

平成 17 年度入学者選抜個別(第 2 次)学力検査問題

理 科

注 意 事 項

1. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているから、誤らないように注意すること。
2. 解答は必ず解答用紙の指定された欄内に記入すること。点線より右側には何も記入しないこと。
3. 入学志願票に選択を記載した 2 科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
4. 各解答用紙には受験番号欄が 2 カ所ずつある。それぞれ記入を忘れないこと。
5. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机上に置き、持ち帰らないこと。この冊子は持ち帰ってもよい。
6. この冊子は、全部で 27 ページあり、第 1～3 ページは下書用紙である。下書用紙は切り離してはいけない。
7. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出ること。

物 理

1 図のように、絶縁体でできた A 面と B 面とからなる斜面があり、それらの面の交線 L には接地された針金が埋め込まれている。A 面は水平面と θ の角度をなし、B 面は A 面と 60° の角度をなしている。A 面内の斜面方向に X_A 軸、水平方向に Y_A 軸を、それらに垂直に Z_A 軸をとる。それらの方向の単位ベクトルをそれぞれ $\vec{i}_A, \vec{j}_A, \vec{k}_A$ とする。交線 L は X_A 軸に平行である。また、B 面内に L の方向に X_B 軸、それと直角方向に Y_B 軸を、それらに垂直に Z_B 軸をとる。それらの方向の単位ベクトルをそれぞれ $\vec{i}_B, \vec{j}_B, \vec{k}_B$ とする。空間には一様な電場 $E\vec{j}_A$ ($E \geq 0$) がある。 (X_A, Y_A, Z_A) 座標系の原点 O_A を L からの距離 d の所におく。小物体と A 面との間には摩擦があり、動摩擦係数は静摩擦係数の半分であるが、B 面との間には摩擦がない。小物体と斜面の間には電氣的相互作用は発生しないものとし、重力加速度を g として以下の間に答えよ。

問 1 まず、 $\theta = 0^\circ$ 、 $E = 0$ として、原点 O_A に電荷量 Q_0 ($Q_0 > 0$) に帯電した質量 m の小物体を置く。最初動かなかった小物体は、電場の強さを徐々に上げ $E = E_0$ になった時動き出した。

- i) 小物体と A 面との間の静摩擦係数 μ_0 を求めよ。
- ii) $E = E_0$ に保った時、小物体が交線 L に達したときの速さ v_1 を求めよ。
- iii) 小物体が交線 L に埋め込まれた針金に接触してから B 面を滑りあがった。交線 L を通過するとき速さが変わらないとすると、小物体は B 面をどれほどのぼるか。 L からの距離 l を求めよ。
- iv) 小物体が交線 L を通過するときに受ける力積の大きさ P_1 を求めよ。

問 2 次に、 $E = \frac{E_0}{2}$ 、 $\theta = 0^\circ$ として問 1と同様に、原点 O_A に電荷量 Q_0 に帯電した質量 m の小物体を置く。最初動かなかった小物体は、 θ の大きさを徐々に大きくして $\theta = 30^\circ$ になった時動き出した。 θ をそのままに保っていると、小物体は、あるところで交線 L に埋め込まれた針金に接触してから B面を滑りあがった。小物体が交線 L を通過する点を (X_B, Y_B, Z_B) 座標系の原点 O_B とする。

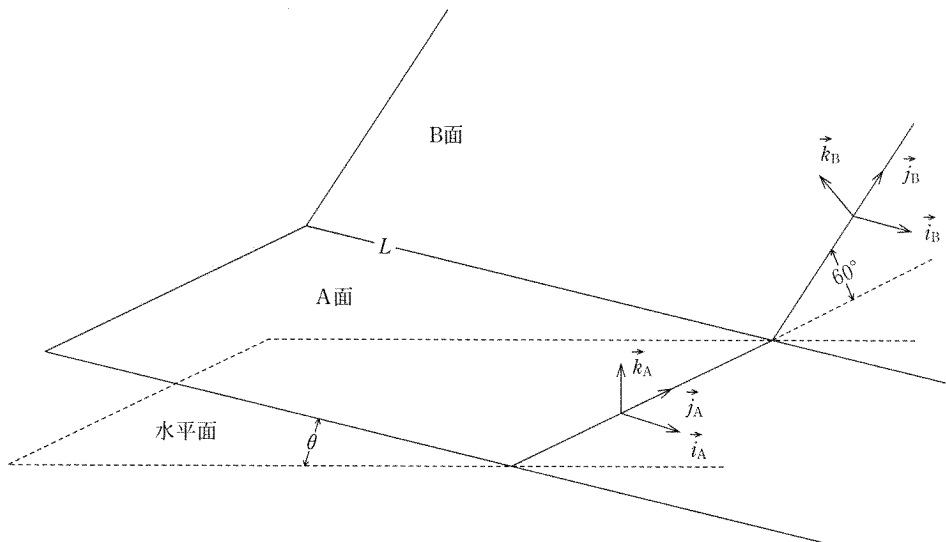
i) 小物体と A 面との間の静摩擦係数 μ_0 の値を求めよ。

ii) 小物体が L に達した時の速さ v_2 を求めよ。

小物体は L で $\vec{k}_A + \vec{k}_B$ の方向に力積を受け、速さをかえずに B面を滑りあがった。

iii) 力積の大きさ P_2 を求めよ。

iv) 小物体が L から最も離れたときの B 面内の座標 (X_{BM}, Y_{BM}) を求めよ。



2 電子の電荷 e と質量 m との比, $\frac{e}{m}$ (比電荷) を図 1 のような装置で測定する。

電子銃は, 図 2 のようにヒーターで熱せられ陰極から出た熱電子を陽極と陰極間の電位差 V により加速し, 速さ v で撃ち出す。放電管にはヘリウムガスが封入され, 電子との衝突で発光し電子の運動の軌跡が目視できるようになっている。放電管の前後には, コイル(ヘルムホルツコイル: 半径が a で n 巻きの 2 つのコイルが放電管をはさんで a だけ離れて軸を一致させて置かれ, 同じ向きに電流が流れている)が置かれ, 電子銃から出た電子にほぼ一様な磁場がかかるようになっている。

