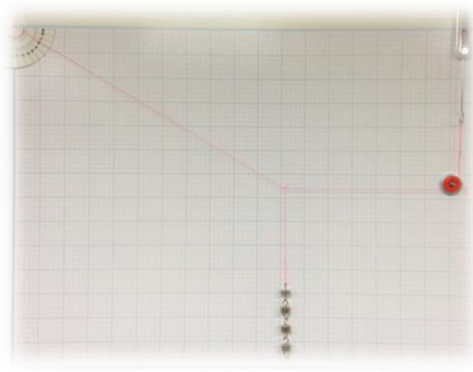
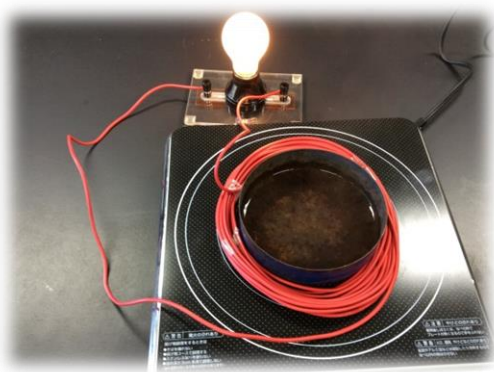


高等学校理科「物理基礎」における
学習指導要領に対応したサポート資料



高等学校「物理基礎」におけるサポート資料 目次

はじめに	1
サポート資料の見方	2
探究の方法と科学的な思考力・表現力	3

運動とエネルギー

1 身近な速さの計測	4
2 斜面を降下する小球	8
3 動く発射台からの投射	12
4 力のつりあい	16
5 作用反作用の法則	20
6 浮力の測定	24
7 重力による位置エネルギー	28
8 力学的エネルギーの保存	32

熱

9 仕事による温度の上昇	36
--------------	----

波

10 横波と縦波の発生	40
11 振り子の共振	44

電気

12	変圧器	48
----	-----	-------	----

物理学と社会

13	手回し発電機	52
----	--------	-------	----

はじめに

高等学校理科「物理基礎」の学習指導においては、生徒が目的意識をもって観察、実験などを行うことを重視しています。また、科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、観察・実験、探究活動などにおいて、結果を分析し解釈して自らの考えを導き出し、それらを表現するなどの学習活動を一層重視することが示されています。

しかし、国際比較から見える高等学校理科の課題として、観察、実験、探究活動ができていないこと、結果から結論を考察する活動と予想（仮説）を検証する活動に乏しいことから、科学的な思考力の育成が不十分な状況にあります。物理専門外の理科教員にとっては、観察、実験などを実施するための適切な資料も少ないため、「物理基礎」の授業を担当する場合、観察、実験の指導に困難をきたすことが多い状況にもあります。

そこで、本サポート資料は、学習指導要領に示された内容に沿った観察、実験を中心に取り扱い、探究活動の充実や知識を活用して考える問題を通して、科学的な思考力・表現力を育むように構成しています。

本サポート資料のねらいは、「物理基礎」を指導する理科教員が観察、実験を行う際の負担を軽減し、観察、実験を中心とした授業づくりに役立てようとするものです。

サポート資料の作成にあたっては、次のような観点で内容を構成しています。

1 中学校の内容

中学校の教科書の概要や生徒のつまづきが分かること

2 探究活動の充実

観察、実験の過程や操作が分かることまた、観察、実験にかかわる情報が分かること

探究活動の中で身に付けさせたい科学的な思考力・表現力がわかること

3 物理学と日常生活のかかわり

物理学の基本的な概念や原理・法則が、身近に見られる物理現象の背後にあることや、日常生活や社会の中でどのように利用されているのかが分かること

4 チャレンジ問題

物理基礎で学習した知識を活用して、身のまわりの物理現象、日常生活や社会とのかかわりを考えることができる問題であること

本サポート資料は、13項目の観察、実験についてまとめています。

この資料が「物理基礎」の指導に携わる先生方にとって、少しでも役に立つものになることを願っています。

平成 29 年 3 月

高等学校理科「物理基礎」におけるサポート資料の見方

「1 中学校の内容」「2 探究活動の充実」「3 物理学と日常生活とのかかわり」「4 チャレンジ問題」の4つの内容で構成されています。

12

変圧器

タイトル

1 中学校の内容

変圧器は鉄心と巻線の異なる2つのコイルからできています。巻線の多いコイルに電流を流すと巻線の少ないコイルには低い電圧が発生し誘導電流が流れます。また逆に、巻線の少ないコイルに電流を流すと巻線の多いコイルには高い電圧が発生します。このように、変圧器で電圧を変えることができます。



「1 中学校の学習内容」

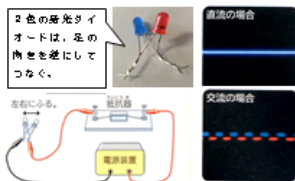
- ・タイトルに関連した既習内容
- ・学習内容に対する生徒のつまづき
- ・学習内容の系統など

でも大きくなることを思い出させます。ただし、磁界を変化させるとその変化をさまたげる向きに誘導電流が生じるというレンツの法則については、発展として扱います。



電流と交流

右図の実験を行い、一定の向きに流れる電流を直流といい、向きが周期的に変化している電流を交流ということ学習します。交流については、家庭のコンセントに供給される電流であることや変圧器によって電圧を簡単に変えられるという利点があることも学習します。



変圧器の構造やしくみまでは学習していないので、「なぜ、交流だけが電圧を簡単に変えられるのか」を疑問に思っている生徒がいると考えられます。

【磁界と磁界について】

磁力がはたらいている空間を磁場または磁界というが、中学校教科書では「磁界」としている。

2 探究活動の充実

実験 電圧調整器を使った電圧誘導の実験

科学的な思考力・表現力 探究方法：実験データの分析・解釈
E-9 観察・実験の結果を分析・解釈する力

準備

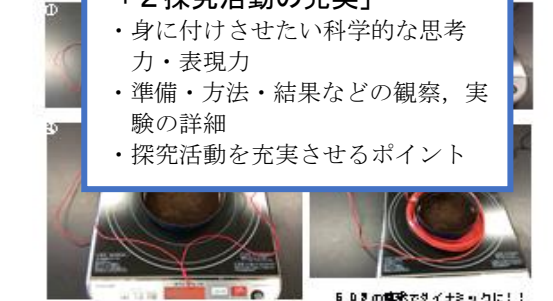
・電圧調整器 ・金具のなべ輪 ・互感機 ・ソケット ・ビニール線

方法

- ① 互感機のソケットとビニール線を輪になるようにつなぐ。
- ② 金具のなべ輪に水を入れる。
- ③ ②を電圧調整器の出力端子につなぐ。
- ④ ①を電圧調整器の出力端子につなぐ。

「2 探究活動の充実」

- ・身に付けさせたい科学的な思考力・表現力
- ・準備・方法・結果などの観察、実験の詳細
- ・探究活動を充実させるポイント



電圧調整器の水が沸騰にはコイルがあり、そこに流れる電流の向きが常に反対になるようにすれば誘導も発生します。すると金具のなべの底に誘導電流が流れます。ビニール線と互感機のソケットを輪になるようにつなぎ、電圧調整器の上につけると互感機が壊れます。水も沸騰を妨げずぐらぐらに、コイルに交流を流し電流が流れることで、変圧器のしくみを考えるヒントをもつことができます。



