

平成22年度

14時10分～16時40分

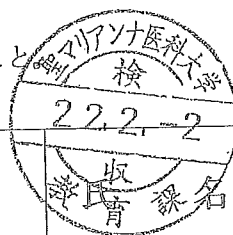
# 理 科 問 題 用 紙

科目名	頁
物 理	1 ～ 3
化 学	4 ～ 7
生 物	8 ～ 14

## 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、この問題の印刷されている冊子を開かないこと。
3. 試験開始の合図 [チャイム] の後に問題用紙ならびに解答用紙の定められた位置に受験番号、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。
5. 解答はすべて黒鉛筆を用いてはつきりと読みやすく書くこと。
6. 解答用紙のホチキスははずさないこと。
7. 質問は文字に不鮮明なものがあるときにかぎり許される。
8. 問題に、落丁、乱丁の箇所があるときは手をあげて交換を求めること。
9. 試験開始後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] があつたとき、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、問題用紙および解答用紙はすべて本表紙を上にして、通路側から解答用紙、問題用紙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		
------	--	--

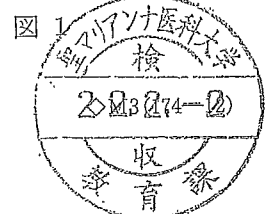
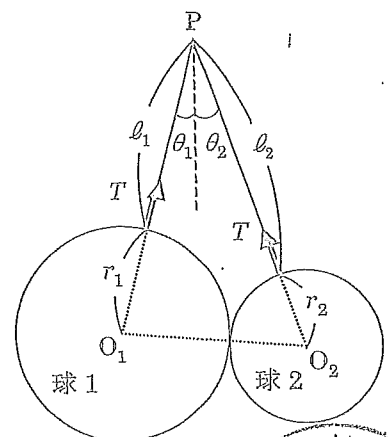


# 物 理

1 以下の文章の ( ① ) から ( ⑳ ) に適当な語句、または式を入れなさい。

- [1] 質量  $m$  の物体が速さ  $v$  で運動しているとき、この物体の運動エネルギーは ( ① ) である。また、重力加速度が  $g$  の重力下において、高さ  $h$  にある物体が高さ  $0$  に対してもつ位置エネルギーは ( ② ) である。保存力のみがはたしている場合には運動エネルギーと位置エネルギーの和は一定であり、この関係を ( ③ ) という。この関係を使うと、高さ  $h$  にあった物体が自由落下して高さ  $0$  になったときの速さは、重力加速度を  $g$  として ( ④ ) と求めることができる。この自由落下に要する時間は運動方程式を解けば ( ⑤ ) と求めることができる。
- [2] 寒いとき、熱い缶コーヒーを手に持ったり、電気ストーブに手をかざしたり、エアコン（暖房機）で部屋の空気を温めたりする。このとき、温度の高い物体から温度の低い物体に向かって、物体内部の原子や分子の運動の ( ⑥ ) が移動する。この移動する ( ⑥ ) のことを特に ( ⑦ ) とよんでいる。( ⑦ ) の移動のしかたには、前述の例の順に ( ⑧ )、( ⑨ )、( ⑩ ) の3つがある。
- [3] 波長  $\lambda$  [m] の光が真空中から絶対屈折率  $n$  の媒質に入射したとき、真空中の光の速さを  $c$  [m/s] とすると、媒質中の光の速さは ( ⑪ ) [m/s]、振動数は ( ⑫ ) [Hz] である。水の絶対屈折率は、可視光の波長が長いほど ( ⑬ )。そのため紫色の光は赤色の光よりも同じ入射角に対する屈折角が ( ⑭ )。プリズムに白色光が入射すると、この性質によって種々の色の光に分かれる。この現象を光の ( ⑮ ) という。
- [4] 閉じた円形コイルの中心軸上で棒磁石の磁極をコイルに近づけたり遠ざけたりすると、コイルを貫く磁束の変化によってコイルに ( ⑯ ) が生じ、コイルには、コイルを貫く磁束の変化を ( ⑰ ) 向きに ( ⑱ ) 電流が流れる。この関係を ( ⑲ ) の法則と呼ぶ。( ⑯ ) は導体が磁場（磁界）を横切る場合にも観察されるが、これは導体内の電子が磁場（磁界）から受ける ( ⑳ ) 力によって説明できる。

