

Chapter
III

運動とエネルギー

1 単元のねらい

力のつり合いや力の合成と分解について実験を行い、その結果を分析して解釈させる中で力の基本的な性質を理解させる。また、物体の運動について観察、実験を行い、力と物体の運動とを関連付けて捉えさせ、運動の規則性に気付かせるとともに、力学的エネルギーに関する実験を行い、仕事の概念を導入してエネルギーの移り変わりや保存について理解させ、日常生活や社会と関連付けながら運動とエネルギーの見方や考え方を養う。

2 単元の内容

物体の運動やエネルギーに関する観察、実験を通して、物体の運動の規則性やエネルギーの基礎について理解させるとともに、日常生活や社会と関連付けて運動とエネルギーの初歩的な見方や考え方を養う。

ア 運動の規則性 (ア) 力のつり合い (イ) 運動の速さと向き (ウ) 力と運動
イ 力学的エネルギー (ア) 仕事とエネルギー (イ) 力学的エネルギーの保存

この単元では、力の基本的な性質や運動の規則性、仕事の概念やエネルギーの移り変わりや保存などについて実験、観察を通して理解するとともに、日常生活や社会と関連付けながら運動とエネルギーの見方や考え方を養うことが重要である。その際、観察、実験で得られる測定値には誤差が必ず含まれていることや誤差を踏まえた上で表やグラフを活用しながら規則性を見いだせるようにする。また、レポートの作成や発表を適宜行うことにより、科学的な思考力・表現力を育成していくとともに、「分かる・できる・楽しい授業」づくりへつなげていくことが重要である。

小学校では、第5学年で「振り子の規則性」、第6学年で「てこの規則性」について学習している。また、中学校では、第1学年の「(1) 身近な物理現象」で、力の基本的な働きや圧力について学習している。これらの既習事項とのつながりを意識して進めることも重要である。特に第1学年で学習した力の基本的な働きなどは、力のつり合いや力の合成と分解の学習とのつながりが強く、「矢印を使った力の表し方」など既習事項を振り返りながら進めることも大切である。

力や力学的エネルギーは、目に見えないため、子ども達には身近な現象として実感しにくい部分もあるが、自動車がブレーキをかけたときの慣性の体感や、ジェットコースターの運動の様子などを例示し、日常生活と関連付けて捉えることにより、科学の有用性を感じられるようにしたい。また、札幌市青少年科学館には、てこや滑車を利用して人を持ち上げることができる展示物「てこ・滑車」(P19 参照) や、電気的な動力を使わずにハンドルを回すことによってボールを高い位置に運び、そのボールがレールなどを転がり落ちる様子を観察できる展示物「パワーフォレスト」(P20 参照) などが常設されているので、効果的に活用していきたい。

3 評価規準の設定例

自然事象への 関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての 知識・理解
力のつり合い、運動の速さと向き、力と運動に関する事象・現象に進んで関わり、それらを科学的に探究しようとするとともに、事象を日常生活との関わりでみようとする。	力のつり合い、運動の速さと向き、力と運動に関する事象・現象の中に問題を見だし、目的意識をもって観察、実験などを行い、力がつり合うときの条件、合力や分力の規則性、運動の速さと向き、物体に力が働くときと働かないときの運動の規則性などについて自らの考えを導いたりまとめたりして、表現している。	力のつり合い、運動の速さと向き、力と運動に関する観察、実験の基本操作を習得するとともに、観察、実験の計画的な実施、結果の記録や整理などの仕方を身に付けている。	力のつり合うときの条件、合力や分力の規則性、運動の速さと向き、物体に力が働くときと働かないときの運動の規則性などについて基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身に付けている。
仕事とエネルギー、力学的エネルギーの保存に関する事象・現象に進んで関わり、それらを科学的に探究しようとするとともに、事象を日常生活との関わりでみようとする。	仕事とエネルギー、力学的エネルギーの保存に関する事象・現象の中に問題を見だし、目的意識をもって観察、実験などを行い、仕事と仕事率、エネルギーと仕事、運動エネルギーと位置エネルギーの相互の移り変わり、力学的エネルギーの保存などについて自らの考えを導いたりまとめたりして、表現している。	仕事とエネルギー、力学的エネルギーの保存に関する観察、実験の基本操作を習得するとともに、観察、実験の計画的な実施、結果の記録や整理などの仕方を身に付けている。	仕事と仕事率、物体のもつエネルギーの量は物体が他の物体になしうる仕事で測れること、運動エネルギーと位置エネルギーが相互に移り変わることで、力学的エネルギーの総量が保存されることなどについて基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身に付けている。