探究活動を充実させるポイント

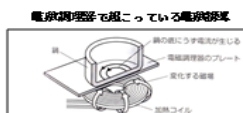


事実を観察させ、生徒から疑問を引き出す。
「なぜ、豆電球が光るのか」

電圧調整器の中にコイルがあることや交流電流が流れていることを示す。中学校で学習してきた電磁誘導と関係づけ考えさせる。



交流が、磁石を動かしているように、磁界を変化させ、誘導電流が流れる。



電圧調整器を使った実験を行うことで変圧器のしくみ考えさせる視座をもたせることができます。

教室を変圧器に〜ラジカセの音声電流を用いた無線通信実験〜

ラジカセのイヤホン端子に大きなコイルをつなぎ、音声を流します。クリスタルイヤホンと小さいコイルをつないだものを用意し、イヤホンを耳にあてコイルを大きなコイルに近づけると、ラジカセの音声が聞こえます。



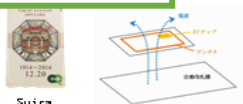
3 物理学と日常生活とのかかわり

「3 物理学と日常生活のかかわり」

- ・物理学と日常生活のかかわりの紹介

ICカードと自動改札機

ICカードを自動改札にかざします。自動改札機からは周波数 13.56MHz の電波が放出されるので、これによって IC カードで電磁誘導が起ることで、カードに電流が流れます。この



ようにして、「どの駅で入場した」「どの駅で退場した」という情報がカードに書き込まれます。

「Suica」「Edy」「nanaco」「Yaman」などの電子マネー、会社や大学などの身分証、マンションなどの入居で使う電子キーにもこの技術が活用されています。

仮面ライダー変身ベルト

ウィザードリングは仮面ベルトにかざすと光る仕様になっています。しかし、ウィザードリングを分解してみると電池などは入っていません。リングの中には、LED、コイル、ICチップが入っています。なぜ、電池がないのにリングが光るのか？それは、変身ベルト側から電流が放出され、コイルを内蔵したリングを近づけると電磁誘導が起りリングのコイルに電流が流れてLEDが点灯するからです。これは、Suicaのしくみと一緒です。だから、自動改札機のICカード読取にウィザードリングを近づけると点灯します。



4 チャレンジ問題

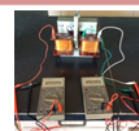
右図は、変圧器の性質をマスターで調べたものである。一次コイルの巻数が250、二次コイルの巻数が500である。一次コイルの電圧が50Vであった。二次コイルに流れる交流電圧の値は、何Vになるか。

$$V_1 : V_2 = N_1 : N_2$$

$$50 : X = 1 : 2 \quad X = 100V$$

実験値

1回目		2回目		3回目	
1次コイル	2次コイル	1次コイル	2次コイル	1次コイル	2次コイル
50.1	98.4	50.1	99.3	49.9	97.3



「4 チャレンジ問題」

- ・物理基礎で学習した知識を活用し、物理現象や社会とのかかわりを考える。

探究の方法と科学的な思考力・表現力

探究活動の中で、生徒に身に付けさせたい探究の方法及び科学的な思考力・表現力をまとめたものです。

探究の過程	探究方法	科学的な思考力・表現力
自然事象に対する気付き ↓ 課題の設定	A 情報収集	1 自然事象を観察し、必要な情報を抽出・整理する力 2 抽出・整理した情報について、それらの関係性（共通点や相違点など）や傾向を見いだす力 3 見いだした関係性や傾向から、課題を設定する力
↓ 仮説の設定	B 仮説の設定	4 見通しをもち、検証できる仮説を設定する力
↓ 検証計画の立案	C 実験計画	5 仮説を確かめるための観察実験の計画を立案する力 6 観察・実験の計画を評価・選択・決定する力
↓ 観察・実験の実施	D 実験による検証	7 観察・実験を実行する力
↓ 結果の処理		8 観察・実験の結果を処理する力
↓ 考察・推論	E 実験データの分析・解釈 F 法則性の導出	9 観察・実験の結果を分析・解釈する力 10 情報収集して仮説の妥当性を検討したり、考察したりする力 11 全体を振り返って推論したり、改善策を考えたりする力 12 考察・推論したことや結論を発表したり、レポートにまとめたりする力 13 新たな知識やモデル等を創造したり、次の課題を発見したりする力 14 事象や概念等に対する新たな知識を再構築したり、獲得したりする力
↓ 表現・伝達		
↓ 次の探究の過程		

○ サポート資料には、以下のように示しています。

「14 変圧器」の場合

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験データの分析・解釈

E—9 観察・実験の結果を分析・解釈する力

「実験 電磁調理器を使った電磁誘導の実験」は、探究の方法「E実験データの分析・解釈」の中で、科学的な思考力・表現力の「9観察・実験の結果を分析・解釈する力」を育てることを目指した探究活動の提案をしています。具体的な指導内容は、「探究活動を充実させるポイント」に示しています。

1

身近な速さの計測

1 中学校の内容について

私たちの身のまわりには、運動しているさまざまな物体があります。物体の動きには速さと向きがあり、この両方を知ることによって運動の様子を調べることができます。物体の運動をくわしく調べるためには、短い時間に移動した距離を記録する必要があります。そこで、水平な面上で一直線上に運動する物体の運動を記録タイマーで調べます。

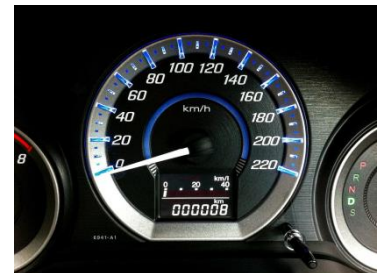


【中学校で学んできたこと】

速さ（秒速）を求める式

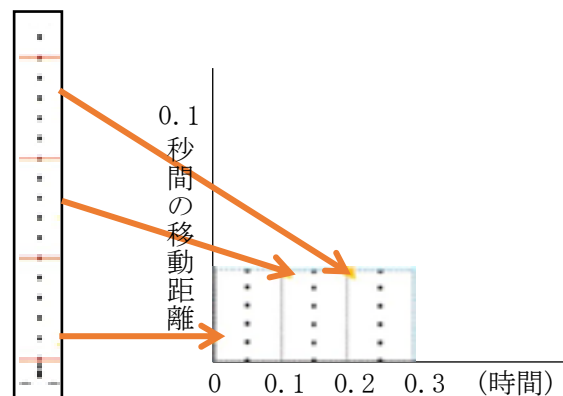
$$\text{速さ (m/s)} = \frac{\text{移動距離 (m)}}{\text{かかった時間 (s)}}$$

平均の速さ 区間全体を一定の速さで走行したと考えたときの速さ。



瞬間の速さ 電車や自動車のスピードメーターのように刻々と変化する速さ。非常に短い時間内に移動した距離を求め、それを短い時間で割って求める。瞬間の速さを求める時間は短いほど正確な値に近くなります。

記録タイマーは、記録テープに1秒間に50回（あるいは60回）の点を打つことができます。なめらかな水平面上を運動する台車の実験を例に記録テープをどのように処理するかを示します。



【図1】

図1は、0.1秒ごとに切り離した記録テープを、方眼紙に並べて貼り付けます。時間と距離には、どのような関係があるか、打点の間隔から台車はどのような運動をしているのかを考えます。

中学校では、速さを速度の大きさのみで「向き」は考えません。物理量としての速度については、高等学校からの扱いとなります。

2 探究活動の充実

実験 身近な速さの測定

科学的な思考力・表現力

探究方法：仮説の設定

B-4 見通しをもち、検証できる仮説を設定する力

仮説の設定記述例

- ① 定規を使って直線のレールの長さを測り、モーター付きおもちゃの電車が、その区間を移動する時間をストップウォッチで計測する。移動距離とかかった時間から、モーター付きおもちゃの電車の速さを計算する。
- ② モーター付きおもちゃの電車が、スタートラインから1周してもどるまでの時間をストップウォッチで計測し、モーター付きおもちゃの電車の速さとかかった時間からレールの長さを計算する。

