

学 力 検 査 問 題

理 科

平成 28 年 2 月 25 日

(理科 1 科目受験者)	(理科 2 科目受験者)
自 12 時 30 分	自 12 時 30 分
至 13 時 30 分	至 14 時 30 分

答案作成上の注意

- 1 この問題冊子には、物理基礎・物理(3～14 ページ)、化学基礎・化学(15～24 ページ)、生物基礎・生物(25～40 ページ)、地学基礎・地学(41～50 ページ)の各問題があります。総ページは 50 ページです。
- 2 解答用紙は、生物基礎・生物は 2 枚(表裏の計 4 ページ)です。物理基礎・物理、化学基礎・化学、地学基礎・地学は、それぞれ 1 枚(表裏の 2 ページ)です。
- 3 下書き用紙は、各受験者に 1 枚あります。
- 4 **受験番号**は、解答用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
- 5 解答は、解答用紙に記入しなさい。
出願の際に届け出た科目以外の科目について解答しても無効となります。
- 6 配付した解答用紙は、持ち出してはいけません。
- 7 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ってください。

このページは白紙です。

物理基礎・物理 (3 問)

- 〔 I 〕 図 1 のように、水平な床から高さ h の天井の点 P に、長さ ℓ の軽い糸の一端を固定し、他端に質量 M の小物体 1 を取り付けた。小物体 1 の糸の反対側には質量 m の小物体 2 が取り付けられていて、二つの小物体は一体となって運動する。ただし、小物体 2 が小物体 1 から受ける力の方向は、糸に平行な方向に限られ、その力の大きさが F 以上になると、二つの小物体は分離するようになっていく。糸が鉛直下向きとなす角を θ として、以下の問いに答えよ。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。

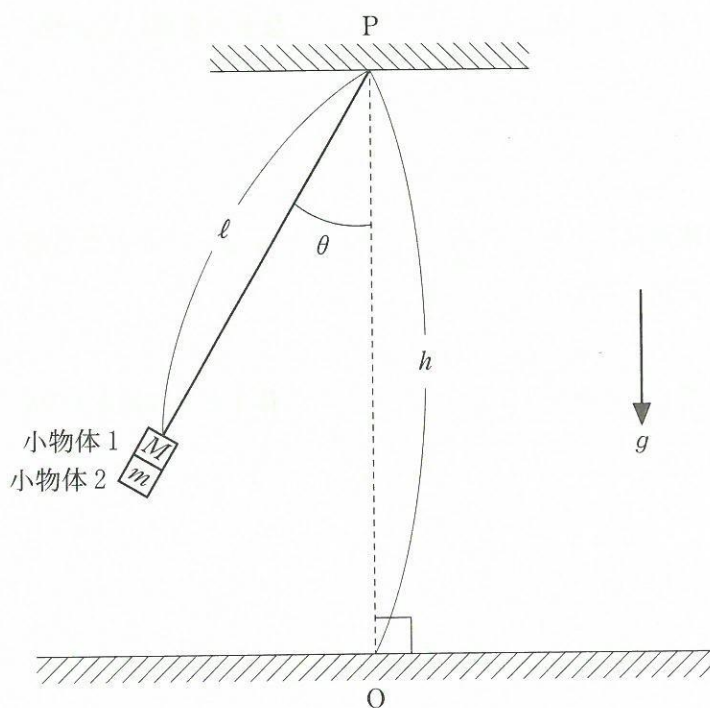


図 1

$\theta = \alpha$ の位置から一体となった小物体を静かに放したところ、小物体と糸は長さ ℓ の単振り子として運動した。

問 1 小物体の速さ v を、 θ の関数として求めよ。また、導き方も記せ。

問 2 糸の張力 T を, $M, m, g, \theta, \alpha, \ell$ のうち必要なものを用いて表せ。また, 導き方も記せ。

はじめの角 α をいろいろな値に変えて, 同じ実験を繰り返したところ, $\alpha \geq \beta$ のときにのみ, 運動の途中で小物体 2 が分離することがわかった。

問 3 $\alpha = \beta$ のとき, 小物体 1 と 2 が分離する角 θ を求めよ。

問 4 F を, M, m, g, β, ℓ のうち必要なものを用いて表せ。また, 導き方も記せ。

問 5 $\alpha = \beta$ のとき, 小物体 1 から分離した小物体 2 は, 図 1 の点 O から距離 x の地点に落ちた。距離 x を, M, m, g, β, ℓ, h のうち必要なものを用いて表せ。また, 導き方も記せ。

問 6 問 5 で小物体 2 が分離した後, 小物体 1 と糸は長さ ℓ の単振り子として運動した。この単振り子の振れ角 θ の最大値を求めよ。また, 導き方も記せ。

