



2025年度

公立千歳科学技術大学 理工学部

一般選抜 前期日程 問題

物理基礎・物理

物理基礎・物理

1. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

(1) 質量 m [kg] の物体 A が、質量 M [kg] の板 B の上に置かれている。物体 A と板 B 上面との間には摩擦があり、その動摩擦係数は μ' である。以下の (ア) ~ (ウ) の問いに答えなさい。

(ア) 物体 A および板 B が水平に静止した状態から、図 1 のように板 B の底面から鉛直上方向に一定の力 F [N] を加えたところ、物体 A および板 B は水平を保ちながら一体となって上方向に運動した。そのときの加速度の大きさ、および物体 A が板 B から受ける力の大きさを m , M , F , g のうち必要な記号を用いてそれぞれ答えなさい。

(イ) 物体 A および板 B を水平でなめらかな床の上に置いて、図 2 のように板 B に一定の力 f [N] を右方向に加えたところ、物体 A および板 B はそれぞれ異なる加速度で右方向に運動した。物体 A の加速度の大きさ a_A [m/s²]、および板 B の加速度の大きさ a_B [m/s²] をそれぞれ m , M , μ' , f , g のうち必要な記号を用いて答えなさい。

設問省略

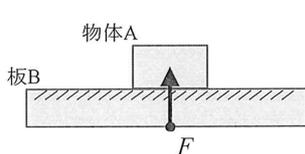


図 1

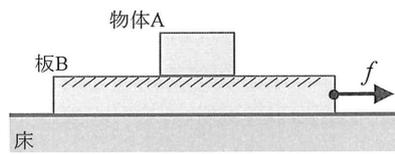


図 2

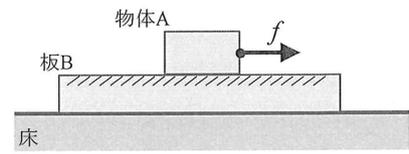


図 3

(2) 次に、なめらかな水平面上の点 P および点 Q があり、図 4 のように点 P の左側および点 Q の右側にはなめらかな曲面がある。点 P と点 Q の間の距離は L [m] である。質量 $2m$ [kg] の小球 A を基準面からの高さ h [m] から、そして質量 m [kg] の小球 B を右側の曲面の同じ高さから、曲面に沿ってそれぞれ同時に静かにはなしたところ、二つの小球は PQ 間で衝突した。静かにはなした時点の時刻を $t = 0$ [s] とする。なお、水平面と曲面の接続はなめらかであり、小球 A および小球 B は水平面および曲面にそって運動し、衝突は弾性衝突とする。また、PQ 間の距離は十分に長く、衝突は PQ 間の一直線上でおきるものとする。以下の (ア) ~ (ウ) の問いに答えなさい。

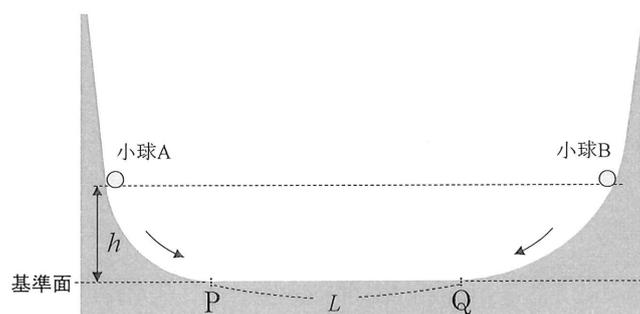


図 4

- (ア) 静かにはなしてから、最初に小球 A が点 P を通過した時刻は $t = T_1$ 、および小球 B が点 Q を最初に通過した時刻は $t = T_2$ であった。小球 A と小球 B が衝突した時刻、および衝突した地点の点 P からの距離をそれぞれ m, h, g, T_1, T_2, L のうち必要な記号を用いて答えなさい。
- (イ) 小球 A および小球 B の一度目の衝突直後の速度をそれぞれ m, h, g のうち必要な記号を用いて答えなさい。なお、右方向の速度を正とする。
- (ウ) (イ) のあと、小球 A と小球 B は二度目の衝突をした。二度目の衝突直後の水平面上での小球の運動について、次の (a) ~ (d) の中から正しい記述を一つ選び、記号で答えなさい。
- (a) 小球 A と小球 B は一体となって運動した
 - (b) 小球 A と小球 B は同じ方向に運動した
 - (c) 小球 A と小球 B は同じ速さになった
 - (d) 小球 A は静止した