問題解決に必要な知識

○速さ（秒速）を求める式

$$\text{速さ (m/s)} = \frac{\text{移動距離 (m)}}{\text{かかった時間 (s)}}$$

準備

- ・ストップウォッチ
- ・おもちゃのレール
- ・モーター付きおもちゃの電車
- ・おもちゃの電車
- ・定規

方法

- ① 図2のように、おもちゃのレールを組み立てる。
- ② 図3のように、スタートラインを設定し、モーター付きおもちゃの電車をレールに置く。
- ③ モーター付きおもちゃの電車の電源を入れ、モーター付きおもちゃの電車が1周してスタートラインにもどったら電源を切る。
- ④ モーター付きおもちゃの電車の速さと1周の距離を求める。
- ⑤ 図4のように、モーター付きおもちゃの電車におもちゃの電車をつないだ物の速さを求める。



図2

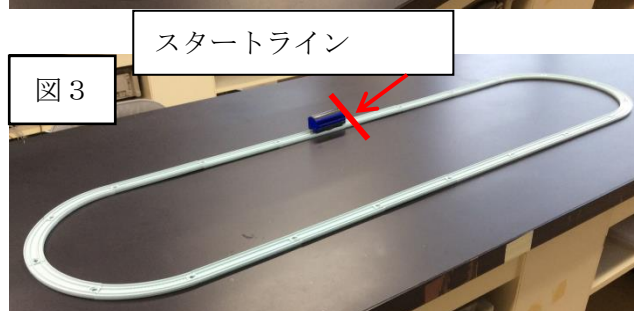


図3



図4

探究活動を充実させるポイント

身近な速さの計測の方法は、ストップウォッチ、記録タイマー、ストロボ写真、デジタルカメラの連写を用いるなどさまざまあります。また、速さを求める式については、算数・数学においても学習しています。



【事象提示】

レール上を移動する電車の様子を観察させた後に、次の学習課題を設定します。

【学習課題】

ストップウォッチと定規を活用し、電車の速さとレールの長さを求めよう。ただし、**定規の使用は1回のみ**とする。

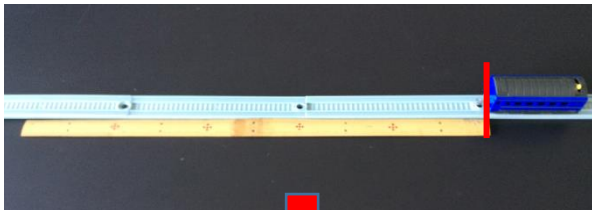
仮説設定の例

定規を使って直線のレールの長さを測り、モーター付きおもちゃの電車が、その区間を移動する時間をストップウォッチで計測する。移動距離とかかった時間から、モーター付きおもちゃの電車の速さを計算する。

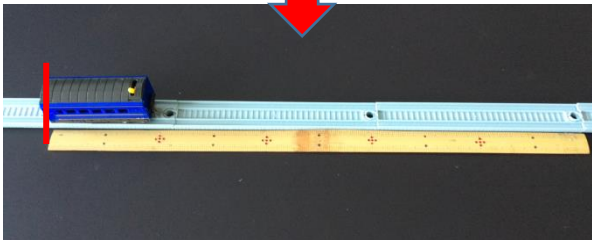
モーター付きおもちゃの電車が、スタートラインから1周してもどるまでの時間をストップウォッチで計測し、モーター付きおもちゃの電車の速さとかかった時間から、レールの長さを計算する。

【電車の速さの計測方法】

スタート

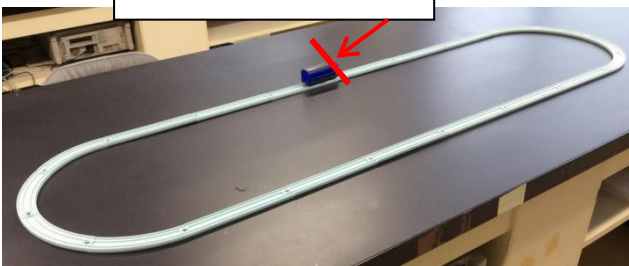


ゴール



【レールの長さの計測方法】

スタートライン



電車が、50 cmの区間を移動するときの時間をストップウォッチで計測する。

結果の例

計測回数	50 cm区間の移動時間
1	1.62
2	1.63
3	1.62
4	1.65
平均	1.63

【電車の速さ】

$$50 \text{ cm} \div 1.63 \text{ 秒} = 30.67 \text{ cm/秒}$$

電車が、スタートラインから1周するときの時間をストップウォッチで計測する。

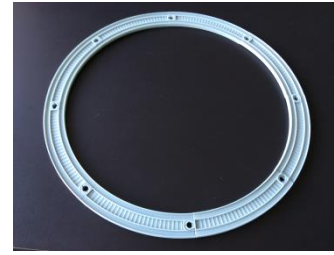
計測回数	1周するときの移動時間
1	11.66
2	11.86
3	11.72
4	11.63
平均	11.71

【レールの長さ】

$$30.67 \text{ cm/秒} \times 11.71 \text{ 秒} = 359.14 \text{ cm}$$

右図は、レールのコーナーをつないだもので、直径が 40 cm となりました。また、直線のレールの長さは、232 cm でした。レール 1 周の長さは、357.6 cm となりました。

実験によって導き出したレールの長さと照らし合わせて、確かめることもできます。



【方法】の⑤

モーター付きおもちゃの電車におもちゃの電車を連結した物を使って速さを求めることで、生徒の理解状況を把握することもできます。

3 物理学と日常生活とのかかわり

スピードメーターのしくみ

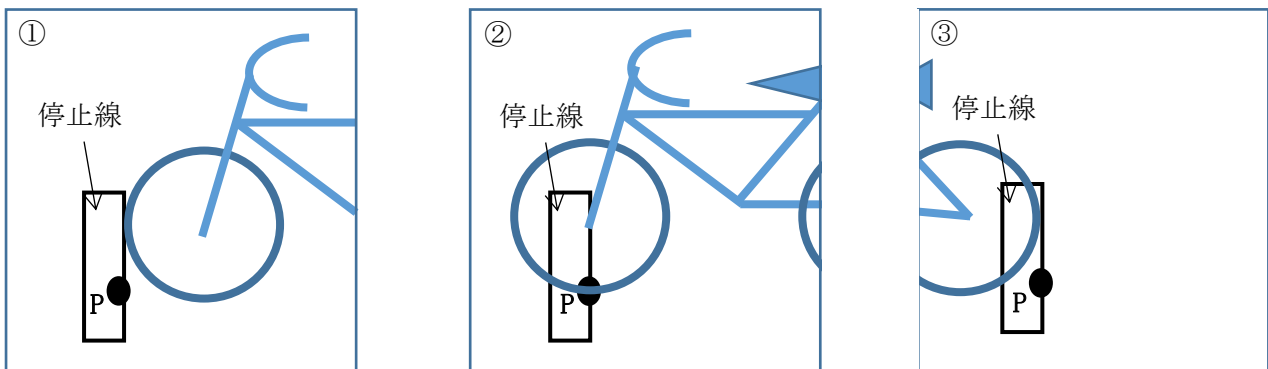
ある距離を移動するとき、かかった時間から平均の速さを知ることができます。しかし、自動車のように刻々と速さが変化する場合には、どのようにして速さが測られているのでしょうか。