4 単元における観察、実験の位置付け

学 習 活 動	備 考
<p>【課題】物体に働く力は、どのようなときにつり合うのだろうか。</p> <p>↓</p> <p>【実験①】力がつり合うための条件を見いだす実験</p> <p>↓</p> <p>物体に2力が働いている場合、その2力の大きさが等しく、向きが反対で、同一直線上にあるとき、その2力はつり合っていると言えることを理解している。</p>	<p>力を矢印で表す方法について、第1学年において学習した内容を確認しておく。</p> <p>ばねばかりで物体を引きながら加える力を測定する他に、おもりをつり下げて物体に力を加える方法もある。</p>
<p>【課題】2力とその合力の間にはどのような関係があるのだろうか。</p> <p>↓</p> <p>【実験②】合力と元の2力の関係を見いだす実験</p> <p>↓</p> <p>物体に2力が働いている場合、その2力を矢印で表したとき、それらの矢印を2辺とする平行四辺形の対角線が、2力の合力となることを見いだしている。</p>	<p>一端を固定したばねを2力で引く方法の他に、おもりに糸を付けてつり下げ、それを2力で引く方法もある。</p>
3力のつり合いについての学習と合力の作図	<p>斜面上にある物体にどのような力が働いているかを、合力や分力を使って考えることができるようにする。</p>
力の分解についての学習と分力の作図	
運動の向きと速さについての学習	
記録タイマーの使い方	
<p>【課題】一定の力が働き続けると、物体はどのような運動をするのだろうか。</p> <p>↓</p> <p>【実験③】斜面上の力学台車の運動の様子を調べる実験</p> <p>↓</p> <p>運動の向きに力が働き続けると、物体の速さは大きくなっていき、運動の向きと反対向きに力が働き続けると、物体の速さは小さくなっていくことを見いだしている。</p>	<p>斜面上を上る力学台車の運動や平面上を摩擦によって減速する物体の運動など、運動の向きと反対向きの力が働き続ける様子も調べるとよい。</p>
<p>【課題】物体に力が働いていないとき、物体の運動はどのようなになるのだろうか。</p> <p>↓</p> <p>【実験④】力が働かないときの物体の運動に関する実験</p> <p>↓</p> <p>物体に力が働いていないとき、もしくは力が働いていてもそれらがつり合っているとき、運動している物体は、そのままの速さで等速直線運動を続け、静止している物体は静止し続けることを見いだしている。</p>	<p>摩擦力が働かない物体としてCDホバークラフト(P17参照)以外に次のようなものが考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ドライアイス片 ・エアトラック <p>※力学台車でもある程度速度をつければ摩擦による影響は少なくなる。</p>
慣性についての学習	二重台車 (P18参照)

<p>【課題】 台車に乗って壁を押したとき、力を受けた壁ではなく、力を加えた自分自身が動くのはどうしてだろうか。</p> <p>↓</p> <p>【実験⑤】 力を加えた物体から反対向きに力を受けていることを調べる実験</p> <p>↓</p> <p>一つの物体が、もう一つの物体に力を加えると、必ず相手の物体から大きさが等しく一直線上で、向きが反対の力を受けるために自分自身が動くことを見いだしている。</p>	<p>ロケットがガスを後方に噴き出すこと（作用）による反作用で飛んでいることなども理解できるとよい。</p>
<p>仕事の概念と求め方についての学習</p>	
<p>【課題】 道具を使ったとき、仕事の量はどのように変化するのだろうか。</p> <p>↓</p> <p>【実験⑥】 道具を使ったときの仕事の量を調べる実験</p> <p>↓</p> <p>道具を使うと、力の大きさは小さくなるが、力の向きに動かす距離は長くなるため、仕事の量は変わらないことを見いだしている。</p>	<p>札幌市青少年科学館の常設展示の活用</p> <p>クレーン車などに使われている動滑車やてこを想起させるとよい。</p>
<p>仕事率についての学習</p>	
<p>【課題】 位置エネルギーの大きさは何によって決まるのだろうか。</p> <p>↓</p> <p>【実験⑦】 位置エネルギーと高さや質量の関係を調べる実験</p> <p>↓</p> <p>物体がもつ位置エネルギーの大きさは、その物体の高さと質量によって決まり、高さが高いほど、また質量が大きいほど大きくなることを見いだしている。</p>	<p>斜面を下ってきた小球の速さを測定することによって、【実験⑦と実験⑧】を同時に行うこともできる。</p>
<p>【課題】 運動エネルギーの大きさは、何によって決まるのだろうか。</p> <p>↓</p> <p>【実験⑧】 運動エネルギーと速さや質量の関係を調べる実験</p> <p>↓</p> <p>物体がもつ運動エネルギーの大きさは、その物体の速さと質量によって決まり、速さが速いほど、また質量が大きいほど大きくなることを見いだしている。</p>	<p>札幌市青少年科学館の常設展示の活用</p>
<p>力学的エネルギーについての学習</p>	