物理基礎・物理

2. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(1) 図1に示すように、外部との熱のやりとりが無視できる断熱容器の中に温度 $20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ の水が 400 g 入っている。容器の中には加熱用に $30.0\ \Omega$ の抵抗器 R が設置されており、 30.0 V の内部抵抗が無視できる直流電源 E とスイッチ S に接続されている。氷の融解と水の蒸発はそれぞれ $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ と $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ のみで起こり、容器や抵抗器の熱容量は無視できるものとして、以下の (ア) ~ (ウ) の問いに答えなさい。なお、水の比熱は $4.20\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、氷の比熱は $1.90\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、氷の融解熱は 334 J/g 、水の蒸発熱は $2.30\times 10^3\text{ J/g}$ とし、有効数字3桁で解答しなさい。

(ア) S を開けた状態で温度 $-30.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、質量 $m\text{ [g]}$ の氷を水に入れたところ、氷が半分融解したところで熱平衡となった。入れた氷の質量 m を求めなさい。

(イ) 次に S を閉じ、 t_1 秒間電流を流したところ、残った氷が全て融解した。抵抗器の発熱は全て水と氷に伝わるとし、容器の中の温度は全て均一として t_1 を求めなさい。その後さらに、抵抗器に電流を t_2 秒間流したところ、容器の中の水の一部が蒸発し、 400 g の水が残った。 t_2 を求めなさい。

(ウ) (イ) の直後に S を開き、 $20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ の金属の塊 400 g を水の中に入れたところ、 $95.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ で一定温度となった。熱の移動は水と金属の間のみで起こるとして、この金属の熱容量と比熱を求めなさい。

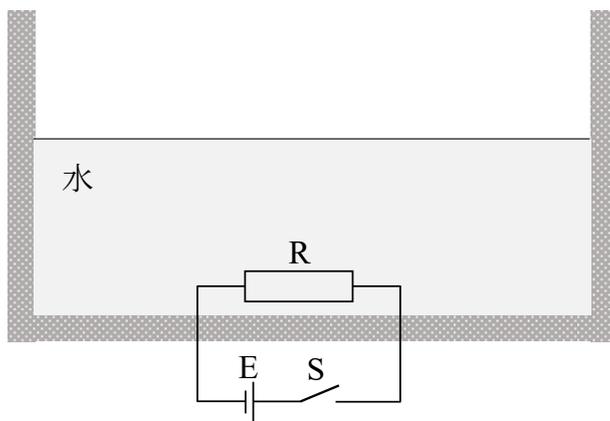


図1

(2) 図2のように、断熱材で作られた円筒状の容器 A と B がコックのついた細い断熱管で接続されている。A の断面積は $S_A\text{ [m}^2\text{]}$ 、B の断面積は $S_B\text{ [m}^2\text{]}$ であり、A の底部にヒーター H が設置されている。また、容器 A と B の底部からそれぞれ $L_A\text{ [m]}$ 、 $L_B\text{ [m]}$ の位置に取り外し可能なピストン用ストッパー St が設置されている。容器 A には質量 $m_A\text{ [kg]}$ 、容器 B には質量 $m_B\text{ [kg]}$ の断熱材でできたピストンが備えられ、なめらかに動く。はじめの状態では、ピストンは共にストッパー上に乗っており、容器 A の中には温度 $T_{1A}\text{ [K]}$ の単原子理想気体が $n\text{ [mol]}$ 入った状態、容器 B は真空になった状態でコックが閉じられている。容器外の大気圧を $P_0\text{ [Pa]}$ 、気体定数を $R\text{ [J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ 、重力加速度の大きさを $g\text{ [m/s}^2\text{]}$ とし、ストッパーやヒーター H の大きさ、コック付き細管の体積は無視できるとして、以下の (ア) ~ (エ) の問いに答えなさい。なお、(イ) を除く (ア)、(ウ)、(エ) はかならず T_{1A} を用いて解答し、あわせてここまでの文中の記号を必要に応じて用いてよい。