自動車のスピードメーターがその瞬間の速さを素早く表示するしくみは、タイヤを回す車軸にあります。車輪につけられた印をセンサーで読み取っているのです。一定時間にその印が読み取られた回数から自動車の走る速さを計算して表示しています。



4 チャレンジ問題

太郎くんは、停止線で止まっていた自転車が真っ直ぐに進み出ていくようすを、デジタルカメラを使い、同じ位置から 0.5 秒ごとに 1 枚ずつ連続して撮影しました。図は、連続した 3 枚の写真に写った自転車の位置を表したものです。①では自転車の先端が停止線上の点 P の真上にあり、③では自転車の後方が停止線上の点 P の真上にありました。自転車の先端から後方までの長さは 1.6m です。①から③までの自転車の平均の速さは何 m/秒ですか。



解答

写真①と②，②と③の時間間隔はそれぞれ 0.5 秒なので、写真①と③の時間間隔は $0.5 \times 2 = 1.0$ 秒となります。

この時間の間に、自転車は、自転車の長さである 1.6m 進んでいます。したがって速さは、

$$1.6\text{m} \div 1.0\text{秒} = 1.6\text{m/秒} \quad \text{となります。}$$

2

斜面を降下する小球

1 中学校の内容について

【中学校で学んできたこと】

理科で用いる力は、物体の形や運動の様子の変化に関係しています。生徒は、身の回りの力が加わっている物を観察し、「力の働き」を次のようにまとめます。

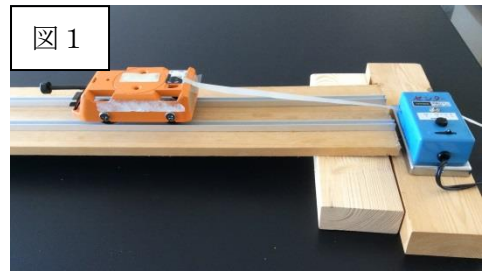
「力の働き」

- ①物体の形を変えるはたらき。
- ②物体の運動の状態を変えるはたらき。
- ③物体を支えるはたらき。



力が働くときの運動

物体に力が働くと、物体の運動の状態がどのように変化するかを、物体に働く力の向きや大きさと速さの変化を関係づけて調べます。力が働くときの運動の例として、図1のような斜面を下る台車の運動について、記録タイマーを使って調べる実験を行います。図2は、実験結果をまとめ、速さの変化をグラフで表したものです。

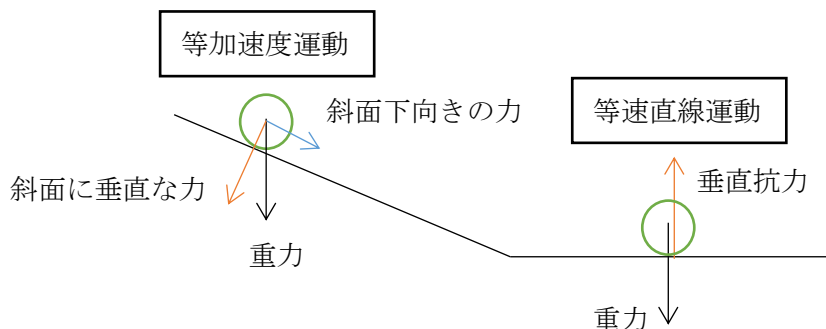
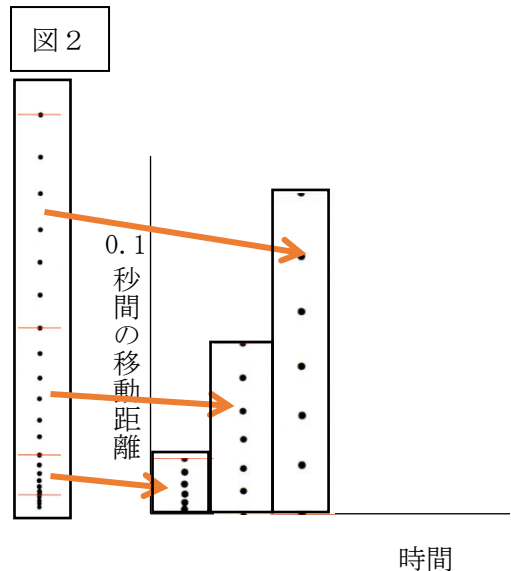


このグラフから

- ・物体に斜面下向きの力が働くと物体の動く速さがだんだん速くなることを理解します。
- ・物体に働く力の大きさが大きいほど、速さの変化の割合が大きいことを理解します。

物体を動かす力が働いていない又は働いていてもつり合っているとき、物体は等速直線運動をすることを学習します。

生徒は、力が働く場合と働かない場合の運動を比較しながら、力と速さの関係を理解していくが、なめらかな水平面上を運動する物体について、進行方向に力が働いていると考える生徒が多くいます。



2 探究活動の充実

実験 斜面を降下する物体の運動

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験による検証

観察・実験の結果を処理する力

仮説の設定記述例

- ① 実験で得られたデータをグラフにしてみたら、2次関数のグラフになりました。このことから、斜面を降下する物体の運動は、移動距離と時間の二乗に比例する関係があることが分かった。
- ② 縦軸に移動距離、横軸に時間の二乗としてグラフをつくると、原点を通る直線となった。

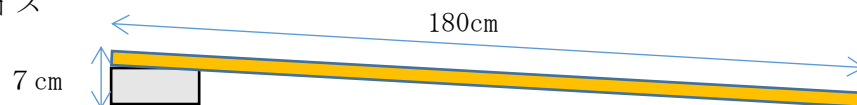
問題解決に必要な知識

- 二次関数 $y = ax^2$ となり、 y は x^2 に比例する。グラフは、曲線となる。
- 一次関数 $y = ax$ となり、 y は x に比例し、原点を通る直線となる。

準備

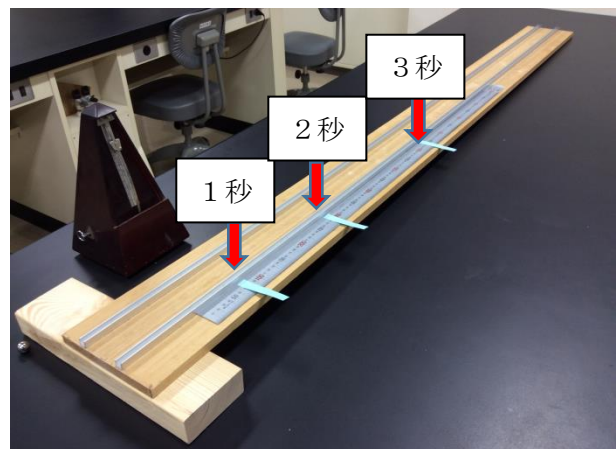
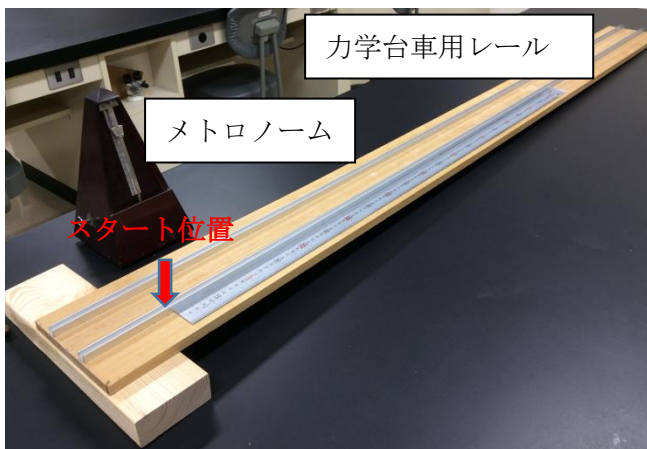
・力学台車用レール ・鉄球 ・角材 ・1mの定規 ・メトロノーム

