

平成20年度入学試験問題（前期日程）

理 科
(医学部医学科)

物 理	1 ページから	7 ページまで
化 学	8 ページから	10 ページまで
生 物	11 ページから	14 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

物 理

1 次の文章中の に最も適切な数式または選択肢の記号を記入せよ。(20点)

問 1 図 1—I のように、ある平面内で糸につながれた質量 m の小物体が半径 r で速さ v の等速円運動をしている。物体には糸の張力以外の力は働いていない。

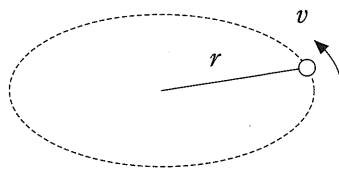


図 1—I

この張力は小物体に対して仕事をしない。その理由は、

- | | | |
|-----|---|------|
| (1) | (ア) 張力は非常に小さいので無視できるから
(イ) 張力の向きは常に運動方向と垂直だから
(ウ) 仕事をするのは保存力だけであり、張力は保存力ではないから
(エ) 張力のした仕事は張力の反作用のした仕事によって打ち消されるから | である。 |
|-----|---|------|

問 2 図 1—II はある一定量の理想気体の圧力 P と体積 V の変化の様子を描いたものであり、2つの曲線 A, B のうち一方は等温変化、もう一方は断熱変化を表す。

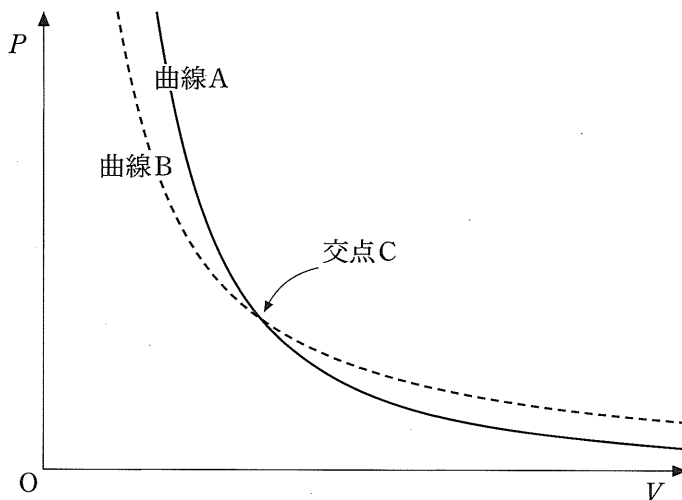


図 1—II

図 1—II の交点 C の状態から出発して、曲線 A, B にそって体積を同じだけ増加させた場合を比較する。2つの曲線はどちらも膨張させると圧力が下がるが、曲線 B より曲線 A の方が圧力の下がり幅は大きい。

- | | |
|-----|--|
| (2) | (ア) 断熱過程で膨張すれば温度は上がるので、A が断熱過程だとわかる。
(イ) 断熱過程で膨張すれば温度は上がるので、B が断熱過程だとわかる。
(ウ) 断熱過程で膨張すれば温度は下がるので、A が断熱過程だとわかる。
(エ) 断熱過程で膨張すれば温度は下がるので、B が断熱過程だとわかる。 |
|-----|--|

問 3 図1—Ⅲのように、ピストンが閉じられたシリンダー内を2つに分けている。ピストンとシリンダーは断熱材でできている。ピストンは任意の場所に固定することもできるし、自由に動くようにすることもできる。この2つの領域にどちらも1モルの理想気体(以下「気体1」、「気体2」と呼ぶ)を入れた。最初の状態では、気体1と気体2は同じ温度であった。

