

学 力 検 査 問 題

理 科

平成 22 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、化学、生物、地学の各問題があります。総ページは 48 ページです。
- 2 解答用紙は、生物は 2 枚(表裏の計 4 ページ)です。
物理、化学、地学は、それぞれ 1 枚(表裏の 2 ページ)です。
- 3 化学には、選択問題があります。
化学の注意事項をよく読んで解答しなさい。
- 4 下書用紙は、各受験者に 1 枚あります。
- 5 受験番号は、解答用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
- 6 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。
- 7 配付した解答用紙は、持ち出してはいけません。

理 科

物 理	3 ページ～ 12 ページ
化 学	13 ページ～ 24 ページ
生 物	25 ページ～ 40 ページ
地 学	41 ページ～ 48 ページ

9 ページ, 12 ページ, 24 ページ, 29 ページ, 40 ページは白紙です。

以 上

物 理 (3 問)

〔Ⅰ〕 図1のように、点Pに固定した長さ l の軽い糸に質量 m_1 の質点1をつける。

糸がたるまないように鉛直方向と角度 θ をなす位置Aまで持ち上げ、静かに手を離す。最下点Bに置かれていた質量 m_2 の質点2は、質点1との衝突後、図中右向きに動き出す。その後、質点2は、高さ h の水平な台上から飛び出し、水平距離で d だけ離れた床上の点Cに落下した。重力加速度の大きさを g とし、面上の摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。 $\sin \theta \simeq \theta$ の近似は、問2と問6だけで使います。