実験装置のサイズ

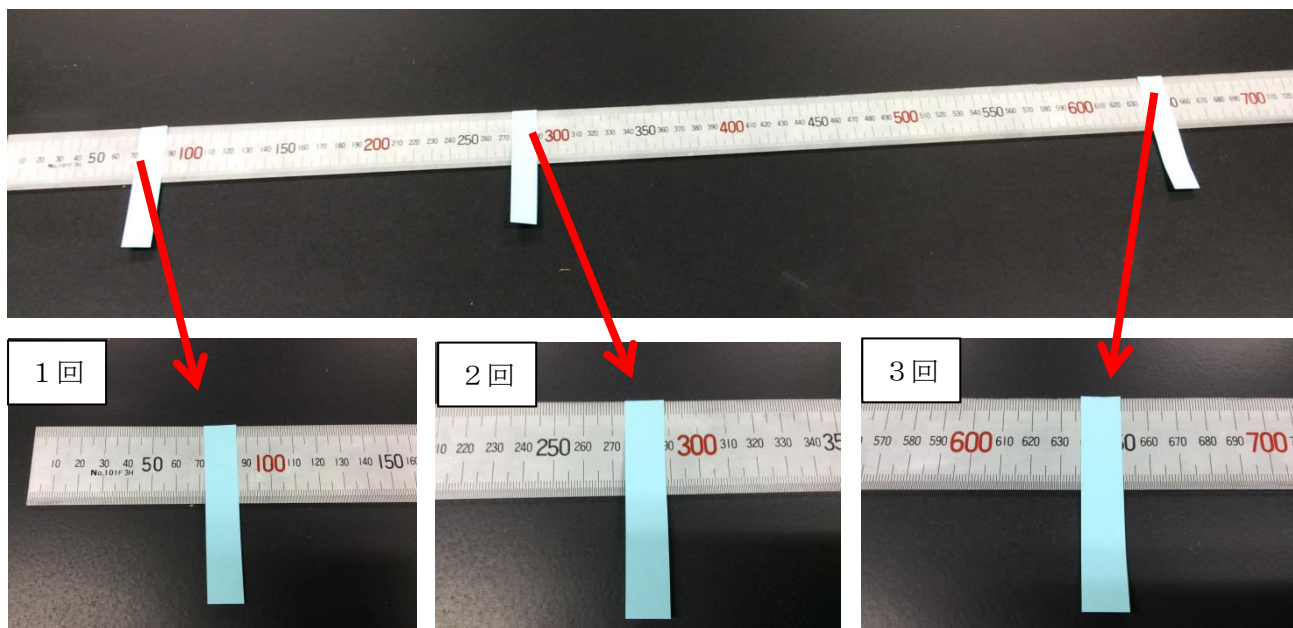


方法

- ① 角材と力学台車用レールで斜面をつくり、レールの脇に1mの定規を置く。
- ② 定規の端に合わせて鉄球をレールに乗せる。
- ③ メトロノームを60に設定すると、1秒ごとにリズムを刻む。
- ④ メトロノームのリズムに合わせて鉄球を放し、通過する場所に付箋等で印を付け、移動距離を測る。
- ⑤ 横軸に時間、縦軸に移動距離の関係をグラフで表す。



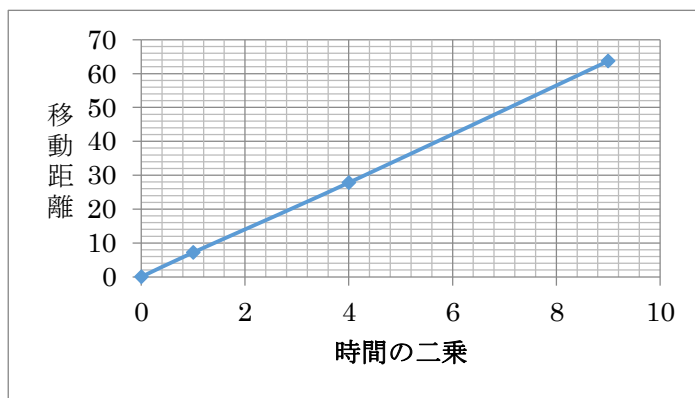
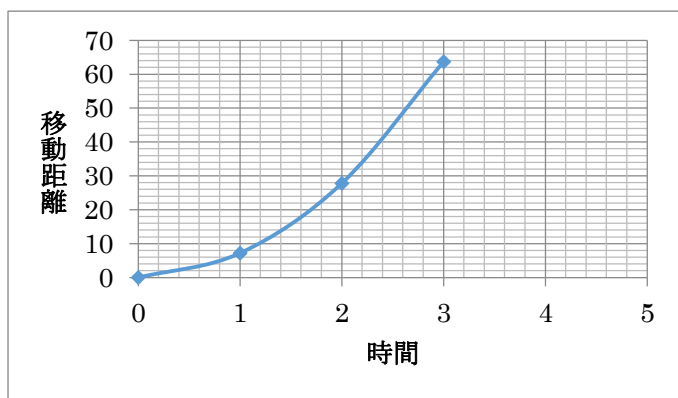
実験結果の例



カウント数 (回)	1	2	3
移動距離 (cm)	7.2	27.8	63.7

探究活動を充実させるポイント

実験で得られたデータを縦軸に移動距離、横軸に時間としてグラフにしてみると、2次関数のグラフになります。つまり、移動距離は、時間の二乗に比例していることが分かります。このことから、縦軸に移動距離、横軸に時間の二乗としてグラフにすると、見事に原点を通る直線のグラフとなっていることがわかります。



実験で得られたデータをグラフにして見ることは、大変有効な分析方法の1つです。

測定値には必ず誤差が含まれます。実験結果を分析する際は、誤差の影響を考慮しておく必要があります。

今回の実験では、測定を何度か繰り返し行い、付箋の位置を調整することで誤差を小さくすることもできます。

3 物理学と日常生活とのかかわり

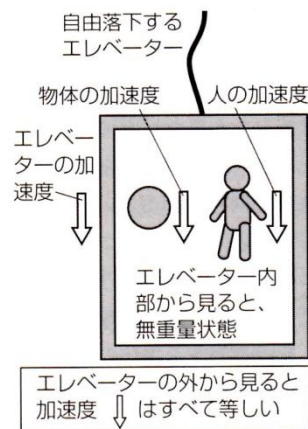
宇宙船の内部が無重力になるのはなぜか？

地球の周りを回る軌道上の宇宙船内部では、無重力状態になります。宇宙船の内部の物体にも地球の引力が働いているはずなのに、なぜ無重力になるのでしょうか。

右図のように、高いところから「自由落下」するエレベーターの内部の様子を考えてみましょう。

エレベーターに働く力も、内部の人や物体に働く力も地球からの引力だけであり、自由落下運動しています。つまり、エレベーターが落下する加速度と、内部の人や物体が落下する加速度は同じです。このため、自由落下運動するエレベーター内部では、物体や人の体が床からの支えを失って空中を漂ったままの無重力状態になります。

地球の周りを回る宇宙船の運動も、地球の引力だけを受けて運動する自由落下運動ですから、その内部では無重力状態になります。



4 チャレンジ問題

重力加速度の大きさの測定

ストップウォッチ付きのボールを使って、1 mの高さから自由落下させたときの時間を測定しました。ボールが地面につくまでの時間は0.46秒でした。

このときの重力加速度を求めよ。(小数第2位を四捨五入すること)