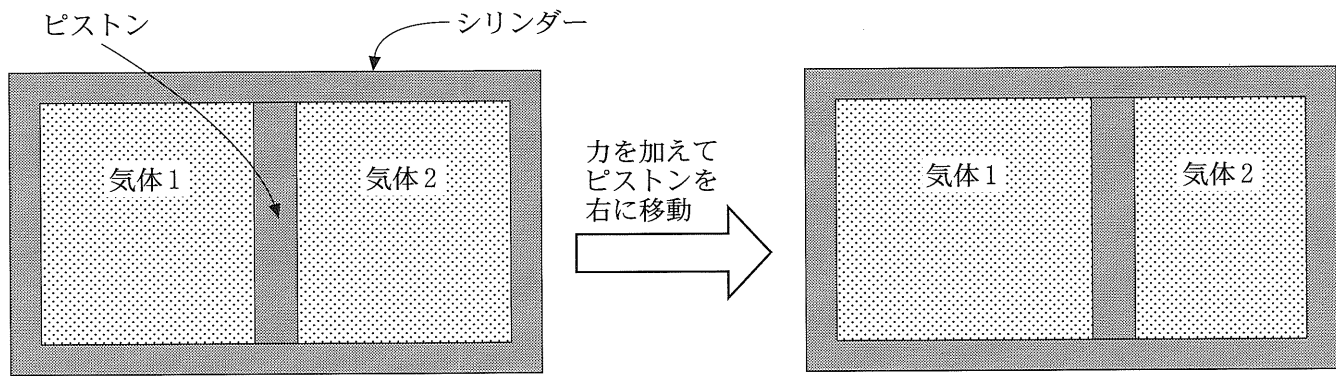


図1—Ⅲ

ピストンを右に動かし、気体1を ΔV だけ膨張させ、気体2を ΔV だけ圧縮した。両方の気体は断熱変化した。このとき、気体1にした仕事を $-W_1$ とし、気体2にした仕事を W_2 とする($W_1, W_2 > 0$)。このときの気体1と気体2の双方にした仕事の和は

- (3) (ア) 正である。なぜならば、 $W_2 > W_1$ だから。
 (イ) 負である。なぜならば、 $W_2 < W_1$ だから。
 (ウ) 0である。なぜならば、 $W_1 = W_2$ だから。
 (エ) 正か負かはわからない。なぜならば、 W_1 と W_2 の大小は状況によって変わるから。

