

平成 25 年 度

# 理 科

2 科目選択 時間 120 分

問 題 物 理 ページ：1～2

化 学 ページ：3～4

生 物 ページ：5～7

解答用紙 物理, 化学, 生物 各1枚

- 注 意
1. この中には上記の物が入っている。試験開始後確認すること。
  2. 3 科目すべての解答用紙に受験番号を記入すること。
  3. 出願のときの選択に従って2科目について解答すること。
  4. 試験終了時に、3科目すべての解答用紙を回収する。

物 理 (全2の1)

1 図1のように、水平でなめらかな床の上に置かれた半径  $R$  [m] のなめらかな表面を持つ球がある。球は点  $P$  に固定されている。球の頂点  $A$  に質量  $m$  [kg] の小物体を置き、静かにはなして、球の表面上を滑らせた。重力加速度を  $g$  [m/s<sup>2</sup>] として次の問いに答えなさい。解答欄に [ ] がある所はその単位を SI 国際単位系による簡潔な形で記入しなさい。

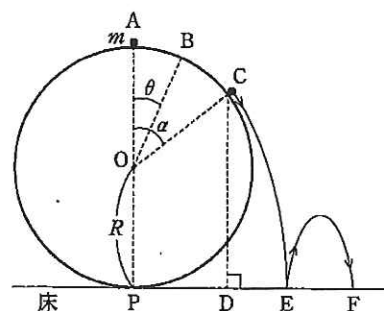


図 1

- (1) 床面を基準としたとき、頂点  $A$  の小物体の位置エネルギーはいくらか。
- (2) 鉛直方向  $OA$  から角度  $\theta$  [rad] 傾いた球面上の点  $B$  を通過する小物体の速さはいくらか。また、小物体が球の面から受ける垂直抗力の大きさはいくらか。
- (3) 鉛直方向  $OA$  から角度  $\alpha$  [rad] 傾いた点  $C$  で小物体は球の表面から離れた。点  $C$  における小物体の速さはいくらか。また、点  $C$  の鉛直下方の点を  $D$  としたとき、点  $C$  から点  $D$  までの距離を  $R$  をもちいて表わしなさい。
- (4) 小物体は点  $C$  で球の表面から離れた後、放物運動を行い、点  $E$  に落下した。点  $E$  に落ちる直前の小物体の速さはいくらか。
- (5) 小物体は点  $E$  でなめらかな床面ではね返り、再び点  $F$  で床に衝突した。はねかえり係数を  $e$  として、点  $E$  で小物体がはね返った直後の床面に垂直方向の速さはいくらか。また、 $EF$  間の距離はいくらか。

2 真空中で以下の実験を行った。物理量は SI 国際単位系を用いてあるとして、以下の問いに答えなさい。真空の透磁率を  $\mu_0$ 、誘電率を  $\epsilon_0$  とする。

- (1) 単位長さあたり  $n$  回巻かれた、長さ  $a$ 、断面の半径が  $r$  であるソレノイドコイルがある。このソレノイドコイルに電流  $I$  を流すと、作られるコイル内の磁場は一様でその磁束密度は  $\mu_0 n I$  であることが知られている。 $\Delta t$  時間に  $\Delta I$  の電流が増加したとき、磁束  $\Phi$  の単位時間当たりの変化の割合  $\Delta\Phi/\Delta t$  はいくらか。その結果このコイルの両端に生じる起電力はいくらか。一般に、自己インダクタンス  $L$  は誘導起電力  $V$ 、電流の時間変化の割合  $\Delta I/\Delta t$  とどのような関係で結び付けられているか。これを用いるとこのコイルの自己インダクタンス  $L$  はどう表現されるか。
- (2) 面積  $S$  の 2 枚の導板を距離  $d$  だけ離して平行板コンデンサーを作った。電池をつなぎ両極板間に電位差  $E$  を与えた。しばらく放置した後、電池を外した。蓄えられている電気量はいくらか。
- (3) (2) の電荷を蓄えたコンデンサーの電気容量を  $C$  であらわす。このコンデンサーを図2のように自己インダクタンス  $L$  のコイルとつないだ。図中、コンデンサーに表現されている  $+$   $-$  は、初めに蓄えた電荷の符号である。回路を流れる電流は特徴的な時間変化を示した。この回路に流れる電流の時間変化の様子を、回路をつないだ時を  $t = 0$  として、解答欄に書き入れなさい。ただし図2中の矢印の方向を正とする。コイルに蓄えられているエネルギーの時間変化も解答欄の図に書きなさい。図には特徴的な値(矢印の位置)を横軸、縦軸に記入すること。

