

補足説明

科目名:物理基礎・物理

4ページ 図1

ばねの一端は, 動かない壁に固定されている。

8ページ 図1

回転軸は, 長さ L_2 の2つの辺の中点を通っている。磁石は, コイルに対して十分大きいものとする。

学 力 検 査 問 題

理 科

平成 30 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(15～28 ページ)、生物基礎・生物(29～48 ページ)、地学基礎・地学(49～56 ページ)の各問題があります。総ページは 56 ページです。
- 2 解答用紙は、生物基礎・生物、地学基礎・地学は 2 枚(表裏の計 3 ページ)です。物理基礎・物理、化学基礎・化学は、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、なめらかな水平面上に、一端が固定されたばね定数 k のばねが置かれている。ばねの他端には質量 m の物体 A がつけられている。はじめ、ばねは自然長になっており、物体 A は静止している。図のように水平方向に x 軸をとり、紙面に向かって右向きを正とする。物体 A のはじめの位置を $x = 0$ とする。

質量 M ($M > m$) の物体 B を、速度 v_0 ($v_0 > 0$) で物体 A に衝突させた。物体 A と物体 B は弾性衝突し、衝突直後、両物体は右方向に進み、その後、物体 A と物体 B はばねが最も縮んだ後に再衝突を起こした。ばねは弾性力がフックの法則に従う範囲で伸縮し、また、ばねの質量、および物体の大きさは無視できるものとする。

はじめの衝突の瞬間を時刻 $t = 0$ とし、再衝突の起きる時刻を t_1 とする。はじめの衝突から再衝突が起きるまでの間、物体 A は単振動を行った。以下の問いに答えよ。必要であれば、円周率 π を用いよ。

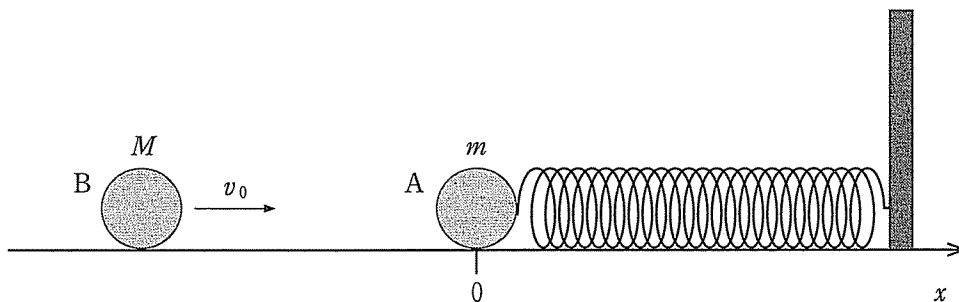


図 1

問 1 はじめの衝突直後の物体 A, 物体 B の速度をそれぞれ v_A , v_B とする。

(ア) はじめの衝突前後で成り立つ運動量保存の法則を表す式を書け。

(イ) v_A , v_B を, m , M , v_0 を用いて表せ。また導き方も示せ。

(ウ) はじめの衝突直後の物体 A と物体 B の速度の比 $\frac{v_B}{v_A}$ を, 物体 A と物体 B の質量比 $p = \frac{M}{m}$ を用いて表せ。

問 2 バネが最も縮んだとき, 物体 A は, $x = L$ の位置にあった。 L を v_A , k , m を用いて表せ。また導き方も示せ。

問 3 はじめの衝突から再衝突までの間の任意の時刻 t ($0 \leq t \leq t_1$) における物体 A, 物体 B の位置を x_A , x_B とする。

(ア) x_A を v_A , m , M , k , t のうち必要なものを用いて表せ。

(イ) x_B を v_B , m , M , k , t のうち必要なものを用いて表せ。

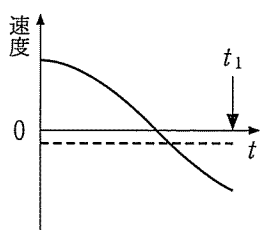
問 4 バネが最も縮んだ後, 物体 A と物体 B は, $x = \frac{L}{2}$ の位置で再衝突した。