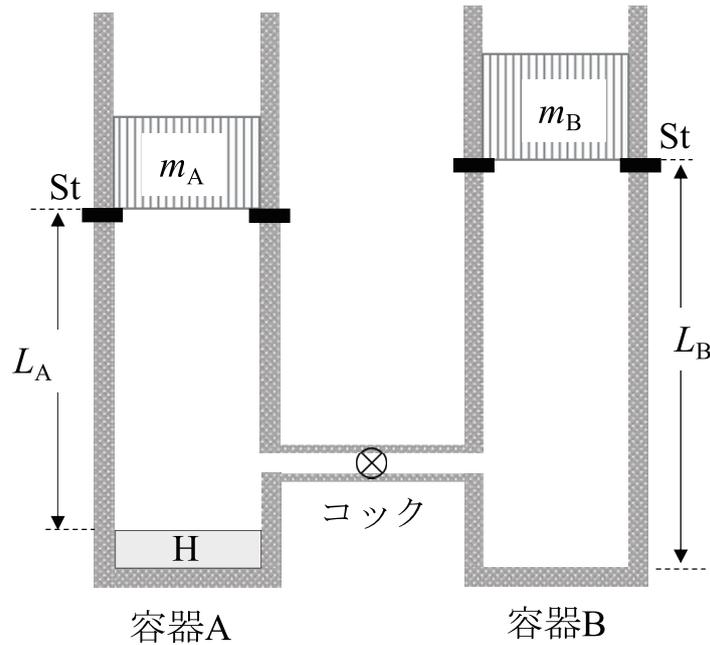


図2

- (ア) はじめの状態では、容器 A の圧力 P_{1A} を求めなさい。
- (イ) 次にヒーター H を用いて容器 A 内の温度を $2T_{1A}$ [K] まで上昇させたところ、容器 A のピストンがゆっくり上方に動きはじめた。はじめの状態の温度 T_{1A} と、ヒーター H が気体を与えた熱量を n , R , L_A , L_B , S_A , S_B , m_A , m_B , g , P_0 のうち必要な記号を用いてそれぞれ表しなさい。
- (ウ) (イ) でピストンが動き始めた瞬間にヒーター H の駆動を止め、コックを開けて容器 A から容器 B に気体を移動させてしばらく待った。この過程で、ピストンは共にストッパーの位置から動かなかった。このとき、容器 A 内の気体の圧力を求めなさい。
- (エ) (ウ) に続いてコックを閉じ、容器 B のストッパーを外したところ、ピストンが下降した。ピストンが底面から $\frac{1}{2}L_B$ の位置に来たときの容器 B 内の気体の温度と圧力、気体がされた仕事を求めなさい。ただし、単原子理想気体の断熱変化において、圧力 P と体積 V の間に $PV^{5/3} = \text{一定}$ の関係があることが知られている。なお、 $2^{5/3} = 3$ と近似して計算しなさい。

物理基礎・物理

3. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(1) 横波の正弦波を発する波源が x 軸の原点にある。波源は時刻 $t = 0$ s に変位 $y = 0$ m から振動を始め、この振動により x 軸の正の方向のみに正弦波が伝搬する。図 1 に時刻が $t = 0.600$ s のときの波形を示す。以下の (ア) ~ (エ) の問いに有効数字 3 桁で答えなさい。円周率を π とする。

(ア) 波の波長 λ [m]、速度 v [m/s]、振動数 f [Hz] を答えなさい。

(イ) 図 1 において媒質の変位の上向きの速さが最大の点の x の位置を答えなさい。

(ウ) 位置が $x = 0.200$ m の点において、媒質の変位 y [m] を時刻 t [s] の数式として表しなさい。ただし、ここで t は 0.400 s 以上の値をとるとして答えなさい。

(エ) 時刻が $t = 0$ s の瞬間に、波源が一定の速さ 0.500 m/s で x 軸の負の方向に動きはじめたとする。時刻が $t = 0.400$ s における波の波形を描きなさい。ただし、変位が連続して 0 になる区間は描かなくてよい。また、この波を x が正の位置にいる静止した観測者が観測するときの振動数 f_1 [Hz] を答えなさい。