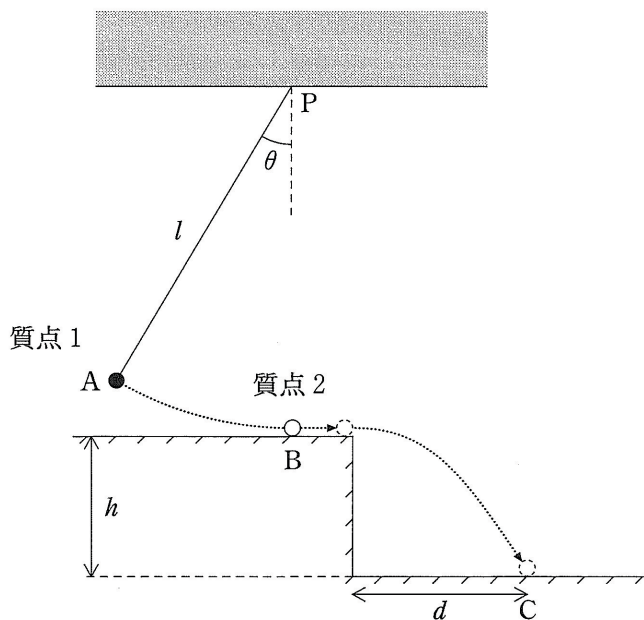


図1

まず、質点1と質点2の衝突直前までを考える。

問1 質点1が動き出した直後、質点1に働く力を解答用紙図中に、矢印で示し、各々の力の名称を書け。

問2 $\sin \theta \simeq \theta$ が成り立つとき、動き始めた質点1が質点2に衝突するまでの時間 T を求めよ。考え方も記せ。

問3 衝突直前の質点1の速度を v_1 とおき、力学的エネルギー保存則の式を立てて、速度 v_1 を g 、 l 、 θ を用いて表せ。

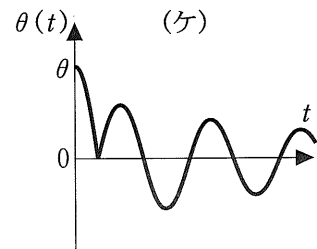
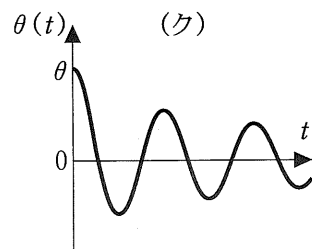
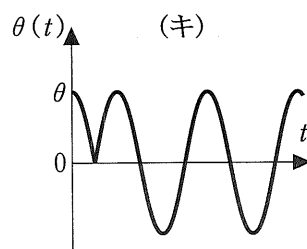
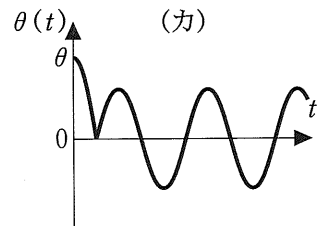
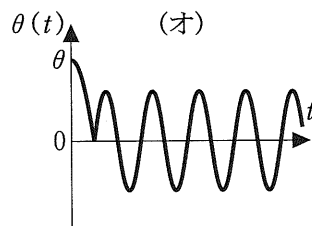
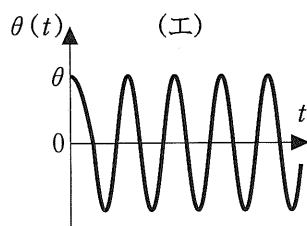
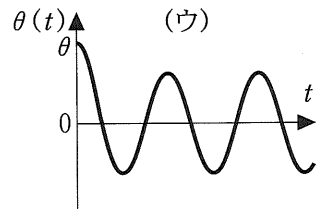
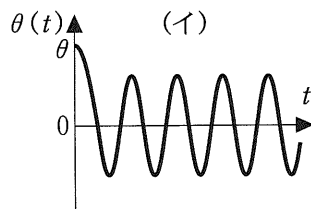
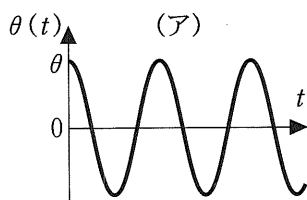
次に、質点1と質点2の衝突を考える。衝突は、非弾性の正面衝突とする。反発係数を e 、衝突直前の質点1の速度を v_1 、衝突直後の質点1及び2の速度をそれぞれ v_1' 、 v_2' とおく。

問4 運動量保存則の式、速度と反発係数の関係式を示せ。また、速度 v_1' 、 v_2' を m_1 、 m_2 、 g 、 l 、 θ 、 e を用いて表せ。

問5 反発係数 e を d 、 h 、 l 、 θ 、 m_1 、 m_2 を用いて表せ。導き方も記せ。

さらに、質点1と質点2の衝突後を考える。 $m_1 < em_2$ が成り立つとき、次の問いに答えよ。

問6 位置Aで手を離した時刻を $t=0$ として、振れ角の時間変化 $\theta(t)$ を次のグラフ群(ア)~(ケ)の中から選び答えよ。また、選んだ理由を簡条書きで説明せよ。



グラフ群

〔Ⅱ〕 次の問いに答えよ。

問 1 次の文章中の空欄 ～ および ～ に入る適切な語句，数式を解答欄に記入し， では適切な語句を選んで解答欄に記入せよ。

平面波がスリットを通過するとき，スリットの幅が平面波の波長より十分小さければ，ホイヘンスの原理により通過後に波形が変化し， となる。これから，少し工夫したヤングの実験を行なう。図 1 のように，平行光線の進行方向と垂直に波をさえぎる不透明な薄板を置く。その薄板には，距離 d だけ離して 2 つのスリット S_1 と S_2 を開けてある。スリットの間隔 d に比べて十分に大きい距離 L だけ薄板から離れた位置にスクリーンを置く。

スリット後方から単色の平行光(波長 λ)を入射した。まず， S_1 もしくは S_2 をさえぎって単スリットにするとスクリーン上に明暗は現れなかった。次に， S_1 と S_2 による複スリットにしたら，スクリーン上に明暗の縞模様が現れた。これは，光が波の性質をもち および干渉をしたことにより生じたものである。スクリーン上で最も明るい明線の位置を O とし， O から m 番目の明線の位置を P とする。 O と P との間の距離 x_m は L に比べて十分小さい。明線が出る条件として距離 S_1P と距離 S_2P との差には，次の関係がある：

$$|S_1P - S_2P| = \text{ }$$

次に，図 2 のように，スリット S_1 の前に屈折率が n で厚さが D の透明な薄い平行平板を置いた。 $n > 1$ の場合，最も明るい明線は，図 2 のスクリーンの 方向へ移動する。このとき，最も明るい明線の位置から m 番目の明線の位置までの距離を x_m' とすると， x_m と x_m' との差は，

$$|x_m - x_m'| = \text{ }$$

である。計算には角度 θ が微小量である場合の関係式 $\sin \theta \doteq \tan \theta$ を用いて良い。

次に、図 3 のように、紙面の鉛直方向に軸をもつ偏光板 A を S_1 の前に、紙面の上下方向に軸をもつ偏光板 B を S_2 の前に置いた。偏光板 A および偏光板 B の厚みと屈折率は同一である。スリットに入射している平面波は自然光を用いているため、同量の光が S_1 , S_2 を通過する。このとき、偏光板 A, 偏光板 B を置かなかった時に見られた明暗の縞模様は見られなかった。これは、光が 力 波だからである。

