

科目	物 理
----	-----

理学部・医学部・薬学部・工学部・都市デザイン学部

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8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。  
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。





1

図1, 図2のように, 質量  $m$ , 長さ  $L$  の一様な細い棒 AB を水平なあらいカーペット, もしくは, 電車内の水平なあらい板から鉛直の壁に静かに立てかける。この壁, 棒 AB および観測者は, 鉛直な平面内に位置しており, 棒の下端 A, および上端 B は鉛直な平面をはずれてすべることはないものとする。壁はなめらかであり, あらいカーペットと棒 AB の間の静止摩擦係数を  $\mu_1$ , 電車内のあらい板と棒 AB の間の静止摩擦係数を  $\mu_2$ , 重力加速度の大きさを  $g$ , 棒 AB とあらいカーペット, もしくは電車内のあらい板とのなす角度を  $\theta$  ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ) とする。また, 空気抵抗は無視でき, 棒の下端 A があらいカーペット, もしくは電車内のあらい板から受ける垂直抗力の大きさを  $N_A$ , 上端 B が壁から受ける垂直抗力の大きさを  $N_B$ , 棒の下端 A における摩擦力の大きさを  $F$  とする。ただし,  $\theta, N_A, N_B, F$  は, 以下の問い(1)と問い(2)において同一とは限らない。また, あらいカーペットとあらい板は床の上をすべらない。

(1) 図1のように, 棒 AB が水平なあらいカーペットから鉛直の壁に立てかけられている場合について,  $m, L, \mu_1, g, \theta$  のうち, 適切なものを用いて以下の問いに答えよ。

(a) 鉛直方向の力のつり合いを考え,  $N_A$  を求めよ。解答欄に解答のみを示せ。

(b) 力のモーメントのつり合いを考え,  $N_B$  を求めよ。解答欄に解答のみを示せ。

(c) 水平方向の力のつり合いを考え,  $F$  を求めよ。解答欄に解答のみを示せ。

(d) 棒 AB がすべり出さないための  $\tan \theta$  と  $\mu_1$  の関係を得るまでの解き方を解法記述欄に示せ。また, 得られた関係のみを解答とし, 解答欄に解答のみを示せ。



図1

(2) 図2のように、進行方向(水平方向右向きを正とする)に、電車が大きさ  $a(a > 0)$  の加速度(右向き)で等加速度直線運動をしている場合に、静かに棒 AB を立てかけた。 $m, L, \mu_2, g, \theta, a$  のうち、適切なものを用いて以下の問いに答えよ。ここで、棒 AB および観測者は、電車の進行方向を含む鉛直な平面内に位置している。

- (a) 力のモーメントのつり合いを考え、 $N_B$  を求めよ。解答欄に解答のみを示せ。
- (b) 棒 AB がすべらないための  $\tan \theta, \mu_2, g, a$  の関係を得るまでの解き方を解法記述欄に示せ。また、得られた関係のみを解答とし、解答欄に解答のみを示せ。ただし、 $\mu_2$  は極端に大きな値をとることはないものとする。