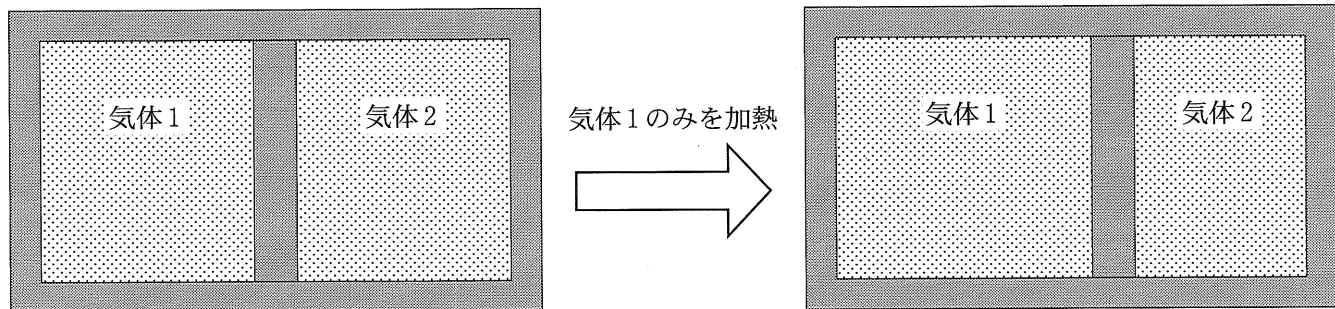


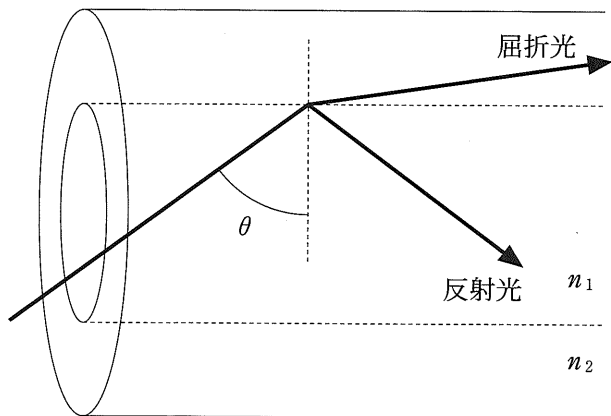
図1—Ⅳ

また、図1—Ⅳの左図のように、最初の状態に戻した後、ピストンを自由に動くようにしておいて、気体1だけに熱を加えたところ、ピストンが右に動いた位置でつりあいの状態になった。このとき、

- (4) (ア) 気体2には熱が伝わらないので、気体2の温度は変化しない。
 (イ) 気体2は圧縮されたため、温度が上がる。つまり両方の気体の温度が上がるが、気体1の温度の方が高い。
 (ウ) 気体2は圧縮されたため、温度が上がる。つまり両方の気体の温度が上がるが、気体2の温度の方が高い。
 (エ) 気体2は圧縮されたため、温度が下がる。

問 4 光通信に使われている光ファイバーは、光の全反射の性質が使われている。光ファイバーは、屈折率の異なる2つの部分からなる。屈折率の大きい中心物質(屈折率を n_1 とする)から屈折率の小さい周辺物質(屈折率を n_2 とする)へ光が入射しようとするとき、入射角(図1-Vの θ)がある角度 θ_0 より大きくなると、光は周辺物質に入射できない。この θ_0 を臨界角と呼ぶ。 n_1 と n_2 を用いると、 $\sin \theta_0 =$ である。

$\theta < \theta_0$ の場合



$\theta > \theta_0$ の場合

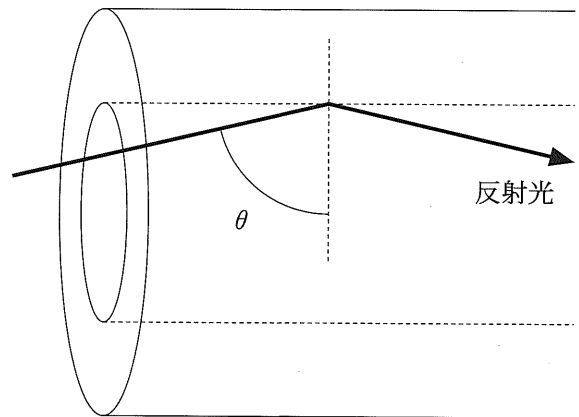


図1-V

問 5 電気量 Q [C] の点電荷を中心とした半径 R [m] の球面上に点 P がある。ここで、点 P の電場(電界)の強さを E [V/m] とすれば、この球面上を通過する電気力線の本数は単位面積当たり E [本] となる。このとき、この球面を通過して外に出ている電気力線の総数は、 $E \cdot R^2$ を用いて表せば、 [本] となる。一方、この球面を通過して外に出ている電気力線の総数は、球面内部の電気量 Q [C] に比例する。その比例定数を $4\pi k$ [$N \cdot m^2/C^2$] とすると、電気力線の本数は Q を使って $4\pi k Q$ [本] と表すことができる。よって、点 P の電場の強さを Q を使って表せば、 [V/m] となる。