問 1 電子銃を飛び出す時の電子の速さ v を求めよ。

ただし, 陰極から出る時の電子の初速度は 0 であるとする。

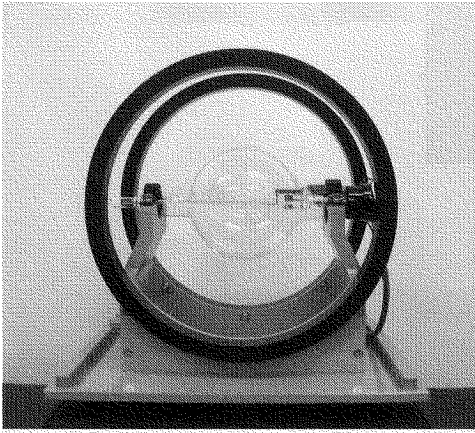
問 2 電子銃から飛び出した電子が図 1 (c) のように半径 R の円運動をするためには, 前後のコイルに r, l どちら向きに電流を流せばよいか。また, そのとき電子に働く磁場の向きはどのようになるか。紙面の表から裏へか, あるいは裏から表へか。

問 3 コイルが作る磁場の磁束密度を B とした時, 電子の円運動の半径 R を求めよ。

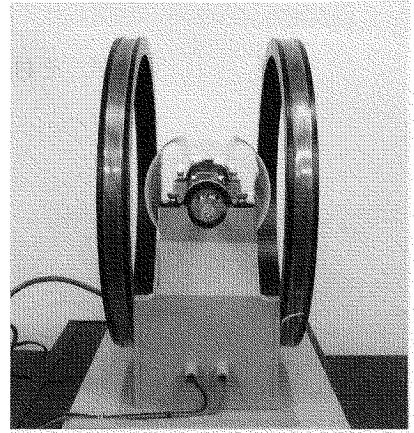
問 4 比電荷 $\frac{e}{m}$ をコイルに流れる電流 I と, 電子銃の陽極・陰極間の電位差 V を用いて表せ。ただし, 図 3 のような半径 a の円形電流(1 巻き)が, その中心から垂直に $\frac{a}{2}$ だけ離れた点 O に作る磁場は, 電流を含む面に垂直で, 大きさは, $\frac{4}{5\sqrt{5}} \frac{I}{a}$ であることを用いてよい。また, 空気中の透磁率は μ_0 とする。

問 5 地磁気の影響を避けるためには, 磁石の磁針の向きに対して装置のコイルを含む面をどのように配置すればよいか。

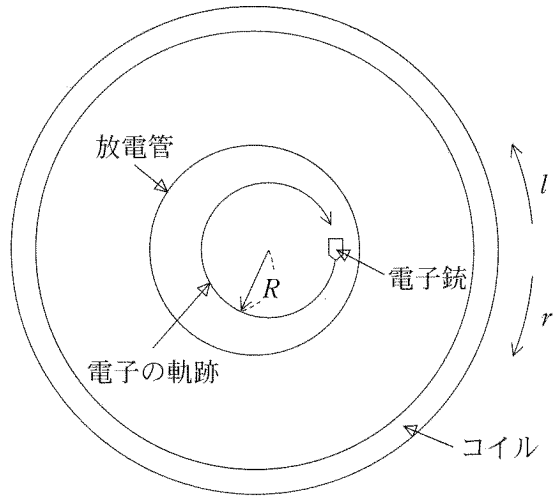
問 6 円運動の直径 ($2R$) の測定において、電子の軌跡に幅ができた時にはその一番外側で読むが、それはなぜか。



(a)



(b)



(c)

図1 電子の比電荷測定装置 (a) 正面 (b) 左側面 (c) 正面略図

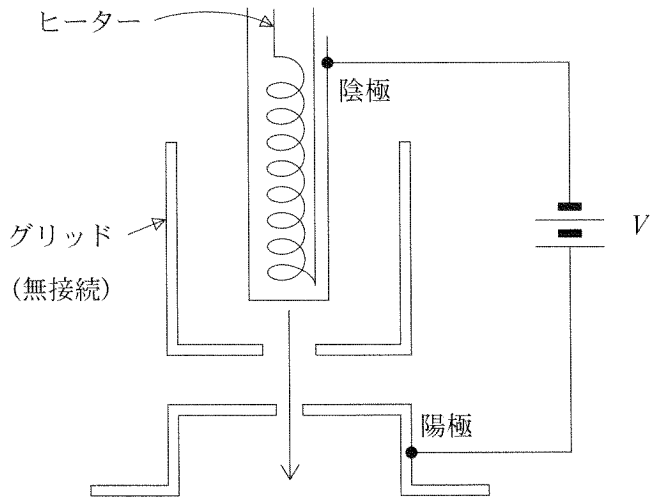


図 2 電子銃

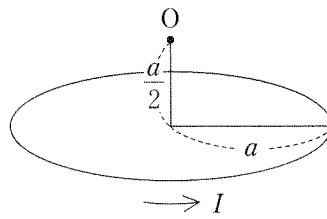


図 3 円形電流