

科目	物 理
----	-----

理学部・医学部・薬学部・工学部

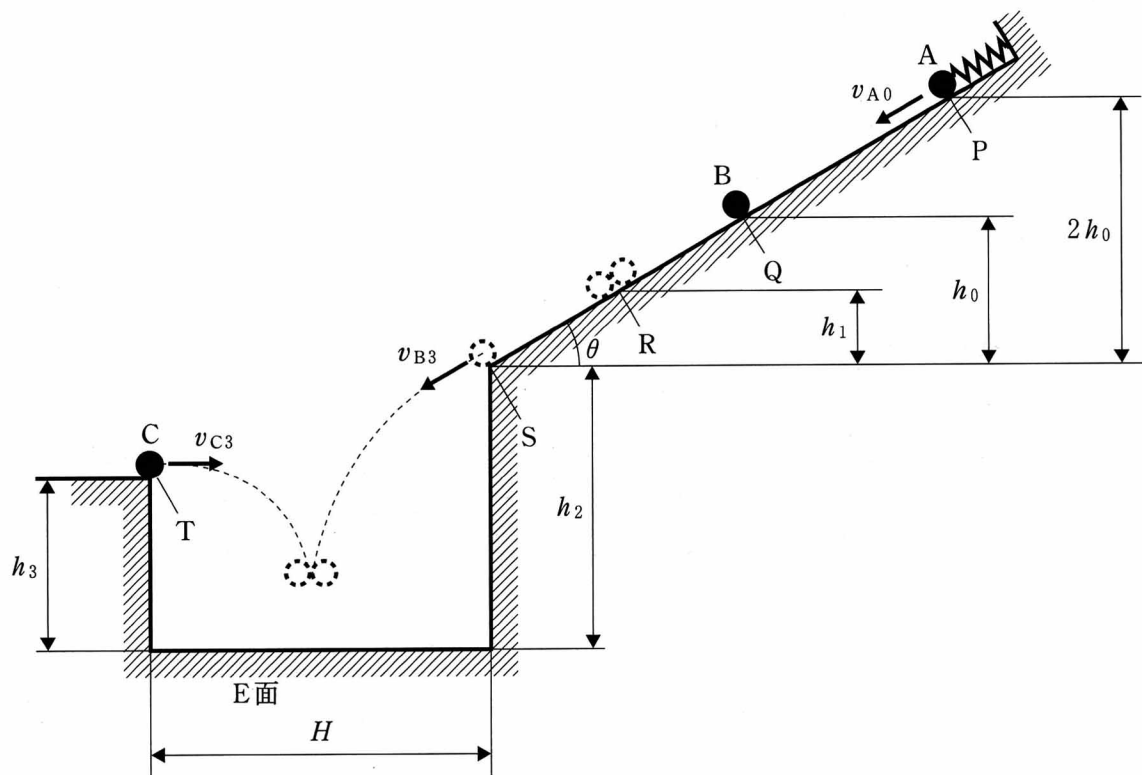
注 意

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7ページにわたっている。解答用紙は3枚、下書き用紙は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。
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・下書き用紙とも、持ち帰ること。

**I** 図に示すように、水平面に対して角度  $\theta$  だけ傾斜させた摩擦のない斜面が設けられている。斜面の下端の点 S は水平な E 面から高さ  $h_2$  の位置にある。点 S から高さ  $2h_0$  と  $h_0$  にある斜面上の点 P と点 Q には、大きさが無視できる同じ質量  $m$  の小球 A と小球 B が置かれている。小球 A は自然長のばねの端に接した状態になっており、ばねの他端は固定されている。

いま小球 A とともにばねを自然長から  $a$  だけ縮めて静かに放した。また、小球 A が点 P を通過すると同時に、点 Q から小球 B を静かに放した。小球 A と B は斜面上を滑り落ち、点 S から高さ  $h_1$  の位置にある点 R で小球 A が小球 B に衝突した後、小球 B は点 S から E 面に向かって飛び出した。一方、小球 B が点 S から飛び出すと同時に、E 面から高さ  $h_3$  ( $h_3 < h_2$ )、点 S から水平距離  $H$  の位置にある点 T から、大きさが無視できる質量  $m$  の小球 C が水平方向に打ち出され、E 面に落下する前に小球 B と衝突した。小球 A, B, C は同一鉛直面内で運動した。ばね定数を  $k$ 、重力加速度の大きさを  $g$ 、ばねの質量および空気抵抗は無視できるとして、以下の問いに答えよ。