正答

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{より}$$

$$1 = \frac{1}{2} g (0.46)^2$$

$$g = 2 / (0.46)^2$$

$$g = 9.5 \text{ m/s}^2$$



3

動く台車からの投射

1 中学校の内容について

【中学校で学んできたこと】

等速直線運動

水平な面上での台車の運動を、記録タイマーを使って調べます。記録テープの打点の間隔等から、台車の速さが一定であることや、時間と移動距離が比例することを考察します。

そして、摩擦のない水平な面上で力を受けずに運動する物体は、運動の速さと向きが変化せず、**等速直線運動**をすることを学習します。



自由落下

運動の向きに力がはたらく物体の運動において、斜面の傾きが 90° になると、物体は垂直に落下し、このときの運動を**自由落下**ということを学習します。

記録タイマーやストロボを使って、物体の自由落下のようすを調べ、自由落下の間も常に一定の重力がはたらき続けていることを学習します。

空気抵抗を少なくした落体実験から、全ての物体は、質量に関係なく同じ速さで落下することについては、発展として扱いますが、多くの生徒は質量が大きいほど落下する速さが速くなっていくと思っています。



運動の向きと逆向きに力がはたらく物体の運動

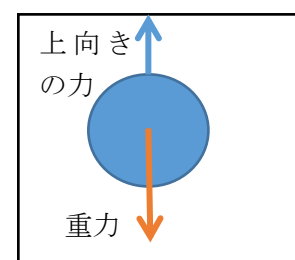
台車を斜面の下から押し出して斜面を上らせる実験を通して、**運動の向きと逆向きに一定の力がはたらき続ける**とき、物体の速さは一定の割合で減少することを学習する。

生徒は、様々な物体の運動において、力と物体の運動の関係を学習してきましたが、力と速度を混同してしまっている様子が見られます。

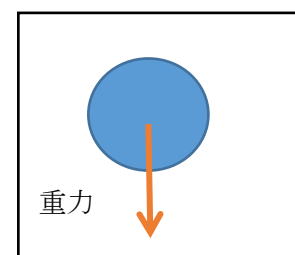
例えば、ボールを真上に投げ上げたとき、ボールにはたらいっている力を考えさせると、ボールを投げ上げた方向に力がはたらいっていると考えたり、ボールが最高点に達したときには、ボールを投げ上げた方向の力と重力がつり合って静止すると考えたりする生徒がいます。

このような生徒のもっている間違った概念を修正していくことが大切です。

生徒の間違った概念



正しい概念



2 探究活動の充実

実験 動く台車からの投射

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験による検証

観察・実験の結果を分析・解釈する力

結果を分析・解釈した記述例

- ・多重露光3の画像から、ボールは放物運動していることが分かった。
- ・ボールの運動を水平方向と鉛直方向に分解してみると、水平方向には、等速直線運動をし、鉛直方向には投げ上げ運動と自由落下と同じ運動をしていることが分かった。

問題解決に必要な知識

- ・等速直線運動
- ・鉛直投射
- ・自由落下

準備

- ・多重露光3
- ・台車
- ・イス
- ・ボール
- ・デジタルカメラ

多重露光3

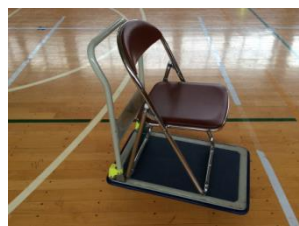
開発者：岩手県立総合教育センター（奥田昌夫）

デジタルカメラ、スマートフォン、タブレットなどで記録した動画ファイル(mov, mp4, mpg, avi, wmv)をコンピュータで静止画に変換します。ストロボ写真のように、運動の軌跡を表示したり、半透明の重ね合わせ、並べて表示したりするなど、運動の様子をわかりやすく表示します。



方法

- ① 台車にイスを乗せ、1人が座る。
- ② ①の台車を等速になるように押し、イスに座っている人が鉛直方向にボールを投げ上げる。
- ③ ②の様子をデジタルカメラ等で撮影する。



多重露光3の利用方法

- ① ファイル読み込み
 - ・「ファイル読み込み」ボタンをクリックして撮影したファイルを選択する。
 - ・「多重露光3」ウィンドウ上に動画ファイルをドラッグ&ドロップしても読み込みます。
- ② 交換する範囲（時間）
 - ・「開始位置」「終了位置」をドラッグして、変換する動画の範囲を決めます。

③ 変換のしかた

- ・「変換のしかた」を選択します。

④ 画像の変換

- ・ (?/30) 秒ごとに画像を変換するかを選びます。(3/30=1/10 秒)
- ・「画像変換 開始」をクリックすると変換を始めます。

⑤ 画像変換 終了後について

- ・変換した動画と同じ名前のフォルダを作成します。その中に静止画と連続表示するための htmlh ファイルがあります。
- ・画像返還後の提示にはこちらをご利用ください。

探究活動を充実させるための充実

動く台車から鉛直方向にボールを投げ上げる運動を多重露光3で処理した画像



画像から分かること

動く台車から鉛直方向に投げ出されたボールは、放物運動をしていることが分かります。

ボールの運動を水平方向と鉛直方向に分解してみると、水平方向には、等速直線運動をし、鉛直方向には投げ上げ運動と自由落下と同じ運動をしていることが分かります。

ボールが手から離れた後には、重力のみがボールに働いていることも確認することも必要です。

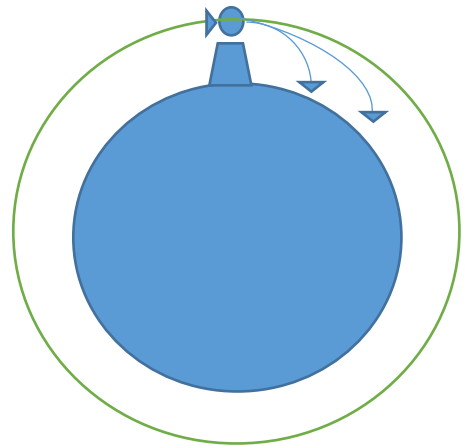
3 物理学と日常生活とのかかわり

ニュートンの発見

地球の高い山頂から水平投射された物体は、放物線を描きながら地面に落ちます。次に、もう少し勢いよく水平投射すると、少し遠くまで行き届きます。それでは、ものすごい速さで水平投射したらどうなるのでしょうか？もっと遠くまで飛びます。つまり、落ちてしまうまでに長い距離を飛ぶことになります。

さて、地球は丸いです。もし、物体をものすごい速さで水平投射できたとすると、それが水平面から少し落ちてても、その分地面が曲がり、水平面より低くなっていけば、物体と地面の距離が変わらなくなります。つまり、どこまで行っても物体と地面の距離は変わらず、やがて地球は丸いので、一周して元へ戻ってきます。

このことは、地球のまわりを回る人工衛星ばかりか、月にも当てはまります。「ニュートンはリングも月も同じように落下運動していることを発見した」といえます。



4 チャレンジ問題

鉛直に小球を発射できる装置 A を取り付けた台車を使って、次の2つの実験を行いました。

図1のように、水平な面上で静止した台車から小球を発射し、小球の軌跡を観察しました。

図2のように、台車を一定の速度で走らせながら小球を発射させると、小球が放物線を描いて飛ぶ様子を観察することができました。

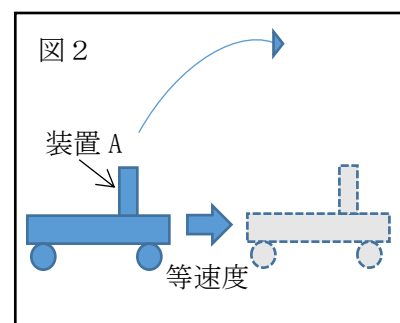
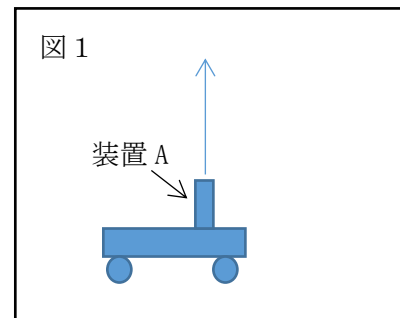
次の各問いに答えなさい。

