

力学的エネルギーの指導の工夫

- 力学的エネルギー実験装置の作製と活用方法について -

高橋 伸充

中学校理科第1分野で学ぶエネルギーについては、エネルギーには様々なものがあることを知るとともに、エネルギーが相互に変換されること及びエネルギーが保存されることを知ることが求められている。ここでは、特に力学的エネルギーについて、その概念を育てる実験や実験装置の工夫、その活用方法を検討した。

[キーワード] 中学校理科 第1分野 力学的エネルギーの保存 実験装置の作製

はじめに

中学校で扱うエネルギーの学習では、エネルギーについての初歩的な見方や考え方を養うことが主なねらいとなる。今回作製した簡単な実験装置を用いた実験を通じて、エネルギーの概念を身に付けさせ、力学的エネルギーの保存について考えさせる指導について述べる。

1 実験装置の作製

実験装置の概観

これまでも、高い位置にある物体の持つエネルギーが運動エネルギーに移り変わり、他の物体に仕事をすることができることを調べる実験はいろいろ工夫されている。カーテンレールと

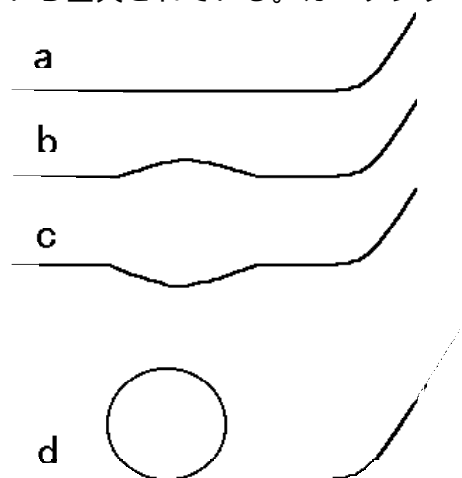


図1 4種類のレール

球を使い、レール上の木片を移動させる実験などがそれにあたる。今回作製した実験装置は、基本的にはそのレールをいろいろな形に変形し、並べたものである。球が転がるレールを4種類用意した(図1)。図1のレールb, cは、レールaの一部を山型または谷型に変形したものである。レールdは、途中にループを取り入れたものである。どのレールも、レールの終端は、同じ高さに設定してある。

準備

- (1) 台: $15 \times 83 \times 1820$ (mm) の板
 - (2) レール桁: $40 \times 40 \times 450$ (mm) の角材 2 本
 - (3) レール桁: $15 \times 40 \times 250$ (mm) の角材 1 本
 - (4) レール: カブセ 9.0×1820 (mm) 5 本
 - (5) 支持金具: T 字金具 2 個
 - (6) 支持金具: 2 本 15×300 (mm), 11 穴
 - (7) 支持棒: アルミニウム棒 250×3 (mm)
 - (8) ねじ: さらタッピング (中 3×10 (mm) レール固定用), なべ小ねじ (3×8 (mm) 支持金具取り付け用)
 - (9) その他: 木工用ボンド, ハンドドリル, ヘヤードライヤー, ドライバー
- 上記 (1) ~ (8) については、量販店で購入。総額 3,500 円程度。

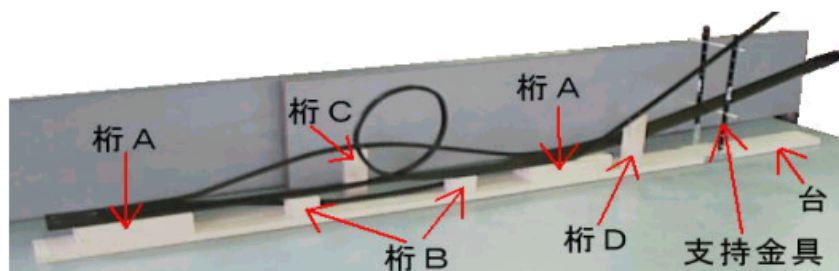


図2 横から見た図



図3 上から見た図

作製手順

(1) レールの桁作り

準備 (2) の角材を切断し，桁 A (40×40×200mm) を 4 個，桁 B (40×40×50mm) を 2 個用意する。さらに準備 (3) の角材を切断し，桁 C (40×15×110mm)，桁 D (40×15×110 (130) mm) を用意する。桁 D はレールの傾斜に合わせて台形状に成形する。

(2) レール桁の台への固定

準備 (1) の板 (台) に，(1) で用意したレール桁を木工用ボンドで，はりつける。レール桁 A は，2 個並列にする。1 本の桁 A に 2 本のレールがのることになる。

(3) レールの成形

レール (カブセ) を，ヘヤードライヤーで加熱しながら変形，成形する。

(4) レールの固定

レールに，固定用ねじの穴を開ける。1 mm 径のドリル刃を用いるとよい。レールをねじ (さらタッピング) で固定する。

(5) 支持金具の固定

T 字金具，板金具をなべ小ねじで組み合わせ，台に木ねじで取り付ける。

(6) その他の諸注意

レール d (ループ) の作製に際して，今回は

2 本のレールをつないで使用したため，継ぎ目で球がスムーズに転がない場合もある。できれば，より長いレールが販売されていればそれを利用した方がよい。また，継ぎ目やつなぎ方に関してよい工夫があれば，よりスムーズに球が転がる。

2 具体的活用

(1) 球の高さとレールの山の高さとの関係 (レール b を用いて)

