

平成28年度入学試験問題（前期日程）

理 科
(医学部医学科)

| | | |
|-----|----------|----------|
| 物 理 | 1 ページから | 6 ページまで |
| 化 学 | 7 ページから | 11 ページまで |
| 生 物 | 12 ページから | 14 ページまで |

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は、100分である。

物 理

1 以下の文章中の に最も適切な文章, 数値, 数式, または選択肢の記号を記入せよ。(20点)

問 1 地球表面における重力加速度の大きさは, 地球の質量 M , 地球の半径 R , 万有引力定数 G を用いて $\frac{GM}{R^2}$ と表されるとする。同様に, 月表面における重力加速度の大きさは, 月の質量 m , 月の半径 r , G を用いて $\frac{Gm}{r^2}$ と表される。また, 地球の平均密度は $M/(\frac{4}{3}\pi R^3)$, 月の平均密度は $m/(\frac{4}{3}\pi r^3)$ で与えられる。

月表面における重力加速度の大きさは地球表面における値の $\frac{1}{6}$ 倍である。月と地球の平均密度が同じであると仮定した場合, 月の半径は地球の半径の (1) 倍になる。ところが, 実際の月の半径は地球の半径の約 $\frac{3}{11}$ 倍である。したがって, 月の平均密度は地球の平均密度と比較して, (2) (ア) 大きい (イ) 同じ (ウ) 小さい ことがわかる。

問 2 図 1-I のように, スピーカー S_1 と S_2 が十分離れて置かれ, S_1 と S_2 を結ぶ直線 AB 上に音波を測定する測定器がある。2つのスピーカーには1つの発振器と閉じられたスイッチが接続され, それぞれのスピーカーからは同じ振動数 f [Hz] と同じ振幅の音波が出ている。これらの実験装置は大気中に置かれ, スピーカーから出た音波の振動数, 振幅, 速度はそれぞれ一定値をとり, 変化しないものとする。 S_1 と S_2 を結ぶ直線 AB 上で測定器の場所を変えて音波を測定すると, 音の大きさが最大になる場所が x [m] の間隔で存在した。このことから, S_1 と S_2 の間には音波の定常波が存在することがわかる。このときそれぞれのスピーカーが発する音波の速さ V [m/s] を求めると (3) [m/s] となる。

次に, スイッチを開いて S_2 から出ている音を止めた。 S_1 と S_2 を結ぶ直線 AB 上で測定器を S_1 に向かって一定の速さ v [m/s] で動かすと, f と異なる振動数が測定された。この測定された振動数は f, V, v を用いて (4) [Hz] と表される。さらに, スイッチを閉じて同様の測定を行うと, 1秒間に n 回のうなりが観測された。このとき測定器の速さ v は f, V, n を用いて (5) [m/s] と表される。

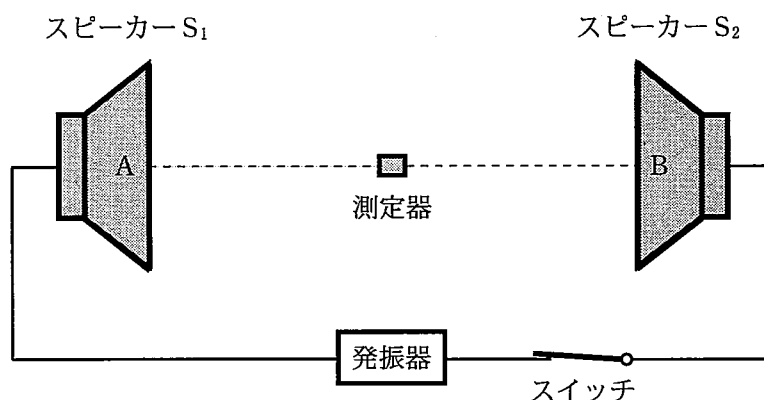


図 1-I

問 3 一定の容量 $V[\text{m}^3]$ の断熱容器に温度 $T[\text{K}]$ 、圧力 $p[\text{Pa}]$ の一定量の単原子分子の理想気体が入っている。容器内の気体に $Q[\text{J}]$ の熱を与えたとき、気体の内部エネルギーの増加量は $[\text{J}]$ であり、気体の温度上昇 $\Delta T[\text{K}]$ は $[\text{K}]$ となる。また、気体の圧力は p 、 T 、 ΔT を用いて $[\text{Pa}]$ と表される。