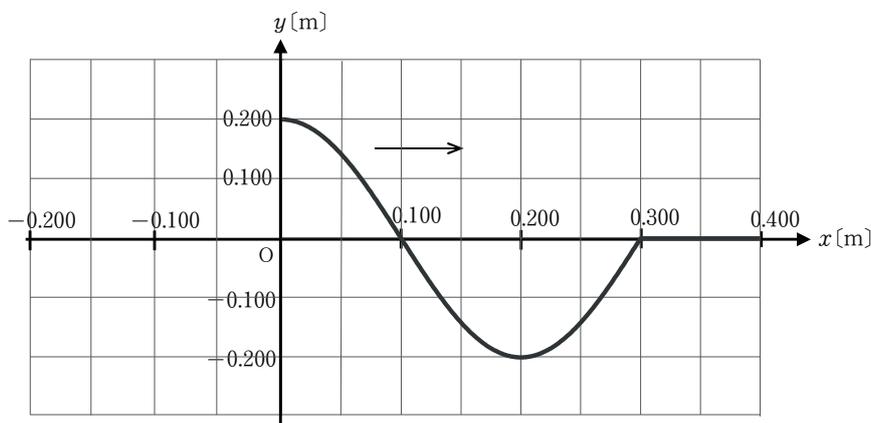


図 1

(2) 図 2 (a) に示すように波長 λ [m] の単色光源からの光を十分幅の狭いスリット S_0 に通してから、それと同距離にある十分幅の狭い二つのスリット S_1 と S_2 に通して干渉させ、距離 L [m] 離れたスクリーン上で観察した。スリット S_1 と S_2 の間隔は d [m] で x 軸から等距離にあるとし、 d は L より十分小さいとする。空気の絶対屈折率を 1 として以下の (ア) ~ (エ) の問いに答えなさい。なお (イ) ~ (エ) の問いでは明線の位置 y は x 軸の位置を $y = 0$ m とし、その大きさは L より十分小さいとする。また $|a| \ll 1$ のときに成り立つ近似式 $(1 + a)^n \doteq 1 + na$ を用いてよい。

(ア) この実験は通常「の実験」と呼ばれる。空白に入る最も適切な人名を答えなさい。

(イ) スクリーン上に生じる干渉縞の明線の位置を y_1 [m] とするとき、 y_1 を d 、 L 、 λ 、および整数 m を用いて表しなさい。緑色の単色光と黄色の単色光でこの実験を行ったとき、中心から三番目の明線の $y = 0$ m からの距離が大きいのはどちらの色か答えなさい。

(ウ) 図 2 (b) のように、スリット S_1 と S_2 とスクリーンの上に絶対屈折率が $\frac{3}{2}$ で十分大きな幅と高さを持つ長さ L のガラスの直方体を置いた。スクリーン上に生じる干渉縞の明線の位置を y_2 [m] とするとき、 y_2 を d 、 L 、 λ 、および整数 m を用いて表しなさい。

(エ) (ウ) において、図 2 (c) のようにガラスの直方体を下端が直線 $y = d/4$ と一致するように移動し、スリット S_2 を塞いだところ、スクリーン上のガラス部分に干渉縞が生じた。観測される明線の間隔を d 、 L 、 λ を用いて表しなさい。

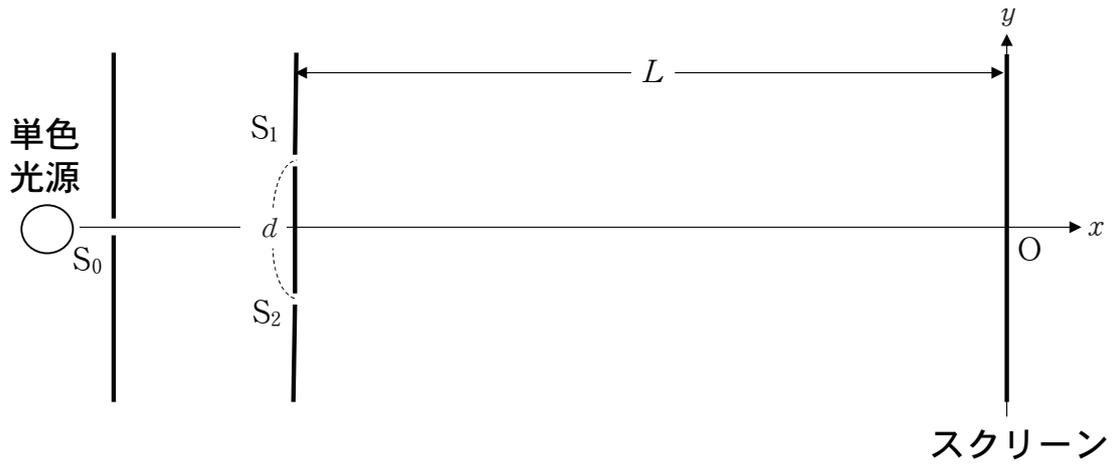


図 2 (a)

