

平成 25 年度

前期日程

理科問題

〔注意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は $\left\{ \begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 11 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 12 \text{ ページから } 20 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 21 \text{ ページから } 37 \text{ ページ} \end{array} \right\}$ にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理3枚、化学4枚、生物4枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄に1枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

〔理科の解答についての注意〕

理学部志願者

- 数学科，化学科，生物科学科生物科学コースを志望する者は，物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は，物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は，物理と化学の2科目を解答すること。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

物 理 問 題

(解答はすべて物理解答用紙に記入すること)

- [1] ばねと板からなり質量の無視できる緩衝器が壁にとり付けられている。物体が水平な床の上を緩衝器に向かってすべっていき、緩衝器に接した後の物体の運動を考える。物体が緩衝器に接したとき緩衝器のばねの長さは自然長であった。また、物体が壁に最も近づいたとき、ばねにはさらに縮む余裕が残されていた。物体と床の間には、以下のⅠ、Ⅱでは摩擦がなく、Ⅲでは摩擦がある。ばね定数を k 、重力加速度の大きさを g として、以下の間に答えよ。

Ⅰ. 図1のように、なめらかな床の上を質量 M の物体 A が速さ v_0 で緩衝器に向かってすべっていた。物体 A が緩衝器に接した後、ばねは縮んでいく。物体 A が緩衝器に接したときから壁に最も近づくまでの時間を T_1 、壁に最も近づいたときにばねが自然長から縮んだ長さを x_1 とする。

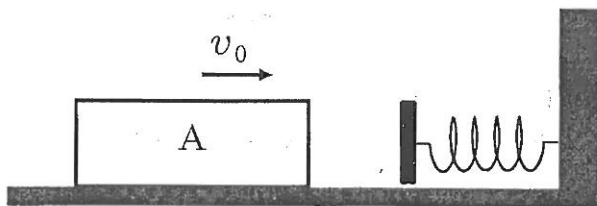


図1

- 問1 T_1 を M 、 k 、 v_0 のうちの必要なものを用いて表せ。
- 問2 x_1 を M 、 k 、 v_0 のうちの必要なものを用いて表せ。
- 問3 T_1 を短くするにはどうすればよいか。以下のうちの正しいものの記号を全て記せ。
- (a) 速さ v_0 を大きくする。
 - (b) ばね定数 k を大きくする。
 - (c) 質量 M を小さくする。

II. 図2のように、質量 M の物体 A の上に質量 m の物体 B を載せた。物体 A と物体 B の間には摩擦があり、その静止摩擦係数を μ とする。2つの物体は一体となり、なめらかな床の上を速さ v_0 で緩衝器に向かってすべっていた。物体 A が緩衝器に接した後も、2つの物体は一体となって運動し、物体 B は物体 A に対してすべることにはなかった。物体 A が最初に緩衝器に接する位置を x 軸の原点とし、物体の初速度の方向を x 軸の正の向きとする。一体となって運動している物体の加速度を a 、物体 B に働く摩擦力の大きさを F とする。

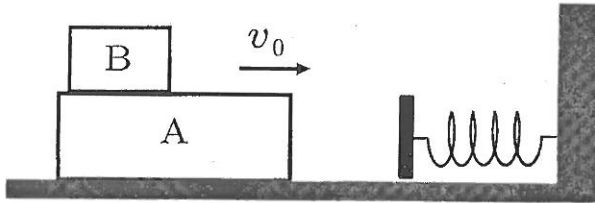


図 2

- 問 4 ばねが x だけ縮んでいるときの物体 A と物体 B の運動方程式を書け。
- 問 5 ばねが x だけ縮んでいるときの物体 B に働く摩擦力の大きさ F を、 M 、 m 、 k 、 v_0 、 g 、 μ 、 x のうちの必要なものを用いて表せ。
- 問 6 物体 B が物体 A に対してすべらないことから、静止摩擦係数 μ が満たす条件を、 M 、 m 、 k 、 v_0 、 g のうちの必要なものを用いて表せ。