- (1) ばねが縮んだ状態から自然長に戻ったときの点 P における小球 A の速さを  $v_{A0}$  とする。 $v_{A0}$  はいくらか。
- (2) 小球 A が速さ  $v_{A0}$  を得てから、小球 B に衝突するまでの時間を  $t$  とする。 $t$  を  $v_{A0}$ ,  $h_0$ ,  $\theta$  を用いて表せ。
- (3) 衝突する直前の小球 A と B の速さをそれぞれ  $v_{A1}$  と  $v_{B1}$  とする。 $v_{A1}$  と  $v_{B1}$  を  $v_{A0}$ ,  $h_0$ ,  $g$  を用いて表せ。
- (4) 衝突した直後の小球 A と B の速さをそれぞれ  $v_{A2}$  と  $v_{B2}$  とする。反発係数を  $e$  ( $e > 0$ ) とし、 $v_{A2}$  と  $v_{B2}$  を  $v_{A1}$ ,  $v_{B1}$ ,  $e$  を用いて表せ。
- (5) 小球 B が点 S から飛び出す速さを  $v_{B3}$  とする。 $v_{B3}$  を  $v_{B2}$ ,  $h_1$ ,  $g$  を用いて表せ。
- (6) 小球 C が打ち出されたときの速さを  $v_{C3}$  とする。 $v_{C3}$  を  $H$ ,  $h_2$ ,  $h_3$ ,  $v_{B3}$ ,  $\theta$  を用いて表せ。



II

(1) 図1のように電源、スイッチ、抵抗(抵抗値  $R$ )、コンデンサー(電気容量  $C$ )、コイル(自己インダクタンス  $L$ )を直列に接続した回路がある。電源の電圧を時間とともに変化させたところ、回路に流れる電流  $I$  は図2のように、時刻  $t = 0$  から  $t = T$  の間は  $0$  から  $I_0$  まで直線的に増加し、時刻  $t = T$  から  $t = 2T$  の間は  $I_0$  で一定、時刻  $t = 2T$  から  $t = 3T$  の間は直線的に  $I_0$  から  $0$  まで減少した。時刻  $t = 0$  において、コンデンサーにたくわえられていた電荷は  $0$  であり、スイッチは時刻  $t = 0$  から  $t = 3T$  まで閉じられていたものとして以下の問いに答えよ。