問 6 屈折の法則は、以下のようにしても導くことができる。

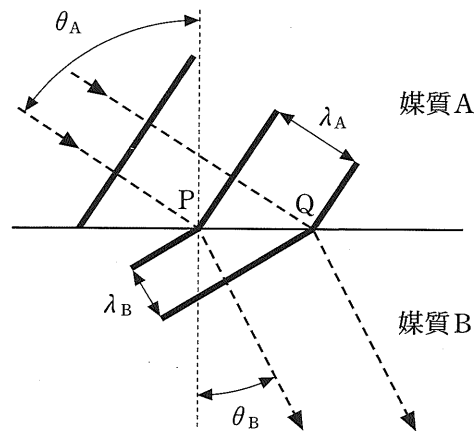


図1-VI

図1-VIは、媒質Aから媒質Bに平面波が入射した時の波の山の波面(実線)を描いたものである。波の進む方向は破線矢印で描いた。図に示したように、入射角は θ_A 、屈折角は θ_B である。

媒質Aでの波長を λ_A 、媒質Bでの波長を λ_B とする。

媒質Aと媒質Bの境界面上に存在する波の山と、それと隣り合う波の山との距離(図1-VIのP点とQ点の距離)を考える。PQを λ_A で表すと、 となる。 λ_B を使っても同様に表すことができるので、2つの式を使って、 $\frac{\lambda_A}{\lambda_B} =$ を導くことができる。

問 7 x 軸方向に張った弦がある。この弦の x 軸の正の方向に横波が進行している。図 1—VII はある時刻での変位 y の様子を
示したものである。●は振動している弦の各点の位置を示す。

