

位置エネルギー

1 ねらい

物体が高いところにあるとエネルギーを持つことは自然に理解されるが、斜面を転がってきた物体の持つエネルギーは、斜面の角度の影響が大きいのか、高さそのものによるのか理解しにくい。そこで、斜面の角度を簡単に変えて実験できる器具を紹介する。

2 準備するもの

- ・モール（長さ 1 m、鉄球を転がせて板にも取り付けやすいもの）
- ・木板（厚さ 1 cm 程度、長さ 91cm、幅 5 cm～10cm 程度）
- ・鉄球（直径 11mm）
- ・30cm の物差し（竹製）
- ・A 4 判の印刷用紙（紙質の悪いものの方が適当）

※紙が乾燥していたりすると物差しが滑りやすく、紙から大きくはみ出して落ちることがある。そのようなときは B 4 や A 3 の紙を用い、物差しの端が少し飛び出すところに線を引いて用いるとよい。

- ・三角定規（ 30° 、 60° 、 90° のもの）
- ・C型クランプ、鉄製スタンド、はかり（鉄球の重さを量る）
- ・他の大きさの鉄球やガラス球



3 実験の方法

(1) 実験器具の作製

- ① 木板を 10cm と 81cm に切る。10cm の方を発射台、81cm の方を滑走台とする。
- ② モールを皿木ねじ(または皿タッピング)で木板に固定する。
発射台には、モールの端と板の端が合うように固定する。
滑走台には、端から 24.2cm、40.5cm、47.3cm、80.5cm の位置に木ねじを固定する。

(2) 実験 1 傾斜が 30° のとき

- ③ 発射台を C 型クランプで机に固定する。
- ④ 滑走台の傾斜が 30° になるように三角定規で測りながら、鉄製スタンドに立てかける。



- ⑤ 印刷用紙を置いてその上に 30cm の物差しを載せ、物差しの高さがモールの上に置いた鉄球の中心に来るように調整する。



- ⑥ 物差しの 0 cm のところを印刷用紙の端と一致させ、他端を滑走台のすぐ前に来るように調整する。



- ⑦ 鉄球がモールの上に載っているときに、鉄球の中心の机からの高さを測り（これを基準の高さ d とする）、それより $+20\text{cm}$ の高さになるモール上の位置に鉄球を置く。この高さは、滑走台の端から 40.5cm の位置になっているので、木ねじの位置に鉄球を置いて、その高さが $d + 20\text{cm}$ になっていることを確認してもよい。



- ⑧ 鉄球を離し、 30cm の物差しに衝突させ、物差しがどれだけはじき飛ばされたかを読み取る。同じ実験を 3～5 回繰り返し、その平均の値を求める。



- ⑨ 鉄球の高さを $d + 40\text{cm}$ にする。
この高さは、滑走台の端から 80.5cm の位置になっているので、木ねじの位置に鉄球を置いて、その高さが $d + 40\text{cm}$ になっていることを確認してもよい。

- ⑩ ⑧と同じように実験し、測定する。

(3) 実験 2 傾斜が 60° のとき

- ⑪ 傾斜が 30° のときと同じように滑走台を調整する。
⑫ $d + 20\text{cm}$ の位置に鉄球を置く。この高さは、滑走台の端から 24.2cm の位置になっているので、木ねじの位置に鉄球を置いて、その高さが、 $d + 20\text{cm}$ になっていることを確認してもよい。



- ⑬ 鉄球を離し、30cm の物差しに衝突させ、物差しがどれだけはじき飛ばされたかを読み取る。同じ実験を3～5回繰り返して、その平均の値を求める。
- ⑭ 鉄球を $d + 40\text{cm}$ の位置に置く。
この高さは、滑走台の端から 47.3cm の位置になっているので、木ねじの位置に鉄球を置いて、その高さが $d + 40\text{cm}$ になっていることを確認してもよい。
- ⑮ ⑬と同じように実験する。