問 4 図 1—II のように、内壁がなめらかでまっすぐな銅の管を垂直に立てて、N 極を下にして管の上端から中に円柱形の磁石を落とした。すると、管の下端における磁石の速さは、磁石を管と同じ長さだけ自由落下させた場合と比較して小さく、管を通過する時間は長くなった。ただし、磁石は管の中で常に N 極を下にして落下するものとする。このような現象が起こる理由を に記入せよ。

次に、上記の銅の管と同じ形と大きさのアルミニウムの管と真ちゅう（銅と亜鉛の合金）の管を用意し、この 2 つの管と上記の磁石を使って、同様の実験を行った。その結果、管の下端における磁石の速さは真ちゅうの場合が一番大きく、次いでアルミニウム、銅の順であった。この結果より、抵抗率は

の値が一番小さいことがわかる。

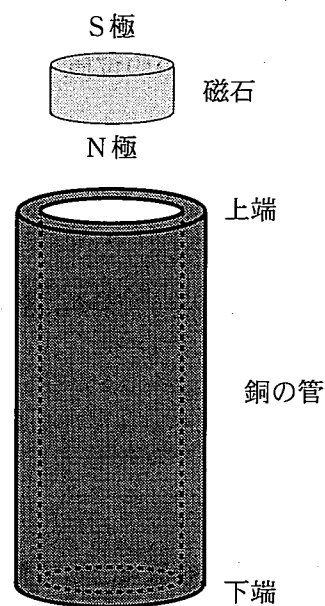
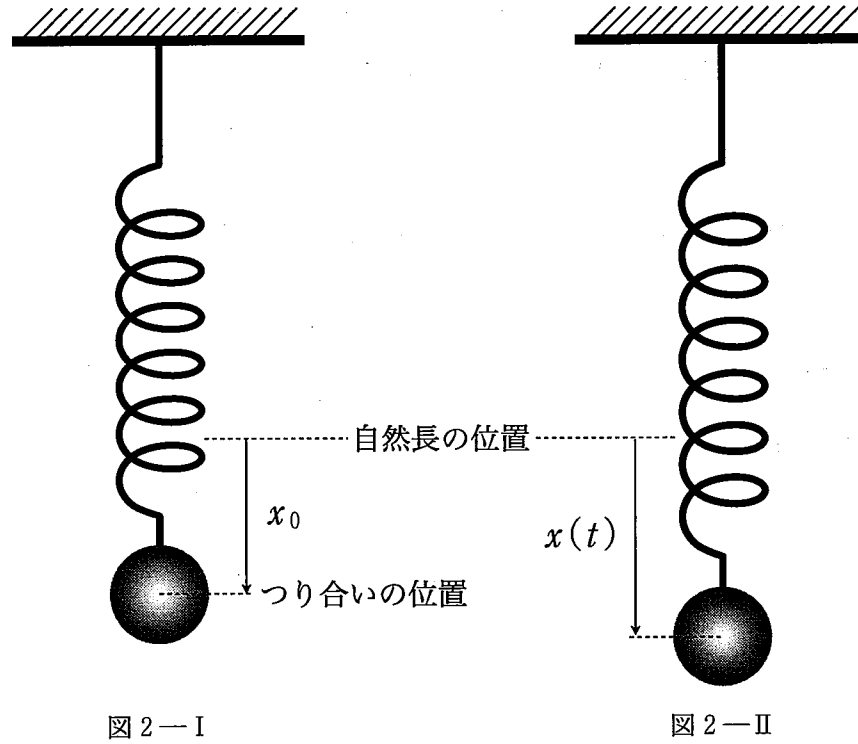