2 半径  $r_1$ 、質量  $m_1$  の一様な球 1 と半径  $r_2$ 、質量  $m_2$  の一様な球 2 を長さ  $\ell$  の軽い糸で表面どうしをつなぎ、その糸を天井からつり下げた大きさの無視できる滑車 P に通し、図 1 のように球 1、2 をつり下げ、互いに触れあうつりあいの位置で静止させた。図 1 で長さ  $\ell_1$ 、 $\ell_2$  の糸の部分 ( $\ell = \ell_1 + \ell_2$ ) と鉛直線とのなす角をそれぞれ  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  とする。球 1、2 の中心をそれぞれ  $O_1$ 、 $O_2$  とすると、糸を付けた球の表面上の位置は、直線  $PO_1$  上、直線  $PO_2$  上にある。糸の張力の大きさを  $T$ 、重力加速度を  $g$  とし、摩擦はないものとして、以下の各問に答えなさい。解答の過程も示しなさい。



- [1] P での水平方向の力のつりあいから、角  $\theta_1$  と角  $\theta_2$  の間の関係式を求めなさい。
- [2] 球 1、2 の鉛直方向の力のつりあいから、糸の張力の大きさ  $T$  を  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $\theta_1$ 、 $g$  を用いて表しなさい。
- [3] 力のモーメントのつりあいから、糸の長さ  $l_1$  を  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $r_1$ 、 $r_2$ 、 $l$  を用いて表しなさい。
- [4]  $\cos(\theta_1 + \theta_2)$  を  $l_1$ 、 $l_2$ 、 $r_1$ 、 $r_2$  を用いて表し、これから糸の張力の大きさ  $T$  を  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $r_1$ 、 $r_2$ 、 $l$ 、 $g$  を用いて表しなさい。

**3** 以下の文章の ( 1 ) から ( 7 ) に適当な式、または数値を入れなさい。( 1 ) から ( 6 ) までは答のみを書きなさい。( 7 ) は計算式も書きなさい。

空中を飛んでいるボールに向けてマイクロ波（電磁波）をあてると、ボールに反射して跳ね返ってくるマイクロ波と元のマイクロ波との干渉でうなりが生じる。この現象を利用するとボールの速さを計測することができる。この「速さ計測器」の原理を考えよう。以下、ボールは計測器に向かって真っ直ぐに飛んでいるものとし、マイクロ波の振動数を  $n$  [Hz]、マイクロ波の速さを  $c$  [m/s]、ボールの移動する速さを  $u$  [m/s] とする。ここで、振動数  $f$  [Hz] の波源に対して速さ  $V_0$  [m/s] で近づく観測者が観測する波の振動数  $f'$  [Hz] は、波の速さを  $V$  [m/s] として  $f' = f(V + V_0) / V$  である。

ボール上で観測されるマイクロ波の振動数  $N$  [Hz] は ( 1 ) となる。ボールで反射された振動数  $N$  [Hz] のマイクロ波を計測器で計測すると、その振動数  $N'$  [Hz] は ( 2 ) となる。したがって、 $N'$  を  $c$ 、 $u$ 、 $n$  で表すと ( 3 ) となる。計測器上で計測されるうなりの振動数  $\Delta n$  は ( 4 ) なので、 $c$ 、 $u$ 、 $n$  で表すと ( 5 ) となる。 $c$  に比べて  $u$  が非常に小さいと近似すると、うなりの振動数  $\Delta n$  は ( 6 ) となる。

マイクロ波の振動数が  $2.00 \times 10^{10}$  Hz、計測されたうなりの振動数が 5.00 kHz であったとき、マイクロ波の速さを  $3.00 \times 10^8$  m/s とすると、ボールの速さは時速 ( 7 ) [km] である。