Ⅲ. 図3のように、摩擦のある床の上を質量 M の物体 A が緩衝器に向かってすべっていた。緩衝器に接したとき、物体 A の速さは v_0 であった。物体 A は緩衝器に接した後、壁に近づいていき、その後向きを変え、ばねの長さがちょうど自然長となる位置で静止した。床と物体 A には、動摩擦係数と静止摩擦係数が等しい材質を選んだ。ここで動摩擦係数を μ' とする。

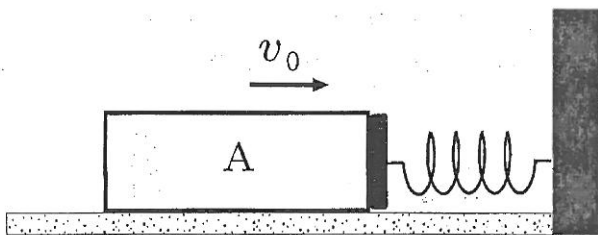


図 3

- 問 7 物体 A の速さ v_0 を M , μ' , k , g のうちの必要なものを用いて表せ。
- 問 8 物体 A が壁に最も近づいた後、バネによって押し戻される。押し戻されるとき物体 A の速さの最大値を v_0 を用いて表せ。

〔2〕 直流電源にコイルとコンデンサーとスイッチが接続された図1のような電気回路を考える。コイルの自己インダクタンスを L ，単位長さ当たりの巻き数を n とし，コイルに流れる電流は a の矢印の向きを正とする。直流電源の電圧は V ，コンデンサーの静電容量は C であり，電源には抵抗値 r の内部抵抗がある。

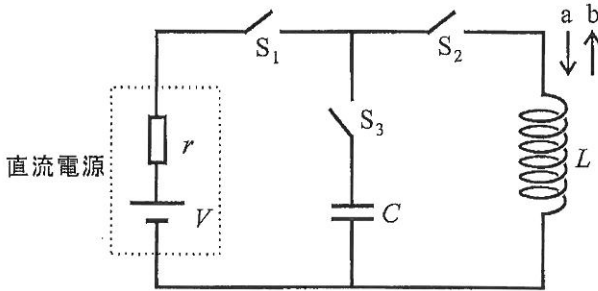


図 1

I, II の最初の状態ではともに，スイッチ S_1 , S_2 , S_3 は全て開いており，電気回路に電流は流れておらず，コンデンサーに電荷はなかった。以下の空欄 に入れるべき適切な式を，解答欄に記入せよ。ただし，(7)，(13) では，{ } から正しいものを 1 つ選択し，(16)，(17) では正しいものを全て選択し，解答欄に記入せよ。

I. 最初の状態からスイッチ S_1 と S_2 を閉じると，コイルに電流が流れる。十分短い時間 Δt の間に電流が ΔI だけ変化した。この時，コイルに生ずる誘導起電力の大きさは， L , ΔI , Δt を用いると (1) と表せる。

その後，十分時間が経過すると，電流の大きさは一定になった。この時，コイルに流れる電流の大きさは (2) であり，コイルで生じる磁場の強さ H_1 は， n , V , r を用いると (3) である。

II. 最初の状態からスイッチ S_1 と S_3 を閉じると、コンデンサーに電荷が蓄えられはじめる。十分時間が経過した後、コンデンサーに蓄えられる電荷量は (4) であり、静電エネルギーは (5) である。

次に、 S_1 を開いて S_2 を閉じると、コンデンサーが放電し始め、コイルに電流が図1の a の矢印の向きに流れ始める。 S_2 を閉じた直後の短い時間 Δt における電流の変化率 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ は (6) である。コンデンサーの電荷がゼロになる時、コイルには (7){a, b} の矢印の向きに電流が流れており、コンデンサーは、 S_2 を閉じる前と正負が逆に充電されはじめる。しばらくすると再び放電が始まる。このように充電と放電が繰り返される結果、コンデンサーとコイルの間には振動電流が流れつづける。この振動電流の角周波数を ω とする。この ω を用いると、コンデンサーのリアクタンスは (8) であり、コイルのリアクタンスは (9) である。コンデンサーおよびコイルにかかる電圧の最大値は V なので、振動電流の最大値は、 V, C, ω を用いると (10) であり、 V, L, ω を用いると (11) と表せる。コイルとコンデンサーに流れる振動電流の最大値は等しいので、 ω は (12) と求められる。 S_2 を閉じた時点からのコイルに流れる電流 I の時間変化は、図2の (13){(a), (b), (c), (d)} である。コンデンサーとコイルに蓄えられるエネルギーの和は一定なので、コイルで発生する磁場の強さの最大値 H_2 は、 n, V, C, L を用いると (14) である。

