

平成 22 年 度
理 科 (物 理) 試 験 問 題 (4 頁中の 1)

(理工学専攻)

(注意) 解答はすべて別紙解答用紙の定められた欄または枠内に記入せよ。正しく記入していない場合には採点されない
ので注意せよ。

解答用紙の余白は計算に利用してもよい。

1 スキーのジャンプ競技について、次のような考察をする。□に適切な式を入れよ。

図1のように、ジャンパーは滑走面を A 点から静かに滑り出し、B 点で踏み切って空中に飛び出した後、P 点と K 点の間の斜面上に着地する。いま、スキー板などを含めたジャンパーを質量 m の小物体とみなし、空気の影響および滑走面での摩擦は無視する。AB 間の高度差を H_0 とし、B 点における滑走面と水平面のなす角度を α とする(拡大図1)。重力加速度を g とする。

(1) 滑走から踏み切りまでについて考えよう。

A 点から静かに滑り出して B 点に達したときのジャンパーの速さが V_0 であった。AB 間の高度差 H_0 は ① $H_0 = \square$ となる。ジャンパーは、踏み切るときに滑走面を蹴って、B 点から水平方向に飛び出した。蹴ることによって得た、B 点における滑走面に垂直方向の速さ u は ② $u = \square$ となる。また、このときジャンパーの受けた力積の大きさ I は、③ $I = \square$ である。

(2) B 点で踏み切って水平方向に飛び出した後の飛行曲線と着地点について考えよう。

ここで、B 点を原点として拡大図1に示すように x, y 軸を定義する。また、着地点 Q は原点を通り傾き角 β ($\alpha < \beta$) の直線上にあるとする(拡大図2)。

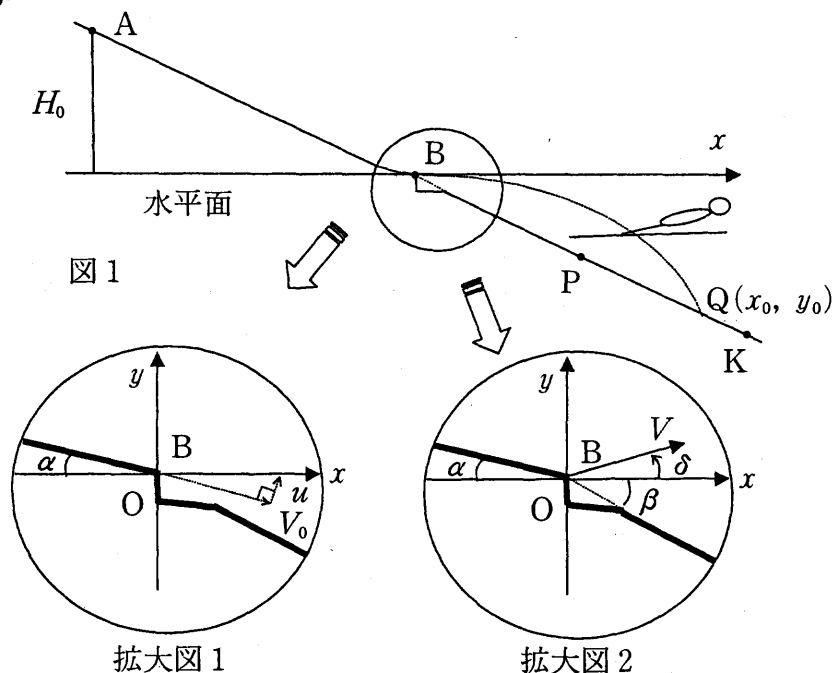
まず、B 点を飛び出した瞬間からの時間を t としてジャンパーの座標 (x, y) は ④ $x = \square, y = \square$ で表される。

一方、着地する斜面は ⑤ $y = \square$ と表されるので、④の曲線と⑤の直線の交点が着地点 $Q(x_0, y_0)$ となる。これから飛行時間 t_0 が ⑥ $t_0 = \square$ と求まる。この間に x 方向には $x_0 = \frac{2}{g} \left(\frac{V_0}{\cos \alpha} \right)^2 \tan \beta$ 進むので、BQ の長さで定義する飛距離 L は、 V_0 を用いて ⑦ $L = \square$ となる。

(3) 次に、ジャンパーが踏み切る強さにより、飛距離がどのように変化するかを考えよう。

ジャンパーが踏み切って飛び出す速さを V とし、水平面から測った飛び出し角を δ とすると(拡大図2)、B 点を飛び出した後のジャンパーの座標 (x, y) は時間 t の関数として ⑧ $x = \square, y = \square$ となる。この場合、 V と V_0 の間には

