

科目

物 理

理学部・医学部・薬学部・工学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけない。
2. 問題は1ページから6ページにわたっている。解答用紙は3枚、下書用紙は3枚で、問題冊子とは別になっている。これらが不備な場合は、直ちにその旨を監督者に申し出ること。
3. 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入すること。  
問題文中で解き方も示せと指示されていないかぎり、解答欄には答のみを記入すること。  
指定された解答用紙以外に記入した解答は、評価(採点)の対象としない。
4. すべての解答用紙の上部の欄に、志望学部と受験番号(2か所)を記入すること。
5. 試験終了後、問題冊子・下書用紙とも、持ち帰ること。

実施年月日
29. 2. 25
富山大学

- 1 図1のように、水平方向に速さ  $v$  で移動する質量  $m$  のボールが、静止した質量  $M$  のグラブと完全非弾性衝突することを考える。完全非弾性衝突では衝突後、物体ははね返らず一体となる。この問題では水平方向の運動だけを考える。ボールは質点と考え、重力と空気抵抗は無視する。図1の  $v$  の矢印の向きを正とする。

- (1) ボールとグラブが一体となった直後の速さ  $V$  を求めよ。
- (2) ボールとグラブの全体で考えたとき、この衝突で減少した運動エネルギーの大きさを  $m$ 、 $M$ 、 $v$  のうち適切なものを用いて表せ。

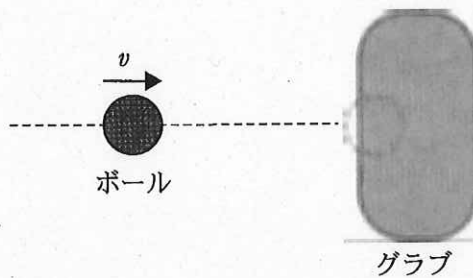


図1

次に衝突の直後から、図2のように、腕が大きさ一定の力  $F$  を作用させてグラブを静止させた。ただし、衝突直後のグラブの速さを  $V$  とする。

- (3) 衝突してから、グラブが静止するまでにかかった時間を求めよ。
- (4) 衝突してから、グラブが静止するまでに移動した距離  $L_0$  を求めよ。解き方も示せ。
- (5) 実際の動作を考えると  $L_0$  は腕の動く範囲で制限される。 $L_0$  の最大値が  $L_1$  のとき、力  $F$  が満たすべき条件を求めよ。

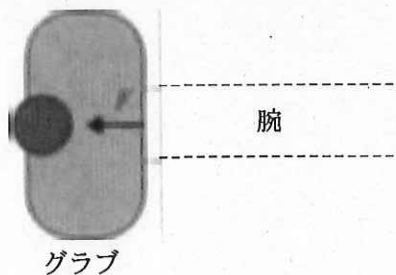


図2

今度は、図3のように、腕の代わりにばねでグラブを静止させた。ばね定数は $k$ で、ばねの質量は無視でき、ボールとの衝突前は、ばねは自然の長さで静止していた。ボールと一体となったグラブは問(4)と同じく $L_0$ だけ移動して、壁に衝突することなく静止した。グラブは静止した直後に固定された。

(6) ばね定数 $k$ を $L_0$ と図2の $F$ を用いて表せ。

(7) 衝突してから、静止するまでにかかった時間は、問(3)で求めた時間の何倍か求めよ。解き方も示せ。

(8) 衝突した後、 $0 \leq x \leq L_0$ の範囲でボールとグラブ全体の運動エネルギーを $x$ の関数として表し、グラフに描け。ただし、図3のように、衝突した時の位置を原点( $x = 0$ )とする。