5 本單元における観察、実験例

【課題】物体に働く力は、どのようなときにつり合うのだろうか。

【実験①】力がつり合うための条件を見いだす実験

(1) 実験前の指導の手だて

第1学年の「(1) 身近な物理現象」では、物体に力が働くとその物体が変形したり運動の様子が変わったりすることについて学習している。力には大きさと向きがあること、力が働く点を作用点ということ、そしてそれらは矢印を用いて表すことができることを確認しておく。また、1つの物体に2つ以上の力が働いて、その物体が静止しているとき、物体に働く力は「つり合っている」と言えることも確認しておく。

本実験では、物体に働く2つの力がつり合うときの条件を見いだせるようにする。

(2) 実験について

[主な準備物] ばねばかり、糸、輪ゴム、リング、はさみ、セロハンテープ、ものさし、記録用紙

[実験の手順]

- ① リングに輪ゴムと2本の糸を取り付け、2本の糸にはそれぞればねばかりを取り付ける。
- ② 記録用紙の上で、①で準備した輪ゴムと2個のばねばかりを、任意の3方向に引く。
- ③ 輪ゴムを引いている手を離し、リングが静止したときのばねばかりの目盛りを読み取り、リングと糸の位置を記録用紙に記録する。
- ④ リングやばねばかりを記録用紙の上からずらし、③の結果をもとにリングに働く力を矢印で表す。
- ⑤ 引く力の大きさや向きを変えて、①～④をくり返す。

別法 リングと輪ゴムの代わりに、厚紙に糸を付けたものを用いても良い。また、この場合、ばねばかりではなく、糸の先におもりをつるしてもよい。



2個のばねばかりとゴムでリングを引く様子

[実験の結果]

- ・リングが静止したとき、リングに働いている2つの力は同一直線上にあり、向きが反対で、同じ大きさである。

[安全上の注意]

- ・輪ゴムを強く引きすぎて、手を離れたときに輪ゴムが他の生徒に当たらないように注意する。

[指導のポイント]

- ・ばねばかりの0(ゼロ)点調整を行うとともに、ばねばかりを水平にして使用するよう指導する。
- ・力の矢印を記入する際、1Nを何cmで記入するかを決めるとともに、矢印はものさしを使用して描くよう指導する。

(3) 実験後の指導の手だて

本実験の結果より、2力がつり合うためには、「2力の大きさは等しい」「2力の向きは反対である」「2力は同一直線上にある(作用線が一致する)」の3つの条件が必要であることを見いだせるようにする。また、2力がつり合っているとき、一方の力が分かると、2力がつり合う条件からもう一方の力も分かることも確認する。その際、身の回りで2力がつり合っている状態のものを例に挙げ、どのような力が働いているのかを考えるようにするとよい。

【課題解決の姿】物体に2力が働いている場合、その2力の大きさが等しく、向きが反対で、同一直線上にあるとき、その2力はつり合っていると言えることを理解している。

ばねばかりの0点調整

ばねばかりは、使用する前にゼロ点調整を行う必要がある。また、水平に使用する場合と垂直に使用する場合は、0点にずれが生じるので注意が必要である。また、力の大きさをばねばかりで測定する場合、力の向きとばねばかりの向きを正確に一致させなければならないので注意が必要である。

【課題】 2力とその合力の間にはどのような関係があるのだろうか。

【実験②】 合力と元の2力の関係を見いだす実験

(1) 実験前の指導の手だて

力がつり合っている状態のものの中には、3つの力がつり合っているものもあることに気付き、そこから2つの力と同じ働きをする1つの力があること、そしてそのような力を2力の合力ということを確認する。また、合力は2力がなす角度によって変化することに着目していくとよい。