方 法

球を転がしはじめる高さや，レールの角度をいろいろ変えて，レール b の山の部分を越えるために必要な球の高さを調べる。

b

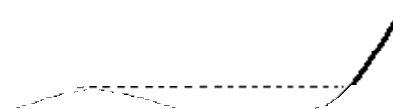


図4 レール b

また，質量の違う球を用いて，高さを比較する。

結果と考察

摩擦力の小さな球 (鉄球，ビー玉，陶製球など) を用いると，良好な結果を得られる。ほぼ，

山の高さと同じ高さから転がさなければ、山を越えない。球がはじめに持っていた位置エネルギーが保存されていることがわかる。

しかし、厳密に測定すると、やはり、全く同じ高さでは山の上まで上れない。この結果から、摩擦力等の影響を考慮させるのも、よい投げかけではないかと思う。

また、質量の違う球を用いた場合も同様の結果になるが、より質量の大きな鉄球を用いた方がよい結果が出る。

(2) 球の速さと上る高さとの関係（レール c を用いて）

方 法

いろいろな高さから球を転がし、レール c の谷部分で、同じ高さから同じ高さへ球が移動（図 5 中の ① から ②）するかどうかについて注目する。

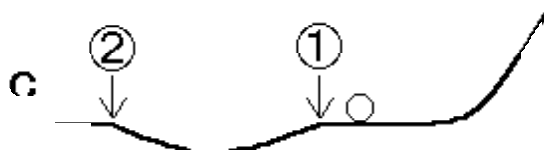


図 5 レール c

結果と考察

理論的には、図 5 中の ② 地点で運動している球は、同じ高さの ① の地点まで上るはずだが、速さが遅い場合（低い高さから転がした場合）は、上ることができない。ここでも摩擦力や力学的エネルギーについて、考察したい。

(3) 異なるレールを転がる球が衝突によってピストンを移動させる距離の比較（レール a ,

b , c を用いて）



図 6 ピストンに衝突する鉄球

方 法

図 7 のように、実験装置の終端に注射器をスタンドで固定する。レール a , b , c , それぞれについて、同じ高さから球を転がし、注射器のピストンに衝突させる。衝突によってピストンが移動した距離を比較する。

結果と考察

レール a , b , c について、同じ高さから同じ球を転がした場合のピストンの移動距離を比較すると、同じになる。同じ高さから、同じ高さへ転がり落ちる場合、その転がるルートは違っても、同じ仕事をする。力学的エネルギーの保存について確かめられる。

(4) 同じ高さから異なるレールを転がる球の到着時間の比較（レール a , b , c を同時に用いて）

方 法

同じ高さから同じ規格の球を転がした場合の、レール a , b , c それぞれの終端への到達時間を予想し、比較する。次に、3 個（レール a , b , c ）同時に転がし、どのレールが一番はやく到達するかを比較する。



図 7 3 球同時スタート



図8 3球同時スタート時の運動解析ソフト「どう見るくん」によるストロボ画像
(真ん中の球(矢印, レールc)が一番はやく到達することがわかる。)

結果と考察

それぞれのレールで、個々に転がすと、終端への到達時間に違いは感じられないが、同時に3個(3レール)転がすと、それぞれ到達時間が違うことがわかる(図8)。どのレールが1番はやく到達するか推測させ、中学生なりの考えを交流することによって、さらに興味・関心を高め、学習内容を発展させられる。

(5) ループを通過する運動における問題点

力学的エネルギーの保存について学んだ中学生にとっては、ループを通過させるのに、ループと同じ高さから転がり落とせばよいと誤解する恐れがある。実際に実験を行うと、かなり高い位置から転がり落とさなければならないことがわかる。

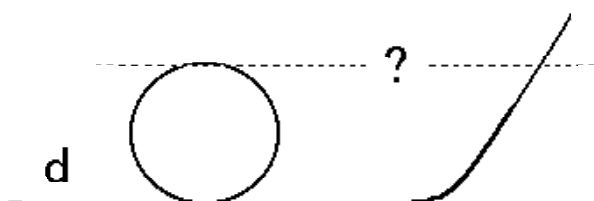


図9 レールd

ループの運動に関しては、中学校で学習する力学的エネルギーの保存の概念以外の要因(重力とレールからの抗力と遠心力とのかねあい)も加味して考えなければならないため、中学生にとっては、理解が難しく、生徒の実態にあわせた発展的な学習内容として扱うべきである。しかし、ジェットコースターなどに見られる身

近な運動であり、見ていて純粋に楽しめる運動でもあるので、授業で触れる場合は、深入りせずに、紹介程度にとどめたい。

おわりに

この実験装置は、比較的安価に簡単に作製でき、力学的エネルギーについての理解を深めるためのいろいろな実験ができる。今後、さらに材質や、大きさを検討して、これよりも使いやすい装置を作りたい。また、実験の内容や用いる球の大きさなどを考慮した場合、4レールを別々の板に固定し、それぞれ単独で使用方法も考えられる。たとえば、運動解析ソフト「どう見るくん」を使って、レールを転がる球の運動を解析する場合、現状の装置では、運動している球が一部陰になり、観察しにくい。VTR等で記録する場合を考えると、1レールずつ単独で使うことが理想的である。

様々な角度から検討し、さらに効果的な実験方法を模索したい。

参考文献

- 文部省 中学校学習指導要領 解説 理科編(平成10年)
- 大久保政俊 動画を用いた運動の学習 物理教育 48-5 pp.397-400 2000
- <http://ricen.manabi.pref.hokkaido.jp/computer/contitle.html#>

(たかはし のぶみつ 平成12年度長期研修員)