① 小球の最高到達点の高さは、図1と図2どちらが高いですか。

- ア 図1
- イ 図2
- ウ 同じ

② 図2のとき、小球が落下する地点はどこですか。

- ア 装置 A の右 (前)
- イ 装置 A の左 (後)
- ウ 装置 A



解答

- ① ウ ② ウ

4

力のつりあい

1 中学校の内容

2つの磁石 A, B の同じ極どうしが向かい合うようにおくと, 図1のように片方の磁石を浮かせることができます。この宙に浮いている磁石 A は, 重力がはたらいているのに落ちないことから, 他に支える力がはたらいていることがわかります。この場合の支える力は, 磁石の力 (磁力) です。つまり, 磁石に A には, 重力と磁力という2つの力がはたらいています。

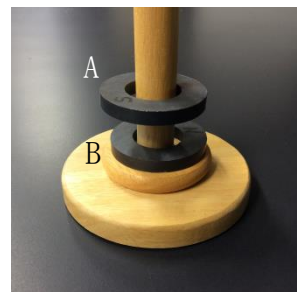


図 1

このように, 物体に2つの力がはたらいているのに物体が動き出さない場合, **力がつり合っている**といいます。

【中学校で学習したこと】

1つの物体にはたらく2力のつり合いの条件

- ① 2力は大きさが等しい。
- ② 2力の向きが逆である。
- ③ 2力は一直線上にある。

力がつり合っていることが分かると, 物体にはたらいている見つけにくい力を見つけることができます。その例として, 垂直抗力や摩擦力を学習します。

垂直抗力

図2の物体には, 重力がはたらいていますが, 物体は落下しません。このことから重力とつり合う上向きの力が存在することが分かります。机などの面に接した物体が, 面に垂直な向きに面から受ける力を**垂直抗力**といいます。



図 2

摩擦力

図3では, 物体を水平左向きに押ししているのに本が動かないことから, 水平方向に右向きの力が存在することがわかります。面と面の間にはたらく, 運動を妨げる力を**摩擦力**といいます。

【物理用語】

- あらい・・・摩擦力が生じる
- なめらか・・・摩擦力が無視できる

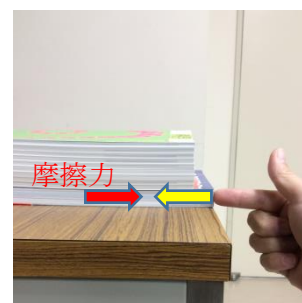


図 3

【生徒のつまずき】

力のつりあいと作用・反作用の2力の関係の違いでつまずく生徒がいます。つり合う2力はどちらも同じ物体にはたらくので作用点在同一物体内にあることを, 作図を通して学習します。

2 探究活動の充実

実験 3力のつり合い

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験による検証

D-8 観察・実験の結果を処理する力

観察・実験の結果を処理した記述

探究活動を充実させるポイントに示す作図を参照。

問題解決に必要な知識

- ・ 3力のつり合い
- ・ 力の矢印
- ・ 三角比

準備

- ・ ヨーク付丸穴マグネット
- ・ 鍋小ねじ 4mm×20mm
- ・ プーリー
- ・ 水糸
- ・ おもり 98g
- ・ バネばかり



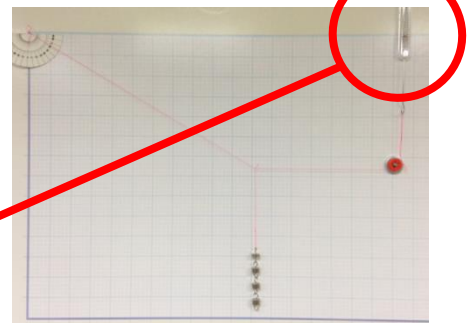
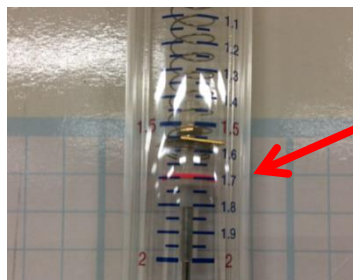
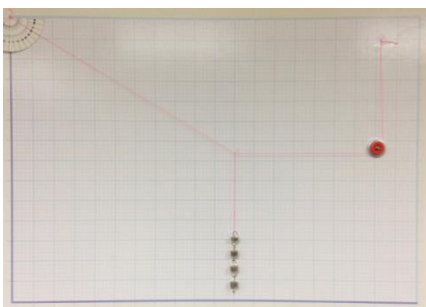
マグネット式滑車の作り方

- ① 電動ドリルを使って、プーリーの中心の穴を直径5mmになるように広げる。
- ② ヨーク付丸穴マグネットの裏から鍋小ねじを通す。鍋小ねじに、ナット、ワッシャー、プーリー、ワッシャー、ナットをこの順になるように入れる。
- ③ プーリーがスムーズに回転するようにナットの締め方を調節する。



方法

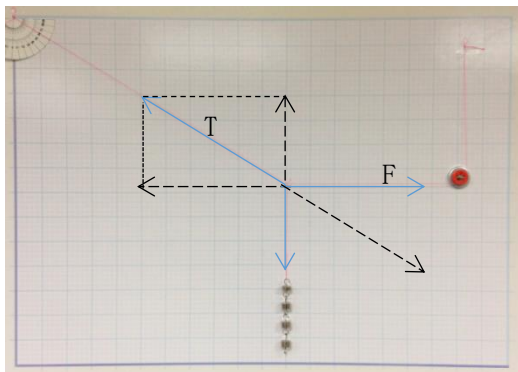
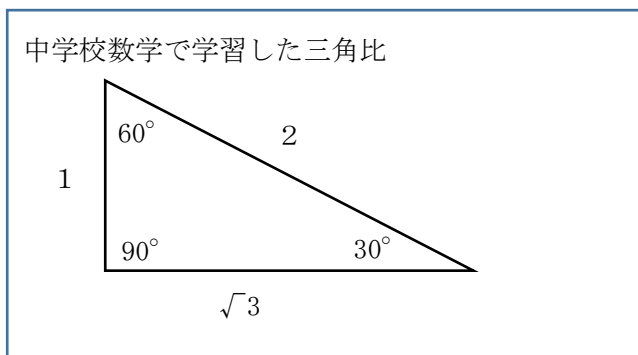
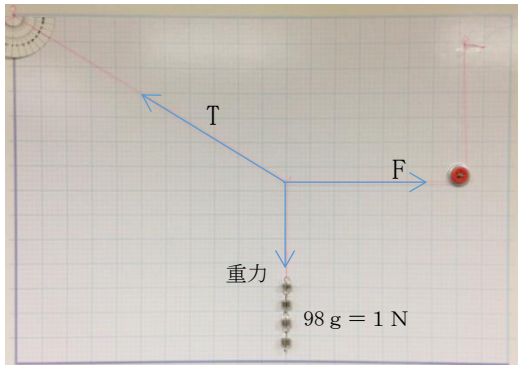
- ① 水糸に重さ1Nのおもりをつけ、分度器の中心からつるす。
- ② 糸の途中を水平方向に引き、糸が水平から30°の角をなす状態で静止させる。
- ③ 糸の途中を水平方向に引いた力の大きさを作図から求めさせる。(√3=1.7とする)
- ④ バネばかりを使って、③の大きさを測定する。