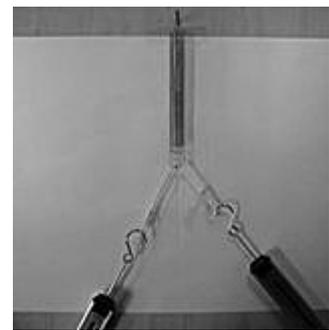
本実験では、一方を固定したばねを1つの力や2つの力で引き、同じだけ伸ばしたときのそれぞれの力の向きと大きさを記録し、比べることによって、2力とその合力の間にある規則性を見いだせるようにする。

(2) 実験について

[主な準備物] ばねばかり、ばね、くぎを打った板、糸、セロハンテープ、ものさし、記録用紙

[実験の手順]

- ① 板に打ち付けてあるくぎにばねを取り付け、ばねのもう一方に糸とばねばかりを取り付ける。
- ② ばねの下に記録用紙を置き、ばねをどこまで伸ばすかを決め、記録用紙に印を付ける。
- ③ ばねに付けた2個のばねばかりを引いて、印を付けた位置までばねを伸ばし、それぞれの力の大きさ（ばねばかりが示す値）と向きを記録用紙に記録する。
- ④ ばねばかりを1個にして、印を付けた位置までばねを伸ばし、力の大きさ（ばねばかりが示す値）と向きを記録用紙に記録する。
- ⑤ ③④の結果を力の矢印で表す。
- ⑥ ②～⑤をばねの伸ばす長さや2力の向き（ばねばかりを引く向き）を変えて、繰り返し行う。



ばねを2個のばねばかりで引く様子

【別法】 ばねの代わりに、おもりに糸を付けてつり下げてもよい。

[実験の結果]

- ・2力がなす角度が大きいと合力は小さくなる。
- ・2力の向きが同じ場合、合力の向きも同じで、2力の大きさの和が合力の大きさになる。
- ・2力を表す矢印の先端、合力を表す矢印の先端、それぞれの力の作用点を線で結ぶと平行四辺形ができる。

[安全上の注意]

- ・ばねを固定するくぎに、手や衣服を引っ掛けないように注意する。

[指導のポイント]

- ・力の矢印を記入する際、1 Nを何cmで記入するかを決めるとともに、矢印はものさしを使用して描くように指導する。
- ・2力および合力の作用点が同一になることを確認しておく。

(3) 実験後の指導の手だて

本実験の結果より、2力を表す矢印を2辺とする平行四辺形の対角線が、2力の合力であることを見いだせるようにする。また、合力に対して2力を分力ということができるとも確認する。さらに、2力が分かっているときの合力や、合力に対して1つの分力が分かっているときのもう一方の分力を作図によって求めることができることも確認する。

【課題解決の姿】 物体に2力が働いている場合、その2力を矢印で表したとき、それらの矢印を2辺とする平行四辺形の対角線が、2力の合力となることを見いだしている。

【課題】一定の力が働き続けると、物体はどのような運動をするのだろうか。

【実験③】斜面上の力学台車の運動の様子を調べる実験

(1) 実験前の指導の手だて

第1学年の「(1) 身近な物理現象」では、物体に力が働くとその物体が変形したりその物体の運動の様子が変わることについて学習している。また、前時までの学習で運動には向きと速さがあることをしっかりと確認しておくことが大切である。そして、自転車で斜面を下るときなどを想起し、力の分解を活用することで、斜面上の物体には重力の斜面に平行な分力が常に働いていることに気付くとともに、力が働き続けると運動の様子(速さ)がどのように変化するか考えていく。また、運動の向きと逆向きに力が働くときの運動の変化についても興味をもてるようにしたい。

(2) 実験について

【主な準備物】力学台車、ばねばかり、記録タイマー、記録テープ、板(2 m程度)、クランプ、分度器、セロハンテープ、グラフ用紙、はさみ、のり

【実験の手順】

- ① 板で斜面を作り、斜面の傾きの角度を測る。
- ② 斜面上に力学台車を置き、斜面に平行な下向きの力の大きさをばねばかりで測る。

斜面を下る力学台車の運動を調べる(運動の向きと力の向きが同じ向き)