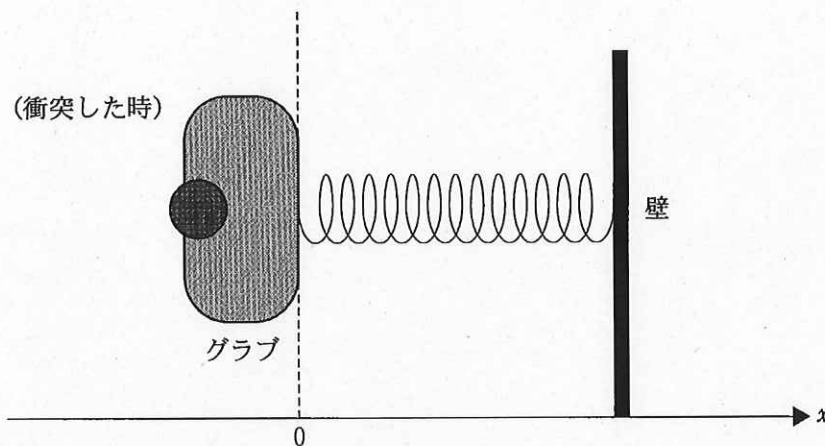


図3

- 2 一辺の長さが  $a$  の 2 枚の正方形金属極板を真空中に距離  $d$  だけ離して配置し、平行板コンデンサーをつくった。このコンデンサーの極板間に、一辺の長さが  $a$ 、他の一辺の長さが  $\frac{a}{2}$ 、厚さ  $d$  の直方体の誘電体を 2 枚の金属極板に接した状態で、図 1 のように入れることを考える。ここで、真空の誘電率を  $\epsilon_0$ 、誘電体の比誘電率を  $\epsilon_r$  とし、2 枚の金属極板と誘電体との間の摩擦や、金属極板と誘電体の端での電界の乱れはないものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 誘電体を入れる前の電気容量を  $C$  とする。 $C$  を求めよ。
- (2) 図 1 のように誘電体を入れた場合の電気容量は、誘電体を入れる前の電気容量の  $k$  倍となった。 $k$  を求めよ。

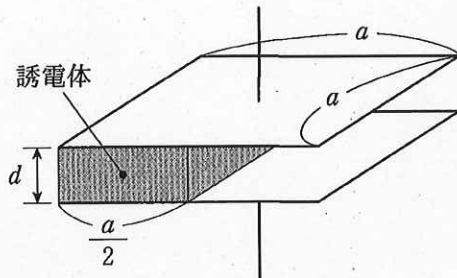


図 1

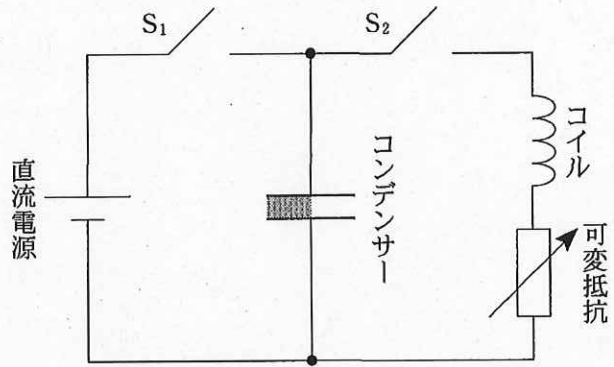


図 2

次に、図 2 のように、誘電体を入れた状態のコンデンサーを用いて回路をつくった。回路には、コンデンサーの他、直流電源(電圧  $V$ )、スイッチ  $S_1$ 、スイッチ  $S_2$ 、コイル(自己インダクタンス  $L$ )、可変抵抗(抵抗値  $R$ )が接続されている。最初、 $S_1$ 、 $S_2$  はともに開いており、コンデンサーには電荷がないものとする。解答に必要であれば  $C$ 、 $k$  を用いよ。

まず、 $S_1$  を閉じて十分に時間が経過した。

- (3) コンデンサーに蓄えられている電荷を求めよ。

- (4) コンデンサーの静電エネルギーを求めよ。

つづいて、 $S_1$  を閉じたまま、誘電体をゆっくりと取り除いた。

- (5) コンデンサーの静電エネルギーはどれだけ変化したかを求めよ。

(6) 直流電源がした仕事を求めよ。

(7) 誘電体を取り除くためにした仕事を求めよ。解き方も示せ。

次に、誘電体がない状態で  $S_1$  を開いたのち、 $S_2$  を閉じた。 $S_2$  を閉じた瞬間の時刻を  $t = 0$  とする。解答に必要であれば  $C$  を用いよ。