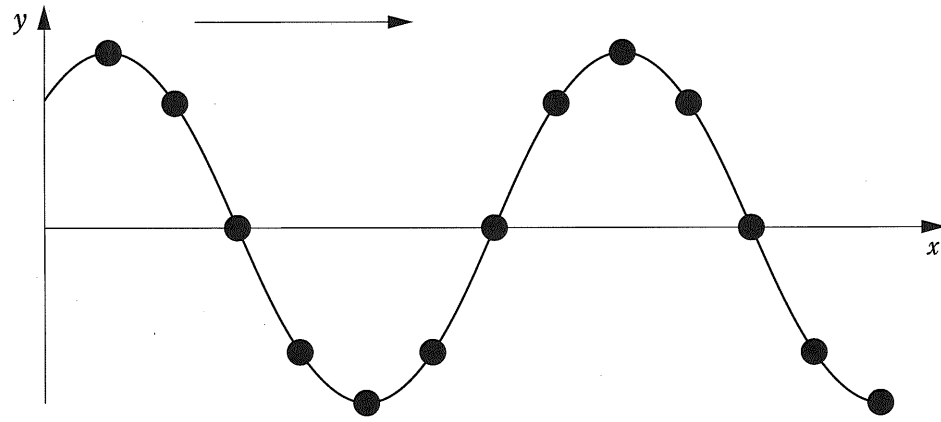


図 1—VII

この弦の各点の速度を y 方向の矢印で書き込んだグラフとして適切なのは図 1—VIII の (10) である。

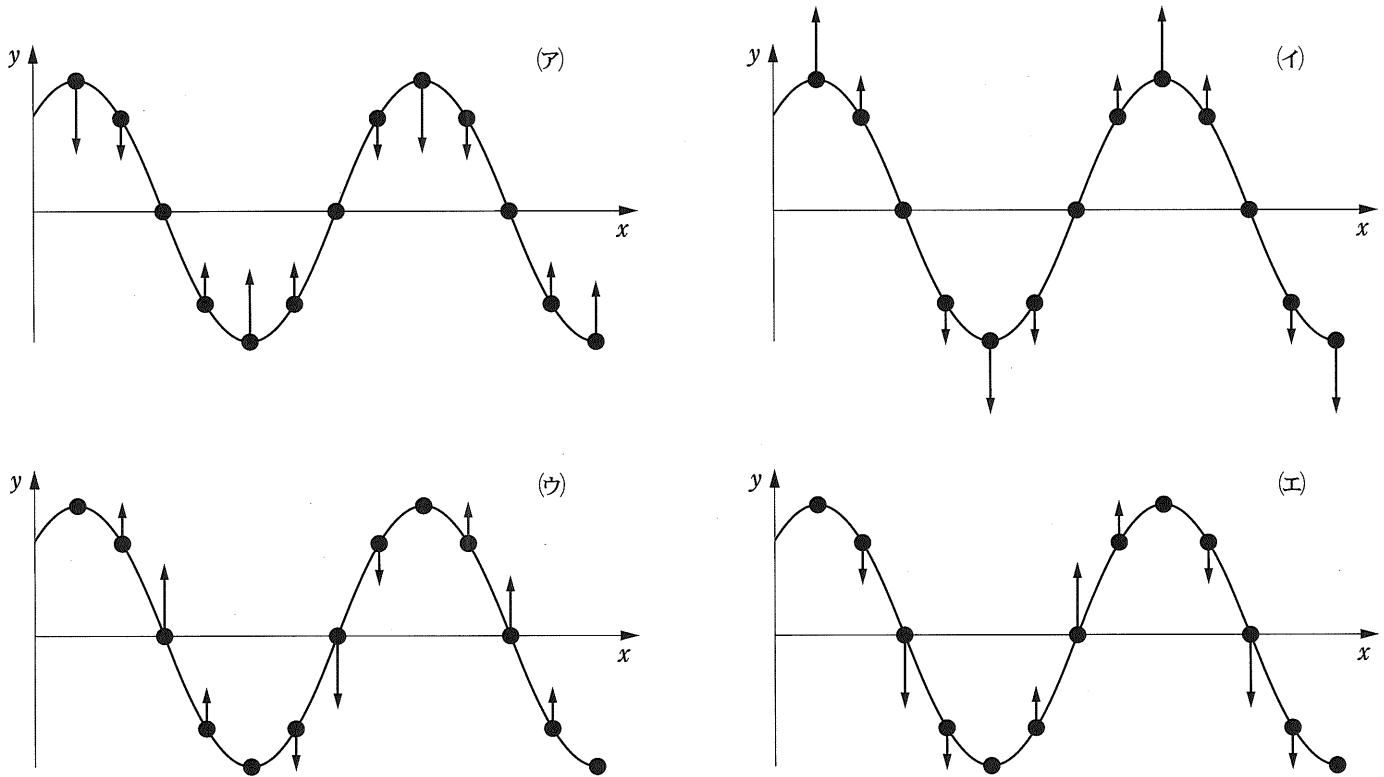


図 1—VIII

- 2 図2-Iに示すように、なめらかで水平な床の上に傾斜角 θ のなめらかな斜面をもつ質量 M の台がある。静止している台の斜面上の点Pに質量 m の小物体を静かにのせる。小物体が斜面上をすべり落ちるとともに台は水平方向にすべりだした。台の斜面と水平面上QR間はなめらかであるが、RS間はあらい面であり、小物体と面との間の動摩擦係数は μ であるとする。また、台の水平面から点Pまでの高さは h 、重力加速度の大きさは g とし、小物体の大きさは無視できるものとする。(15点)

