

令和 2 年度 個別学力試験 問題

理 科

(医 学 科)

解答時間 120 分

配 点 各 100 点

科 目	ページ
物 理	1 ページ～7 ページ
化 学	8 ページ～13 ページ
生 物	14 ページ～18 ページ

問題冊子には上記の 3 科目の問題が載っていますが、2 科目を選択して解答しなさい。

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 監督者の指示に従い、すべての解答冊子の所定の欄に氏名をはっきり記入しなさい。
ただし、表紙には受験番号も必ず記入しなさい。
3. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入しなさい。正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
4. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページを上記の表に基づいて確認しなさい。
5. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入しなさい。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 下書きは問題冊子の余白部分を使用しなさい。
8. 試験時間中に問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等に気がついたら場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
9. 解答冊子はすべて持ち帰ってはいけません。
10. 問題冊子は持ち帰ってもかまいません。

物 理

1. 物理は全部で3問題あり，合計6ページあります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は1問題に1ページずつ，合計3ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入しなさい。

1 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。ただし、解答欄には単位を付けて解答しなさい。また、最終結果だけでなく、解答に至る過程の説明を必ず記入しなさい。

図1—1のように、水平な床の上に半径 R [m] の半球を置く。その頂点から質量 m [kg] の小物体を水平方向に滑らせた。小物体は半球上を滑っていき、図1—2のように床から高さ h [m] の位置を通り、さらに進んで、ある高さになったところで半球から離れて、その後、半球に触れることなく床に到達した。

半球の表面はなめらかで、小物体の大きさはじゅうぶん小さい。重力加速度を g [m/s²] とする。また、空気の抵抗は無視する。

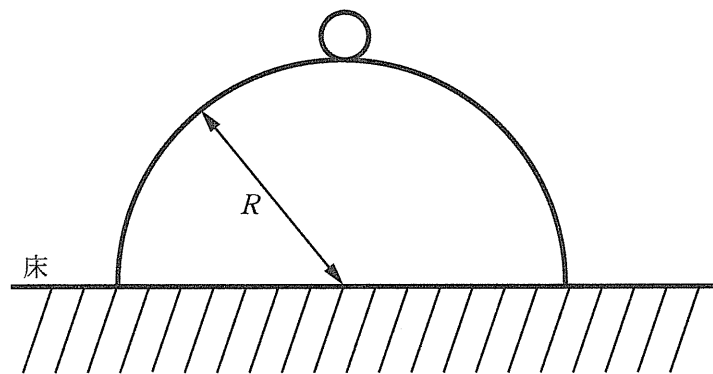


図1—1

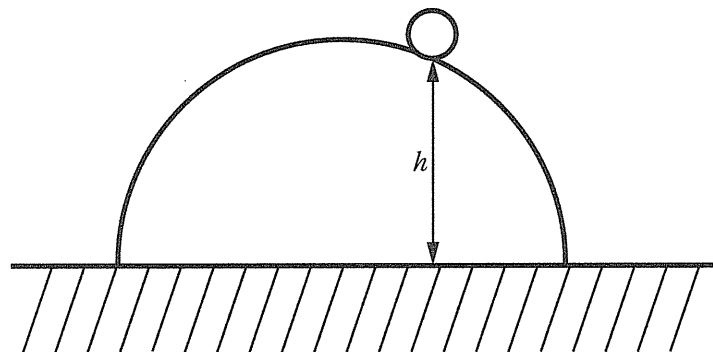


図1—2

はじめに、半球は床に固定されていて動かない状態で、半球の頂点から小物体を初速がほぼ0とみなすことのできるほどゆっくり水平方向に滑らせた。

問1 半球上を滑っている小物体の高さが床から h [m] のときの、小物体の速さを求めなさい。

問2 半球上を滑っている小物体の高さが床から h [m] のときの、小物体が半球から受ける垂直抗力を求めなさい。

問 3 小物体が半球から離れるときの、小物体の床からの高さを求めなさい。

問 4 小物体が半球から離れるときの、小物体の速さを求めなさい。

問 5 小物体が半球から離れてから床に到達するまでの時間を求めなさい。

次に、半球は床に固定した状態のまま、小物体を半球の頂点からある初速で水平方向に滑らせたところ高さ $\frac{5}{6}R$ [m] のところで半球から離れた。

問 6 小物体の初速を求めなさい。

問 7 小物体が床に到達したときの位置は、半球の頂点から水平方向にどれだけ離れているか、水平方向の距離を求めなさい。

さらに、半球を床の上で自由に動けるようにした。半球と小物体の質量の比は 1075 対 256 であった。小物体と半球の両方とも静止している状態にして、小物体を半球の頂点から、初速がほぼ 0 とみなすことのできるほどゆっくり水平方向に滑らせた。このとき床と半球の間の摩擦は無視することができる。

問 8 小物体は半球上を滑っていき、高さ $\frac{11}{16}R$ [m] のところで半球から離れた。小物体が半球から離れた後の、半球の床に対する速さを求めなさい。

