

入試問題研究 第165回 2004年 学習院大学 ① 質量測定

答案には、結果だけでなく、考えのすじ道も書きなさい。問題に与えられていない記号が必要なときは、定義してから用いなさい。

地球を回っている宇宙船の中、「無重力」状態でふわふわ浮かんでいる自分を想像しながら、以下の質問に答えなさい。

無重力だと「重さ」が無いわけだから、質量の大きいものと小さいものの区別がつかないだろうか。いやそんなことはありません。例えば質量の異なる二つのボールが宇宙船の中に浮かんでいたら、指でちょっと押してみれば区別がつきます。

- (a) この方法では、どのような物理法則にもとづいて質量の大小の区別ができるのでしょうか、説明しなさい。

次に、二つの物体の質量の比を知る方法を考えましょう。ひとつの方法は、衝突させてその運動の変化を見る方法です。二つの球 A、B があります。A の質量を M 、B の質量を m とします。A を空中に静止させて、手を離します。そこに、B を速さ $v=0.1$ [m/s] で正面衝突させたところ、B は正反対の方向に速さ $u=0.05$ [m/s] で跳ね返ってきました。衝突は完全弾性衝突と考えなさい。

- (b) このときの二つの球の質量の比 $\frac{m}{M}$ を求めなさい。

この方法では、速さを測らなければならないので少し大変です。そこで、質量の無視できるかたい棒の両端に二つの球を固定します。これをうまく回転させると、二つの球を共通の定点 O の周りに円運動させることが出来ます。棒は球の半径に比べて十分長いとして、球 A、B から O までの距離をそれぞれ R 、 r とします。

- (c) 円運動のつりあいに着目して、距離の比 $\frac{r}{R}$ が、 M 、 m で表せることを示しなさい。

入試問題研究 第165回 2004年 学習院大学 ① 質量測定 解答・解説

答案には、結果だけでなく、考えのすじ道も書きなさい。問題に与えられていない記号が必要なときは、定義してから用いなさい。 ※ この形式は神戸大学で使われているものと同一です！

地球を回っている宇宙船の中、「無重力」状態でふわふわ浮かんでいる自分を想像しながら、以下の質問に答えなさい。

無重力だと「重さ」が無いわけだから、質量の大きいものと小さいものの区別がつかないだろうか。いやそんなことはありません。例えば質量の異なる二つのボールが宇宙船の中に浮かんでいたら、指でちょっと押してみれば区別がつかます。

- (a) この方法では、どのような物理法則にもとづいて質量の大小の区別ができるのでしょうか、説明しなさい。

質量の大きなボールを動かそうとするとき同じ加速度を生じさせるためには大きな力が必要です(ニュートンの「運動の法則」で $f=ma$)から、質量の大きいボールの方が指にボールから押し返される力が大きく感じます(作用反作用の法則)。

質量の小さなボールの場合では、軽く押すだけで簡単に動かせるのです。

次に、二つの物体の質量の比を知る方法を考えましょう。ひとつの方法は、衝突させてその運動の変化を見る方法です。二つの球 A、B があります。A の質量を M 、B の質量を m とします。A を空中に静止させて、手を離します。そこに、B を速さ $v=0.1$ [m/s] で正面衝突させたところ、B は正反対の方向に速さ $u=0.05$ [m/s] で跳ね返ってきました。衝突は完全弾性衝突と考えなさい。

- (b) このときの二つの球の質量の比 $\frac{m}{M}$ を求めなさい。

$$\text{運動量保存の法則より } M \times 0 + m \times 0.1 = M \times V + m \times (-0.05) \cdots \textcircled{1}$$

$$\text{跳ね返り係数の公式より } 1 = -\frac{V - (-0.05)}{0 - 0.1} \cdots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} \text{ を整理して } 2m = 20M V - m \cdots \textcircled{1}', \textcircled{2} \text{ を整理して } V = 0.05 \cdots \textcircled{2}'$$

$$\text{以上より } 3m = M \text{ だから、質量比は } \frac{m}{M} = \frac{1}{3} \text{ となります。}$$

この方法では、速さを測らなければならないので少し大変です。そこで、質量の無視できるかたい棒の両端に二つの球を固定します。これをうまく回転させると、二つの球を共通の定点 O の周りに円運動させることが出来ます。棒は球の半径に比べて十分長いとして、球 A、B から O までの距離をそれぞれ R 、 r とします。

- (c) 円運動のつりあいに着目して、距離の比 $\frac{r}{R}$ が、 M 、 m で表せることを示しなさい。

円運動するためには向心力 $f = m r \omega^2$ が必要です。

棒が安定的に回るためには、棒にかかる力(向心力の反作用)が釣りあわなくてはなりません。

よって、 $m r \omega^2 = M R \omega^2 \cdots \textcircled{1}$ が成立します。

よって、 $\frac{R}{r} = \frac{m}{M}$ と表せます。 ※ 質量比は $\frac{m}{M} = \frac{R}{r}$ ということになります。