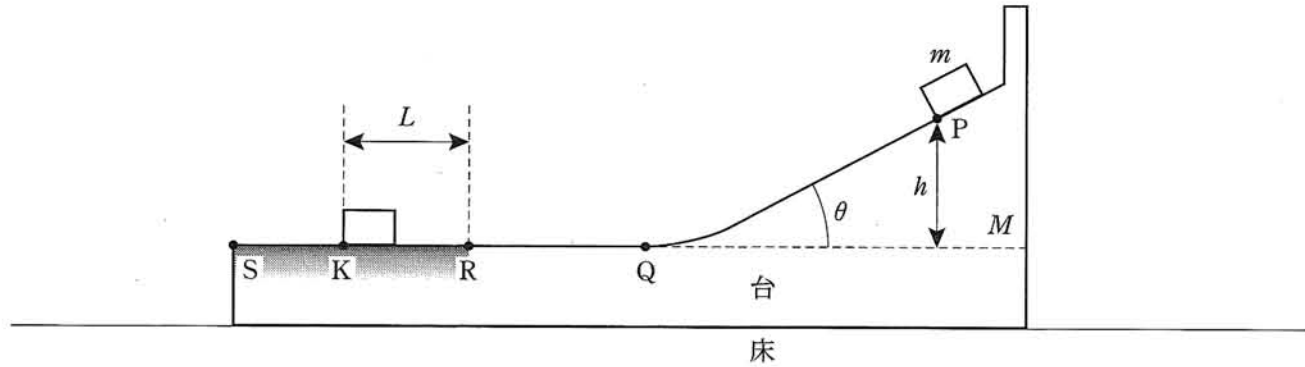


図2-I

- 問1 小物体が点Qに達するまでに重力が小物体にした仕事 W を求めよ。
- 問2 小物体が点Qを通過した直後、床に対する小物体の速さは v 、台の速さは V であった。
- (1) 運動量保存則を用いて v と V の関係式を求めよ。
 - (2) エネルギー保存則を用いて v と V の関係式を求めよ。
 - (3) v と V を m, M, g および h を用いて表せ。
- 問3 小物体は点Rを通過し、点Kで静止した。RK間の距離は L であった。このとき、同時に台も静止した。これは、点Pと点Kでの小物体の位置エネルギーの差が動摩擦力の仕事によって全て熱エネルギーに変化したことを表す。この間になされた動摩擦力による仕事を μ, L などを用いて表せ。
- 問4 RK間の距離 L を h および μ を用いて表せ。

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(15点)

A 図3-Iのように、ニクロム線抵抗器と自己インダクタンスが L [H]のコイルを、電圧、電流を制御できる直流電源に取り付けた。

今、電源を操作して、図3-IIのように出力電流 i [A]を一定の割合で増加させ、時刻 t_0 [s]で I_0 [A]に達した後、一定にした。また、電流が I_0 [A]まで増加する間、抵抗器の両端の電位差は電流に比例した。