- ③ 記録タイマーを斜面の上部にクランプを使って固定する。
- ④ 斜面の長さくらいに切った記録テープを記録タイマーに通し、セロハンテープで力学台車に貼り付ける。
- ⑤ 力学台車を斜面の上部に置き、記録タイマーのスイッチを入れると同時に力学台車からそっと手を離して、力学台車を運動させる。



力学台車が下る斜面

斜面を上る力学台車の運動を調べる(運動の向きと力の向きが逆向き)

- ⑥ 記録タイマーを斜面の下部にクランプを使って固定する。
- ⑦ 斜面の長さくらいに切った記録テープを記録タイマーに通し、セロハンテープで力学台車に貼り付ける。
- ⑧ 力学台車を斜面の下部に置き、記録タイマーのスイッチを入れると同時に力学台車を手で斜面上部に叩かって一瞬で押し離して、力学台車を運動させる。

運動の様子をグラフで表す

- ⑨ 0.1秒ごと(5打点ごと)に記録テープを切って、左から順に下端を揃えてグラフ用紙に貼り付ける。

【別法】記録タイマーを垂直に固定し、記録テープにおもりを取り付け、自由落下する物体の運動を調べてもよい。

【実験の結果】

- ・斜面を下る力学台車は、徐々に速さが速くなる。
- ・斜面を上る力学台車は、徐々に速が遅くなる。
- ・斜面の傾きが大きいほど、斜面に平行な下向きの力は大きくなり、力学台車の速さの変化の割合も大きくなる。

【安全上の注意】

- ・力学台車を足などに落とさないようにする。
- ・斜面の下で力学台車を止める生徒を配置し、勢いの付いた力学台車が他の実験器具や人にぶつからないようにする。

【指導のポイント】

- ・実験はグループで行うが、グループの人数分だけ斜面の角度を変えて実験を行い、記録テープの処理は一人一人が行えるようにする。
- ・記録テープをグラフ用紙に貼り付ける際、順番や向きを間違えないようにするため、切る前に番号などを記録テープに記入しておくようにする。

(3) 実験後の指導の手だて

本実験では、斜面の角度が異なるたくさんの実験結果を得られるので、グループ内だけでなく、他のグループの結果などとも比較しながら、生徒同士の関わり合いの中で結論を導き出せるようにしたい。また、摩擦力が働いているような運動も、運動の向きと反対向きに力が働き続けている状態であることも確認できるとよい。

【課題解決の姿】運動の向きに力が働き続けると、物体の速さは大きくなっていき、運動の向きと反対向きに力が働き続けると、物体の速さは小さくなっていくことを見いだしている。

【課題】物体に力が働いていないとき、物体の運動はどのようになるのだろうか。

【実験④】力が働かないとき（力がつり合っているとき）の物体の運動に関する実験

(1) 実験前の指導の手だて

地球では地球の重力が働き続けているため、力が働いていない状態にはなることはないが、垂直抗力などのように重力とつり合う力が働いている場合は力が働いていないときと同等に考えられることを確認しておく。また、物体が平面上を移動する場合、普通は運動の向きと反対向きに摩擦力が働くが、氷上を滑るスケートやエアホッケーなどでは、ほとんど摩擦力が働いていないことに気付くように工夫したい。

(2) 実験について

【主な準備物】CDホバークラフト（コラム参照）、ものさし、水平な板、ビデオカメラ（タブレットなど動画撮影ができ、コマ送り再生ができるもの）またはストロブスコープ

【実験の手順】

- ① 水平な板の上にCDホバークラフトとものさしを設置する。
- ② ビデオカメラをものさしの目盛りが読める位置に設置する。
- ③ CDホバークラフトをものさしに沿う向きに軽く押して離し、その運動の様子をビデオカメラで撮影する。
- ④ 撮影した映像をコマ送り再生し、1コマずつのCDホバークラフトの移動距離を測定する。

別法1 CDホバークラフトの代わりにドライアイス片を使用することも可能である。ドライアイスはノギリ等で切断することが可能なので、ブロック状で購入したものを薄く切断して使用するとよい。素手で触らない等、安全面に十分留意する。

別法2 水平面で力学台車を押して、その運動の様子を記録タイマーで調べる方法もある。力学台車を使う場合は、どうしても車輪の転がり抵抗などがあるため、速さも多少ではあるが減速してしまう。