(8) 可変抵抗が  $R = 0$  の場合、コイルには振動する電流が流れた。この電流の最大値と周波数を求めよ。

(9) 可変抵抗が  $R > 0$  の場合、コイルに流れる電流とコイルの両端の電圧の波形として、最も適切なものを図3の解答群(ア)~(ク)の中から1つずつ選べ。ただし、グラフの縦軸は電流もしくは電圧を表すものとする。

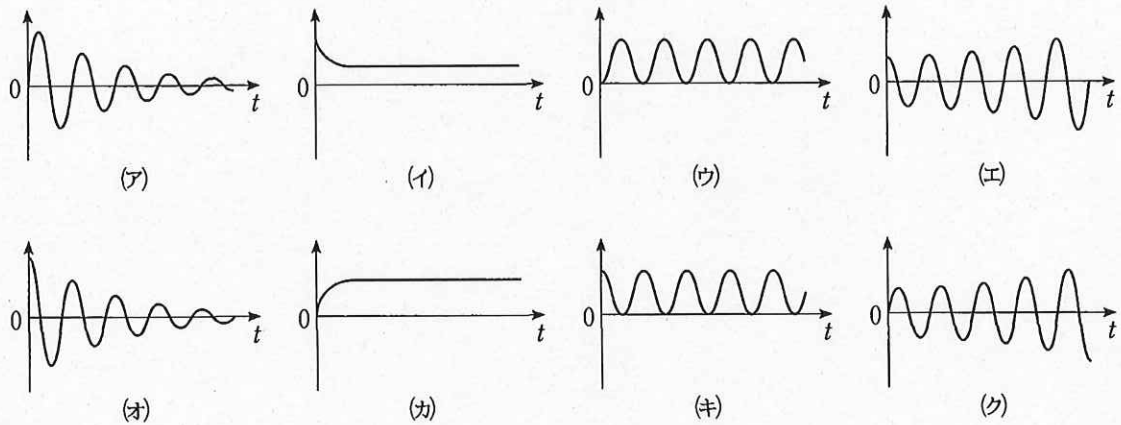


図3 解答群

- 3 真空中に置かれた図1のようなマイケルソン型光干渉計を考える。光源から出た光は半透鏡 A で半々に分けられる。A を透過した光は鏡 B で反射し、再び A へ戻ってその半分が反射されスクリーン上の点 Q に到達する。一方、最初に A で反射した光は鏡 C で反射し、再び A へ戻ってその半分が透過し Q に到達する。いま、鏡 B の位置を調節して Q に届く 2 つの光が同位相になるようにし、Q は最も明るい状態になっている。使われている光の真空中の波長を  $\lambda_0$  として以下の問いに答えよ。

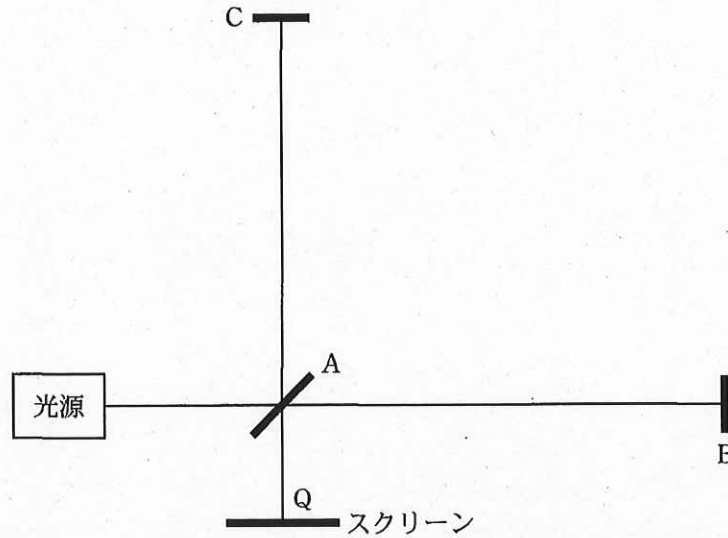


図 1

鏡 B を AB 間の距離が広がるように光の方向にそってゆっくりずらすと、スクリーン上の Q が次第に暗くなり、最も暗くなったのち再び最初のように最も明るい状態になった。これを明滅 1 回と呼ぶことにする。また、このときの鏡 B の移動距離は  $d$  であった。