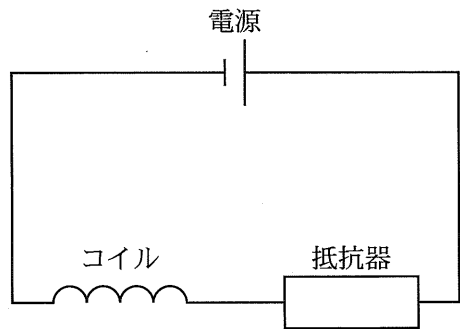


図3-I

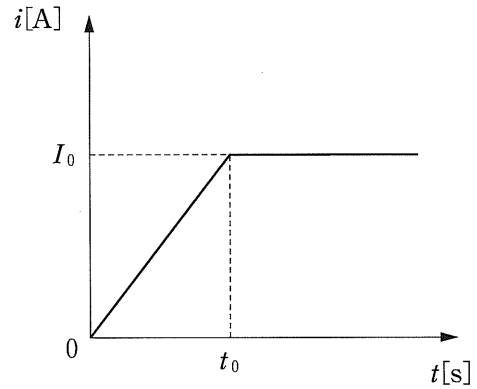


図3-II

問1 $t = 0$ で電源の出力を始めて、 t [s] ($t < t_0$)経過した。このとき、コイルの両端に生じる電圧の大きさを求めよ。

問2 図3-IIに示された電流の時間変化に対応して、電源電圧はどのように時間変化するか、最も適当なグラフを次の図3-III (ア)~(カ)の中から選べ。

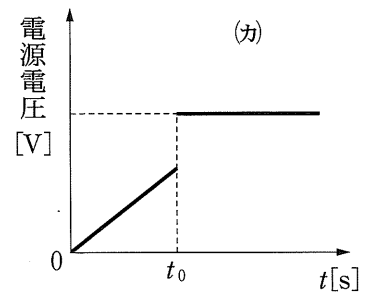
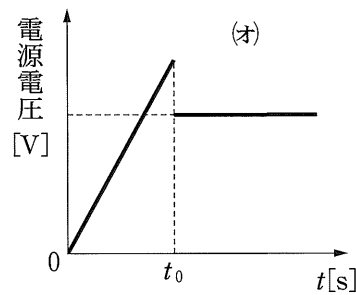
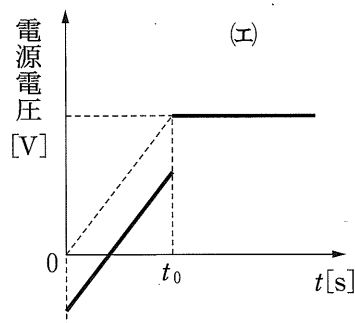
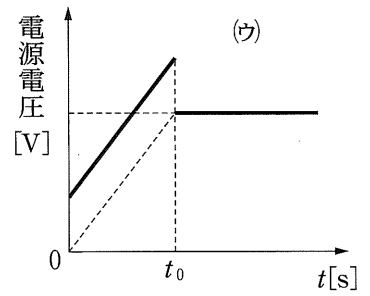
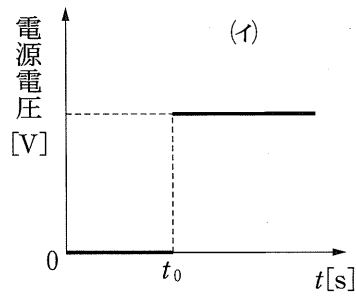
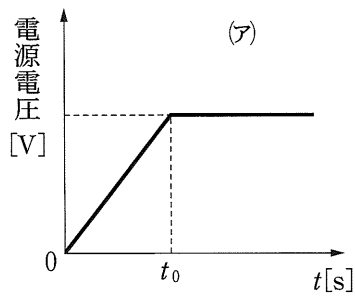


図3-III

B 図3—IVのように平行電極A, Bを, 極板が x 軸に直交するように距離 l だけ隔でて配置した。平行電極間には電位差が加えられ, x 軸方向に電場(電界) E が生じている。 z 軸方向には磁束密度 B の磁場(磁界)が加えられている。

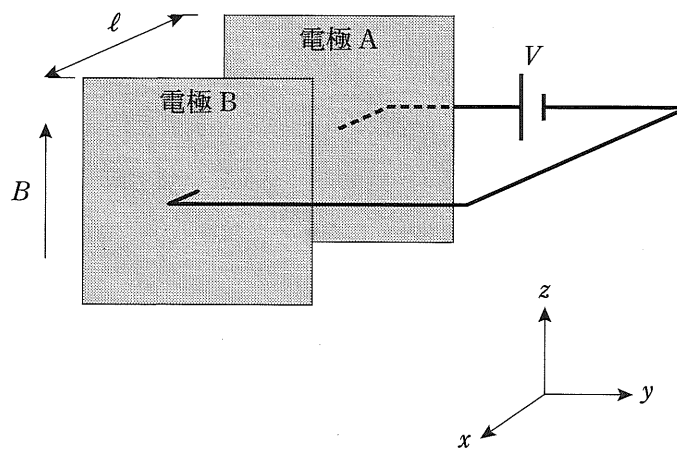


図3—IV

問3 電荷 q ($q > 0$)を持つ荷電粒子を電極AB間の中央に静かにおいたところ, 動き始めた。荷電粒子の速度が v のとき, 荷電粒子に働く力 F の x 成分 F_x と y 成分 F_y を, 速度の x 成分 v_x と y 成分 v_y を用いて答えよ。ただし, 重力は無視できるとし, 荷電粒子は z 軸方向には運動しないものとする。

問4 次に, 荷電粒子に初速度 v_0 を与えると, 荷電粒子は等速直線運動をした。その初速度 v_0 の大きさと向きを答えよ。