図 1—II

問 5 原子番号の大きな原子核には不安定なものがあり、放射線を放出して安定な別の原子核に変わっていく。これを原子核の崩壊という。時刻 $t = 0$ に N_0 個あった不安定な原子核が半減期 T で崩壊して安定な原子核へ変わるとき、時刻 t で崩壊せずに残っている原子核の数は と表される。ウラン ^{238}U の半減期が 7.0×10^8 年であるとき、この原子核の数が現在の $\frac{1}{8}$ になるのは 年後である。

- 2 ばね定数 k のばねの一端に質量 m の小球をつなぎ、図 2—I のように他端を天井に固定して静かにつるしたところ、ばねは自然の長さ(自然長)から x_0 だけ伸びて静止した。ばねの質量と空気の抵抗は無視できるとし、重力加速度を g として以下の各問に答えよ。(15 点)



小球をつり合いの位置から A だけ引き下げ、時刻 $t = 0$ で静かに放したところ、図 2—II のように小球はつり合いの位置を中心として鉛直方向に振動を始めた。

問 1 小球の振動の角振動数 ω を求めよ。

問 2 時刻 $t (> 0)$ のとき、ばねの自然の長さの位置を原点として鉛直下方に測った小球の位置を $x(t)$ とする。 $x(t)$ を x_0 , A , ω , t を用いて表せ。ただし、鉛直下向きを x の正の向きとする。

次に、小球を再びつり合いの位置にもどして静かに回したところ、図2-IIIのように小球は水平面内で半径 r 、角速度 Ω の等速円運動を始めた。このとき、ばねは自然長から x_1 だけ伸びている。

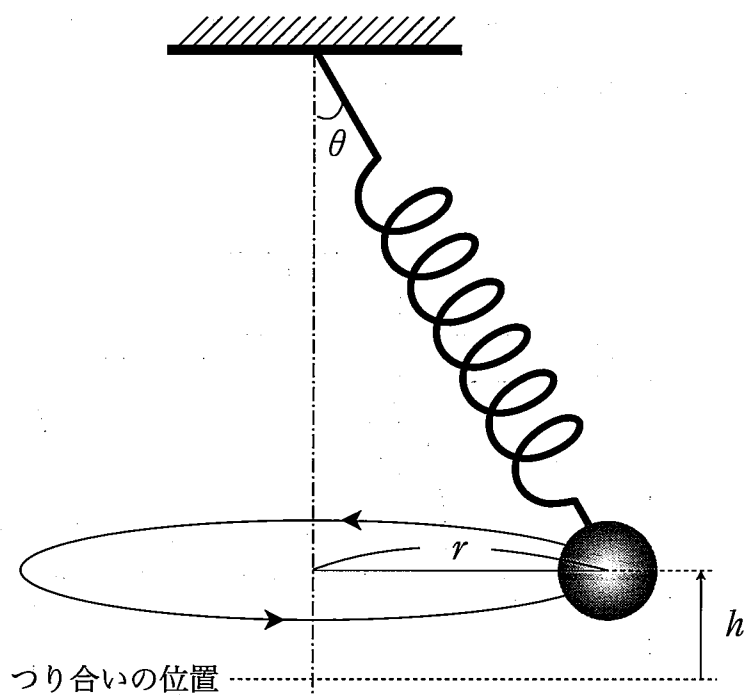


図2-III

問3 ばねと鉛直下方向の間の角度を θ とするとき、 $\tan \theta$ を r 、 Ω 、 g を用いて表せ。

問4 ばねの自然長からの伸び x_1 を k 、 m 、 g 、 r 、 Ω を用いて表せ。

問5 現実には、小球は空気抵抗を受けてゆっくりと減速し、やがて静止する。このとき、失われた力学的エネルギーはどれだけか。円運動の小球の最初の高さを h とし、失われた力学的エネルギーを m 、 g 、 k 、 r 、 Ω 、 x_0 、 x_1 、 h を用いて表せ。ただし、高さ h は静止したときの小球の位置から測ったものとする。