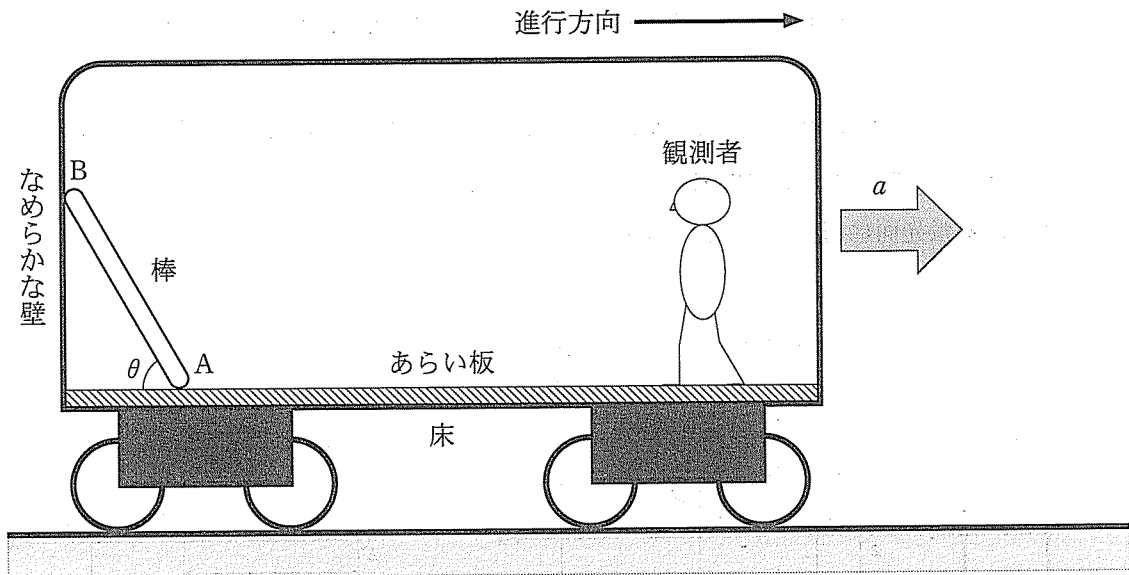


図2

2 電界(電場)および磁界(磁場)中における電子の運動について考える。図1(a)のように座標軸をとり、 $z$ 方向は、紙面に垂直で裏から表に向かう方向を正の方向とする。電子を加速するための加速用電界、電子の方向を変えるための電界(偏向用電界という)および磁界(偏向用磁界という)を用いて電子を $xy$ 平面上で運動させる。加速用電界は、陽極と陰極との間の電位差 $V_A$ ( $V_A > 0$ )によってつくられ、陰極を出発した電子は、陽極に開けられた小さな穴を速さ $v_0$ で通過して $x$ 軸上を偏向用電界に向かう。偏向用電界は、間隔 $d$ の2枚の平行平板型の極板(偏向板という)によりつくられる。偏向板の $x$ 方向の長さは $l$ であり、 $x$ 軸から $\frac{d}{2}$ 離れた位置に $xz$ 面と平行におかれている。また、偏向板間には $z$ 軸と平行に磁束密度 $B_1$ の偏向用磁界をかけることができる。図1(b)は、偏向板付近の様子を拡大したものである。偏向用電界を通過した電子が向かう蛍光面は、 $yz$ 平面と平行におかれている。電子に作用させる電界や磁界は一様で、外側への漏れはないものとする。また、電子の質量および電気素量はそれぞれ $m$ 、 $e$ であり、電子に対する重力の影響は無視できるものとする。電子の軌道をそれぞれの図中に破線Sで表す。

最初に、図1(a)のように、偏向板間に磁界をかけず、偏向板の極板間の電位差を $V_B$ ( $V_B > 0$ )としたとき、偏向用電界を速さ $v_1$ 、 $x$ 軸とのなす角 $\theta$ で飛び出した電子は、 $L_1$ 離れた位置にある蛍光面に衝突した。以下の問いに答えよ。

