

令和5年度学校推薦型選抜入学試験問題

(一般) (専門高校)

小 論 文 D

物理基礎・物理

農 学 部

注 意 事 項

- ① 試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ② 問題冊子は、5 ページ（表紙、白紙を除く）あります。試験開始後、確認してください。
- ③ 問題は、からまで2問あります。すべて解答しなさい。
- ④ 解答用紙は3枚あります。解答用紙ごとに指定の欄に受験番号を記入しなさい。
- ⑤ 解答は、問題ごとに解答用紙の指定の欄に記入しなさい。
- ⑥ 字数が指定されている問題については、アルファベット、数字、カギ括弧、句読点を含めて1マスに1字ずつ記入しなさい。

1 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

キャベンディッシュ (H. Cavendish) ^{注1)} は、後にキャベンディッシュの実験と呼ばれるようになった実験により、地球の質量、さらには密度を計測しました。

キャベンディッシュの実験は、大きな球と小さな球の間にはたらく著しく小さい引力を計測するものでした。この弱い力を測定するのに、後に「ねじりはかり」と呼ばれる天井につるしたワイヤを用いたはかりを使用しました(下図)。ワイヤがねじれると、復元しようとする力、すなわち復元モーメントが2つの小球をつないでいる質量の無視できる棒(剛体)にはたらきます。この復元モーメントは極めて弱いので、ほんの小さな引力が小球と大球との間に作用しても大きくねじれます。①その力の釣り合いを用いて微小な引力を観測したのです。

②キャベンディッシュの実験では、小球と大球の間にはたらく引力 F_1 と、小球と地球の間に作用する引力 F_2 との比を求めました。そして、この力の比と、小球と大球の中心間の距離、地球を球と見なしたときのその半径から、地球の質量や密度を計算することができました。彼が求めた結果は、たいへん精度の高いものでした。

キャベンディッシュの実験から75年後に、この実験結果を用いた新しい研究が行われました。それは、万有引力定数 G の計算です。③この万有引力定数 G がわかったことにより、月や太陽の質量を求めることができるようになりました。

注1) 18世紀から19世紀に活躍したイギリスの科学者。

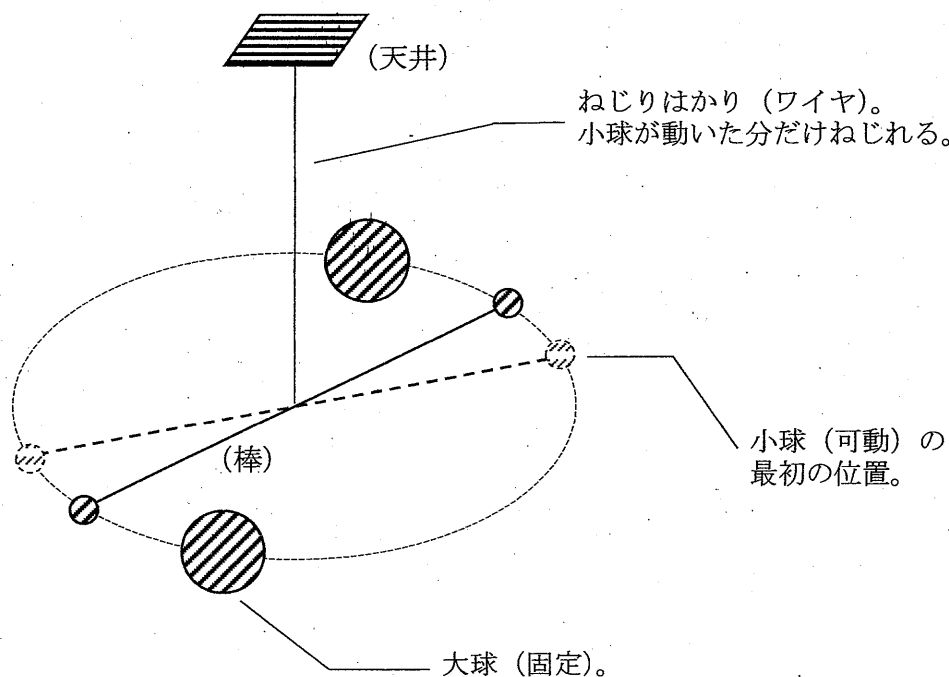


図 キャベンディッシュの実験装置

問1 下線部①に関連して、解答用紙の図中に、小球に作用する大球との間の引力と、ワイヤのねじれにより棒に作用する復元モーメントを、矢印を使って記入せよ。

問2 ニュートンの万有引力の法則は、あらゆる物体間で一定の万有引力定数 G [$\text{m}^3/\text{s}^2 \text{kg}$] を用いて、一般に以下の式で表される。