また、半球を床の上で自由に動ける状態にしたまま、小物体を質量の異なるものに変えた。前の実験と同様に、小物体と半球の両方とも静止している状態にして、小物体を半球の頂点から、初速がほぼ 0 とみなすことのできるほどゆっくり水平方向に滑らせた。このとき床と半球の間の摩擦は無視することができる。

問 9 小物体は半球上を滑っていき、高さ $\frac{3}{4}R$ [m] のところで半球から離れた。このときの半球と小物体の質量の比を整数比で答えなさい。ただし、計算が必要であれば、次の数値を用いなさい。

$$\sqrt{625} = 25, \sqrt{676} = 26, \sqrt{729} = 27, \sqrt{784} = 28, \sqrt{841} = 29$$

2

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。ただし、解答欄には単位を付けて解答しなさい。また、最終結果だけでなく、解答に至る過程の説明を必ず記入しなさい。

図2-1のように、電圧 V [V] の直流電源、抵抗値 R [Ω] の抵抗器、自己インダクタンス L [H] のコイル、電気容量 C_1 [F]、 C_2 [F] のコンデンサー、スイッチ、及び3つの電流計 A_1 、 A_2 、 A_3 (矢印の方向を正とする) からなる電気回路がある。はじめスイッチは開いており、ふたつのコンデンサーに電荷はたまっておらず、コイルに電流は流れてなかった。また、抵抗器以外の抵抗は無視できるものとする。抵抗を無視できるときのコイルとコンデンサーからなる回路の電気振動は単振動のように三角関数で表すことができる。

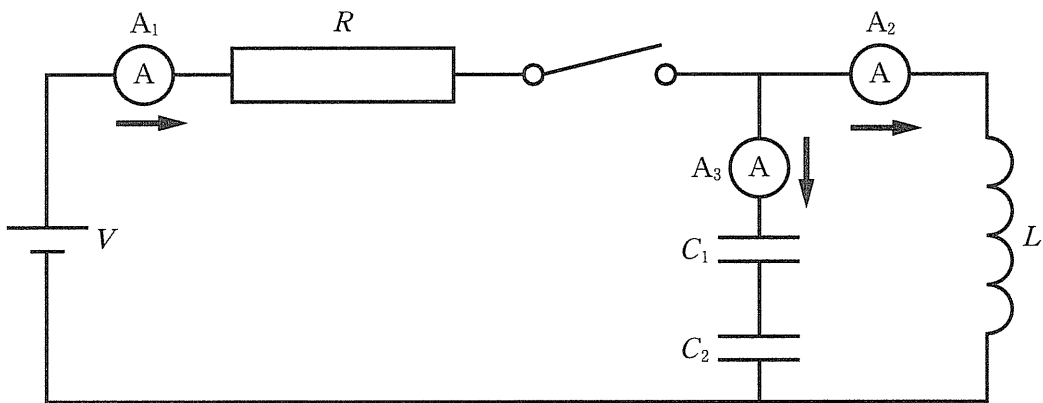


図2-1

まず、スイッチを開いた状態から閉じた状態に切り替えた。

問1 スwitchを閉じた直後の電流計 A_1 、 A_2 、 A_3 に流れる電流をそれぞれ求めなさい。

問2 スwitchを閉じてからしばらく時間が経過したとき、電流計 A_1 、 A_2 、 A_3 に流れる電流がそれぞれ一定の値となった。このときの電流計 A_1 、 A_2 、 A_3 に流れる電流をそれぞれ求めなさい。

次に、しばらく時間が経過したあとでスイッチを開いた。

問3 スwitchを開いてから t 秒後の電流計 A_2 に流れる電流を求めなさい。

スイッチを開いた後、電流計 A_2 の測定値が初めて0になった瞬間に再びスイッチを閉じた。

問 4 スイッチを再び閉じた直後の電流計 A_1 , A_2 , A_3 に流れる電流をそれぞれ求めなさい。

問 5 スイッチを再び閉じた直後において、電流計 A_2 に流れる電流が増加するか減少するかを理由とともに答えなさい。

さらに、コンデンサー C_1 の場所を変え、図 2—2 のような回路とした。この回路も図 2—1 の場合と同様に、はじめスイッチは開いており、ふたつのコンデンサーに電荷はたまっておらず、コイルに電流は流れていなかった。

