

とやま科学オリンピック大会2016

物 理

(高校部門)

2016年8月11日(木)

時間：9時45分～12時15分(150分)

注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 問題は1～3まで5ページにわたって印刷してあるので、最初に確認すること。
2. 机の上に置けるものは、「大会参加にあたって」で定められた筆記用具と与えられた実験器具のみとする。
4. 解答はすべて解答用レポート用紙に記入し、提出すること。
5. 参加番号をレポート用紙の決められた欄に記入すること。
6. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合には、すぐに申し出ること。
7. 実験はチームで協力して行うこと。他のチームの実験操作を参考にしてはいけない。
8. 観察・実験等に当たっては、周囲の人の安全に十分に注意すること。
9. 実験中に器具が故障・破損したり、けがをした場合には速やかに申し出ること。

みなさんの健闘を期待しています。

富山県では、立山連峰からの豊富な雪解け水とそれを利用した水力発電による安価で安定した電力によって金属加工産業が栄えてきた。中でも、自動車のタイヤホイールの製造においては全国的にも知名度が高く、特に自動車レースで用いられるホイールのシェアは非常に高い。そこで、このホイールに注目し、以下の実験からホイールのような回転体のエネルギーが何によって決まるのかを考察してみよう。

- 1) 力学的エネルギー保存則に関係する以下の実験を行い、各問いに答えなさい。

<実験に必要なもの>

円盤 A(18.8g、外径 40mm)を 2 枚貼り付けた滑車【図 1】、速度測定器【図 2】、実験スタンド、おもり(25.0g)、糸(1 m)、紙コップ(クッション入り)、はさみ、定規、セロハンテープ

問題(30分・・・実験説明5分、実験とレポート作成25分)

実験説明ビデオ、【図 3】、【図 4】を参考に、以下の(実験 1-1)、(実験 1-2)を行い、結果をレポートにまとめなさい。

(実験 1-1) 自由落下するおもりの速さ

- (i) 滑車が回転しないようにセロハンテープで固定し、おもりに付けた糸を滑車に掛けて静かに引き上げる。
- (ii) おもりを速度測定器の中心 Q から高さ $h=0.300\text{ m}$ の位置 P で静止させる。このとき、おもりが速度測定器のセンサーを通過できるように調整する。
- (iii) 手を静かに放し、おもりを自由落下させ紙コップに落とす。このとき、速度測定器で点 Q におけるおもりの速さ $v\text{ [m/s]}$ を測定する。この速さを 3 回測定し、平均値を求める。

※おもりが速度測定器に激突しないように注意すること。

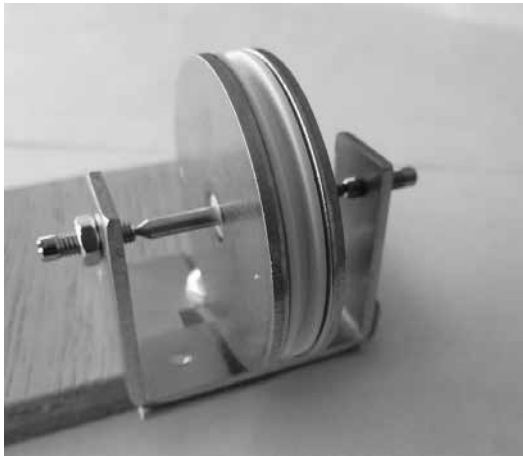
(実験 1-2) 滑車の回転を伴って落下するおもりの速さ

- (i) 滑車が回転しないように固定していたセロハンテープをはずす。
- (ii) 糸の先端を滑車に貼り付けて、おもりの付いた糸を滑車に巻き上げる。おもりを速度測定器の中心 Q から高さ $h=0.300\text{ m}$ の位置 P で静止させる。
- (iii) 手を静かに放し、おもりを落下させ、速度測定器で点 Q におけるおもりの速さ $v\text{ [m/s]}$ を測定する。この速さを 3 回測定し、平均値を求める。

※滑車が回り続けると糸がからむので、紙コップにおもりが到着した時点で滑車の回転を止めること。

(考察)