**4** 以下の各問に答えなさい。位置を答えるときは、レンズに対して小物体のある側を前方、小物体のない側を後方とし、レンズの中心からの距離で「前方〇〇 cm」のように答えなさい。有効数字は2桁とする。解答の過程も示しなさい。

- [1] 焦点距離が  $f$  [cm] の凸レンズがある。凸レンズの光軸上の前方  $a$  [cm] の位置に高さ  $h$  [cm] の小物体を置いたところ、後方  $b$  [cm] の位置に凸レンズによる小物体の倒立実像が観察された。このとき、 $f$  と  $a$  と  $b$  の間には  $1/f = (1/a) + (1/b)$  の関係がある。この関係を証明しなさい。
- [2] 空気中に焦点距離が 12 cm の凸レンズがある。凸レンズの光軸上の前方 60 cm の位置に小物体を置いたところ、凸レンズによる小物体の倒立実像が観察された。この像の位置を求めなさい。
- [3] 十分に水が入っている大きな水槽に上記の [2] の系を沈めたところ、凸レンズによる小物体の倒立実像が水中に観察された。この像の位置を求めなさい。ただし、レンズの材質の絶対屈折率を  $n_L$ 、レンズの周りの一様な環境（空気や水など）の絶対屈折率を  $n_m$ 、絶対屈折率  $n_m$  の一様な環境内に置かれた凸レンズの焦点距離を  $f_m$  としたとき、 $f_m \{ (n_L / n_m) - 1 \}$  は一定である、という関係が成り立つとし、水の絶対屈折率を 1.3、凸レンズの材質の絶対屈折率を 1.5、

の絶対屈折率を 1.0 とする。

- [4] 上記の [3] の系で、凸レンズを湾曲のない平らな水槽の壁から 10 cm 離れた水中に置き、小物体を水槽の壁から 50 cm 離れた空気中に置いたところ、凸レンズによる小物体の倒立実像が水中に観察された。この像の位置を求めなさい。ただし、光軸と水槽の壁は垂直とし、水槽の壁は非常に薄いとして水槽の壁による屈折は考慮しなくてよい。また、小物体の高さは凸レンズと水槽の壁との距離に比べて十分小さいとしてよく、非常に小さい角  $i$  に対して  $\sin i = \tan i$  が成り立つとして計算しなさい。

- 5 図 2 のような回路がある。ここで図中の記号  $R$ 、 $L$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  はそれぞれ  $R = 1.00 \times 10^3 \Omega$ 、 $L = 2.00 \times 10^{-2} \text{ H}$ 、 $C_1 = 4.00 \times 10^{-11} \text{ F}$ 、 $C_2 = 1.100 \times 10^{-10} \text{ F}$ 、 $C_3 = 5.00 \times 10^{-11} \text{ F}$  である。回路に流す交流電流  $I$  の角周波数  $\omega$  [rad/s] は可変であり、また図中のコンデンサーはすべて極板間が真空の平行板コンデンサーである。このとき、以下の各問に答えなさい。数値には単位を書き、有効数字は 3 桁とする。解答の過程も示しなさい。

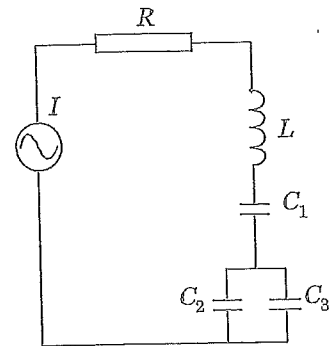


図 2

- [1] 図 2 の回路における 3 個のコンデンサーの合成容量  $C_0$  を数値で求めなさい。
- [2] 図 2 の回路における共振時の角周波数  $\omega_0$  を数値で求めなさい。
- [3] 電気容量  $C_3$  のコンデンサーの極板間に比誘電率  $\epsilon = 5.00$  の物質をすきまなく入れた。このときの共振時の角周波数  $\omega_1$  を図中の記号および  $\epsilon$  を用いて表しなさい。さらに角周波数  $\omega_1$  を数値で求めなさい。
- [4] 上記の [3] の回路の共振時におけるコイルのリアクタンス  $R_L$  と 3 個のコンデンサー全体のリアクタンス  $R_C$  を、それぞれ図中の記号および  $\epsilon$  を用いて表しなさい。さらに共振時の  $R_L$  と  $R_C$  の間の関係式を求めなさい。



以上