- (1) 光が鏡 B で反射する際に光の位相はいくら変化するか。
- (2)  $d$  を求めよ。

次に、図 2 のように AB 間の光路に長さ  $l$  の気体試料容器を置いた。容器の両端は光が透過できるように透明な窓になっている。容器内部ははじめ真空であり、このとき Q が最も明るくなるように鏡 B の位置を調節した。容器に絶対温度  $T_1$  の理想気体をゆっくりと入れ、明滅が全部で  $k$  回おきて Q が最も明るくなったところで気体の注入を止めた。気体の温度は変化しなかった。このときの気体の圧力を  $p$ 、屈折率を  $n_1$  とする。

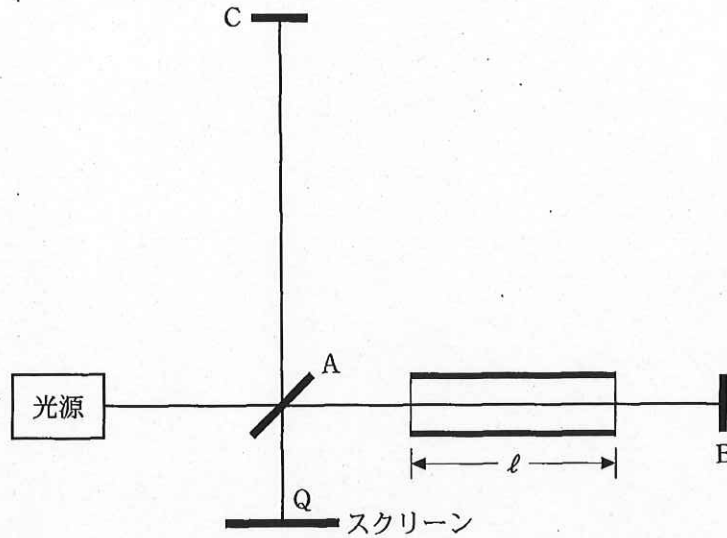


図 2

- (3) 気体の注入を止めたときの容器内部での光の波長  $\lambda_1$  を求めよ。
- (4) 容器に気体を入れることによって、A→B→A の経路における光路長は真空の場合に比べていくら増えたか。  $n_1$ ,  $l$  を用いて表せ。解き方も示せ。
- (5) 屈折率  $n_1$  を  $k$ ,  $\lambda_0$ ,  $l$  を用いて表せ。

気体を注入したあと、圧力  $p$  を一定に保ちながら、温度を  $T_1$  からゆっくりと上げて、何回かの明滅のあと Q が最も明るくなるところで温度を固定した。そのときの温度は  $T_2$  であった。温度が変化しても圧力が一定になるように、試料容器の側面には図 3 のように容器の体積を調節するためのピストンがつけてある。試料容器の窓の間の長さ  $l$  は変わらない。また、気体の屈折率  $n$  について、真空の屈折率 1 からのずれ  $(n - 1)$  は気体の密度に比例するものとする。

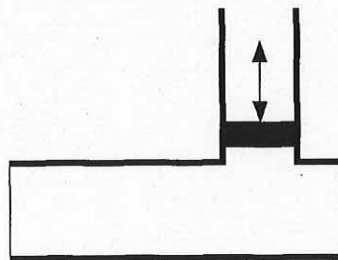


図 3

- (6) 温度  $T_2$  の気体の密度は温度  $T_1$  の気体の密度の何倍か求めよ。
- (7) 温度  $T_2$  の気体の屈折率  $n_2$  を  $n_1$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  を用いて表せ。
- (8) 気体の温度を  $T_1$  から  $T_2$  へ変えるときに Q が明滅した回数を求めよ。ただし、 $l$ ,  $\lambda_0$ ,  $k$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  のうち必要なものを使って表せ。解き方も示せ。