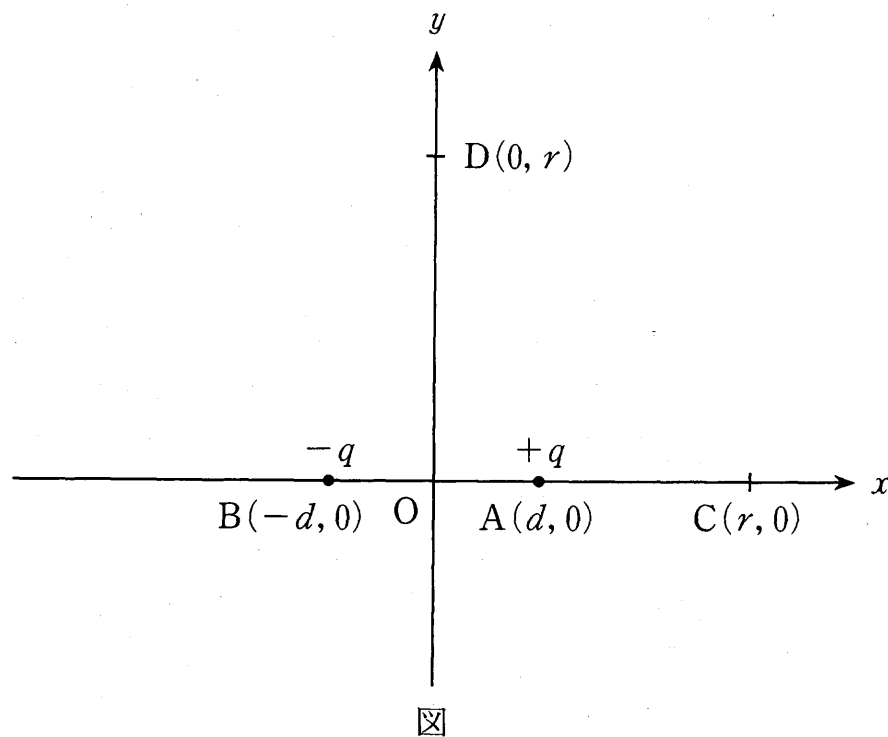
⑨ $V = \square$ の関係がある。(2)と同様に解くと、飛行時間 t_0 と飛距離 L は V_0 を用いて、それぞれ ⑩ $t_0 = \square$,
 $L = \frac{2V_0^2}{g \cos^2(\alpha + \delta)} \frac{\cos \delta}{\cos^2 \beta} \sin(\beta + \delta)$ と求まる。



2 図のように、 x 軸上で原点 O から d [m]離れた2点、 $A(d, 0)$ 及び $B(-d, 0)$ に電気量 $+q$ [C] ($q > 0$)及び $-q$ [C]の点電荷を固定する。原点 O から r [m] ($r > d$)離れた x 軸上の位置を $C(r, 0)$ 、原点 O から r [m]離れた y 軸上の位置を $D(0, r)$ とし、以下の問いに答えよ。

ただし、静電気力に関するクーロンの法則の比例定数を k [$N \cdot m^2/C^2$]とし、電位の基準点を無限遠とする。また、答えは通分せよ。

- (1) C 点における電位を求めよ。ただし、 k, q, d, r で表せ。
- (2) 位置 D から位置 C まで電気量 Q [C]の電荷を動かすのに必要な仕事を求めよ。
- (3) C 点における電場の大きさを求めよ。
- (4) C 点における電場の向きを下の表から番号で答えよ。
- (5) D 点における電場の大きさを求めよ。
- (6) D 点における電場の向きを下の表から番号で答えよ。
- (7) D 点の原点からの距離が点電荷の原点からの距離に比べて十分大きいとき、電場はどのようなようになるか考えよう。すなわち、距離 d [m]が距離 r [m]に比べて非常に小さく、 $(\frac{d}{r})^2$ が1に対して近似的に0とみなせるとき、 D 点における電場の大きさを近似的に求めよ。

