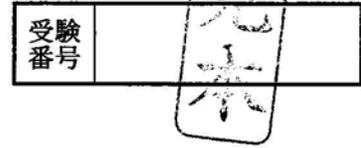


'13

前期日程



# 物 理 問 題

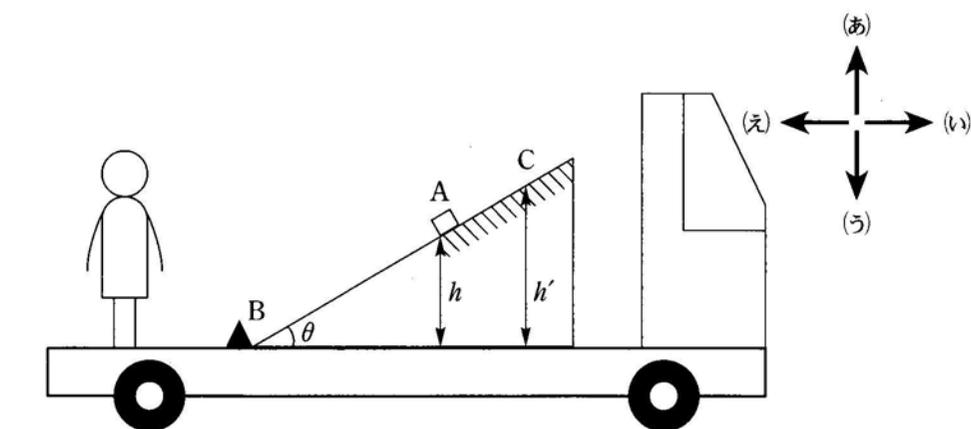
(理 工 学 部)

## 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子のページ数は11ページです。問題、答案用紙に落丁、乱丁、印刷不鮮  
明の箇所等がある場合には申し出てください。
3. 解答は指定の答案用紙に記入してください。
4. 答案用紙を持ち帰ってはいけません。
5. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

◇M21(707—110)

- 1 図のように、トラックの荷台に固定された斜面上を運動する小物体を考える。  
 トラックが走る路面、トラックの荷台はともに水平であり、荷台上の斜面が水平面となす角を  $\theta$  とする。小物体の質量を  $m$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とし、また、小物体の運動はトラックの荷台に乗っている観測者が観測するものとする。  
 以下の文章を読んで、(1)~(4)の問に答えよ。



図

最初、トラックは静止しており、小物体は斜面上の点 A に静止している。点 A より上(点 A を含む)の斜面はあらい面であり、点 A に置かれた小物体と斜面との間には静止摩擦力が働く。小物体と斜面の間の静止摩擦係数を  $\mu$  とする。

- (1) 小物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。
- (2) 小物体に働く重力の、斜面に平行な成分の大きさを求めよ。
- (3) 小物体が静止しているためには、静止摩擦係数  $\mu$  は、 $\mu \geq$  ア を満たさなければならない。ア に入る適切な数式を答えよ。

(図の矢印 (い) の向き)

トラックが、路面に対して大きさ  $a$  の一定の加速度で水平右向きに加速した。このとき、小物体が斜面から離れることなく、斜面上を点 A からすべりおりはじめるための条件を考える。

- (4) 観測者から見た、小物体に働く慣性力の大きさを答えよ。また、慣性力の向きを示す矢印を、図の(あ)~(え)から選び、記号で答えよ。
- (5) 小物体に働く垂直抗力の大きさを求めよ。
- (6) 小物体が斜面から離れないためには、加速度の大きさ  $a$  は、 $a \leq$   を満たさなければならない。 に入る適切な数式を、 $m, g, \theta, \mu$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (7) 小物体に働く慣性力と重力の合力の、斜面に平行な成分の大きさを求めよ。
- (8) 小物体が点 A からすべりおりはじめるためには、加速度の大きさ  $a$  は、 $a >$   を満たさなければならない。 に入る適切な数式を、 $m, g, \theta, \mu$  のうち必要なものを用いて表せ。

トラックは大きさ  $a$  の加速度で等加速度運動を続け、小物体は斜面上を点 A から斜面下端の点 B へ向けすべりおりた。点 A 直下から点 B の間の斜面はなめらかで、小物体がすべり出してから点 B に到達するまでの間の、小物体と斜面の間の摩擦力は無視できるとする。点 B から見た点 A の高さを  $h$  とする。