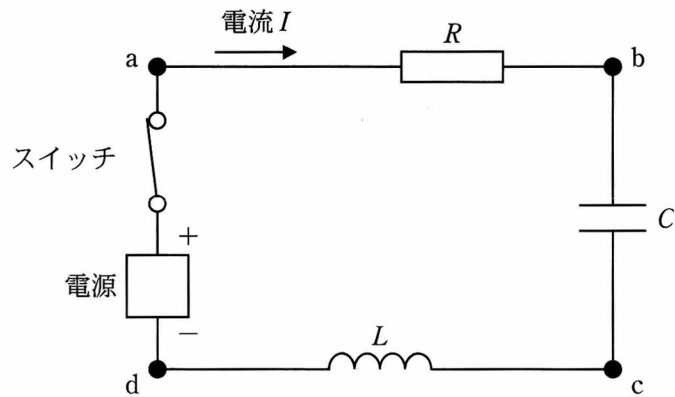


図1

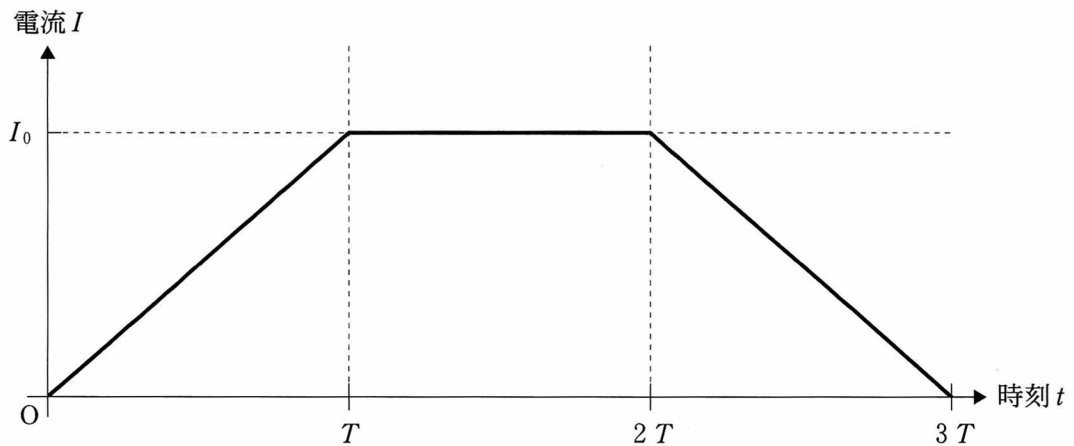


図2

- (a) 時刻  $t$  ( $T < t < 2T$ ) のときの、回路中の点 a と点 b の電位差(点 a の電位 - 点 b の電位)を求めよ。
- (b) 時刻  $t$  ( $0 < t < T$ ) のときの、回路中の点 c と点 d の電位差(点 c の電位 - 点 d の電位)を求めよ。

- (c) 時刻  $t = 3T$  のときの、コンデンサーにたくわえられている電荷量を求めよ。
- (d) 時刻  $t = 3T$  のときの、回路中の点  $b$  と点  $c$  の電位差(点  $b$  の電位 - 点  $c$  の電位)を求めよ。
- (e) 時刻  $t = T$  から  $t = 2T$  の間に電源が供給した電力量を求めよ。解き方も示せ。

(2) 図1のコンデンサーは、平行板コンデンサーであり、その極板は図3のように一辺の長さが  $l$  の正方形で、極板の間隔は  $d$  である。時刻  $t = 3T$  においてスイッチを開き、同じく一辺の長さが  $l$  の正方形で厚さ  $\frac{d}{2}$  の帯電していない金属板を、図のように極板間に極板の端から  $x$  だけ挿入した。ただし  $x$  は  $l$  より小さく  $d$  より十分に大きいとする。

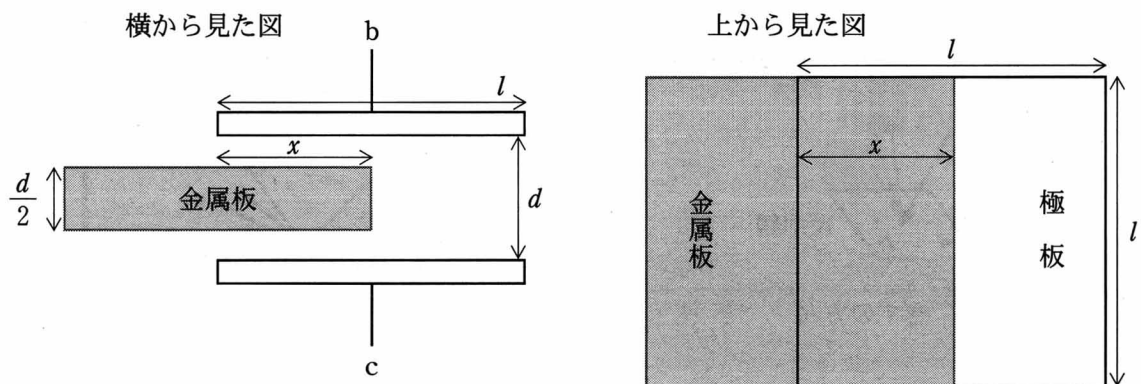


図3

- (a) 金属板を挿入したときの電気力線と正負の電荷の分布の様子を解答欄の図に書き入れよ。電気力線と電荷の様子は、場所による違いを反映させて書くこと。
- (b) 金属板を  $x$  だけ挿入したときのコンデンサーの電気容量を求めよ。
- (c) コンデンサーにたくわえられたエネルギーの減少分だけ、金属に作用した電気力が仕事をすると仮定して、その力の向きを解答欄の図の金属板に矢印で示し、その力の大きさを求めよ。解き方も示せ。