次に、強い磁場を発生させることを考えよう。コイルの長さ l と断面積をそれぞれ l と A とする。コイルの半径に比べて l は十分に大きいので、コイル内部には一様な磁場ができています。真空の透磁率を μ_0 とし、 n, l, A, μ_0 を用いると、コイルの自己インダクタンス L は、(15) である。一方、コンデンサーは平行平板コンデンサーであり、その極板の間隔と面積はそれぞれ d と W である。また、真空の誘電率を ϵ_0 とする。磁場の強さ H_2 を大きくするには、

(16) $\{n, \ell, A, d, W\}$ の値を小さくし, (17) $\{n, \ell, A, d, W\}$ の値を大きくすればよい。

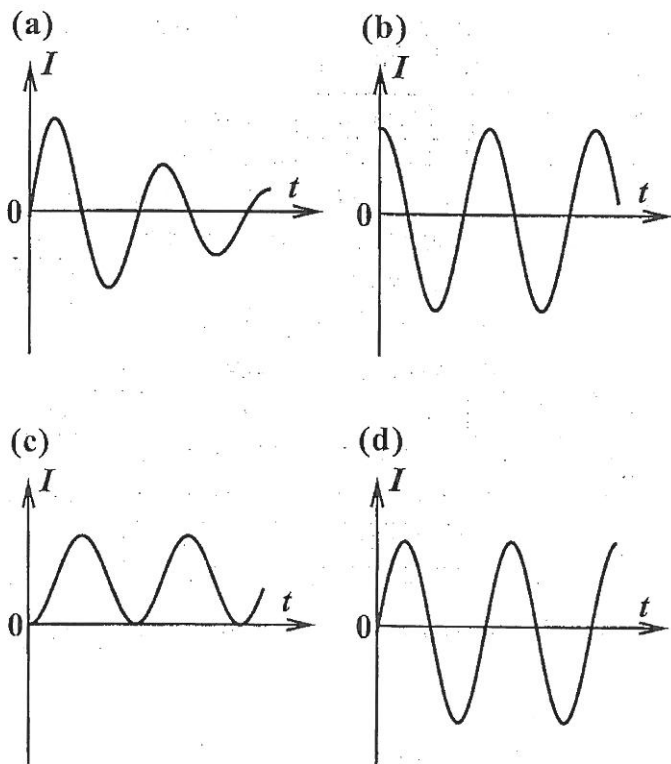


図 2

- [3] 図1のように、屈折率 n_1 の平面ガラスの上に、一方が平面で他方が半径 R の球面になっている屈折率 n_2 の平凸レンズをのせ、レンズの真上から波長 λ の単色光を入射させる。ここで $n_2 \geq n_1 > 1.0$ である。これを真上から見ると、平凸レンズの下面で反射した光と平面ガラスの上面で反射した光が干渉して、接点 O を中心とする明暗の輪(リング)が同心円状に形成される。これをニュートンリングと呼ぶ。この現象について以下の間に答えよ。また、選択肢については正しいものを選択し、その番号を解答欄に記せ。