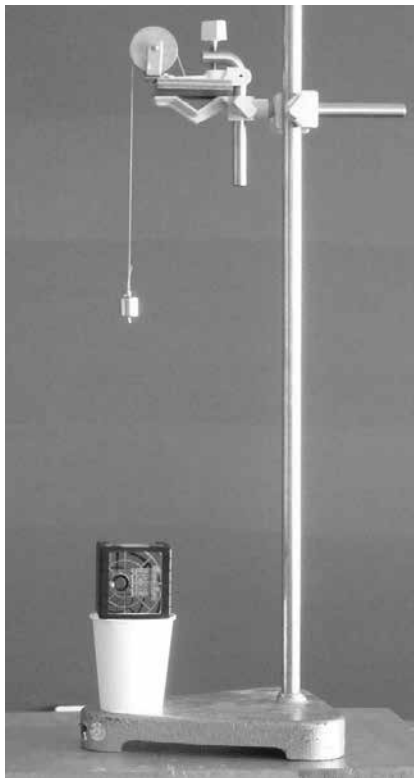
(実験 1-1) と (実験 1-2) の測定結果の違いについて、その原因を「力学的エネルギー保存則」の言葉を用いて考察しなさい。



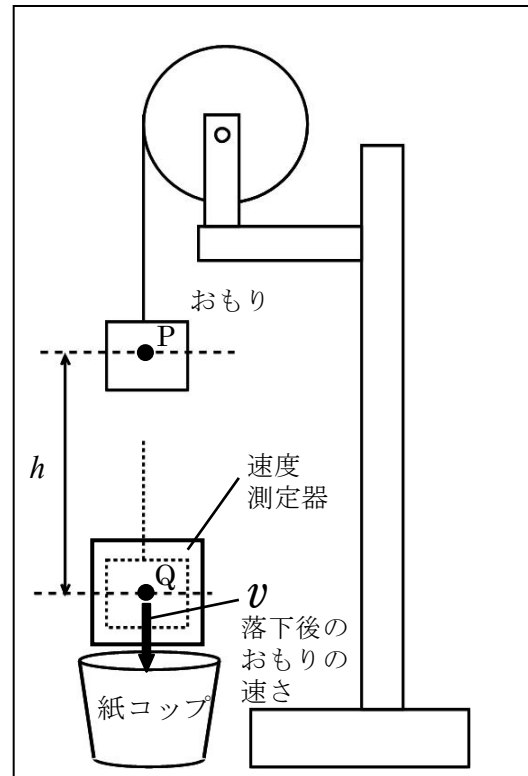
【図 1】円盤 A を 2 枚貼り付けた滑車



【図 2】速度測定器



【図 3】実験装置の写真



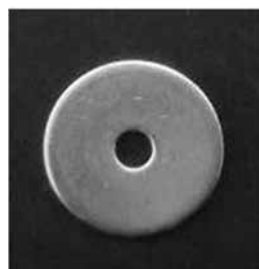
【図 4】実験の概略図

点 P はおもりの中心
 点 Q は速度測定器の中心
 h は PQ 間の距離

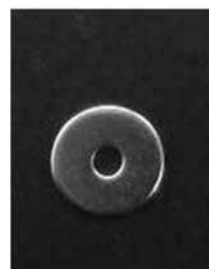
2 物体の回転エネルギーに関する以下の実験を行い、各問いに答えなさい。

<実験に必要なもの>

円盤 A (18.8g、外径 40mm) 2 枚【図 5】、
円盤 B (6.5g、外径 25mm) 2 枚【図 6】、
滑車、実験スタンド、速度測定器、
おもり (25.0g)、糸 (1 m)、はさみ、
紙コップ (クッション入り)、定規、
セロハンテープ、両面テープ



【図 5】円盤 A



【図 6】円盤 B

問題 (80分・・・実験とレポート作成80分)

滑車の回転を伴って落下するおもりの速さについて、さらに詳しく調べたい。
そこで、滑車に円盤 A または円盤 B を貼り付けた状態で、以下の (実験 2-1)、
(実験 2-2) を行い、結果をレポートにまとめなさい。

(実験 2-1) 滑車に円盤 A を 2 枚貼り付けた場合

(i) (実験 1-2) の装置を用いて、次の高さ h [m] に対する点 Q でのおもりの速さ v [m/s] を測定する。

$$h = 0.200 \text{ m} \quad , \quad 0.300 \text{ m} \quad , \quad 0.400 \text{ m}$$

($h = 0.300 \text{ m}$ は の測定結果を用いてよい。)

(ii) 速度測定器の中心 Q の位置を基準とした、落下前のおもりの重力による位置エネルギー (U) と落下後の運動エネルギー (K) 及び力学的エネルギーの損失 ($\Delta E = U - K$) を求め、レポートにまとめる。