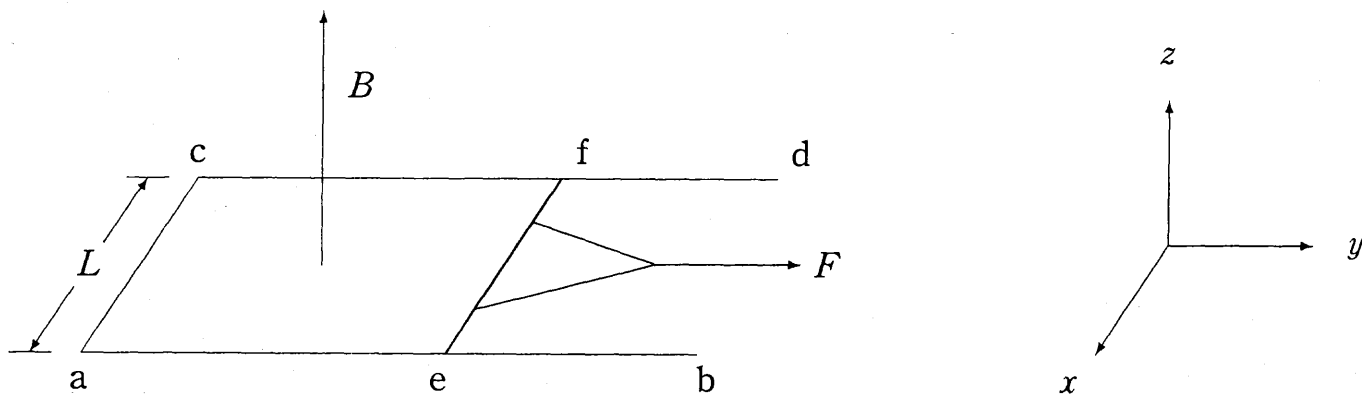


表

番号	向き
①	$B \rightarrow D$ の向き
②	$O \rightarrow D$ の向き
③	$A \rightarrow D$ の向き
④	$C \rightarrow D$ の向き
⑤	$O \rightarrow B$ の向き
⑥	$D \rightarrow B$ の向き
⑦	$D \rightarrow O$ の向き
⑧	$D \rightarrow A$ の向き
⑨	$D \rightarrow C$ の向き
⑩	$O \rightarrow A$ の向き

3 図に示すように、間隔が L [m] の平行で十分に長い導線 ab と導線 cd の左端に、導線 ac が直角に接続されている。この空間には鉛直上向きに一樣な磁場が存在し、その磁束密度の大きさを B [T] とする。 x 軸の正の向きを c から a の向き、 y 軸の正の向きを a から b の向き、 z 軸の正の向きを鉛直上向きとする。平行な導線 ab と導線 cd に接して直角に置かれた長さ L [m]、抵抗 R [Ω] の導体棒 ef にひもを付け、導体棒 ef を 2 本の導線と直角に保って一定の力 F [N] で y 軸の正の向きに引いた。導体棒 ef は平行な導線上で静止した状態から加速して、やがて y 軸の正の向きに一定の速さ v [m/s] で運動した。以下の問いに答えよ。ただし、ひもは伸びないものとし、導体棒 ef は平行な 2 本の導線上をなめらかに運動し、接続された導線 ab 、導線 cd 及び導線 ac の抵抗は無視できるものとする。

- (1) 平行な導体棒 ef と導線 ac の間隔が D [m] であるとき、回路 $acfea$ を貫く磁束を求めよ。
- (2) 導体棒 ef が y 軸の正の向きに速さ v [m/s] で磁場中を運動するとき、以下の問い(a)~(c)に答えよ。
ただし、電流及び力の向きについては、 x 軸の正の向きあるいは y 軸の負の向き等と答えよ。
 - (a) 回路 $acfea$ を貫く磁束が変化することにより、回路 $acfea$ に生じる誘導起電力の大きさを求めよ。
 - (b) 誘導起電力により、導体棒 ef に流れる電流の向きと大きさを求めよ。
 - (c) 導体棒 ef に流れる電流により、導体棒 ef が磁場から受ける力の向きと大きさを求めよ。
- (3) 導体棒 ef を y 軸の正の向きに一定の力 F [N] で引いたときに、導体棒 ef が到達した一定の速さ v [m/s] を求めよ。



図

4 図1のような気球がある。風船部は断熱素材により作られており、その体積 $V[\text{m}^3]$ は常に一定であり、風船部内の空気の質量を除いた気球の質量は $M[\text{kg}]$ である。この気球の風船部の下端には小さな開口部があり、風船部内の空気は外気と等しい圧力に保たれる。また、風船部内の空気の温度は自由に調節できる。地表での気圧を $p_0[\text{Pa}]$ 、気温を $T_0[\text{K}]$ 、空気の密度を $\rho_0[\text{kg}/\text{m}^3]$ とする。空気は理想気体であるとして、以下の問いに答えよ。

(1) 次の文章中の括弧①, ②にあてはまる正しい言葉を、選択肢ア～ウの中から選べ。

一定のモル数の空気が平衡状態にあるとき、空気の密度は

$$\text{空気の密度} = \frac{(\text{空気1モルの質量}) \times (\text{空気のモル数})}{(\text{空気が占める体積})}$$

と計算できる。したがって空気を理想気体とみなした場合には、空気の密度は圧力に (① ア. 比例し イ. 反比例し ウ. 依存せず)、温度に (② ア. 比例する イ. 反比例する ウ. 依存しない) こととなる。

(2) 風船部内の空気をゆっくり加熱していくと、気球は地表に静止したまま、風船部内の温度が $T[\text{K}]$ となった。

この時の風船部内の空気の密度 $\rho[\text{kg}/\text{m}^3]$ を求めよ。

(3) 風船部内の空気をさらに加熱していき、風船部内の温度が $T_1[\text{K}]$ より高くなると、この気球は図2のように地表より浮上する。 $T_1[\text{K}]$ を求めよ。

(4) 気球が浮上した後、風船部内の温度が $T_2[\text{K}]$ (ただし $T_2 > T_1$) となったところでその温度に保ったところ、図3のように気球はある高度で静止した。この時の外気の圧力は $p_2[\text{Pa}]$ であった。風船部内の空気の密度 $\rho_2[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、および外気の空気の密度 $\rho'_2[\text{kg}/\text{m}^3]$ を求めよ。