最後に、図 1 の複スリットに光の 3 原色である、赤、青、緑の光を混合して作った白色光を入射したところ、スクリーンには色とりどりの明線が現れた。このとき、最も明るい明線は、キ 色になった。また、最も明るい明線に一番近い明線は、ク 色である。

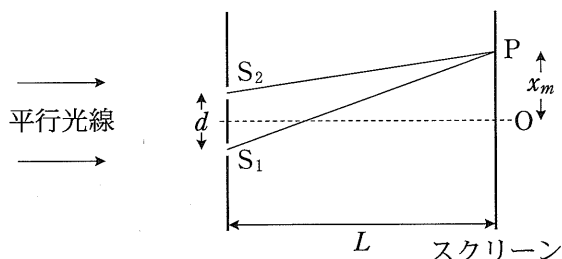


図 1

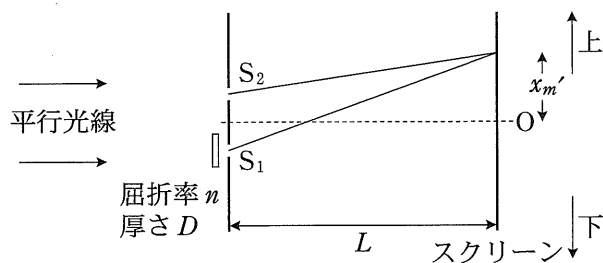


図 2

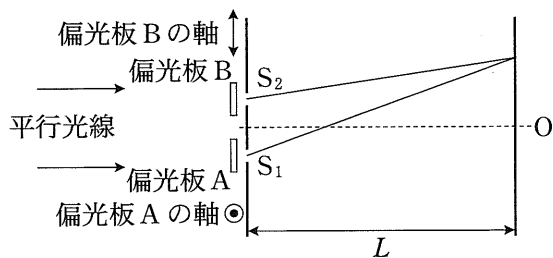


図 3

問 2 次の文章中の空欄 ～ に入る適切な語句、数や式を記入し、 では適切な語句を選んで解答欄に記入せよ。

理想気体をピストン付きのシリンダーに入れ、外から熱を加えると内部エネルギーが増加する。同時に、気体は膨張して外に対して仕事をする。

内部エネルギーの増加量、加えた熱量および気体が外にする仕事の大きさをそれぞれ ΔU 、 Q 、 W とすると、 $\Delta U =$ の関係が成り立つ。この関係を、 法則とよぶ。

いま、図 4 のように、理想気体の状態を A から始めて、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ と変化させ、元の状態 A に戻した。この 1 サイクルにおける内部エネルギーの変化は、 $\Delta U =$ であり、気体が吸収した熱量は、 $Q =$ である。

C $\rightarrow$ A 間において、状態 A の絶対温度は、状態 C の絶対温度の 倍になっている。次に、B $\rightarrow$ C 間の状態変化を等温変化に置き換えたとする。この場合は、 の法則が成り立つから、等温変化に置き換える前に比べて、気体が外部にする実質の仕事量は、：増加、減少、保存 する。

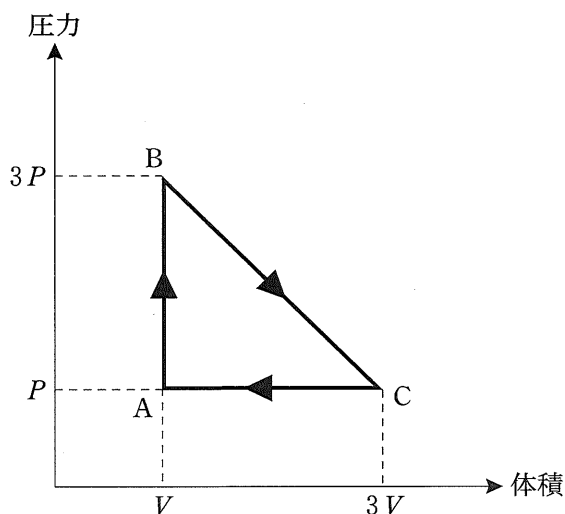


図 4

このページは白紙です。

〔Ⅲ〕 鉛直上向きで磁束密度 B の一様な磁場中に、導体でできた 2 本の平行なレールを距離 l だけ離して水平に置く。レールの上に、質量 m 、電気抵抗 R で太さの無視できる角棒をレールと直角に置き、XY 間にスイッチ S あるいはコンデンサーをつないで、以下の問 1 と問 2 の実験を行った。レールと角棒間の摩擦や、レールおよびスイッチの電気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。