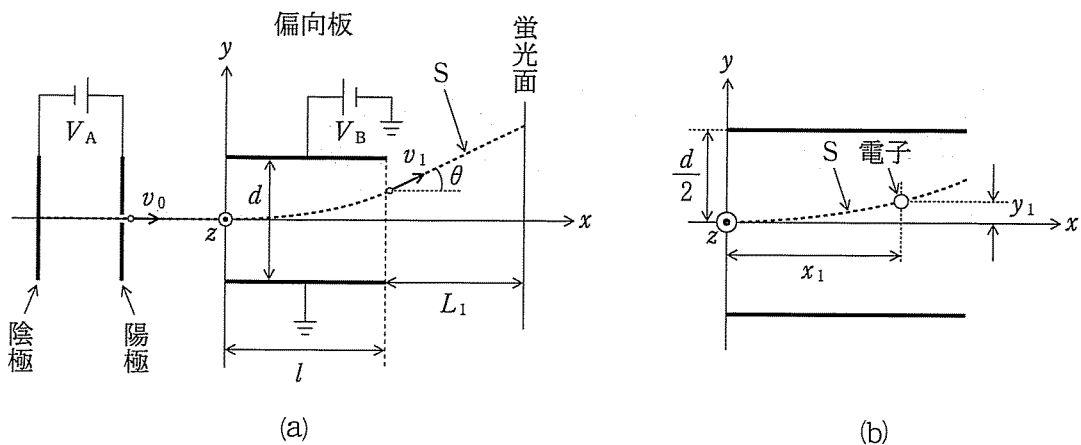


図1

- (1) 偏向板間における、電子の $y$ 方向の加速度 $a$ はいくらか。 $v_0$ 、 $m$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $V_B$ 、 $l$ のうち、適切なものを用いて表し、解答欄に解答のみを示せ。
- (2) 図1(b)のように、中心線( $x$ 軸)からの距離を $y_1$ 、偏向板の左端からの距離を $x_1$ として、電子が偏向用電界の作用を受けている間に描く軌道の式を、 $x_1$ 、 $y_1$ 、 $v_0$ 、 $m$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $V_B$ 、 $l$ のうち、適切なものを用いて表し、解答欄に解答のみを示せ。

(3) 電子が偏向板の極板に触れることなく偏向用電界を飛び出すために必要な  $V_B$  の条件を,  $v_0, m, d, e, V_B, l$  のうち, 適切なものを用いて表し, 解答欄に解答のみを示せ。

(4) 偏向用電界を飛び出したあとの電子の速さ  $v_1$  はいくらか。  $v_0, m, d, e, V_B, l$  のうち, 適切なものを用いて表し, 解答欄に解答のみを示せ。

次に, 図 2 のように偏向板間に磁束密度  $B_1$  の偏向用磁界を  $z$  軸の負の方向にかけ, 偏向板の極板間の電位差を  $V_C (V_C > 0)$  としたところ, 陰極を出発した電子は偏向板間で曲がることなく直進し, 蛍光面に衝突した。以下の問いに答えよ。

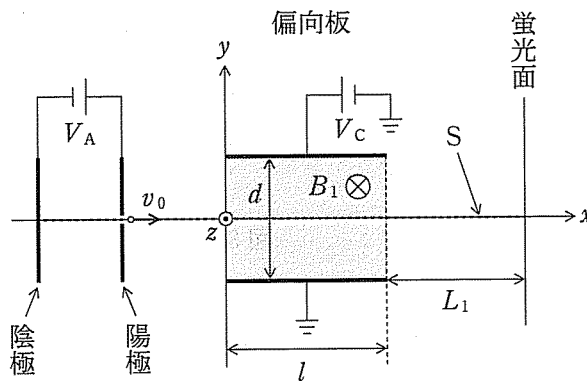


図 2

(5) 加速用電界を飛び出した電子の速さ  $v_0$  はいくらか。  $m, d, B_1, V_C, l$  のうち, 適切なものを用いて表し, 解答欄に解答のみを示せ。

(6) 偏向板の極板間の電位差  $V_C$  はいくらか。  $m, d, e, V_A, B_1, l$  のうち, 適切なものを用いて表せ。解法記述欄に解答を得るまでの解き方を示し, 解答欄に解答のみを示せ。

次に、図3のように蛍光面を  $x$  軸の正の方向に  $L_2$  だけ平行移動させ、蛍光面の左側に  $x$  軸方向の幅が  $L_2$  の領域に、磁束密度  $B_2$  の磁界を  $z$  軸の負の方向にかけた。さらに偏向板間の磁界を 0、極板間の電位差を  $V_B$  に戻したところ、偏向用電界を速さ  $v_1$ 、 $x$  軸とのなす角  $\theta$  で飛び出した電子は、磁束密度  $B_2$  の磁界領域を円弧を描きながら通過し、蛍光面と垂直に衝突した。以下の問いに答えよ。