【実験の結果】

- ・1コマずつの移動距離がほとんど変わらない。

【安全上の注意】

- ・ドライアイスを使用する際は軍手を着用し、直接手で触らないようにする。
- ・力学台車を使用する場合、力学台車を足などに落とさないようにする。

【指導のポイント】

- ・1コマあたり1/30秒であることを確認しておき、速さを求めることができるようにする。

(3) 実験後の指導の手だて

本実験では、摩擦力を完全になくすことは難しく、速さも徐々に小さくなる。そのため、運動の向きと逆向きに力が働くときの運動の様子と合わせて考えながら、力が働かないときや働いていてもつり合っているときの運動の様子について理解できるようにする。

【課題解決の姿】物体に力が働いていないとき、もしくは力が働いていてもそれらがつり合っているとき、運動している物体は、そのままの速さで等速直線運動を続け、静止している物体は静止し続けることを見いだしている。

CDホバークラフトについて

風船とフィルムケースと使用済みCDを使って、簡易的なホバークラフトを作成することができる。右の図は、穴を開けたフィルムケースの蓋をCDの中心に接着し、底に穴を開けたフィルムケースに風船を取り付けたものである。風船の中に空気を入れる場合は、CDに取り付けた蓋からフィルムケースを外し、風船の中に空気を入れる。その際、息を吹き込んで入れることもできるが、風船用の空気入れも安価で手に入るので、準備しておくとうい。



CDホバークラフト

【課題】 道具を使ったとき、仕事の量はどのように変化するのだろうか。

【実験】 道具を使ったときの仕事の量を調べる実験

(1) 実験前の指導の手だて

子ども達にとって滑車は身近な道具ではない。また、斜面を使って何かを高い所に運ぶという経験もあまりない。そこで、まずは動滑車や定滑車などを使って様々な仕事をしてみる事が重要である。その道具を使う体験の中で小さな力でも大きな仕事ができることに気付くことができる。そして、道具を使った仕事の量を調べるためには、その仕事に必要な力の大きさと力を加え続ける距離を測定する必要があることを見いだせるようにする。

(2) 実験について

[主な準備物] ばねばかり、滑車、力学台車、斜面、スタンド、糸、ものさし

[実験の手順]

- ① 力学台車を真上に10cm引き上げながら、力の大きさを測定する。
- ② 力学台車を、斜面に沿って高さ10cmまで引き上げて、力の大きさと引いた距離を測定する。(図1)
- ③ 動滑車を使って、力学台車を真上に10cm引き上げて、力の大きさと引いた距離を測定する。(図2)

[実験の結果]

- ・斜面に沿って力学台車を引き上げる場合、力は小さくなるが引く距離は長くなり、仕事の量は変わらない。特に、斜面の角度が 30° の場合、力の大きさは半分になるが引く距離は倍の20cmとなる。
- ・動滑車を使って力学台車を引き上げる場合、力の大きさは半分になり、引く距離は倍の20cmとなり、仕事の量は変わらない。

[安全上の注意]

- ・台車を足などに落とさないようにする。

[指導のポイント]

- ・引いた距離を測定する際に、引き始めと終わりの位置に付箋などで印を付けると測定しやすくなる。
- ・動滑車を使った仕事の場合、力の大きさを測定する際に必ず滑車の重さも含まれる。そのため、道具を使わずに引き上げるときや斜面に沿って引き上げるときにも滑車の重さが作用するように、滑車を力学台車に取り付けた状態で引き上げる力の大きさを測定した方が正確な値が得られる。
- ・この実験では、移動距離を正確に測定することは非常に難しい。実験前に予想や仮説を立てるなどして、見通しをもって実験を行うことが大切である。

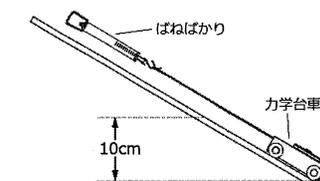


図1 斜面に沿って力学台車を引き上げる実験

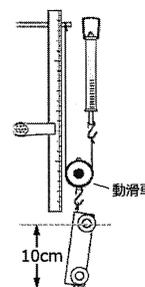


図2 動滑車を使って力学台車を引き上げる実験

(3) 実験後の指導の手だて

本実験では、移動距離を正確に測定することは難しいため、何度か測定を行い平均値を出したり、複数のグループの結果を交流したりと、より正確な値が得られるようにすることが大切である。また、実験前に道具を使った仕事を体験しておくことにより、同じ仕事でも小さい力で済む場合は力を加え続ける距離が長くなることを体験的に理解できるようにする。そして、実験で使用した道具以外でも力の大きさと力を加え続ける距離の関係から、仕事の量は道具を使っても使わなくても変わらないことを見いだせるようにする。