$$F = G \frac{Mm}{r^2} \quad \text{式(A)}$$

ここで M , m は物体それぞれの質量 [kg], r は両物体の中心間の距離 [m], F は両物体の間にはたらく万有引力 [N] である。

- (1) 小球, 大球の質量をそれぞれ m_1 [kg], m_2 [kg], 小球と大球の重心間の距離を r_1 [m], 両者間にはたらく引力を F_1 [N] としたとき, これらの記号および万有引力定数 G を使って F_1 を表せ。
同様に, 小球, 地球の質量をそれぞれ m_1 [kg], M [kg], 地球の中心 (重心と一致) と小球との間の距離 (地球を球と見なしたときの半径) を r_2 [m], 両者間にはたらく引力を F_2 [N] としたとき, これらの記号および万有引力定数 G を使って F_2 を表せ。
- (2) F_1 に対する F_2 の比, すなわち F_2/F_1 を R としたとき, 地球の質量 M [kg] を, R および(1)の問題中に示した記号を使って表せ。ただし使わない記号があってもよいものとする。
- (3) m_1 , m_2 をそれぞれ $4.6 \times 10^{-1} \text{kg}$, $1.0 \times 10^2 \text{kg}$, r_1 , r_2 をそれぞれ $1.0 \times 10^{-1} \text{m}$, $6.4 \times 10^6 \text{m}$ (6400 km) として, 下線部②のようにキャベンディッシュの実験を行った。その結果, R は 1.5×10^7 だった。このとき地球の質量 M [kg] を, 計算過程を示しながら有効数字2桁で求めよ。

問3 重力加速度の大きさ g [m/s^2] について, 次の問いに答えよ。なお, 遠心力は無視できるものとする。

- (1) 質量 m [kg] の物体の重量が mg [N] であることを考慮しながら, 重力加速度の大きさ g [m/s^2] を, 式(A)および万有引力定数 G [$\text{m}^3/\text{s}^2 \text{kg}$], 地球の質量 M [kg], 地球の半径 r_2 [m] を使って記号で表せ。
- (2) (1)で導かれた式を考えると, 本来なら物体が地球の表面から離れれば離れるほど, 重力加速度の大きさ g [m/s^2] は小さくなるはずである。ところが, 地表で物体の運動を考えると, 地

表から 1000 m 上方に離れた地点における物体の運動を考えたときにも、 g [m/s^2] の大きさは一般に 9.8 m/s^2 で不変だと考える。その理由について説明せよ。なお、説明に当たっては数式を用いてもよい。

問4 下線部③について、月の質量は地球の約 $1/80$ であることがわかった。また、月の半径は地球のおよそ 4 分の 1 であることがわかっている。このとき、月の表面の重力は地球の表面の重力のおよそ何分の 1 だと考えられるか。式(A)を参考にして計算過程を示しながら答えよ。

2 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

物体を絹布や毛皮でこすって別の物体に近づけると、その物体を引き付けることは古くから認識されていた。これは、もともと電氣的に中性であった二つの物体のうち、一方から他方に電子が移動するために起きる現象である。

二つの物体をこすり合わせたとき、電子を取り込みやすい物体は負に、もう一方の物体は正に帯電する。帯電した物体を帯電体といい、それを導体に近づけると、導体内の自由電子は静電気力によって移動する。その結果、導体の帯電体に近い側には帯電体と異符号の電荷が、逆に遠い側には同符号の電荷が現れる。このため、帯電体に近い面は帯電体から引力を、遠い面は反発力(斥力)を受けるが、電気量の大きさが同じならば、近い面の引力が遠い面の反発力より大きいので、帯電体と導体は互いに引き合う。

物体がどのように帯電しているかを調べる装置に、下図のように金属板と箔^{はく}を用いた箔検電器がある。最初に帯電していない箔検電器の金属板に帯電体を近づけると、金属中の電子は容易に移動して金属板と箔とで電荷の偏りが生じる。その結果、同じ電荷をもつ箔どうしの反発力によって箔は開く。

帯電している金属(箔検電器の金属板)に指で触れると、金属中の電荷は人を伝わって地面に逃げる。

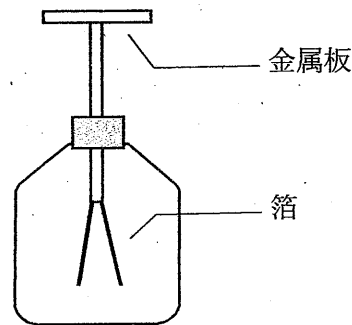


図 箔検電器

以上のことを踏まえたうえで、箔検電器とアクリル棒、ナイロンを用意して、以下の実験を行った。

- 操作1 アクリル棒をナイロンでこすって、アクリル棒に負電荷を生じさせる。このアクリル棒を帯電していない箔検電器の金属板に近づけると箔は開き、遠ざけると箔は閉じた。
- 操作2 操作1の方法により箔を開かせた状態にして、金属板に指で触れた。
- 操作3 操作2の状態では指を離した後、アクリル棒を遠ざけた。
- 操作4 箔検電器にあらかじめ正の電荷を与えて箔を開かせておく。その金属板に、強く負に荷電したアクリル棒を遠方より(金属板に接触する手前まで)少しずつ近づけていった。

問1 下線部の現象の名称を答えよ。

問2 操作1で箔が開いたとき、(1)箔の電荷は正負どちらか。また、(2)そうなる理由を75字以内で説明せよ。

問3 操作2を行うと、(1)箔は開くか閉じるか。また、(2)そうなる理由を75字以内で説明せよ。

問4 操作3を行うと、(1)箔は開くか閉じるか。また、(2)そうなる理由を75字以内で説明せよ。

問5 操作4でアクリル棒が金属板に近づくにつれて、箔の開きはどのように変化するか、また、その理由について、「自由電子」という語句を用いて200字以内で説明せよ。