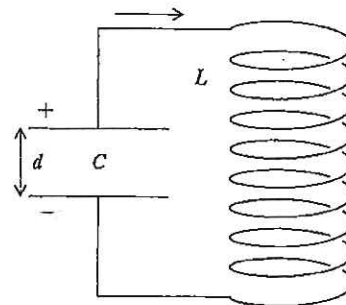


図 2

物 理 (全2の2)

3 溝の間隔、すなわち格子定数が  $D$  [m] である回折格子の格子面に向かって可視光線の単色光をあて、反射する光を観察する実験を行った。SI 国際単位系を用いたとして、以下の問に答えなさい。真空中での光速を  $c_0$  [m/s] とし、数値計算に当たっては  $c_0 = 3.00 \times 10^8$  [m/s] を用いなさい。有効数字 2 桁で計算し、解答欄 [ ] 内には簡潔な形での単位を記入しなさい。

(A-1) 図 3-1 のように、回折格子を配置して光の作る縞を観測した。回折格子の格子に垂直な面  $P$  に平行に、波長  $\lambda$  の光を入射した。回折格子面より  $L$  [m] 離れた位置にスクリーンを置く ( $D \ll L$ )。スクリーン上、回折格子の中央に立てた法線から  $d_1$  [m] だけ離れた位置にある窓  $W$  から光を回折格子に向けて照らした。格子面からの反射光は、スクリーン上、入射光とは法線に関して反対側、法線から距離  $d_2$  [m] のスクリーン上に明線を作った。

図 3-2 は格子面上での様子である。光源より出た光の一部、光  $A$ 、光  $B$  は、隣り合う格子に到達する。それぞれの光  $A$ 、 $B$  が格子面に達したとき、点  $A_L$ 、 $B_L$  を波源として素元波が出る。スクリーン上で明線を作る条件は、光源からスクリーン上までの両者の経路に関して、ある条件がみたされた時に達成される。この条件をあらわしなさい。

(A-2)  $D = 1.00 \times 10^{-6}$  [m]、 $L = 1.00$  [m]、 $d_1 = 9.50 \times 10^{-2}$  [m] であるとき、 $d_2 = 5.10 \times 10^{-2}$  [m] に明線が観測される条件を満たす光の波長を求めなさい。必要であれば、 $\epsilon \ll 1$  の時、 $\sqrt{1 + \epsilon} \approx 1 + (\epsilon/2)$  なる関係を用いなさい。

(B-1) 次に、格子面よりスクリーンまでの空間を屈折率  $n$  の透明な液体で満たした。別の振動数  $f$  の光を今度は法線に沿って、すなわち、 $d_1 = 0$  [m] として、回折格子に入射した。スクリーン上、法線から  $d_3$  [m] だけ離れた点に明るい縞模様を観測した。この光の振動数  $f$  が満たすべき条件式を書きなさい。

(B-2)  $D = 2.00 \times 10^{-6}$  [m]、 $L = 1.00$  [m]、 $n = 1.33$  であるとき  $d_3 = 4.00 \times 10^{-2}$  [m] で明線が観測された。この光の振動数を求めなさい。

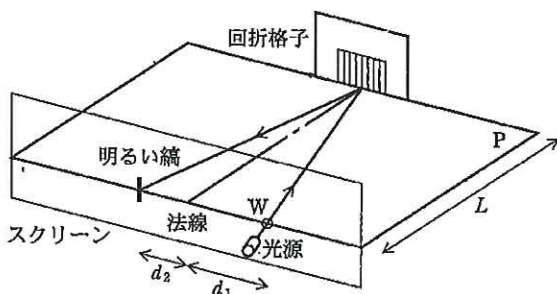


図 3-1

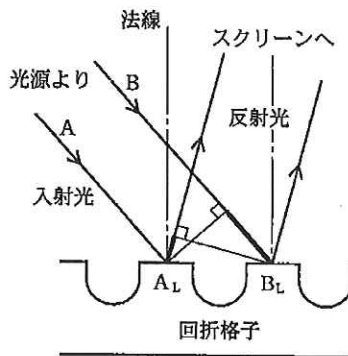


図 3-2