【課題解決の姿】 道具を使うと、力の大きさは小さくなるが、力の向きに動かす距離は長くなるため、仕事の量は変わらないことを見いだしている。

札幌市青少年科学館の展示物「てこ・滑車」

札幌市青少年科学館3階にある展示物「てこ・滑車」では、てこや動滑車を利用して、人を持ち上げることができる。てこでは、支点からの距離を3段階に変えることができ、動滑車も1個使用するものと2個使用するものがある。また実際に手でロープを引くため、引くときの手応えや引く距離を体感することができる。併せて、展示物後方には、分かりやすい解説パネルが取り付けられている。



【課題】位置エネルギーの大きさは何によって決まるのだろうか。

【実験⑦】位置エネルギーと高さや質量の関係を調べる実験

(1) 実験前の指導の手だて

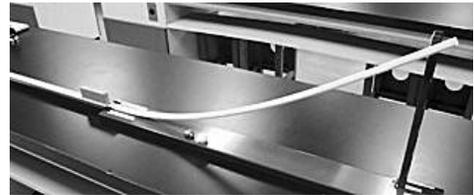
他の物体に仕事をする能力としてエネルギーを定義し、高い所にある物体は落下することによって他の物体に仕事をするができることから、高い所にある物体はエネルギーをもっていると言えることを理解しておくことが大切である。そして、高い所にある物体がもつエネルギーを位置エネルギーと呼ぶことを確認し、その位置エネルギーの大きさが何によって決まるのかを考えることができるようにする。その際、おもりを使って杭を打ち込む様子等を想起し、質量と高さによって行える仕事の量に変化することに気付けるとよい。

(2) 実験について

【主な準備物】位置エネルギー実験器（小球、レール、高さを調整する台またはスタンド、木片、ものさし）、グラフ用紙

【実験の手順】

- ① 基準面からの高さを変えて、小球を斜面の上から転がし、木片に当てて、木片の移動距離を調べる。
- ② 小球を質量が異なるものに変えて、①と同様にして木片の移動距離を調べる。
- ③ それぞれの結果をグラフに表す。



小球を転がす斜面

【実験の結果】

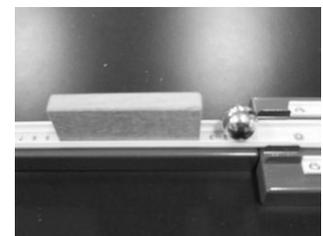
- ・質量が同じ場合、基準面からの高さが高いほど、木片の移動距離は大きくなる。
- ・基準面の高さが同じ場合、質量が大きいほど、木片の移動距離は大きくなる。

【安全上の注意】

- ・レールは勢いよく曲げると折れてしまうことがあるので注意する。また、レールの端が目や顔に当たらないように注意する。

【指導のポイント】

- ・測定を行う前に装置を使い何度か練習してから実験を行うようにする。
 - ・測定は複数回行い、その平均値を求めるようにする。
 - ・理論的に解析すると小球の高さと木片の移動距離は比例するが、小球の質量と木片の移動距離は比例せず直線のグラフにはならない。グラフを描く場合、測定値の並び具合から直線と判断される場合は直線で引くことになっているが、この実験の小球の質量と木片の移動距離の測定値は、直線と判断することもできるが、原点を通らない直線になってしまうこともあるので注意が必要である。
- ※小球の質量と木片の移動距離が正確には比例関係にならないのは、小球のもつ位置エネルギーが小球の回転エネルギーや摩擦などによって損失することに加え、最終的に木片に衝突したときに木片の運動エネルギーだけでなく衝突後の小球の運動エネルギーにも分散するためである。



木片と小球

(3) 実験後の指導の手だて

小球の高さや質量と木片の移動距離の関係を小球の高さや質量と位置エネルギーの関数に置き換えて考え、小球の高さが高いほど、また小球の質量が大きいほど、小球のもつ位置エネルギーが大きいことを見いだすことができるようにする。また、上記の指導のポイントにもあるように、小球の質量と木片の移動距離はきれいな比例の関係にはならないため、ここでは質量と位置エネルギーの関係を定性的に考えるようにする。質量と位置エネルギーの関係を定量的に捉えるのは、運動エネルギーの学習後、力学的エネルギーについての理解を深めるときの方がよい。