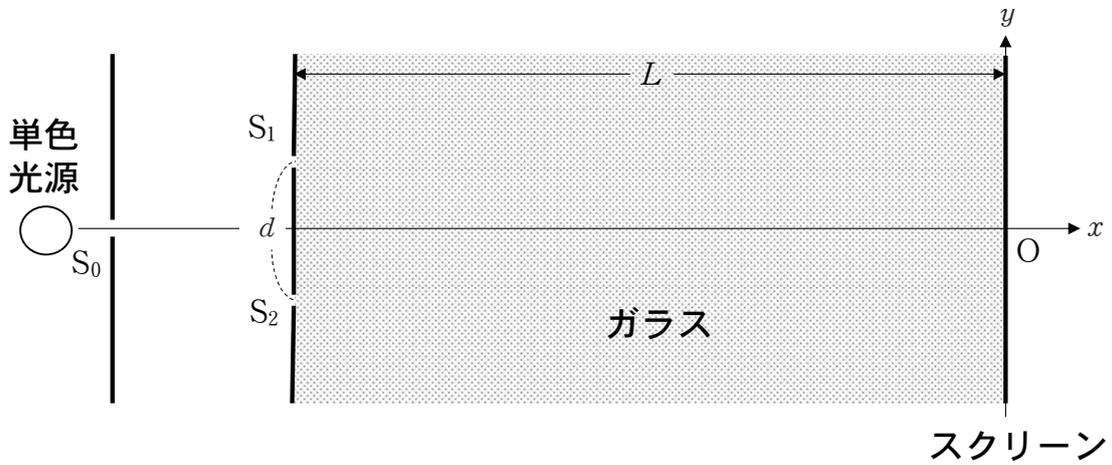


図 2 (b)

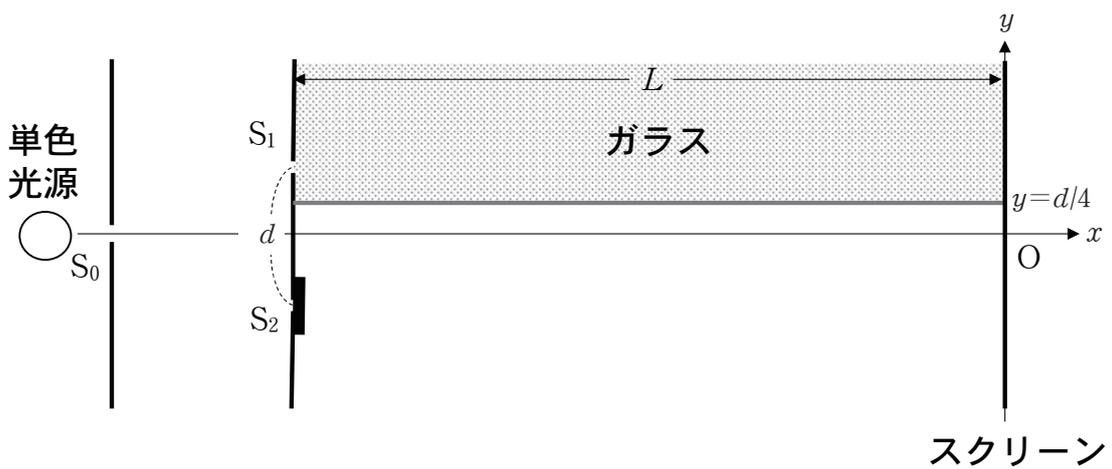


図 2 (c)

物理基礎・物理

4. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(1) 抵抗率 ρ [$\Omega \cdot \text{m}$] の材質で三つの導体がある。導体 A は断面積 S [m^2] で長さ L [m]、導体 B は断面積 $2S$ で長さ $3L$ 、導体 C は断面積 $3S$ で長さ $2L$ である。この三つの導体、抵抗の無視できる導線および起電力 E_1 [V]、 E_2 [V] の二種類の電池を用意した。以下の (ア) ~ (ウ) の問いに ρ 、 S 、 L 、 E_1 、 E_2 のうち必要な記号を用いて答えなさい。なお、抵抗率の温度による影響、および電池の内部抵抗は無視できるとする。