- (9) 観測者から見た、点 B に到達する直前の小物体の速さを、(7)の結果を参考にして求めよ。

小物体が点 B に到達する直前に、トラックは加速をやめ、以降、一定の速度で走行した。小物体は点 B に取り付けられたストッパーと衝突し、斜面と平行な方向にはねかえった。小物体とストッパーの反発係数(はねかえり係数)を 1 とする。

- (10) 観測者から見た、ストッパーと衝突した直後の小物体の速さを答えよ。

小物体はストッパーとの衝突後、斜面上をすべりながら上昇し、点 A を通過したのち、斜面上の点 C まで到達し、静止した。点 A より上での小物体と斜面の間の動摩擦係数を  $\mu'$ 、点 B から見た点 C の高さを  $h'$  とする。

- (11) 観測者から見た、点 A を通過する瞬間の小物体の速さを求めよ。
- (12) 小物体が点 A から点 C に到達するまでの間に、動摩擦力が小物体に対してする仕事の大きさを、 $m, g, \mu', \theta, h, h'$  を用いて表せ。
- (13) 小物体が点 A から点 C に到達するまでの間に、小物体が得る重力の位置エネルギーを、 $m, g, h, h'$  を用いて表せ。
- (14) 点 A から見た点 C の高さ  $h' - h$  は、

$$h' - h = \text{} h$$

と表される。 に入る適切な数式を、 $a, \mu', g, \theta$  を用いて表せ。

2 以下の【A】、【B】について設問に解答せよ。

【A】 真空中で電源、電気抵抗、平行平板コンデンサー、スイッチ  $S_1$  を導線でつなぎ、図1のような回路を組む。電源の電圧を  $V_0$  [V]、抵抗の大きさを  $R$  [ $\Omega$ ]、コンデンサーの電気容量を  $C$  [F] とする。コンデンサーの極板の面積は十分に広く、極板の間隔は十分狭いとし、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] とする。スイッチ  $S_1$  を閉じてコンデンサーの充電を完了させた。

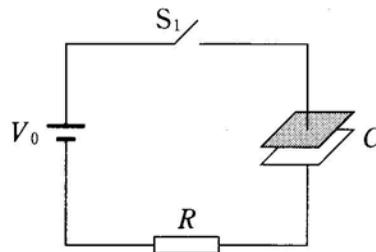


図1

- (1) コンデンサーに蓄えられている電気量を求めよ。
- (2) コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーを求めよ。

コンデンサーの極板の面積は  $S$  [ $m^2$ ]、間隔は  $d$  [m] であった。

- (3) コンデンサーの電気容量の大きさ  $C$  を求めよ。
- (4) 極板間にできる電場(電界)の大きさを求めよ。

以後の問題では、(2)で求めた静電エネルギーの大きさを  $U_0$  [J]、(4)で求めた電場の大きさを  $E_0$  [V/m] とする。

スイッチ  $S_1$  を閉じたまま、コンデンサーの極板間隔を  $d'$  [m] に縮め、時間が十分経過した。

- (5) このときコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーは  $U_0$  の何倍になるか答えよ。
- (6) このとき極板間の電場の大きさは  $E_0$  の何倍になるか答えよ。

スイッチ  $S_1$  を閉じたまま、コンデンサーの極板間隔を  $d$  に戻し時間が十分経過した。スイッチ  $S_1$  を開いた後、コンデンサーの極板間隔を再び  $d'$  に縮めた。

- (7) このときコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーは  $U_0$  の何倍になるか答えよ。
- (8) このとき極板間の電場の大きさは  $E_0$  の何倍になるか答えよ。

- 【B】 図2のように、2本の導線レールAaとBbを水平な台上に平行に並べ、間隔 $L$ [m]で固定する。aとbの間を、抵抗の大きさ $R$ [ $\Omega$ ]の電気抵抗をはさんで接続し、辺abはレールと垂直とする。長さ $L$ [m]の導体棒PQを2本のレールの上に、レールと垂直に乗せる。2本のレールの間には磁束密度の大きさ $B$ [T]の様な磁場が鉛直上向きに印加されている。外部から導体棒PQに力を加え、導体棒をレールと垂直に保ったまま、一定の速さ $v$ [m/s]でaからAの向きに水平に運動させた。レールと導体棒の間の摩擦は無視できるとする。