Ⅲ 図1のように、平行な直線状の細いきずを等間隔につけた平面反射鏡を水平面に置き、これに単色のレーザー光を照射し反射鏡からの光を反射鏡に垂直に立てたスクリーンで観察した。きずの間隔を  $d$ 、レーザー照射位置からスクリーンまでの距離を  $h$  とする。入射光と反射光を含む面はきずに垂直で、スクリーン面はきずに平行である。レーザー光を入射角  $45^\circ$  で反射鏡に照射した。レーザー光は平行光とし、そのビームの大きさはきずの間隔  $d$  より十分大きいとする。

以下の問いに答えよ。

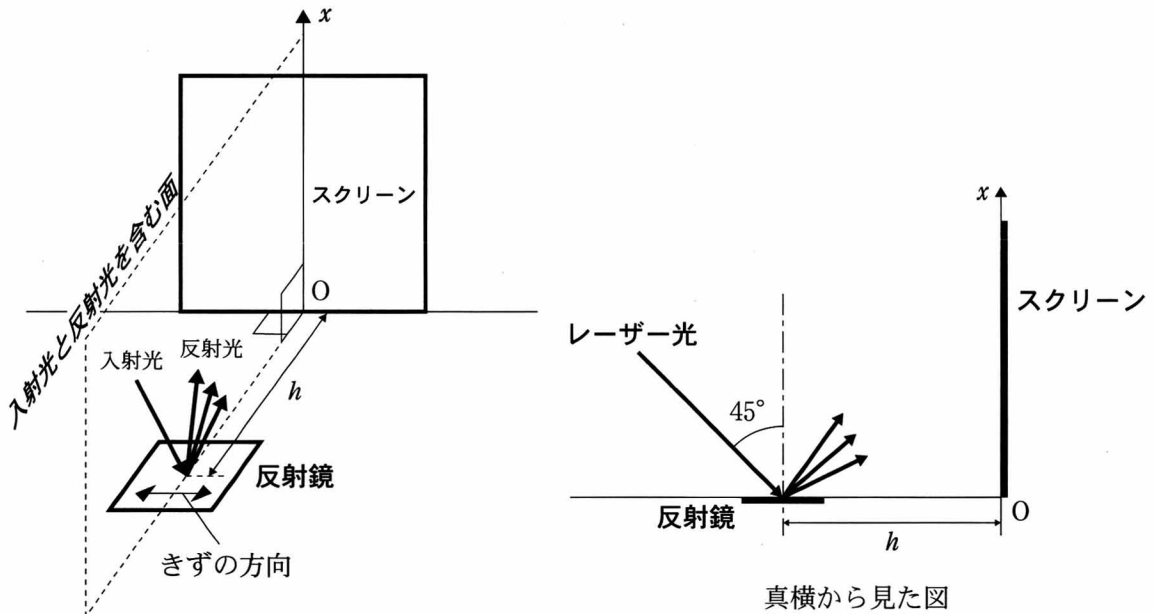


図1

(1) 以下の文の空欄(ア)～(キ)に適切な語句を入れよ。

光は横波と考えることができる。従って、光の波の振動は進行方向に対して(ア)である。波の振動における一周期の中で変位がどの状態にあるのかを示す指標を(イ)という。空間的に広がっている波について(イ)が同じになる場所をつなぐことによってできる面を(ウ)という。波の山をつないだ(ウ)の間隔は、波の(エ)に等しい。また、(ウ)は光の進行方向に対して常に(オ)である。

(ウ)が平面となるような波を平面波という。平面波が障害物の隙間すきまを通過するとき、波が障害物の後ろ側に回り込んで進む現象が観察される。このような現象を(カ)という。図1の設定で、光を平面波として反射鏡で反射されて進む光にも(カ)と同様に波が広がる現象が観測される。きずの間隔が波の(エ)と比べ同じくらいであるとき、波が広がる程度は大きくなる。また、きずの間隔が(キ)なるにつれて、波が広がる程度は小さくなる。