問 1 はじめに、XY 間にスイッチ S をつないだ。角棒が動かないように固定して、図 1 のようにレールを水平面から角度 θ だけ傾けた。その後、スイッチ S を閉じてから角棒の固定を静かに外す。

- (1) 角棒が動き始めると同時に、レールと角棒とスイッチで構成される回路に電流が流れ始める。電流は、 $X \rightarrow (S) \rightarrow Y$ もしくは $Y \rightarrow (S) \rightarrow X$ のどちら向きに流れるか答えよ。
- (2) 角棒の速さを v として、回路に流れる電流の大きさを求めよ。導き方も記せ。
- (3) やがて、角棒は一定の速さでレール上を動くようになる。このときの速さを求めよ。導き方も記せ。

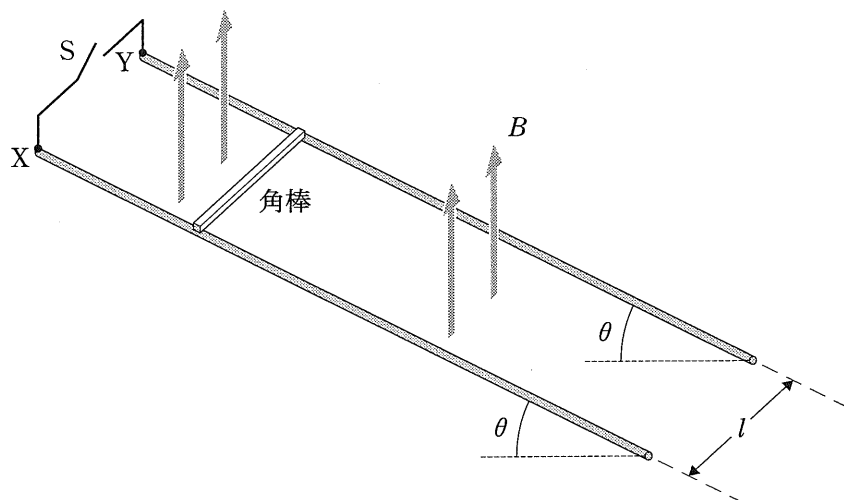


図 1

問 2 角度 θ を 0 度に戻し、再び角棒を静かにレールと直角に置いた。次に、予め起電力 V の電池につないで電荷を蓄えておいた静電容量 C のコンデンサーを、スイッチ S および電圧計とともに XY 間に図 2 のようにつなぐ。スイッチ S を閉じると角棒は図 2 の右向きに動き始め、やがて一定の速さになった。そのときの電圧計の値は、 $\frac{V}{3}$ になっていた。

- (4) 始めにコンデンサーに蓄えられていた電気量を答えよ。
- (5) なぜ、角棒の速さが一定になったのか説明せよ。また、そのときの角棒の速さを求めよ。
- (6) 始めにコンデンサーに蓄えられていたエネルギーのうち、 $\frac{2}{3}$ がジュール熱に使われた。このとき、角棒の質量 m を B , C , l を用いて求めよ。導き方も記せ。

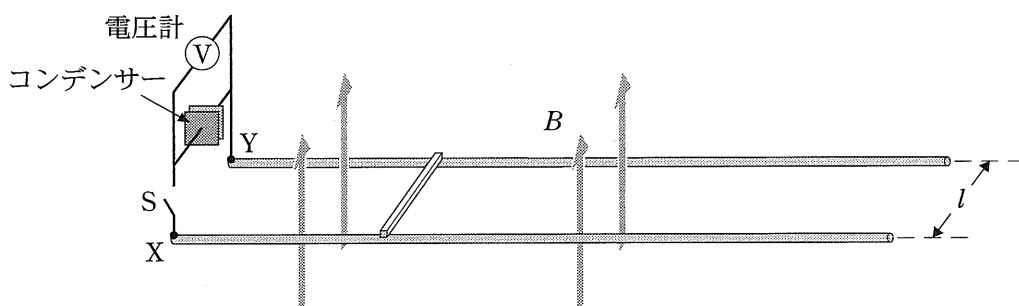


図 2

このページは白紙です。