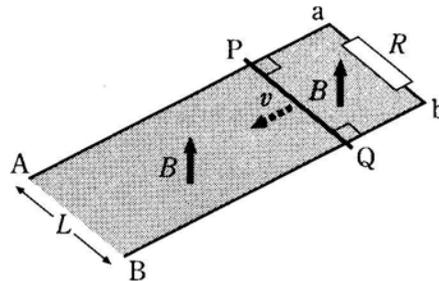


図2

- (9) 以下の文章の  (a)  ~  (d)  内の選択肢の中から適切な語句を選び、その記号を解答欄に答えよ。

導体棒PQの運動により、回路PQbaP内を貫く上向きの磁束が  (a) : (ア)増加, (イ)減少  するので、抵抗には  (b) : (ウ)aからb, (エ)bからa  の向きに誘導電流が流れ、  (c) : (オ)aがb, (カ)bがa  より高電位となる。この現象を、導体棒PQ内にある電子が磁束密度から受ける力と関係させて理解してもよい。その場合、電子に作用する力は  (d) : (キ)PからQ, (ク)QからP  を向くので、誘導電流はやはり  (b)  の向きになる。

- (10) 時間間隔 $\Delta t$ [s]の間の、回路PQbaP内を貫く磁束の変化を求めよ。
- (11) 抵抗の両端に生じる電位差が、一定値 $V_0$ となるために必要な導体棒の速さ $v$ を求めよ。
- (12) 抵抗を流れる電流の大きさを、 $B$ ,  $L$ ,  $R$ ,  $v$ を用いて答えよ。
- (13) 導体棒PQの速さを一定に保つために必要な力の大きさを、 $B$ ,  $L$ ,  $R$ ,  $v$ を用いて答えよ。
- (14) 磁束密度の大きさを $\frac{1}{2}B$ に変える一方で、抵抗にかかる電位差を $V_0$ に保ちたい。導体棒を等速度運動させてこれを実現させるためには、導体棒に加える力の大きさを(13)で求めた力の大きさの何倍にすればよいか答えよ。

- 3 回折格子は、ガラス板の片面に細い溝を平行かつ等間隔に多数刻んだものである。溝と溝の間の透明な部分をスリットと呼ぶ。単色かつ平行な光線を回折格子に入射させると、回折格子を通った光によって、スクリーン上に何本か明線が生じた。スクリーンは十分大きく、回折格子から十分離れた位置に、入射光の方向に垂直に置いてある。

光の波長を  $\lambda$  とする。入射光の方向は、回折格子に対して垂直である。

- (1) 回折格子の溝の間隔を  $d$  とする。図1のように、角度  $\theta$  方向に回折する場合、隣り合ったスリットを通った光の、スクリーンまでの経路差を求めよ。
- (2) 角度  $\theta$  方向に回折した光により、スクリーン上に明線が現れる条件を  $d$ ,  $\theta$ ,  $\lambda$ , 整数  $n$  を用いて表せ。

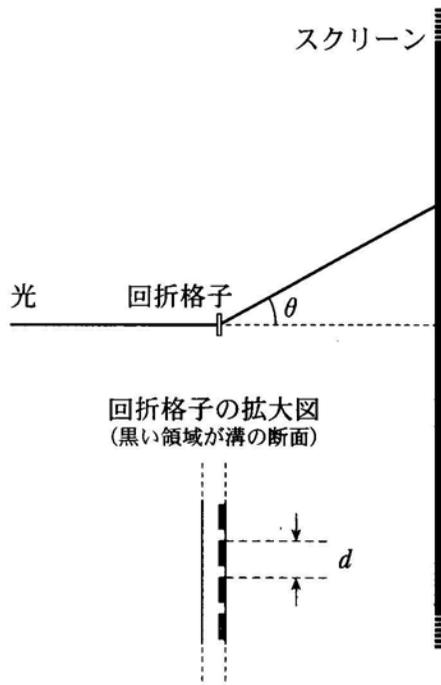


図1

1 cm あたり 5000 本の溝がある回折格子に対して、垂直に光を入射した。  
 図 2 のように、回折格子をまっすぐに透過した光による明線以外に、入射光の方向  
 に対し上下対称に、順に角度  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  の方向に明線が生じた。観測する  
 と、 $\theta_2 = 30^\circ$  だった。