(2) 以下の文の空欄(ク)~(シ)に適切な数式、記号あるいは語句を入れよ。

反射面における拡大図を示すと図2のようになる。光の経路1と2は平行で、それぞれ反射鏡に入射角 $i$ で入射し、反射鏡から反射角 $r$ でスクリーンに向かうとする。

きずが無い場合は $i$ (ク) $r$ の関係が成立する。きずがある場合について、となり合うきずの付近からスクリーンへ届く光を考える。経路1と経路2において点Aと点Bの(イ)が等しい。経路1は点Aを経て点Dに達し、経路2は点Bを経て点Cに達する。 $d$ ,  $i$ ,  $r$ を用いてADとBCの長さを表すと、 $AD =$ (ケ),  $BC =$ (コ)である。2つの経路の差を求めると(サ)となる。経路1を通った光と経路2を通った光が強め合うのは、(セ)が(エ)の(シ)倍の時である。

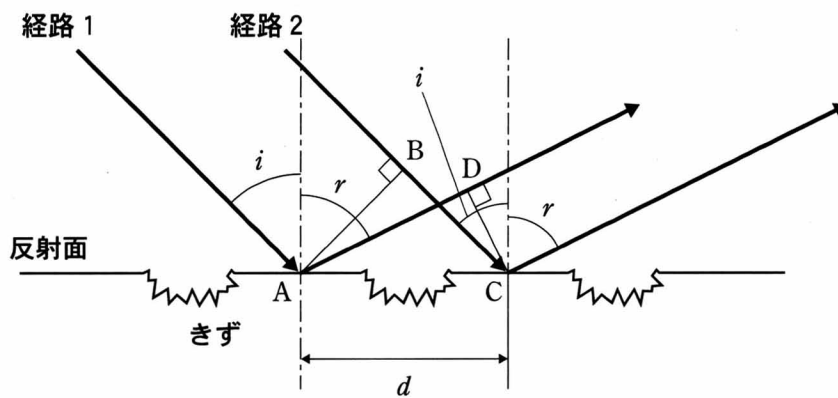


図2

入射光と反射光がなす面がスクリーンと交わる線を $x$ 軸にとる。水平面を $x = 0$ とし、上方向を正にとる(図1参照)。きずの間隔が $d = 1.0 \times 10^{-2}$  mm, レーザーの入射位置とスクリーンの間隔が $h = 100$  mmの時、スクリーン上で $x$ 軸に沿って $30 \text{ mm} < x < 160 \text{ mm}$ の範囲で光が強め合っている所が図3のように観測された。

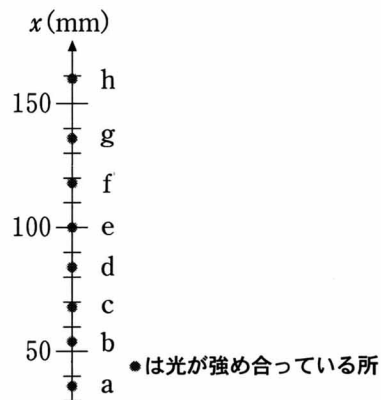


図3

(3) きずが無い場合に光はどの位置にあたるか。記号 a~h のうち最も適切なものをひとつ選べ。

(4) 図 3 に示された光が強め合っている所のうち、きずが無い場合の光の位置に対してすぐとなりにあたる所のひとつに対応する反射角  $r$  は  $50^\circ$  であった。このレーザー光の波長は何 mm か。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示すこと。必要に応じて下の関数表を用いてよい。

$\theta(^{\circ})$	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
$\sin \theta$	0.707	0.766	0.819	0.866	0.906	0.940	0.966	0.985	0.996	1.00
$\cos \theta$	0.707	0.643	0.574	0.500	0.423	0.342	0.259	0.174	0.0872	0.00

(5) きずの間隔を半分にした時、強め合う光の位置のパターンはスクリーン上にどのように現れるか。解答欄にその様子を書き込み、その理由を簡潔に説明せよ。