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(15点)

A 図3-Iのように, 起電力が E_0 と E_1 の電池, 全体の長さが l で一様な太さの抵抗線AB, 抵抗値が R_1 と R_2 の抵抗器, 電気容量が C のコンデンサー, スイッチSおよび検流計Gからなる回路がある。抵抗線の一端Aから抵抗線の接点Tまでの長さを x とする。ただし, 電池の内部抵抗はないものとし, $0 < E_1 < E_0$ および $0 < x < l$ である。

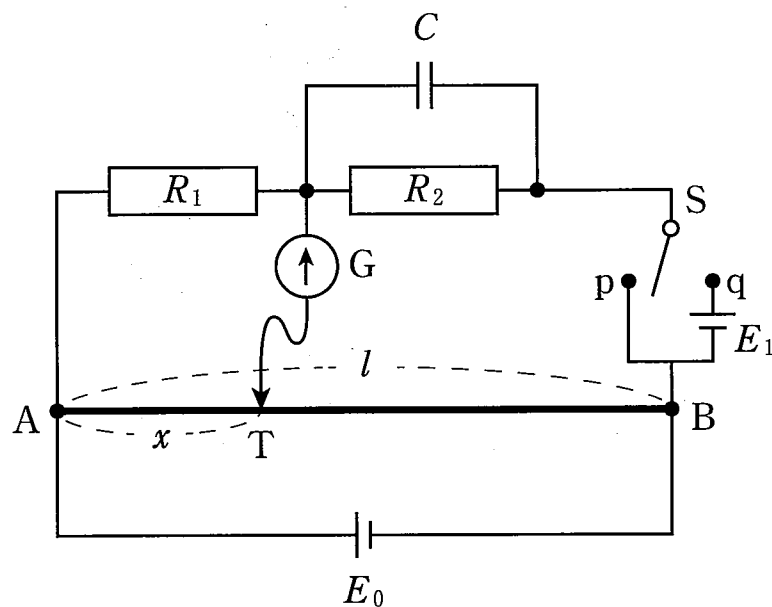


図3-I

スイッチSをpに接続して, 接点Tを移動させて検流計Gに電流が流れないようにした後, 十分に時間がたった。

問1 このときの x を R_1, R_2, l を用いて表せ。

問2 コンデンサーに蓄えられる電荷量 Q を E_0, R_1, R_2, C を用いて表せ。

次に, スイッチSをqに接続し, 接点Tを移動させて検流計Gに電流が流れないようにした後, 十分に時間がたった。

問3 このときの $\frac{E_1}{E_0}$ を l, x, R_1, R_2 を用いて表せ。

B 図3-Ⅱのように、単位長さあたり n 巻のコイル1と1巻のコイル2を上部にすきまのある正方形の断面をもつ鉄心にぴったりと巻きつけた。コイル1には電流が時間変化できる直流電源を取りつけた。直流電源によって、コイル1に流れる電流を図3-Ⅲのように時間変化させたとき、鉄心上部のすきまには矢印の向きに磁場(磁界)が生じ、コイル2には大きさ V の誘導起電力が生じる。時刻0から $2t$ までを過程1、 $2t$ から $3t$ までを過程2とする。コイル1の断面積を S 、鉄心の透磁率を μ 、時刻 $2t$ での電流値を I として、以下の問いに答えよ。ただし、鉄心内の磁束と鉄心上部のすきまの磁束はコイル1によって発生した磁束と等しく、すきまに発生する磁場は同様であるとする。また、コイル2の抵抗は無視する。