(ア) この場合の再衝突が起こる時刻 t_1 を, m , k を用いて表せ。また導き方も示せ。

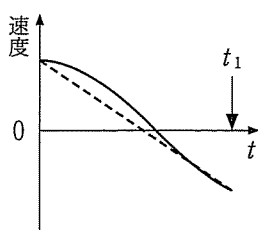
(イ) この場合の物体 A と物体 B の質量比 $p = \frac{M}{m}$ の値を求めよ。また導き方も示せ。

問 5 問 4 の場合の物体 A, 物体 B の速度の時間変化を表すグラフとして正しいものを次の解答群の中から選び、記号で答えよ。ただし、物体 A の速度を実線、物体 B の速度を破線を用いて $0 < t < t_1$ の範囲で示してある。

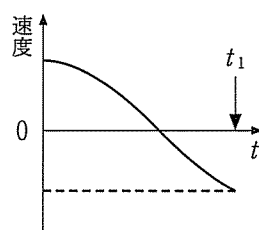
(ア)



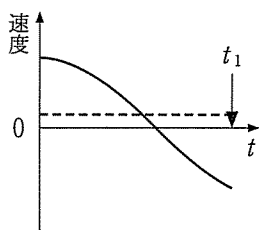
(イ)



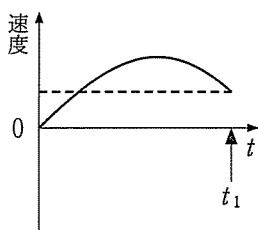
(ウ)



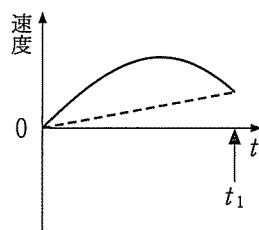
(エ)



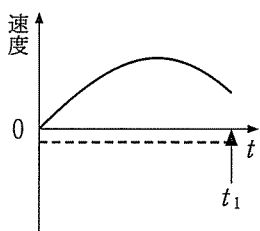
(オ)



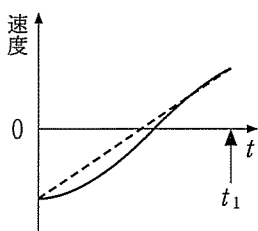
(カ)



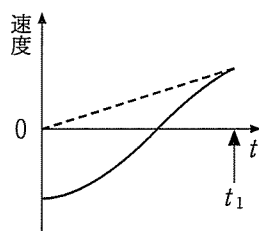
(キ)



(ク)



(ケ)



このページは白紙です。

〔Ⅱ〕 一様な磁束密度 B の磁界を発生させる磁石の間に図 1 のような堅い一巻きのコイルを設置した。磁界中のコイルは長方形であり、回転軸に平行な辺の長さは L_1 、垂直な辺の長さは L_2 である。コイルは図のように円筒状の整流子に接続されており、コイルと整流子は一体となって回転する。整流子は導体と円弧の部分でなめらかに接触しており、導体および導線を介して抵抗値 R の外部抵抗に接続されている。回転軸(整流子側)から見た概略図に示すように、長さ L_1 の辺の一方に対して、コイルの面に垂直な向きに力を加え続け、力の大きさ F を時間とともに調整しながら一定の角速度 ω でコイルを回した。次の問いに答えよ。ただし、図中の矢印の向きに流れる電流を正の方向とし、コイルの回転軸は磁界に対して垂直である。また時刻 $t = 0$ においてコイルの面は磁界と平行である。以下、円周率を π とする。