(実験 2-2) 滑車に円盤 B を 2 枚貼り付けた場合

(i) 滑車から円盤 A をすべて取りはずし、円盤 B を 2 枚貼り付ける。

(ii) (実験 2-1) と同様の実験を次の高さ h [m] について行い、レポートにまとめる。

$$h = 0.200 \text{ m} \quad , \quad 0.300 \text{ m} \quad , \quad 0.400 \text{ m}$$

(考察)

(1) $v=0 \text{ m/s}$ では $\Delta E=0 \text{ J}$ であることに注目して、円盤 A、円盤 B について、それぞれ 2 枚、4 枚、6 枚における、 v を横軸、 ΔE を縦軸としたグラフを描き、次の「 」の名前を付けなさい。そして、これらのグラフから分かることを答えなさい。なお、円盤 A、円盤 B の 4 枚、6 枚の計測値についてはレポートに書いてある値を用いなさい。

【グラフの名前】

- ・ 円盤 A が 2 枚 → 「グラフ A2」
- ・ 円盤 A が 4 枚 → 「グラフ A4」
- ・ 円盤 A が 6 枚 → 「グラフ A6」
- ・ 円盤 B が 2 枚 → 「グラフ B2」
- ・ 円盤 B が 4 枚 → 「グラフ B4」
- ・ 円盤 B が 6 枚 → 「グラフ B6」

(2) おもりが落下する速さ v [m/s] は、滑車が回転する速さと同じである。また、力学的エネルギーの損失 (ΔE) は、滑車の回転エネルギーを表している。

そこで、円盤 A、円盤 B について、それぞれ 2 枚、4 枚、6 枚における、滑車が回転する速さの 2 乗 (v^2) を横軸、 ΔE を縦軸としたグラフを描き、(1) と同様に名前を付けなさい。そして、回転エネルギーについて、次の観点から分かることを具体的な理由とともに答えなさい。

【観点】

- ・ 速さ
- ・ 質量
- ・ 円盤の外径

(3) 以上より、回転エネルギーの特徴について運動エネルギーの特徴と比較して考察しなさい。

3 回転エネルギーによる影響を踏まえて、以下のような回転体を製作しなさい。

<実験に必要なもの>

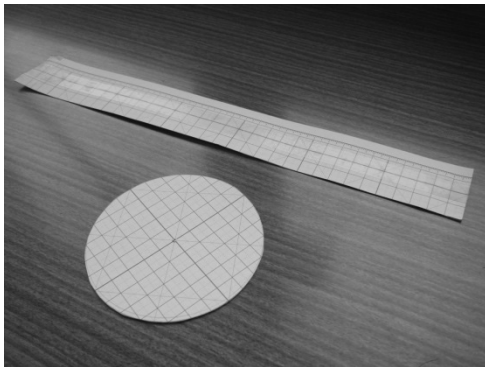
工作用紙1枚、ナット（8個）、はさみ、コンパス、セロハンテープ、両面テープ

問題（40分・・・回転体の製作・レポート作成20分、競技20分）

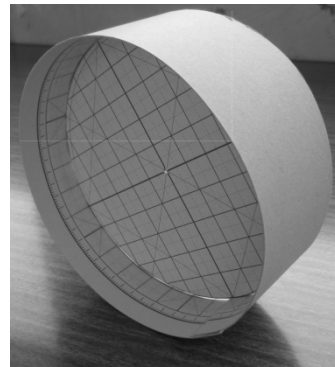
工作用紙で製作した円形状の車体にナットを貼り付け、坂の上から静かに転がし、所定のコースをできるだけゆっくりと進む回転体を製作しなさい。

（回転体の製作）

- ・工作用紙から円と長方形を切り取る【図7】。なお、大きさは自由とする。
- ・長方形の工作用紙の中央に両面テープを貼り付け、円と組み合わせて車体を製作する【図8】。なお、セロハンテープ、両面テープは自由に使用してよい。
- ・8個のナットをすべて車体内側の任意の場所に両面テープで貼り付ける。



【図7】切り取った工作用紙



【図8】組み立てた車体

（レポート）

ゆっくりと進む回転体にするために、何をどのように工夫したのかを、根拠に基づいて簡潔にまとめなさい。図や絵を用いて説明しても構いません。

（競技）

所定のコースから順次、回転体を静かに転がし、ゴールラインまでの所要時間を計測する。所要時間の最も長いチームを1位とする。なお、回転体がコースアウトしたり、ゴールまで届かなかつたりした場合、また、ナットが途中で外れた場合には競技の記録はなしとする。

【補足】

物体が転がる際は「転がり抵抗」がある。その大きさは材質による違いや床との接地面積等に由来して変化することが知られている。

このページに問題はありません