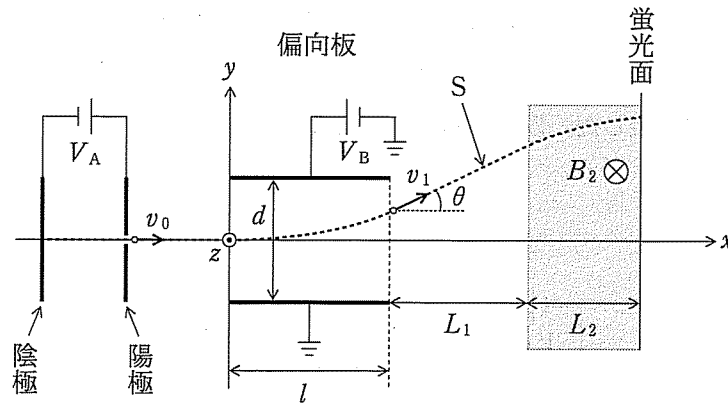


図3

- (7) 磁束密度  $B_2$  の磁界領域で、電子が描く円弧の半径  $r$  はいくらか。  $v_0$ 、 $v_1$ 、 $a$ 、 $l$ 、 $L_1$ 、 $L_2$  のうち、適切なものを用いて表し、解答欄に解答のみを示せ。
- (8) 磁束密度  $B_2$  の大きさはいくらか。  $v_0$ 、 $v_1$ 、 $m$ 、 $e$ 、 $a$ 、 $l$ 、 $L_1$ 、 $L_2$  のうち、適切なものを用いて表せ。解法記述欄に解答を得るまでの解き方を示し、解答欄に解答のみを示せ。



**3** は次のページから始まります。

3 水深一定の浅い水槽に、水面に対し垂直に、なめらかでかたく、厚さの無視できる薄い仕切り板を固定した。水面上に仕切り板と垂直に  $x$  軸をとり、その交点を  $P$  とする。 $x$  軸の原点  $O$  に波源  $A$  をおく。図 1 はこれを上から見た図である。波源  $A$  からは波長  $\lambda$ 、振幅  $a$ 、周期  $T$  の球面波が連続的に送り出されている。点  $O$  の水面の変位  $y$  の時間変化のグラフは時間  $t$  を横軸にして示すと図 2 のような正弦曲線で表された。ただし、ある時刻を  $t = 0$  ととる。 $OP$  間の距離を  $\frac{5}{2}\lambda$ 、波の速さ  $v$  はどこでも一定であり、波は観測範囲で減衰せず、水槽の壁に当たった波はすべて吸収されるものとする。以下の問いに答えよ。

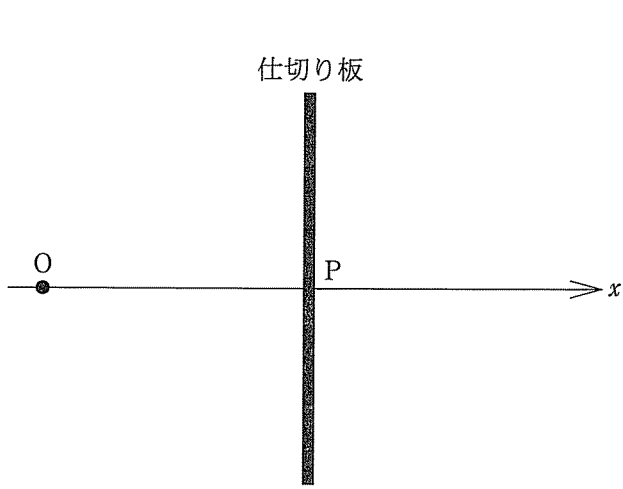


図 1

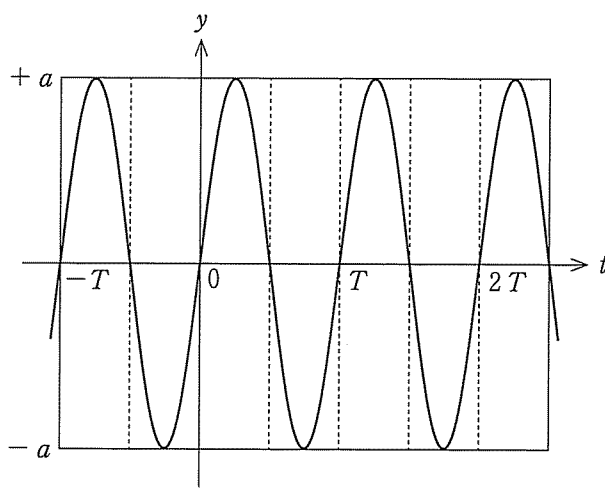


図 2

- (1) 図 3 に示すように仕切り板がない場合を考える。このとき、以下の問いに答えよ。
- (a) 時刻  $t = 0$  における  $x$  軸上の水面の変位  $h$  の変化を  $-\lambda < x < 0$ ,  $0 < x < \frac{5}{2}\lambda$  の範囲で求め、解答欄にグラフの概形を描け。
- (b) (a) のとき、山となっている  $x$  軸上の位置をすべて求め、解答欄に解答のみを示せ。