(ア) 起電力 E_1 [V] の電池を用いて図 1 の回路を構成した。点 PQ 間の合成抵抗、および導体 C を流れる電流の大きさを答えなさい。

(イ) 図 1 において、導体 B の内部を移動する電子の平均の速さは、導体 C 内部の電子の平均の速さと比べて何倍になるか答えなさい。

(ウ) 図 2 のように、起電力 E_1 [V] および E_2 [V] の二つの電池を用いて回路を構成した。導体 A および導体 B のそれぞれの消費電力を答えなさい。

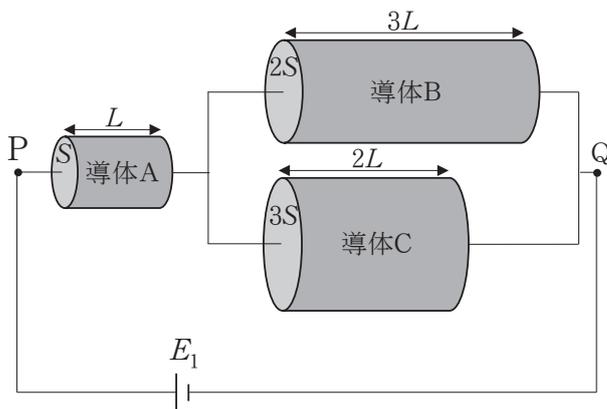


図 1

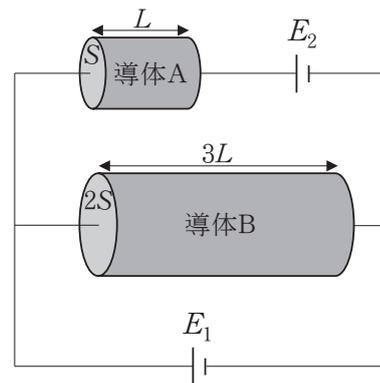


図 2

(2) 真空中において、図 3 のように x 軸と y 軸をとり、領域 P に y 軸の負の方向に強さ E [N/C] の一様な電場をかけ、領域 Q には紙面に垂直で裏から表の向きに磁束密度の大きさが B [T] の一様な磁場がかけられている。 $x = d$ [m] の位置に、 y 軸に平行にスリット板がおかれ、領域 P と領域 Q が仕切られている。スリット板には x 軸から L [m] の距離にスリット S_1 、および x 軸上にスリット S_2 がある。正の電気量 q [C]、質量 m [kg] の荷電粒子が原点 O を x 軸となす角 θ の方向に速さ v [m/s] で通過した。以下の (ア) ~ (ウ) の問いに答えなさい。なお、重力は考えなくてよい。

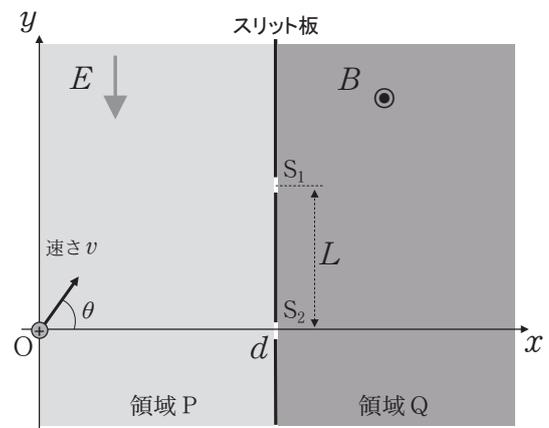


図 3

- (ア) 荷電粒子はスリット S_1 を垂直に通過して領域 Q に入射した。 d と L を m, q, v, E, θ のうち必要な記号を用いてそれぞれ表しなさい。
- (イ) (ア) において、荷電粒子が原点 O を通過してから領域 Q に入射するまでに、電場が荷電粒子にした仕事を m, q, v, E, θ のうち必要な記号を用いて表しなさい。
- (ウ) x 軸となす角 $\theta = 45^\circ$ で原点 O を通過した荷電粒子が、スリット S_1 を垂直に通過して領域 Q に入射したあと、 x 軸上のスリット S_2 を垂直に通過して領域 P に戻ってきた。原点 O を通過した速さ v 、距離 L 、および磁束密度 B [T] の大きさがそれぞれいくらであったか、 m, q, d, E のうち必要な記号を用いてそれぞれ答えなさい。