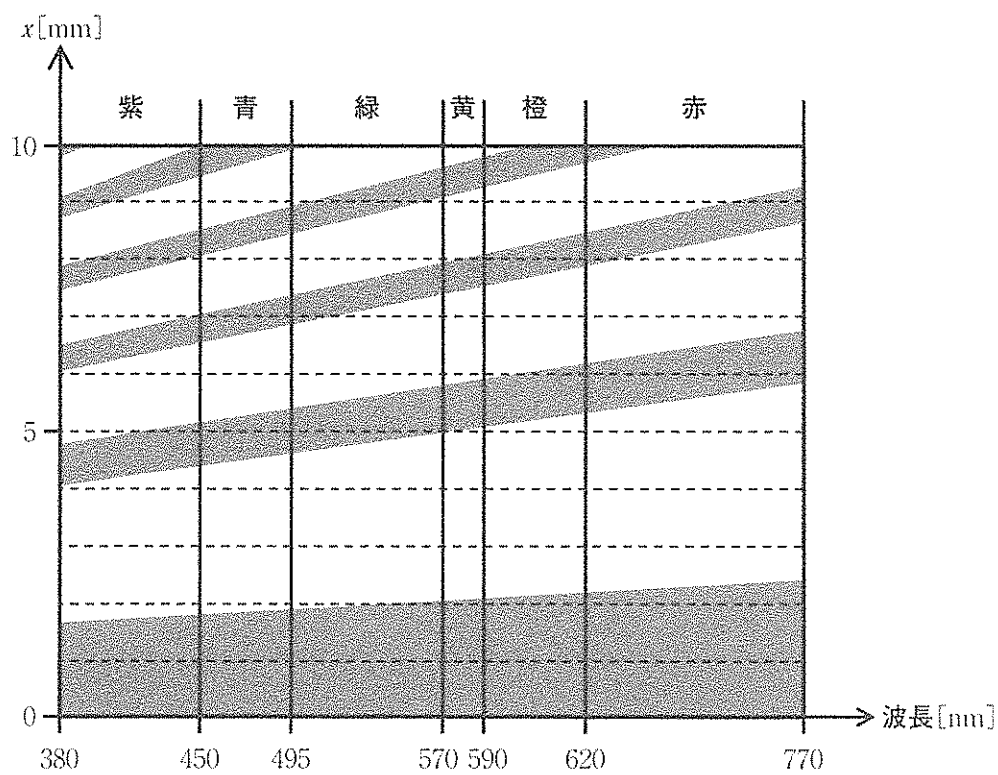


図 3

IV 両端に電極が組み込まれたガラス管(放電管)に希薄な気体を閉じ込め、数千 V の電圧をかけると、放電管の中に発光が現れる。気体の圧力を減らしていくと発光は消えて、放電管のガラス壁が黄緑色に発光する。これは、陰極から何かが飛び出してくることによって考えられ、この「何か」は陰極線と名づけられた。

陰極線は負の電荷を持つ原子より小さい粒子であるという仮説を立てたトムソンは、陰極線の粒子の質量の測定は困難だと考え、粒子の質量 m と電気量の大きさ e の比の測定を試みた。図はトムソンが用いた放電管の模式図である。C は陰極、A は開口付きの陽極、S はスリット付き金属栓である。S より右側の領域には磁束密度 B の一様な磁場がかけられている。C から出て、A の開口を通過した粒子は一定の速さ v で S に到達する。1 秒間にある断面を通り過ぎる粒子の数を N とする。1 秒間に運ばれる電気量の大きさ Q は、

$$Q = \boxed{\text{ア}} \quad (1)$$

と与えられる。陰極線は固体に衝突すると熱を発する。粒子の運動エネルギーが全て熱に変わるとするならば、1 秒間に発生するエネルギー W は、

$$W = \boxed{\text{イ}} \quad (2)$$

と与えられる。

S のスリットを通過した陰極線の軌道は磁場により曲げられる。粒子が磁場中で半径 r の円軌道を描くとすると、粒子の円運動の運動方程式は、

$$\boxed{\text{ウ}} = \boxed{\text{エ}} \quad (3)$$

となる。(1)~(3)式を用いると、 v は m と e を用いずに $v = \boxed{\text{オ}}$ と表すことができるので、 m と e の比は v を用いずに $m/e = \boxed{\text{カ}}$ となる。トムソンは様々な条件で m/e を求めた。その値はほぼ一定となり、この結果から陰極線は同一粒子の集まりであるという結論を得た。現在、比電荷は e/m を用いるのが慣例となっている。

陰極線の研究をしていたドイツのある研究者は、放電管の電極に高い電圧をかけると放電管の近くに置いた蛍光板が光ることを発見した。2 m 離しても蛍光板は光ったことから、陰極線とは異なる未知の線が出ていると考えた。

問 1 文中のア～カの空欄に最も適した文字式をそれぞれの解答欄に記入せよ。

問 2 陰極線は電磁波ではないという根拠となる、放電管を用いた実験結果を全て選べ。適するものがなければ「該当なし」とせよ。

- ア 放電管内の圧力が高いと発生しない。
- イ 磁場をかけると軌道が曲がる。
- ウ あたった物質の温度を上昇させる。
- エ 直進する。
- オ 陰極の金属の種類を変えても発生する。
- カ 蛍光板にあたると光る。

問 3 $Q=7.5\times 10^{-6}\text{ C}$, $W/Q=46\text{ J/C}$, $r=50\text{ cm}$, $B=4.6\times 10^{-5}\text{ T}$ であるとき, v と m/e をそれぞれ求めよ。

問 4 下線部の未知の線の性質や特徴として正しいものを全て選べ。適するものがなければ「該当なし」とせよ。

- ア それ自体目で見える。
- イ 直進性がある。
- ウ 電場をかけると電場の方向と同じ方向に軌道が曲がる。
- エ 写真乾板やフィルムを感光させる。
- オ 磁場をかけても軌道は曲がらない。
- カ 鉛の厚い板も透過する。
- キ 電離能力を持つ。
- ク 電極への通電を止めてもしばらく存在する。