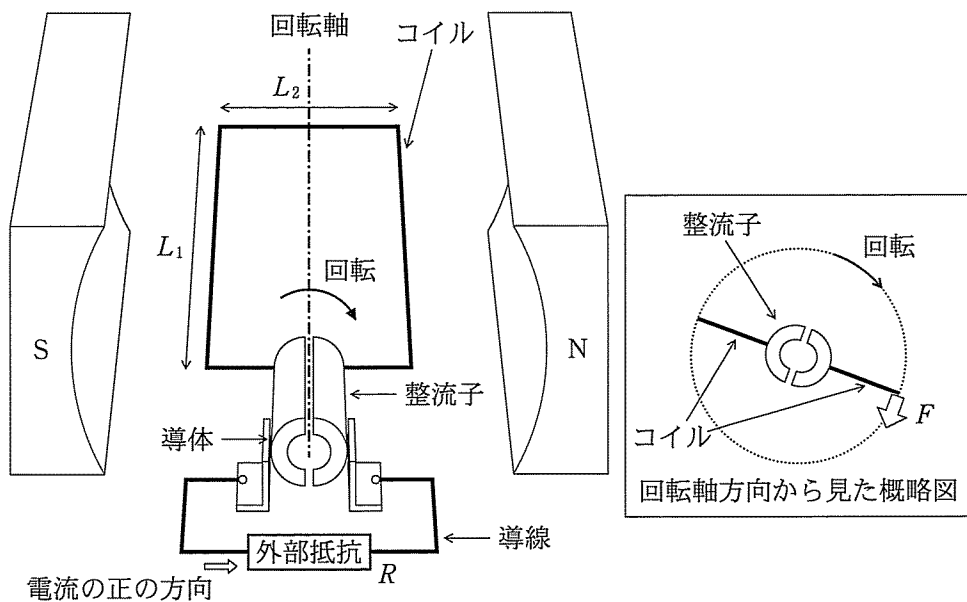
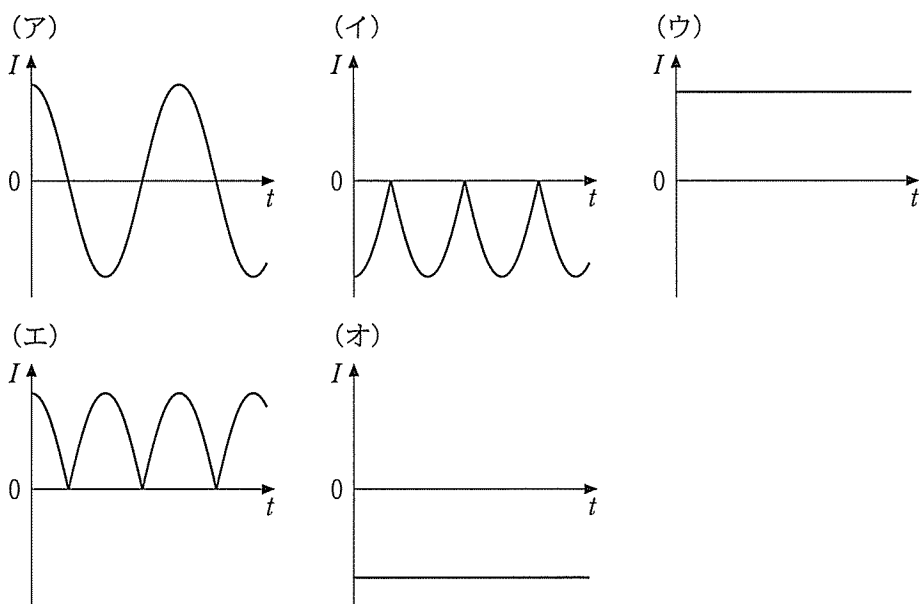


図 1

問 1 任意の時刻 t におけるコイルを貫く磁束を求めよ。

問 2 外部抵抗に流れる電流 I と時刻 t の関係に関して最も適切に表したグラフを次の解答群の中から選び、記号で答えよ。



問 3 時刻 $t = \frac{\pi}{4\omega}$ におけるコイルの誘導起電力の大きさを求めよ。また導き方も示せ。必要に応じて、十分短い時間 Δt について成り立つ以下の近似式を用いよ。

$$\frac{\sin \omega(t + \Delta t) - \sin \omega t}{\Delta t} \approx \omega \cos \omega t,$$

$$\frac{\cos \omega(t + \Delta t) - \cos \omega t}{\Delta t} \approx -\omega \sin \omega t$$

