

(物理)

後期日程

理学部  
繊維学部

平成22年度入学試験問題

## 理 科

### 注 意 事 項

1. この問題冊子は試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっているので、解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入すること。
3. 学部名、受験番号を解答用紙の指定されたところへ必ず記入し、決して氏名を書いてはいけない。
4. この問題冊子は、38ページある。ページの脱落等があった場合は監督者に申し出ること。
5. 理学部の受験者は、出願の際選択科目として届け出た1科目又は2科目を解答すること。
6. 繊維学部の受験者は、出願の際選択科目として届け出た1科目を解答すること。
7. 下書きには問題冊子の中の余白を使用すること。
8. この問題冊子は持ち帰ること。

## 2010 年度入学試験（物理） 出題の意図

---

### 後期日程

1.

2 つの物体の間の衝突に関する問題である。運動エネルギー、位置エネルギー、運動量、はねかえり係数、力積など物体の運動に関する概念や法則を正しく理解しているかを問うている。

2.

平行板コンデンサーに関する問題である。コンデンサーに蓄えられる電気量、静電エネルギーおよび誘電体を挿入することによる静電エネルギーの変化などを問うことにより、電気現象に関する基本的な法則を正しく理解しているかどうかを評価することを意図している。

3.

抵抗とコイルを含む交流回路およびそれを用いた熱現象に関する問題である。交流の角周波数、抵抗やコイルにかかる電圧の最大値、抵抗やコイルが消費する電力など交流に関する法則および熱に関する法則を正しく理解しているかを問うている。

4.

光ファイバーの原理に関する問題である。光の屈折および反射に関する法則を正しく理解しているかを問うている。

## 物 理

**1** 長さ  $\ell$  の軽い糸の端に質量  $m$  の球 A をつけた振り子について考えよう。図 1 のように A を振り子の支点 O を通る鉛直線から  $60^\circ$  の位置より静かに離したところ、A が点 O の真下に来たとき、質量  $M$  ( $M > m$ ) の物体 B に弾性衝突し、B は図 1 のように左方向に速さ  $V$  で動き出し、A は逆向きにはねかえった。重力加速度の大きさを  $g$  とする。運動は鉛直面内で起こり、糸はたるまず、床との摩擦や空気抵抗は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

- (1) A が B に衝突する直前の A の速さ  $v$  を  $g$  と  $\ell$  を用いて表せ。
- (2) 衝突直後の B の速さ  $V$  を  $m$ ,  $M$ ,  $g$ ,  $\ell$  を用いて表せ。
- (3) A は衝突後、はねかえって、最下点から高さ  $h$  まで上昇した。 $h$  を  $m$ ,  $M$ ,  $\ell$  を用いて表せ。

次に、A と B の衝突が弾性衝突ではなく、衝突後に A がはねかえらずに静止する場合について考えよう。

- (4) この衝突のはねかえり係数  $e$  はいくらか。 $m$ ,  $M$  を用いて表せ。
- (5) この衝突により、B が受ける力積の大きさは、弾性衝突の場合に B が受ける力積の大きさの何倍となるか。 $m$ ,  $M$  を用いて表せ。

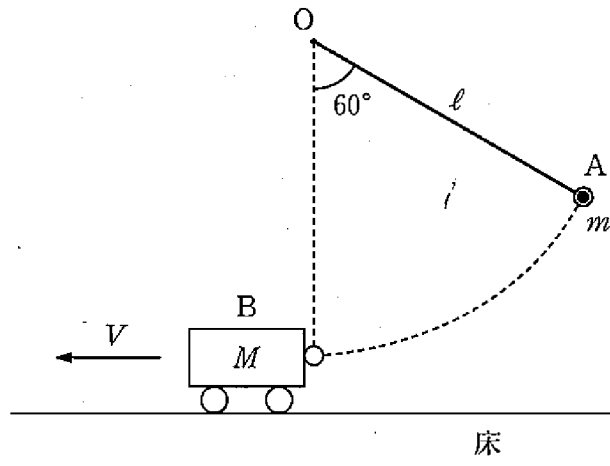


图 1

2 次の文章の空欄に適切な式，あるいは語句を記入せよ。ただし，空欄 (う) ， (こ) ， (し) については，選択肢の中から適切なものを選べ。

一辺の長さが  $a$  の正方形の電極板 2 枚からなる平行板コンデンサーを考える。電極板の間隔は  $d$  で，その間は真空とし，真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とする。ただし，電極板は十分大きく，端の影響は無視できるものとする。この平行板コンデンサーに電圧  $V$  の電池を接続し，コンデンサーを充電した。正に帯電した電極板に蓄積される電気量は (あ) である。また，平行板コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは，(い) である。

