

平成 22 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. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は、全部で 25 ページあり、第 1～3 ページは下書用紙です。下書用紙は切り離してはいけません。
3. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているので、誤らないように注意しなさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された欄内に記入しなさい。点線より右側には何も記入しないこと。
5. 入学志願票に選択を記載した 2 科目について解答しなさい。選択していない科目について解答しても無効です。
6. 各解答用紙には、受験番号欄が 2 カ所ずつあります。それぞれ記入を忘れないこと。
7. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机上に置き、持ち帰ってはいけません。この冊子は持ち帰りなさい。
8. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出なさい。

物 理

(注) 医学科および歯学科の受験生は問 1 から問 7 までのすべての問について、保健衛生学科(検査技術学専攻)の受験生は問 1 から問 4 までの 4 問について解答せよ。

1 地表面上で静止した半径 R の球面の内側に沿って、図 1 のように質量 m の物体が等速円運動している。球の中心点 O から垂らした鉛直線と球面との交点を A 、軌道上の一点を B とすると、角 AOB の大きさは θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) であった。ただし、物体の大きさおよび物体と球面との摩擦は無視できるものとし、重力加速度を g と表記する。

以下の各問に答えよ。

問 1 物体が球面から受ける垂直抗力の大きさ N_1 を求めよ。

問 2 等速円運動の周期 T を求めよ。また、 T を θ の関数とみなし、その概形を解答用紙中のグラフに図示せよ。

つぎに物体を点 B に静止させ、そっと手を離れた。すると物体は点 A を通る振動を始めた。

問 3 手を離れた瞬間に、物体が球面から受ける垂直抗力の大きさ N_2 を求めよ。

問 4 点 A における物体の速さ v および物体が球面から受ける垂直抗力の大きさ N_3 を求めよ。

つぎに、図2のように、点Oを通る水平面で球を切断し上半分を除いて半球とし、これを \vec{CB} の方向に加速度 $\frac{g}{\sqrt{3}}$ にて等加速度運動させる。ただし点Cは点Bから線分OAにおろした垂線の足である。半球とともに運動する観測者が物体を点Bに静止させ、そつと手を離れた後の運動に関して、次の問に答えよ。

問 5 物体は球面から離れたり半球の外に飛び出すことなく、点Aを通る振動を始めた。 θ の満たす条件を求めよ。

問 6 手を離れた瞬間に、物体が球面から受ける垂直抗力の大きさ N_4 を求めよ。

問 7 半球とともに運動する観測者から見た、物体の速さの最大値 V を求めよ。

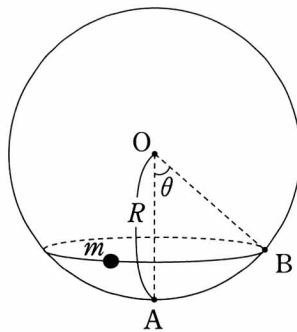


図 1

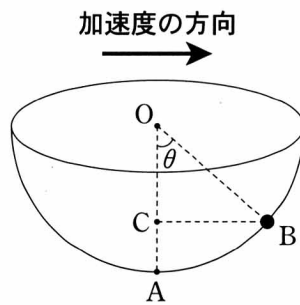


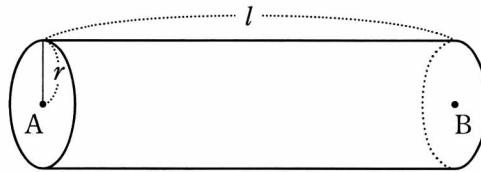
図 2

(注) 医学科および歯学科の受験生は問 1 から問 11 までの全ての問について、保健衛生学科(検査技術専攻)の受験生は問 1 から問 8 までの 8 問について解答せよ。

2 金属導線中の電子の運動について考えてみよう。

下図のような半径 r 、長さ l の円筒状の導線の両端 A、B 間に電圧 V を加える。ただし、A の電位より B の電位の方が高いものとする。また、電子の質量を m 、電子の電荷を $-e$ ($e > 0$)、導線の抵抗率を ρ 、導線の単位体積中の自由電子の数を n 、円周率を π とする。

以下の各問に答えよ。



問 1 この導線の電気抵抗 R を r 、 l 、 V 、 m 、 e 、 ρ 、 n 、 π のうちの必要なものを用いて表せ。

問 2 この導線中に生じている電場の大きさ E を r 、 l 、 V 、 m 、 e 、 ρ 、 n 、 π のうちの必要なものを用いて表せ。また、電場の向きは $A \rightarrow B$ と $B \rightarrow A$ のどちらであるか答えよ。

自由電子は電場の存在下では平均すると AB 方向に運動しているので、以下では一次元の運動として考える。また、導線中を移動する自由電子には速さに比例する抵抗力が働くものとし、比例定数を k とする。

問 3 自由電子の運動の向きは、 $A \rightarrow B$ と $B \rightarrow A$ のどちらであるか答えよ。

問 4 加速度を a 、速さを v として、自由電子の運動方程式を求めよ。ただし、問 3 で求めた電子の運動の向きを正とする。

問 5 v が小さいとき、電子は問 3 の向きに加速度運動しているが、 v がある大きさに達すると等速度運動をするようになる。その時の v の大きさ v_1 を r, l, V, m, e, n, k, π のうちの必要なものを用いて表せ。

問 6 定常電流では、自由電子が導線中を平均して v_1 で動いているとして、導線を通る電流の大きさ I を r, l, V, m, e, n, k, π のうちの必要なものを用いて表せ。

問 7 導線の抵抗率 ρ を r, l, m, e, n, k, π のうちの必要なものを用いて表せ。

抵抗性に現れる比例定数 k の意味について、自由電子と金属原子(陽イオン)の衝突から考えてみよう。

自由電子の運動について、定常電流ではつぎのように考えてよいだろう。

- (1) 自由電子は、熱振動している金属原子と衝突すると、それまでに電場から得たエネルギーを全て失う。しかし、電場から力を受けているので、再び問 3 の向きに動き出す。
- (2) それぞれの自由電子が金属原子と衝突する時刻や、衝突後つぎの金属原子と衝突するまでにかかる時間は、さまざまである。ここでは、長時間での平均を考え、ある自由電子が $t = 0$ で速さが 0 であり、時間 T 毎に衝突を繰り返すとする。

問 8 自由電子の平均の速さ v_2 を r, l, V, m, e, n, T, π のうちの必要なものを用いて表せ。

問 9 一つの自由電子の運動エネルギーの時間変化の様子をグラフに示せ。

問 10 k を m と T を用いて表せ。

問 11 一般に金属導線の抵抗率は、温度上昇と共にどのように変化するか。その理由を問 7、問 10 の結果も考慮に入れて説明せよ。