【課題解決の姿】物体がもつ位置エネルギーの大きさは、その物体の高さと質量によって決まり、高さが高いほど、また質量が大きいほど大きくなることを見いだしている。

札幌市青少年科学館の展示物「パワーフォレスト」

札幌市青少年科学館3階にある展示物「パワーフォレスト」では、手動のエアポンプなどを使って、ボールを上部のレールまで運び、その後ボールがレールを転がり落ちる様子を観察できる。また、レール上にはループ状になっている部分などもあり、力学的エネルギーの保存などについて体感的に学ぶことができる。



【課題】 運動エネルギーの大きさは、何によって決まるのだろうか。

【実験⑧】 運動エネルギーと速さや質量の関係を調べる実験

(1) 実験前の指導の手だて

実験⑦で行った位置エネルギーと高さや質量の関係を調べる実験において、小球が木片に対して仕事をするとき、木片に衝突する小球が運動していたことに着目し、運動している物体もエネルギーをもっていると言えることを見いだせるようにする。そして、運動している物体がもつエネルギーを運動エネルギーと呼ぶことを確認し、その運動エネルギーの大きさが何によって決まるのかを考えることができるようにする。その際、小球の高さを変えると木片に衝突するときの小球の速さが異なっていたことにも気付けるとよい。

(2) 実験について

【主な準備物】 運動エネルギー実験器（小球、レール、速度測定器、発射装置、ものさし） グラフ用紙

【実験の手順】

- ① 小球の速さを変えて転がし、木片に当てて、衝突する直前の小球の速さと木片の移動距離を調べる。
- ② 小球を質量が異なるものに変えて、木片に衝突する直線の速さが①と同じになるように小球を転がして、木片に当てて木片の移動距離を調べる。
- ③ それぞれの結果をグラフに記入する。

【実験の結果】

- ・ 質量が同じ場合、速さが速いほど、木片の移動距離は大きくなる。
- ・ 速さが同じ場合、質量が大きいほど、木片の移動距離は大きくなる。

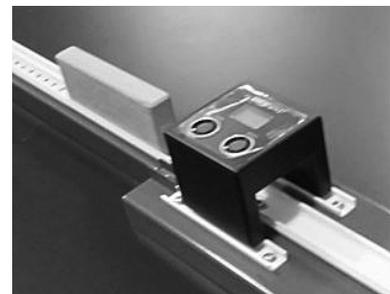
【安全上の注意】

- ・ 鉄球などの小球を足や床に落とさないようにする。

【指導のポイント】

- ・ 測定を行う前に装置を使い、何度か練習してから実験を行うようにする。
- ・ 測定は複数回行い、その平均値を求めるようにする。小球を手で転がすことも可能であるが、毎回同じ速度で転がすことは難しいため、発射装置を準備できるとよい。また、力学台車に打ち出し装置がついているものもあるので活用するとよい。
- ・ 小球の質量を変えた場合、発射装置を使っても速度が変わってしまうが、本実験用に市販されている発射装置はそれぞれの速度で微調整ができるので、条件制御の観点からも同じ速度で実験を行うようにする。
- ・ 理論的に解析すると実験⑦と同様に、小球の質量と木片の移動距離は比例せず直線のグラフにはならないので注意が必要である。
- ・ 木片の移動距離は、小球の速さの2乗に比例することについて、生徒の状況によって触れることもできる。

【別法】 実験⑦の斜面の下に速度測定器を設置することで、実験⑦と⑧を同時に行うことも可能である。ただし、何を調べているのかを明確にして行う必要がある。



速度測定器

(3) 実験後の指導の手だて

小球の速さや質量と木片の移動距離の関係を小球の速さや質量と運動エネルギーの关系到置き換えて考え、小球の速さが速いほど、また小球の質量が大きいほど、小球のもつ運動エネルギーが大きいことを見いだすことができるようにする。また、実験⑦と同様に実験結果からは質量と運動エネルギーの関係を定性的に扱うに留めるようにする。また、実験⑦の実験との関わりから、位置エネルギーが運動エネルギーに移り変わっていることに気付くことができるようにする。

【課題解決の姿】 物体がもつ運動エネルギーの大きさは、その物体の速さと質量によって決まり、速さが速いほど、また質量が大きいほど大きくなることを見いだしている。