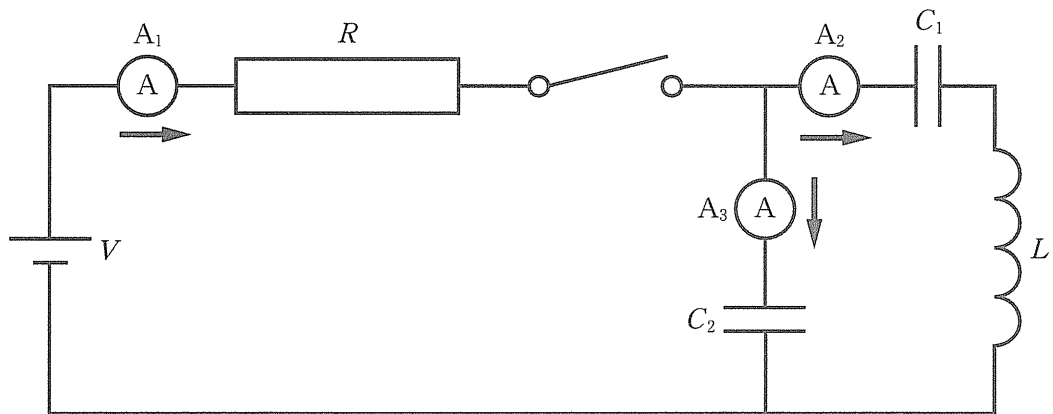


図 2—2

まず、スイッチを開いた状態から閉じた状態に切り替えた。

問 6 スイッチを閉じた直後の電流計 A_1 , A_2 , A_3 に流れる電流をそれぞれ求めなさい。

問 7 スイッチを閉じてからしばらく時間が経過したとき、電流計 A_1 , A_2 , A_3 に流れる電流はそれぞれ一定の値となった。このときの電流計 A_1 , A_2 , A_3 に流れる電流をそれぞれ求めなさい。

次に、しばらく時間が経過したあとでスイッチを開いた。

問 8 スイッチを開いてから t 秒後の電流計 A_2 に流れる電流を求めなさい。

3

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。ただし、解答欄には単位を付けて解答しなさい。また、問3～問6の解答は最終結果だけでなく、解答に至る過程の説明を必ず記入しなさい。

半径 R [m] の球面と平面からなる平凸レンズがある。この平凸レンズを、球面を下にして、図3のように空气中で平板ガラスの上に置く。平凸レンズの球面の中心となる点を O 、レンズとガラス板の接点を O' とする。また、中心軸 OO' から平凸レンズ表面までの距離を r [m] とし、平凸レンズと平板ガラスに挟まれた空気層の厚み d [m] を r の関数として与える。

レンズの真上から光を当てると、軸 OO' を中心とした同心円状の縞模様が現れた。この現象は、これを研究した人物にちなんで (ア) と呼ばれている。(ア) はレンズの下面で反射した光とガラス板の上面で反射した光とが、(イ) の差によって強めあったり弱めあったりする現象、すなわち (ウ) を起こすために生じる。光は真空中を一定の速さ c [m/s] で進み、この速さは (エ) と (オ) の積として表現できる。光が真空中から物質中へと進むとき、(エ) は変わらないが (オ) は変化する。そのため一般的に光速は物質中で真空中よりも (カ) なる。媒質による光速の違いは屈折率として現れる。ただし、空気の屈折率は1に非常に近い値である。ここでは空気の屈折率は1.0とする。図3は球面を強調して描かれているが、実際の R はとても大きいため、真上から当てた光の透過光や反射光はすべて鉛直方向を向くと考えてよいことにする。また、計算が必要があれば、次の数値を用いなさい。

$$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24, \sqrt{6} = 2.45, \sqrt{7} = 2.65$$

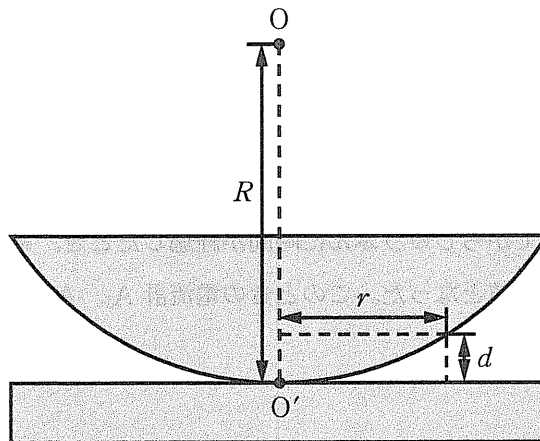


図3

問 1 文章中の(ア)~(カ)に当てはまる語句を答えなさい。

問 2 媒質中の光の速さを v [m/s] として、媒質の屈折率を表す式を答えなさい。

問 3 光の屈折について考える。屈折率 n_1 の媒質から屈折率 n_2 の媒質へと光が進むとき、入射角を θ_i 、屈折角を θ_r とする。 n_1 、 n_2 、 θ_i 、 θ_r の間に成り立つ関係式を、ホイヘンスの原理を踏まえ、説明に必要な図を描いて導出しなさい。

問 4 図 3 のレンズに波長 λ [m] の光を上から照射したとき、レンズ下面で反射された光とガラス板上面で反射された光が互いに強めあうために、 d が満たすべき式を答えなさい。ただし、0 以上の整数 m を使いなさい。

問 5 Rd を、 r を用いて表しなさい。ただし、 r は R と比べてじゅうぶん小さく、また、 $|x|$ がじゅうぶん小さい場合、 $\sqrt{1+x} \doteq 1 + \frac{x}{2}$ が成り立つ。

問 6 波長 6.3×10^{-7} m の光を上から当てて、縞のできる様子を上から観察した。中心を含まない最小の暗環を 1 番目の暗環とすると、中心から数えて 3 番目の暗環と 4 番目の暗環の間隔が 1.2 mm であったとき、レンズの球面の半径はいくらになるか答えなさい。

問 7 空気中ではなく水中で実験したとすると縞の間隔はどう変わるか、理由も含めて 100 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。