次に，充電した状態で電池をはずし，図 2 のように各辺の長さが  $a$ ， $b$ ， $d$  の直方体の形をした誘電体を電極板の間に挿入し固定した。ここで， $a > b > 0$ ，誘電体の誘電率は  $\epsilon$  で， $\epsilon > \epsilon_0$  とする。電極板に垂直な方向から見て誘電体は平行板コンデンサーからはみ出していないとする。このとき，この平行板コンデンサーは誘電体が挿入されている部分と挿入されていない部分の (う) 直列，並列 接続と考えることができる。誘電体が挿入されている部分の電気容量は (え) ，挿入されていない部分の電気容量は (お) であるから，この平行板コンデンサーの電気容量は (か) となる。電極板に蓄積されている電気量は (き) であるから，電極板間の電位差は (く) となる。また，平行板コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは，(け) となる。 $\epsilon > \epsilon_0$ ， $b > 0$  なので，誘電体を挿入することにより静電エネルギーは，(こ) 増加する，変わらない，減少する 。

最後に，誘電体を挿入した状態で電圧  $V$  の電池を再び接続した。このとき，平行板コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーは，(さ) となり，(た) に比べ (ち) 増加する，減少する 。このように静電エネルギーが変化したのは，(た) が仕事をしたためである。

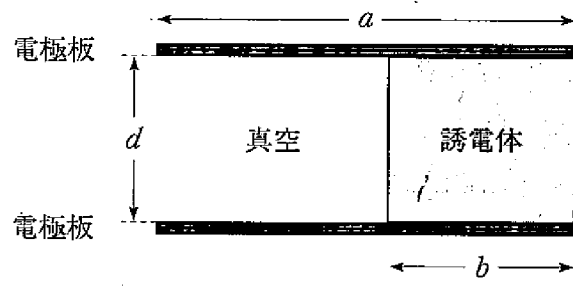


図 2

**3** 断熱材でくるんだ銅製容器に水を入れ、コイル状に巻いたニクロム線と交流電源を用いて  $10^{\circ}\text{C}$  の水を加熱する。図 3 に示すように、このニクロム線を、抵抗値が  $1.0\ \Omega$  の抵抗と自己インダクタンスが  $1.0 \times 10^{-3}\ \text{H}$  のコイルを直列につないだ回路とみなす。交流電源を用いて、回路は実効値が  $2.0\ \text{A}$  で周波数が  $60\ \text{Hz}$  の交流電流を流した。銅製容器と水の熱容量のみを考慮し、それ以外の熱容量は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

- (A) 交流の角周波数の値を求めよ。
- (B) 抵抗にかかる電圧の最大値を求めよ。
- (C) コイルにかかる電圧の最大値を求めよ。
- (D) 抵抗が消費する電力を交流の 1 周期について時間平均した値を求めよ。
- (E) コイルが消費する電力を交流の 1 周期について時間平均した値がゼロになる理由を述べよ。
- (F) 銅製容器の質量を  $50\ \text{g}$ 、水の質量を  $200\ \text{g}$ 、銅の比熱を  $0.38\ \text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ 、水の比熱を  $4.19\ \text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$  として、水の温度を  $15^{\circ}\text{C}$  まで上げるのにかかる時間を求めよ。ただし、銅製容器は常に水と同じ温度を保つものとする。