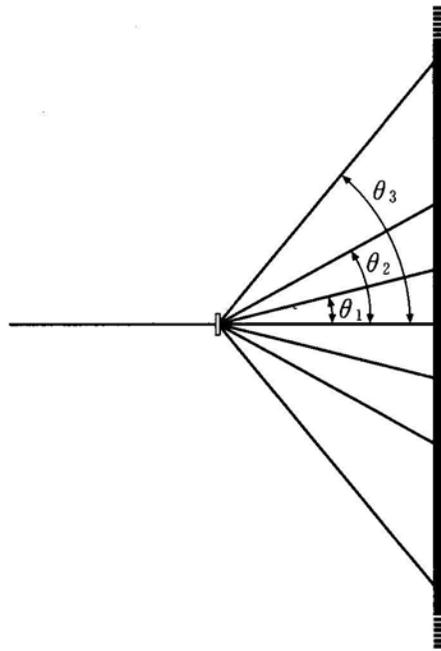


図 2

- (3) この光の波長の値を求めよ。  
 (4)  $\sin \theta_1$  の値を求めよ。  
 (5) 角度  $\theta_3$  として、次の(あ)~(え)のうちから、もっとも適当なものをひとつ選  
 べ。必要であれば、以下の表を参考にせよ。  
 (あ)  $29^\circ$       (い)  $49^\circ$       (う)  $61^\circ$       (え)  $81^\circ$

表

角 度	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$60^\circ$	$70^\circ$	$80^\circ$
正弦(sin)	0.50	0.64	0.77	0.87	0.94	0.98

- (6) 回折格子をまっすぐに透過した光による明線以外に、入射光の方向に対し上下対称に3本ずつしか明線は見えなかった。4本目が見えない適当な理由を述べよ。

1 cm あたり 5000 本の溝がある回折格子に対して、波長  $6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$  の光を垂直に入射した。回折格子をまっすぐに透過した光による明線以外に、入射光の方向に対し上下対称に、順に角度  $i_1, i_2, \dots$  の方向に明線が生じた。

- (7)  $\sin i_2$  の値を求めよ。

1 cm あたり 1000 本の溝がある回折格子に対して、波長  $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}$  の光を垂直に入射した。回折格子をまっすぐに透過した光による明線以外に、入射光の方向に対し上下対称に、順に角度  $j_1, j_2, \dots$  の方向に明線が生じた。

- (8)  $\sin j_2$  の値を求めよ。

異なった波長の単色光がふたつ重ね合わさった平行光線を、1 cm あたり 5000 本の溝がある回折格子に対して垂直に入射した。その光は、波長の短い緑色の光と、波長の長い赤色の光を重ね合わせたものである。図3のように、回折した光により、スクリーン上には、入射光の方向に対し上下対称に明線がいくつか現れた。そのうち、図3の矢印がしめす、中心に最も近い明線に注目すると、ある色が観測された。

(9) その色に関して、次の(あ)~(う)のうちから、もっとも適当なものをひとつ選べ。

(あ) 緑色

(い) 赤色

(う) 白色

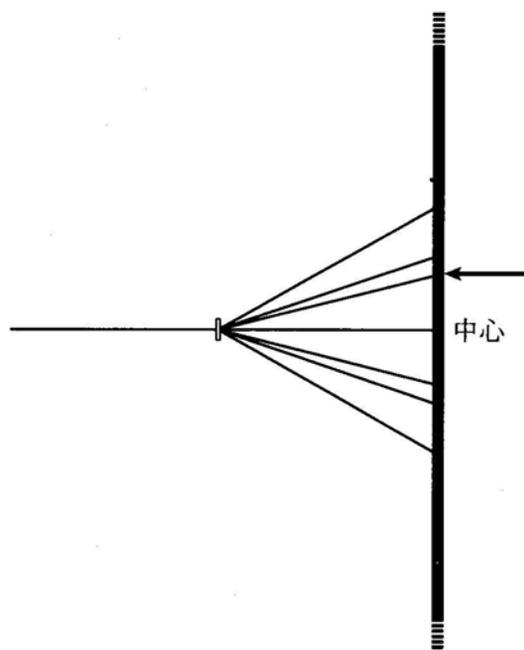


図 3