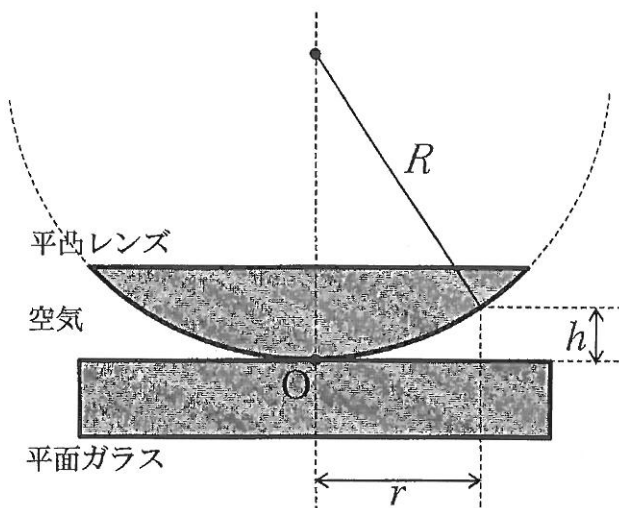


図1

I. 平面ガラスと平凸レンズの間が空気の場合を考える。ただし、空気の屈折率は1.0である。ここで、光が、屈折率のより大きな媒質で反射するときは、位相が逆になることに注意せよ。

問1 接点 O から平面ガラスに沿って距離 r だけ離れた点における、平面と球面の距離 h を、 r と R を用いて表せ。ただし、 h は R に比べて十分

に小さいとし、絶対値が1より十分小さい x に対しては、 $(1+x)^a \approx 1+ax$ の近似式を用いよ。

問 2 接点 O 付近は、円状に ① 明るく, ② 暗く 見える。その理由を解答欄に記せ。

問 3 接点 O から m 番目 ($m = 1, 2, 3, \dots$) の明輪の半径 r_m を、 m, R, λ のうちの必要なものを用いて表せ。

問 4 このニュートンリングを真下から観測した場合、明暗の輪は真上から観測したときと比べてどう見えるか。次のうちの正しいものを選択せよ。

- ① 全く同じに見える。
- ② 輪の明暗が反転して見える。
- ③ ニュートンリングは見えない。

II. 平面ガラスと平凸レンズの間を、屈折率 n の液体で満たす場合を考える。

問 5 液体の屈折率 n がある条件を満たす時に、ニュートンリングは観測できなくなる。その条件を表せ。

問 6 ニュートンリングが観測される場合、リングの中心 O から m 番目の明輪の半径 r_m を、 m, R, λ, n のうちの必要なものを用いて表せ。必要があれば、液体の屈折率 n の値によって場合分けをすること。

Ⅲ. 液体が残ったまま、図2のように平面ガラスから平凸レンズをゆっくりと持ち上げていく場合を考える。ここで、屈折率は $n_1 = n_2$ であるとし、平凸レンズの平面ガラスからの高さを d とする。平凸レンズを持ち上げても平面ガラスとの間は常に液体で満たされており、空気は入らない。また、 $d = 0$ でニュートンリングは観測されていた。

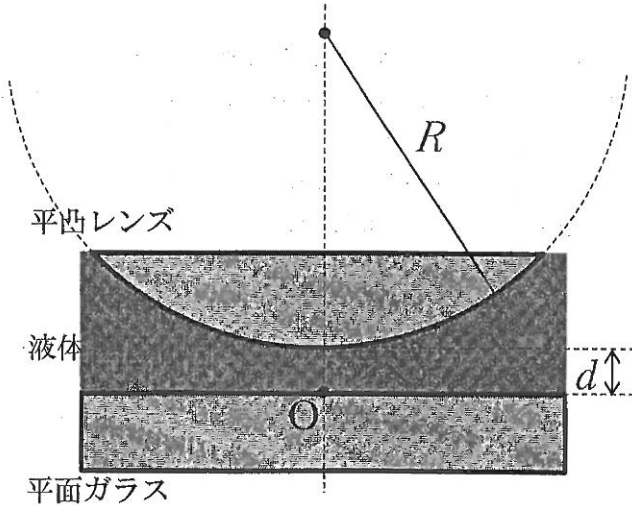


図2

問7 平凸レンズをゆっくりと持ち上げ始めると、明暗の輪の半径は

① 大きく、② 小さく なってゆく。

高さ d がある条件を満たす時に、ニュートンリングは、平凸レンズを持ち上げる前と同じ形状になる。最初に同じ形状になる高さを d_1 、2回目に同じ形状になる高さを d_2 とする。

問8 d_1 を R , λ , n のうちの必要なものを用いて表せ。

問 9 高さ d が $d_1 < d < d_2$ の時, リングの中心 O から m 番目の明輪の半径 r_m を m, R, λ, n, d のうちの必要なものを用いて表せ。必要があれば, 高さ d の値によって場合分けをすること。