〔Ⅱ〕 図1に示すような、抵抗、コンデンサー、コイル、電源、スイッチからなる回路がある。抵抗の抵抗値を R 、コンデンサーの静電容量を C 、コイルの自己インダクタンスを L 、電源の電圧を一定値 $V(V > 0)$ とする。

最初、スイッチ1とスイッチ2は開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていなかった。抵抗に流れる電流を I として、以下の問いに答えよ。

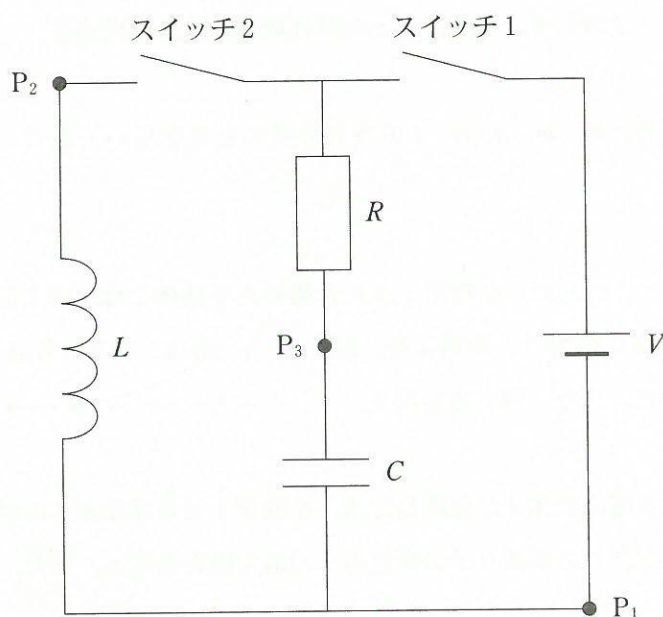


図1

問1 まず、スイッチ1を閉じた。その直後の電流 I の大きさ I_0 を記せ。

問2 問1の後、 I は減少し、十分に長い時間が経過すると0とみなすことができるほど小さくなった。このとき、コンデンサーに蓄えられているエネルギー W_C を記せ。

問3 スwitch1を閉じてから問2の状態になるまでの間に、抵抗でジュール熱として消費されたエネルギー W_R を求めよ。また、導き方も記せ。

次に、スイッチ1を開いた後に、スイッチ2を閉じた。その時刻を0とすると、電流 I は時刻 t とともに図2のように変化し、0に近づいていった。

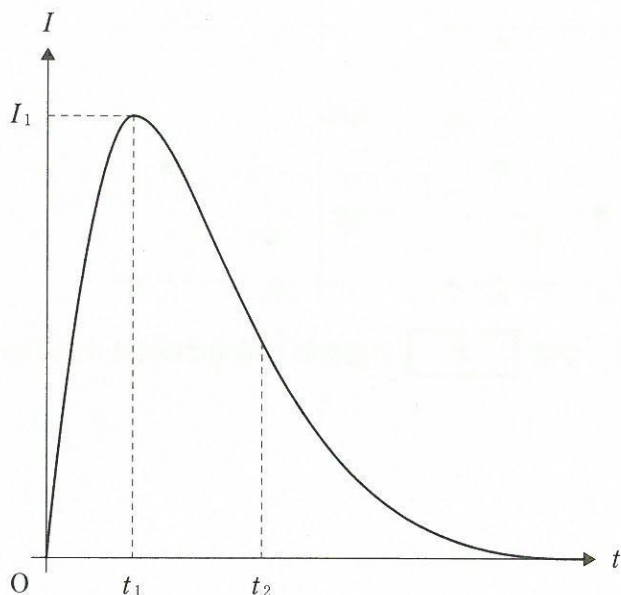


図2

問4 次の文章中の空欄 ア ～ オ に入る適切な数式または記号を解答欄に記入せよ。

$t = 0$ では、 $I = 0$ より、コイルの誘導起電力の大きさは ア である。 $t = t_1$ において、 I は最大値 I_1 となった。このとき、回路上の点 P_1 を基準とした点 P_2 の電位は イ，点 P_3 の電位は ウ である。 $t = t_2$ における短い時間 Δt の間の電流の変化を ΔI とすると、コイルに生じる誘導起電力の大きさは エ と表される。このとき、点 P_1 の電位に対する、点 P_2 、点 P_3 の電位を表すグラフとして最も適切なものは、図3(a)～(e)のうち オ である。