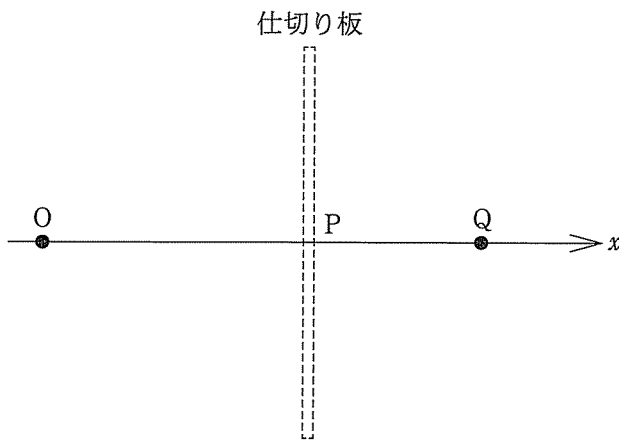


図 3

(2) 仕切り板があると、点 O にある波源 A から出た波は仕切り板で反射され、反射波となる。仕切り板での反射は自由端での反射である。この反射波と同じ波形(同位相)の波は、図 3 に示すように仕切り板を取り去って  $x$  軸上の点 P よりも右側の適切な位置に波源 A をおくことによって作ることができる。そのような波源の  $x$  軸上の位置 Q を求め、解答欄に解答のみを示せ。

(3) 図 1 に示すように点 O に波源 A が存在するとき、仕切り板の左側では、波源 A からの波と仕切り板で反射された波が干渉し、 $x$  軸上に定常波(定在波)を形成する。 $0 < x < \frac{5}{2}\lambda$  の範囲で  $x$  軸上で節となるすべての位置を求めよ。解答を得るまでの解き方を解法記述欄に示し、解答欄に解答のみを示せ。ただし、 $\sin \theta_1 + \sin \theta_2 = 2 \sin \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \cos \frac{\theta_1 - \theta_2}{2}$  を用いても良い。

(4) 同じ水槽を用い、図 4 のように仕切り板上の点 P および点 P から  $\frac{\sqrt{11}}{2}\lambda$  だけ離れた点 R に波長より十分に小さいすき間をあけ、仕切り板の右側にも波が通過するようにした。このとき、以下の問いに答えよ。

(a) OP 間の距離と OR 間の距離の差を求め、解答欄に解答のみを示せ。

(b) ある時刻において点 P における波が山となるとき、点 R における波はどうなるか。該当する答えを次の選択肢から選び、解答欄に記号のみを示せ。

選択肢：(ア) 山となる                      (イ) 谷となる                      (ウ) 変位 0 となる

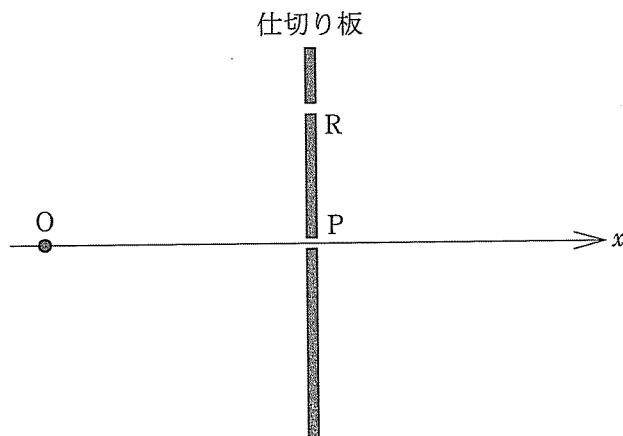


図 4

(5) 図 4 において仕切り板の右側で点 P と点 R を通過した波が干渉し、弱め合う点はいずれもある曲線群(直線を含む)の上にある点である。そのような曲線は何本あるか求めよ。解答を得るまでの解き方を解法記述欄に示し、解答欄に解答のみを示せ。