問 4 外部抵抗での消費電力の時間平均を求めよ。また導き方も示せ。

問 5 このコイルを一定の角速度 ω で回すのに必要な力 F の最大値 $F_{\max}$ を求めよ。また導き方も示せ。

図2のように、3つの導体球A, B, Cを水平に置いた直線状のレールに乗せ、AとCはレールに固定した。一方、Bはレール上を摩擦無しで転がらずに動くことができる。レールに平行に x 軸をとり、AからCへ方向を x 軸の正の向きとする。A, B, Cの導体球に、それぞれ $2Q$, Q , $8Q$ ($Q > 0$)の電気量を与え、AとCから受ける静電気力が釣りあう位置に導体球Bを静止させた。このときのAとBの間隔は a 、BとCの間隔は $2a$ であった。このときのBの位置を $x = 0$ とする。導体球Bの質量を m とし、3つの導体球の大きさに比べて a は十分大きく、導体球は互いに点状に見えるものとする。クーロンの法則の比例定数を k とする。以下の問いについて m , k , Q , a , x , π (円周率)のうち、必要なものを用いて答えよ。

問6 Bが座標 x ($-a < x < a$)にあるときに、AからBが受ける静電気力の大きさ、およびCからBが受ける静電気力の大きさをそれぞれ求めよ。

問7 Bをつりあいの位置からわずかにずれた座標 $x = x_0$ ($0 < x_0 < a$)に置いて静かに放したところ、Bは振動を始めた。 x_0 が a に比べて十分小さいとき、Bの運動は単振動とみなせる。Bの振動の周期を答えよ。また導き方も示せ。必要に応じて、 $|y|$ が1に比べて十分小さいときに成り立つ近似式 $(1 + y)^n \doteq 1 + ny$ (n は実数)を用いよ。

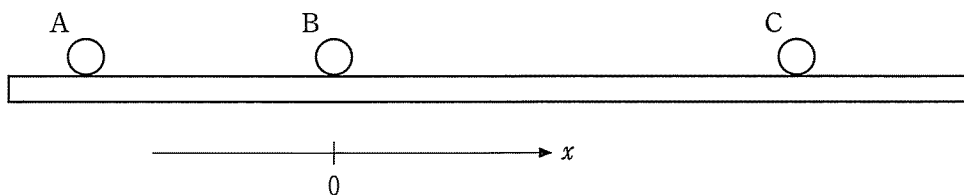


図2

このページは白紙です。

〔Ⅲ〕 光の屈折，および音に関する次の文章の空欄 ～ にあてはまる適切な式を答えよ。ただし， ， ， ， については，空欄直後の括弧の中の選択肢 A ～ C から適切なものを選んで答えよ。

屈折率 n_1 ，厚さ d_1 の平面ガラス板 1 と屈折率 n_2 ，厚さ d_2 の平面ガラス板 2 を図 1 のように重ねて置いた。下の平面ガラス板 2 の下面の点 S には点光源が置いてある。この点光源をほぼ真上の空気中から見たとき，点光源がどのように見えるかを考えよう。空気の屈折率は 1 とし， $1 < n_1 < n_2$ とする。

点光源から出た光は図 1 のように右目がある点 R にはまっすぐ，左目がある点 L には途中，平面ガラス板 1 と平面ガラス板 2 の境界上の点 P，および空気と平面ガラス板 1 の境界上の点 Q で屈折して入るとする。点 Q に金属片を置き，点光源からの光が左目に入らないようにし，点光源を右目だけで見た。このとき，点光源は点 R の真下方向に見える。次に点 Q にあった金属片を点 R の真下に移動し，点光源からの光が右目に入らないようにした。点光源を左目だけで見たとき，点光源は (A：直線 LQ 上，B：直線 LP 上，C：直線 LS 上) に見える。次に金属片を取り除き両目で点光源を見たとき，点光源は (A：直線 SR と直線 LQ の交点，B：直線 SR と直線 LP の交点，C：直線 SR と直線 LS の交点) に見える。

点光源が見える深さ(見かけの深さ)について考えよう。点光源が空気と平面ガラス板 1 の境界から深さ x のところに見えたとする。図 1 のように，平面ガラス板 2 と平面ガラス板 1 の境界面での光の入射角と屈折角をそれぞれ c ， b とし，平面ガラス板 1 と空気の境界面での光の入射角と屈折角をそれぞれ b ， a とする。ここで， a ， b ， c は十分小さい角度とする。空気と平面ガラス板 1 の境界における R と L へ向かう光線の隔たりを l_1 とし，同じく，平面ガラス板 1 と平面ガラス板 2 の境界での光線の隔たりを l_2 とする。