(4) 実験3 球の質量が異なるとき

- ⑯ 滑走台の角度や球の高さを一定にして他の鉄球やビー玉などで実験を行う。のとき、球の大きさが異なるので、物差しの高さを調整し直さなければならない。
実験にあたっては、球の質量を計測しておき、質量によるエネルギーの違いを定量化できるようにしておく。



4 留意点

- (1) 使用する鉄球は直径 11mm のものとしたが、これは手近に入手できるためである。この鉄球の質量は 5.5g である。
- (2) 異なる質量の鉄球を用いる場合は、物差しが本から飛び出してしまうからであるので、あまり重いものは使用できない。
- (3) 使用するモールは、ホームセンターで入手できるが、同じようなものがない場合は、配線カバーを利用してもよい。ただし、配線カバーにも種類があるので、曲がりやすく、取り付けやすいものを使用する。
- (4) 滑走台にモールを固定する木ねじの位置は自由であるが発射台との間を十分(約 30cm)にあけた方がよい。間隔が小さいと、滑走台の下の木板が机に接触しなくなり、滑走台が不安定になるからである。実験データもばらつきが大きくなる。
- (5) 転がって来た球は、衝突によって静止したり、逆向きに運動し始めたりするが、回転は変わらないので、再び物差しの方に向かって運動を始める。そこで、発射台と本との間に、1～2cm 程度のすきまを設けることにより衝突した後の球が落下して、再び物差しと衝突することを避けられる。
- (6) 物差しを置く台にする紙は、荒い紙質のものがよい。なめらかな紙の場合、物差しと密着し、滑りにくい。また、実験ごとに密着の度合いが変わると、データのばらつきが大きくなり、思うような結果が得られない。
- (7) プラスチックの物差しは不適當である。乾燥した日に実験を行うと摩擦により静電気が生じやすく、実験を重ねると動きにくくなる。

5 解説

- (1) 鉄球を一定の高さに置くとき、モールの上に載っている高さからプラス何 cm とした方が分かりやすいが、その位置を決めるのはなかなか大変である。そこで、先に位置を計算しておいて、その位置での高さ確かめることにする。

鉄球の中心の床からの高さを d 、滑走台の端からの距離を x 、落下させたい高さを h とすると、鉄球を床から $d + h$ の位置に持ってくればよい。そのとき x との関係は、

$$x \sin \theta + d \cos \theta = h + d$$

であるので、 x の値は、

$$x = \frac{h + d (1 - \cos \theta)}{\sin \theta}$$

になる。

ここに、 $d = 2 \text{ cm}$ 、 $\theta = 30^\circ$ および 60° 、 $h = 20 \text{ cm}$ および 40 cm を代入して計算すると、表のようになる。

異なる条件で実験する場合も、あらかじめ上記の式で計算しておくといよい。

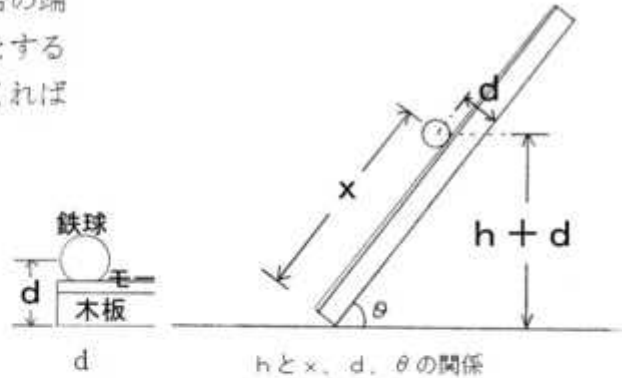


表 所定の h を与える x

	$h = 20 \text{ cm}$	$h = 40 \text{ cm}$
$\theta = 30^\circ$	$x = 40.5 \text{ cm}$	$x = 80.5 \text{ cm}$
$\theta = 60^\circ$	$x = 24.2 \text{ cm}$	$x = 47.3 \text{ cm}$