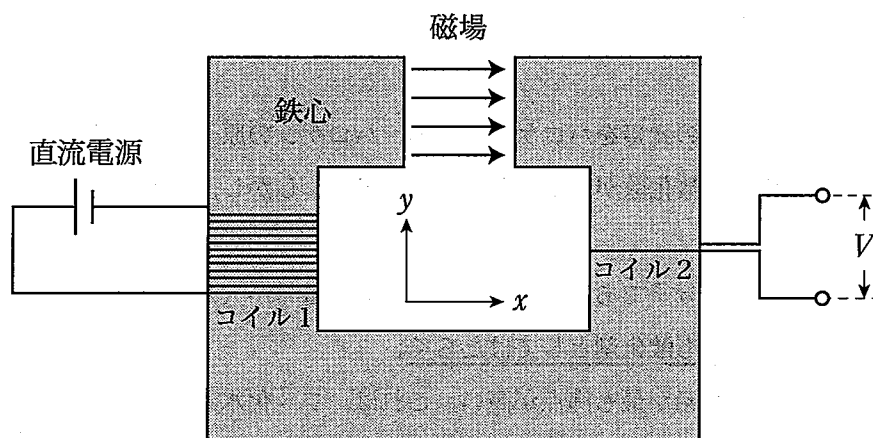


図3-Ⅱ

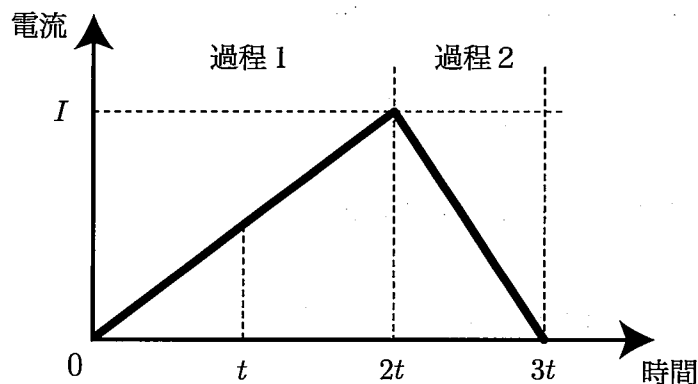


図3-Ⅲ

問4 過程1でコイル2に生じる誘導起電力の大きさを V_1 、過程2でコイル2に生じる誘導起電力の大きさを V_2 とする。
 V_1 を n 、 t 、 S 、 μ 、 I を用いて表せ。また、 V_1 と V_2 との比 $\frac{V_1}{V_2}$ を求めよ。ただし、コイル1内に発生する磁場は、コイル1と同じ巻数の円形コイル内部に生じる一様な磁場と同じであるとする。

次に、コイル1に一定の電流を流す。そのとき鉄心上部のすきまに生じる磁場の磁束密度の大きさを B とする。磁場に垂直で、紙面表から裏に向かう方向に、電荷 $-e$ ($e > 0$)、質量 m の電子を速さ v で鉄心上部のすきまに撃ち込んだ。ただし、重力と空気抵抗は無視できるとする。

問5 鉄心上部のすきまに進入した直後に、電子の運動はどの方向に変化するのかを以下の選択肢(ア)~(エ)の中から1つ選び、その記号を記入せよ。ただし、図3-Ⅱのようにすきま部分の磁場と平行方向に x 軸、その鉛直方向に y 軸をとり、矢印の向きを正とする。

- (ア) x 軸の正の方向 (イ) x 軸の負の方向 (ウ) y 軸の正の方向 (エ) y 軸の負の方向

問6 撃ち込んだ電子はある時間経過したのちに、電子を入射した向きと逆向きに飛び出てきた。鉄心上部のすきま内の一様な磁場中に進入してから飛び出すまでの時間 t' を B 、 e 、 m を用いて表せ。