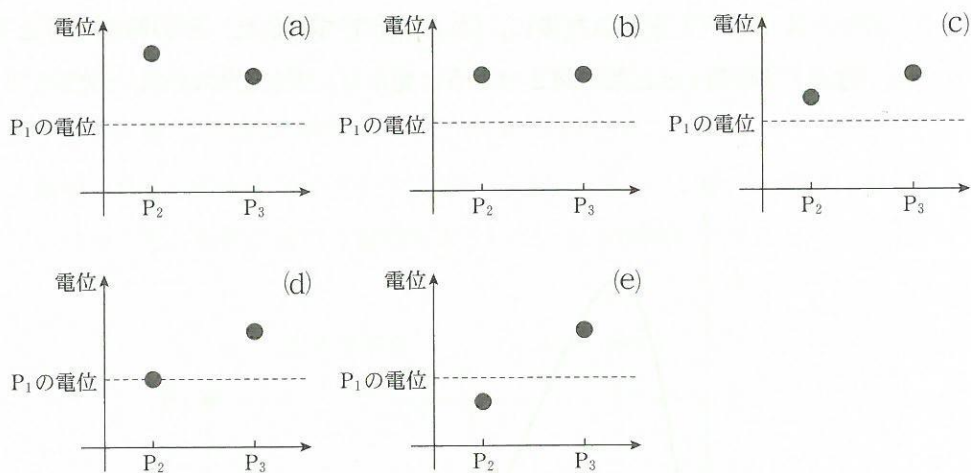


図3 空欄 オ の選択肢。横軸は回路上の点の位置を示す。

このページは白紙です。

〔Ⅲ〕 次の問いに答えよ。

問 1 図 1 のような、一辺の長さが L の立方体の容器に閉じ込められた温度 T の理想気体の圧力を、次のようなモデルで考える。

- ・ 気体分子は質量 m の質点とみなす。
- ・ 気体分子は容器の中に N 個あるが、互いに衝突することはない。
- ・ 気体分子は容器の壁と弾性衝突する。
- ・ N 個の気体分子はすべて同じ速さ v で、特定の方向に偏らず、容器の壁と衝突するとき以外は等速直線運動をしている。