- (2) 球が転がった場合、回転のエネルギーが生じるため、位置エネルギーがすべて運動エネルギーになるわけではない。球の底部がモールと接して回転した場合、位置エネルギーの7分の5が運動エネルギーに、7分の2が回転のエネルギーになる。この割合は、速度によらないので、この実験に関しては影響はない。ただし、レールの上に球が載っていて、接触部分が底ではなく球の側面の場合には、回転のエネルギーの割合が増大するので、実験としては適切でない。

(実験テキスト)

___月___日 天気___ 年___組___番 氏名___

位置エネルギー

1 ねらい

斜面を転がってきた鉄球が物体に衝突したとき、鉄球は物体をはじき飛ばす。これは、鉄球がエネルギーを持っており、そのエネルギーを使って物体をはじき飛ばす仕事をしたのである。では、このエネルギーは、斜面の角度によって決まるのか、鉄球の初めの高さによるのか、実験によって確かめてみよう。

2 準備するもの

- ・実験台
- ・C型クランプ
- ・鉄球
- ・鉄製スタンド
- ・竹製物差し (30cm)
- ・三角定規 (30°、60°、90°のもの)
- ・印刷用紙

3 実験の方法

予想

高さが同じとき(20cmまたは40cm)、鉄球は同じエネルギーを持つのだろうか、それとも角度が急な方が大きなエネルギーを持つのだろうか、予想してみよう。

(1) 実験1 傾斜が30°のとき

- ① 発射台をC型クランプで机に固定する。
- ② 滑走台の傾斜が30°になるように三角定規で測りながら、鉄製スタンドに立てかける。
- ③ 印刷用紙を置いてその上に30cmの物差しを載せ、物差しの高さがモールの上に置いた鉄球の中心に来るように調整する。
- ④ 物差しの0cmのところを印刷用紙の端と一致させ、他端を滑走台のすぐ前に来るように調整する。



図1 滑走台の傾斜を30°に調整



図2 高さを調整

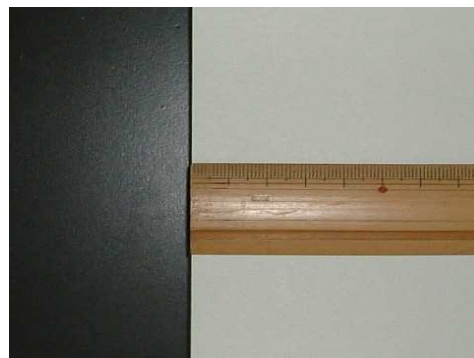


図3 端を調整

- ④ 鉄球がモールの上に乗っているときに、鉄球の中心の机からの高さを測る（これを基準の高さ d とする）。

滑走台の上の「 $30^\circ + 20\text{cm}$ 」の木ねじの位置に鉄球を置き、鉄球の高さが $d + 20\text{cm}$ になっていることを確認する。

- ⑤ 鉄球を離し、 30cm の物差しに衝突させ、物差しがどれだけはじき飛ばされたかを読み取る。

同じ実験を3回繰り返し、その平均の値を求める。

- ⑥ 鉄球を「 $30^\circ + 40\text{cm}$ 」から転がし、⑤と同じように3回の平均の値を求める。



(2) 実験2 傾斜が 60° のとき

- ⑦ 傾斜が 30° のときと同じように滑走台を調整する。

- ⑧ 鉄球を「 $60^\circ + 20\text{cm}$ 」の位置から転がし、⑤と同じように3回の平均の値を求める。

- ⑨ 鉄球を「 $60^\circ + 40\text{cm}$ 」の位置から転がし、⑤と同じように3回の平均の値を求める。

4 実験の結果

	斜面の角度 30°		斜面の角度 60°	
	+20cm	+40cm	+20cm	+40cm
1回目				
2回目				
3回目				
平均				

鉄球の持つエネルギーは

によって決まり、

には無関係である。

発展学習 質量が違おうとどうなるだろう

ガラス球と鉄球の質量を量り、同じ角度同じ高さから転がして、物差しのはじき飛ばされた距離を比べてみる。

鉄球（質量 g ）	ガラス球（質量 g ）
平均の距離 cm	平均の距離 cm

質量とエネルギーにはどのような関係があると言えるか。