図1より、 $\tan c$ と $\tan b$ は d_1 、 d_2 、 l_1 、 l_2 を用いて、 $\tan c =$ ウ ,
 $\tan b =$ エ と書ける。また、 x と l_1 を用いると、 $\tan a =$ オ と書
ける。一方、屈折の法則より、角度 a 、 b 、 c と屈折率の間には、 $\frac{\sin a}{\sin b} =$
カ , および、 $\frac{\sin b}{\sin c} =$ キ が成り立つ。十分小さい角度 θ に対す
る近似式 $\sin \theta \simeq \tan \theta$ を用いると、見かけの深さ x は d_1 、 d_2 、 n_1 、 n_2 を用い
て、 $x =$ ク となる。

次に図2のように、視点を水平に少し移動させた。両目で点光源を見たとき、
点光源の見かけの深さは ク と比べて、境界面での入射角と屈折角につい
て上記近似式が成り立つもとでは ケ (A：浅くなる、B：深くなる、
C：変わらない)。さらに、ゆっくりと目と平面ガラス板1の距離を少しだけ長
くした。両目で点光源を見たとき、点光源の見かけの深さは ク と比べ
て、境界面での入射角と屈折角について上記近似式が成り立つもとでは
コ (A：浅くなる、B：深くなる、C：変わらない)。

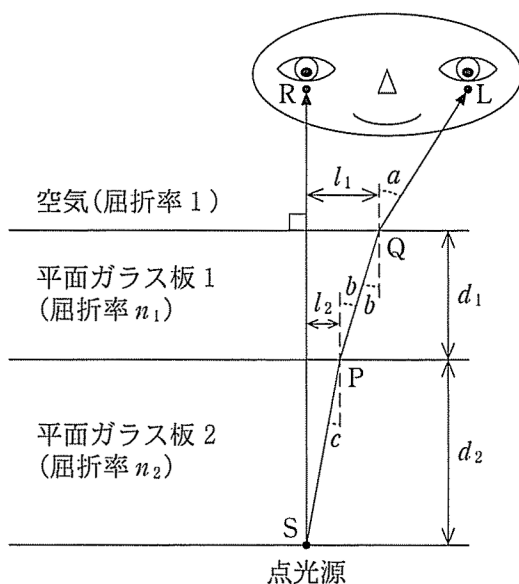


図 1

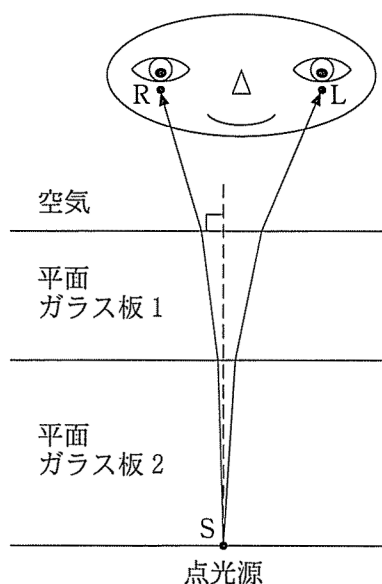


図 2

音源や観測者が移動する場合、観測者に聞こえる音の振動数は音源の振動数とは異なる。図 3 のように振動数 f [Hz] の音源が速さ u で観測者に近づく場合、音速 V は一定であることから、観測者に聞こえる音の振動数は サ となる。一方、図 4 のように振動数 f [Hz] の音源が固定されていて、反射板が速さ w で観測者に近づく場合は、反射板が受け取る音の振動数は シ となる。さらに、反射板が移動する音源となるため、観測者に聞こえる反射音の振動数は ス となる。音源から観測者に直接とどく音と反射板で反射されてから観測者にとどく反射音の振動数が異なることによって、うなりが生じる。単位時間（1 秒）あたりのうなりの回数は セ と表される。なお、音源、観測者、反射板のある場所は無風であるとする。



図 3



図 4