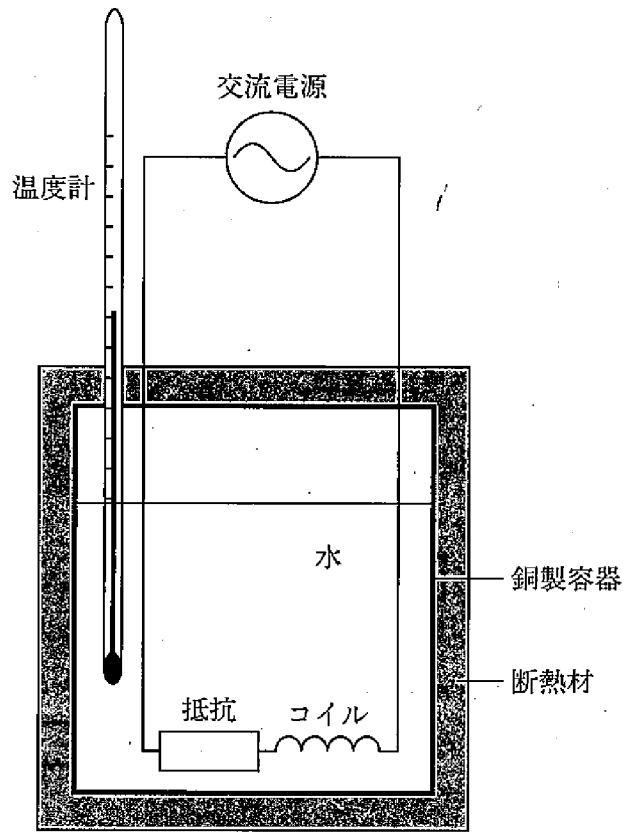


図 3

4 次の文章の空欄に適切な式，あるいは語句を記入せよ。

(a) 光は一様な媒質中では直進するが，異なる媒質との境界面では反射や屈折をおこす。屈折率  $n_1$  の媒質 1 と屈折率  $n_2$  の媒質 2 の境界面に向かって，媒質 1 から入射する光について考えよう。境界面の法線と，入射光，反射光，屈折光の進行方向がなす  $90^\circ$  以下の角をそれぞれ入射角，反射角，屈折角といい，その大きさを  $i, j, r$  とする。

入射角と反射角の間には  (反射の法則) という関係式が成り立つ。また，入射角，屈折角および屈折率の間には  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$  (屈折の法則) という関係式が成り立つ。

2つの媒質の屈折率が  の関係にあるとき，入射角よりも屈折角のほうが大きい。入射角が増していき，屈折角が  $90^\circ$  になるときの入射角  $i_0$  を  といい， $\sin i_0 =$   で与えられる。さらに，入射角が  $i_0$  よりも大きくなると光はすべて反射される。この現象を  という。

(b) 図 4 のように，屈折率  $n_A$  の細長い円柱状の媒質 A の側面が，屈折率  $n_B$  の媒質 B でおおわれているとしよう。媒質 A の両方の断面は空気にふれているとする。このとき，媒質 A の一方の断面の中心から，中心軸に対して入射角  $i$  で光が入射したとしよう。空気の屈折率は 1 とし， $n_A > n_B > 1$  とする。

媒質 A の一方の断面から入射した光が，媒質 B へまったく進入することなく媒質 A の他方の断面へ到達するための条件を導こう。光は屈折角  $r$  で媒質 A に進入したとすると，屈折の法則より， $\sin r =$   が成り立つ。媒質 A 内を直進した光が媒質 B との境界面に対して入射角  $\theta$  で入射するとしたら，光がすべて反射される条件は， $\sin \theta >$   である。一方， $\theta$  と  $r$  の間には  の関係がある。したがって，光が媒質 B との境界面ですべて反射され，媒質 A の他方の断面へ到達するための条件は， $\sin i <$   となる。

このように  をくり返し他方の断面へ到達した光は，この断面に角度  で入射する。この断面で再び光がすべて反射されることはない。もし，

すべて反射されるとすると、 $\cos \theta > \boxed{\text{(甲)}}$  でなくてはならない。しかし、この条件式を入射角  $i$  に関する条件式に書きかえると、不等式  $\boxed{\text{(乙)}}$  となり、このような入射角  $i$  はありえないことがわかる。

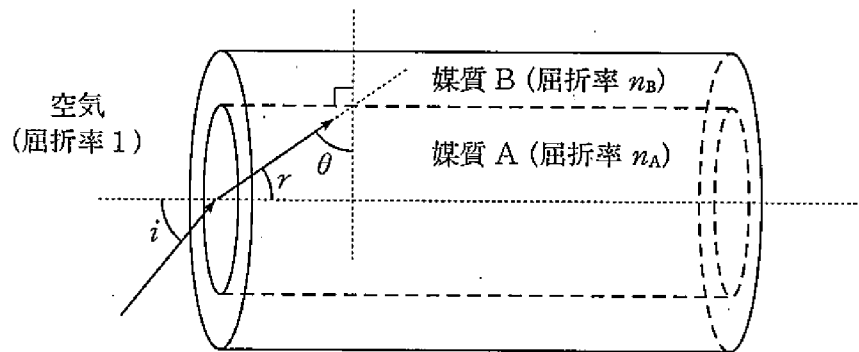


図 4