

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、 x 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 yz 面と平行におかれている。また、偏向板間には x 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 θ 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。

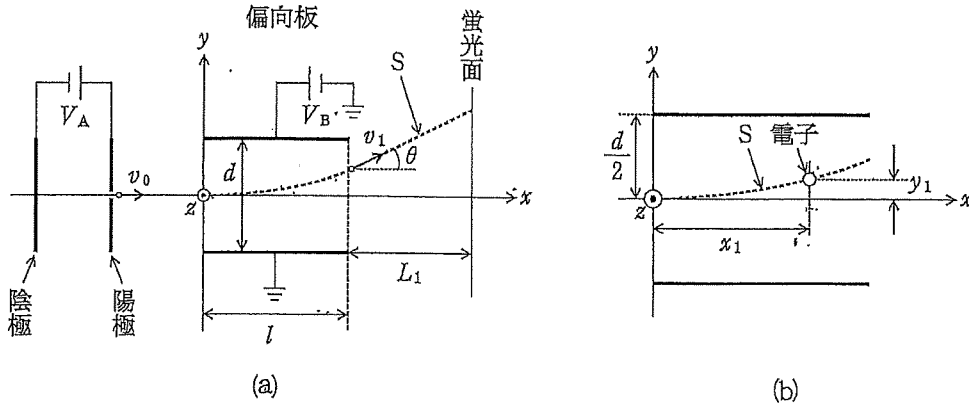


図1

- (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。

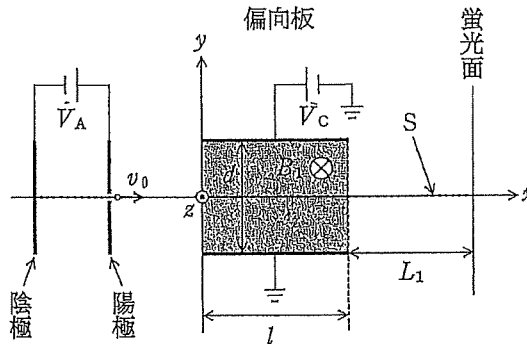


図2

- (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 x 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 θ 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。

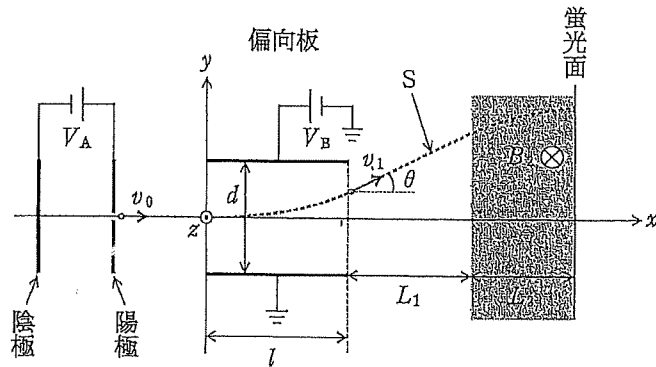


図3

- (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。