アボガドロ数を N_A 、気体定数を R とする。このとき、下の文章中の空欄

(い) ~ (と) に入る適切な数式を解答欄に記入せよ。

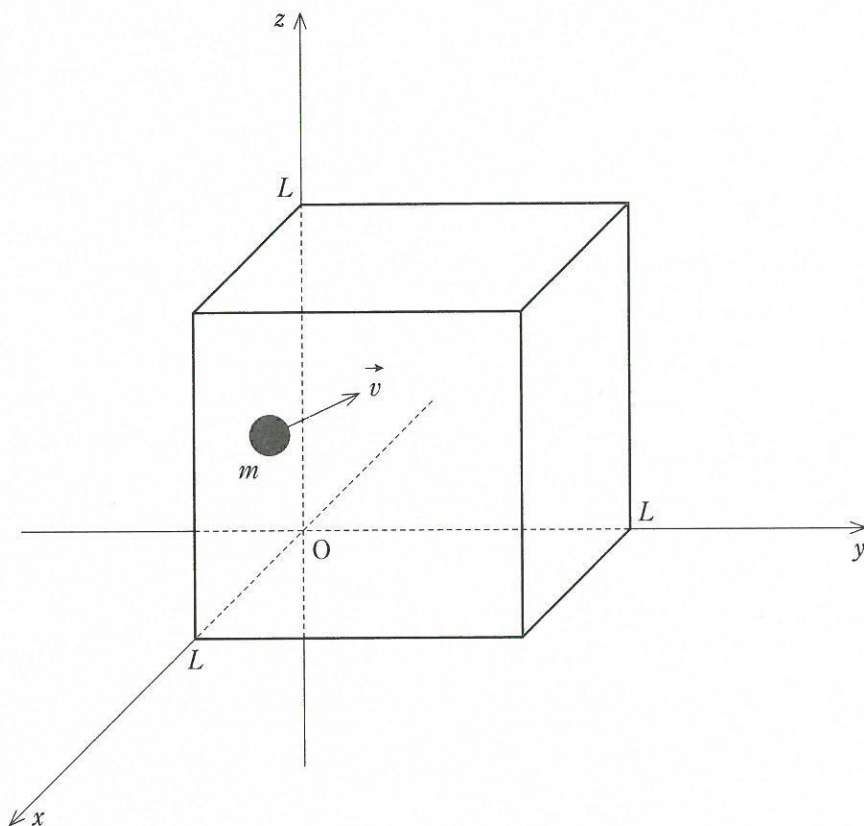


図 1

速度 $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$ をもつ気体分子が x 軸に垂直な壁面に衝突すると速度の x 方向成分は $-v_x$ になる。よって、この衝突で壁に与えられる力積の大きさは (い) である。この気体分子は時間 (ろ) の後、再び同じ壁面に衝突する。したがって、単位時間に分子 1 個が壁に与える力積の大きさは (は) となる。一方、 $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$ であるが、 N 個の分子の速度の向きには偏りがないので、 v_x^2 を気体全体で平均した値は、 v を用いて、(に) と表すことができる。よって、 N 個の分子がこの壁に及ぼす力の大きさは L, m, N, v を用いて (ほ) , 気体の圧力は (へ) と書ける。これを理想気体の状態方程式と比較すると、 N_A, R, T を用いて、分子 1 個の運動エネルギーは (と) と書ける。

問 2 以下の文章中の空欄 (1) ~ (6) に入る適切な数式や記号，語句を解答欄に記入せよ。ただし，(2) ・ (4) では欄内の選択肢から選べ。

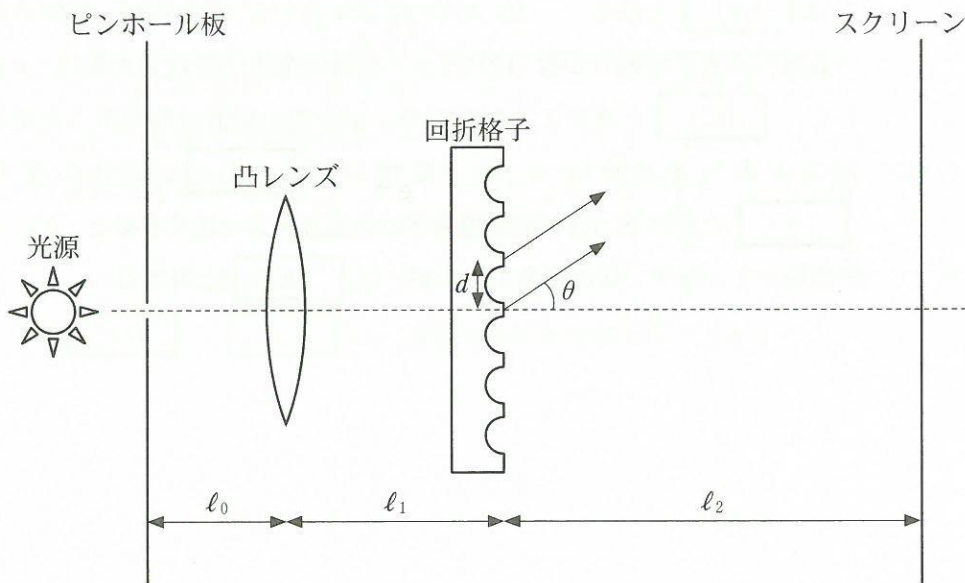


図 2

図 2 のように，小さい穴が開いた板(ピンホール板)，凸レンズ，回折格子，スクリーンを置き，破線で示すレンズの光軸上に，波長 λ の単色光源と，ピンホール板の小さい穴を配置する。ピンホール板とレンズの距離を ℓ_0 ，レンズと回折格子の距離を ℓ_1 ，回折格子とスクリーンの距離を ℓ_2 ，レンズの焦点距離を f ，回折格子の格子定数を d ，回折光と光軸のなす角を θ とする。回折格子とスクリーンは，レンズの光軸に対して垂直に，十分離して設置されている。

ピンホール板の穴が十分小さいとき，穴を通った光は回折によって放射状に広がる。波の回折は，「波面上の各点はその点を波源とした (1) 波を出す。」とするホイヘンスの原理によって説明することができる。以下，ピンホール板の穴を点光源と考える。ピンホール板と凸レンズの距離 ℓ_0 を

(2) $\ell_1, \frac{f\ell_1}{f+\ell_1}, f$ にしたところ、光軸に平行な光線が回折格子に入射

し、スクリーン上には明るい線(明線)が並んだ縞模様が現れた。これらの明線は、回折格子から出た隣り合う回折光が強め合ったために現れたもので、強め合うための θ の条件は、隣り合う回折光の経路差 $\Delta x =$ (3) が、光の (4) 位相, 波長, 半波長 の m 倍 ($m = 0, 1, 2, \dots$) になることである。 $m = n$ の明線と、その隣の $m = n + 1$ の明線の θ を、それぞれ $\theta = \theta_n, \theta = \theta_{n+1}$ とすると、スクリーン上の明線の間隔 Δs は θ_n, θ_{n+1} を用いて、 $\Delta s =$ (5) と書ける。また、角度 θ が十分小さいとき、 d は Δs を用いて、 $d =$ (6) と書ける。

このページは白紙です。