探究活動を充実させるポイント

【中学校で学習したことの活用】

3つの力がつり合っていることから、物体にはたらいっている見つけにくい力を作図させる。三角比を使って、力の大きさを求めさせる。



Fの力の大きさ

$$1 : \sqrt{3} = 1 : F$$

$$F = \sqrt{3} = 1.7\text{N}$$

Tの力の大きさ

$$1 : 2 = 1 : T$$

$$T = 2\text{N}$$

3 物理学と日常生活とのかかわり

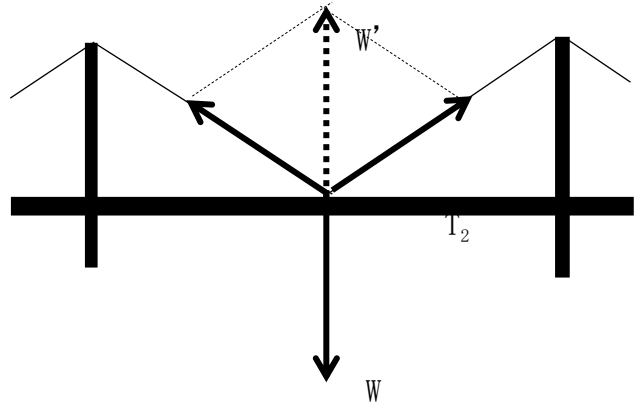
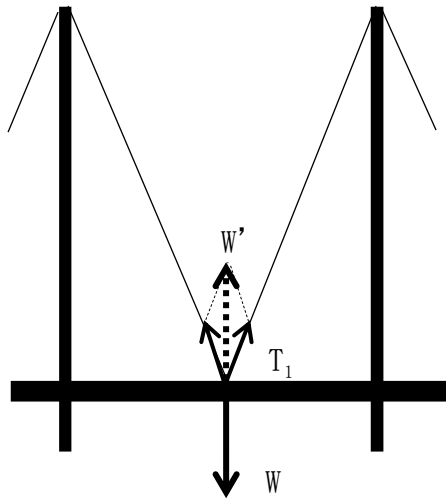
斜張橋のしくみ

橋にはいくつかのタイプがありますが、その一つが「斜張橋」です。「斜張橋」は、主塔と呼ばれる高い柱から伸びた何本かのワイヤーで橋をつつて支えています。この橋を支える主塔は、とても高く作られていますが、それはなぜでしょう？図4のように、主塔が高い場合と低い場合を比較して考えてみましょう。また、説明を簡単にするために、主塔から伸びるワイヤーの数を限定して考えます。



図4の下向きの矢印Wは、橋とその上の自動車などが受ける重力の合力を示しています。これとつり合うのは上向きの矢印W'です。実際に上向きに橋を支えるのは、2本のワイヤーが引っ張る力（張力）Tの大きさになります。

上向きの力の合力W'の大きさは、主塔が高い場合も低い場合も同じです。しかし、ワイヤーの角度が異なるため、張力Tの大きさが異なります。図4の矢印の長さからわかるように、主塔が高い方が2本のワイヤー間の角度が小さく、各ワイヤーの張力は小さくて済みます。このようなことが1つの理由となって、斜張橋の主塔は高くなっているのです。



橋の主塔が高い場合にワイヤーにはたらく力

橋の主塔が低い場合にワイヤーにはたらく力

図4

4 チャレンジ問題

スイカを2人で楽に持つには？

図5のように、重いスイカを2人でひもを一本ずつ持って運ぶことを考えます。図の①のように寄り添って持つ場合と、②のように離れて持つ場合とでは、どちらが楽に持てるのでしょうか。それぞれの合力を求めその理由も説明しなさい。

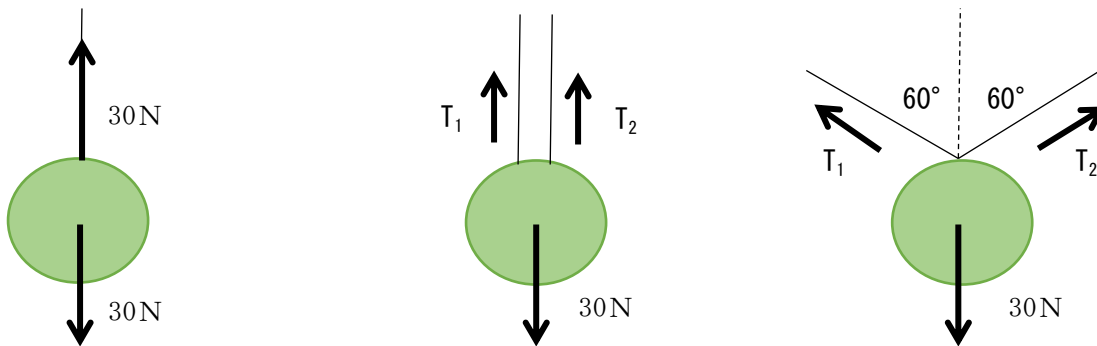
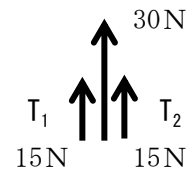


図5

解答・解説

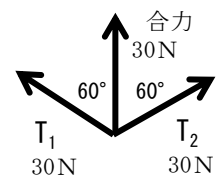
①について

スイカをAとBの二人が寄り添って持つ場合は、A側のひもの張力 T_A が15N、B側のひもの張力 T_B が15Nで合力は30Nとなります。



②について

スイカを離れて持つ場合は、正三角形ができていることから、 T_A と T_B はどちらも30Nであることがわかります。せつかく二人で2本のひもを持って運んでいるのに、少しも楽になっていません。



5

作用・反作用の法則

1 中学校の内容

ボートに乗った人が別のボートを押すと、自分もそのボートから押し返されるので2台のボートはお互いに離れていく。

これは、ボートに乗った人が加えた力とは向きが反対で同じ大きさの力を、相手のボートから受けているからです。



【中学校で学習したこと】

作用・反作用の法則

・ 1つの物体がもう1つの物体に力を加えると、必ず同時に相手の物体から、一直線上にあって大きさが同じで逆向きの力を受ける。

図2で、スケートボードに乗った人が動いてしまうのは、加えた力とは向きが反対で同じ大きさの力を、壁から受けているからです。この時、人が壁を押す力を**作用**、人が壁から受ける力を**反作用**といいます。

本資料の「4 力のつりあい」の【生徒のつまずき】にあるように、「つり合っている2力」と「作用・反作用の2力」の違いでつまずく生徒がいます。

図3のように、作用・反作用の関係では、2力はそれぞれ別の物体にはたらくので、作用点もそれぞれ異なる物体内にあり、つり合いの関係にある2力との違いを作図を通して学習しています。

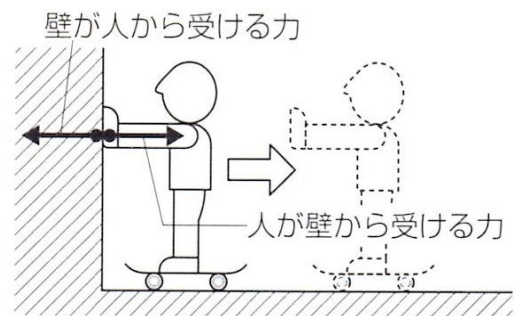


図2

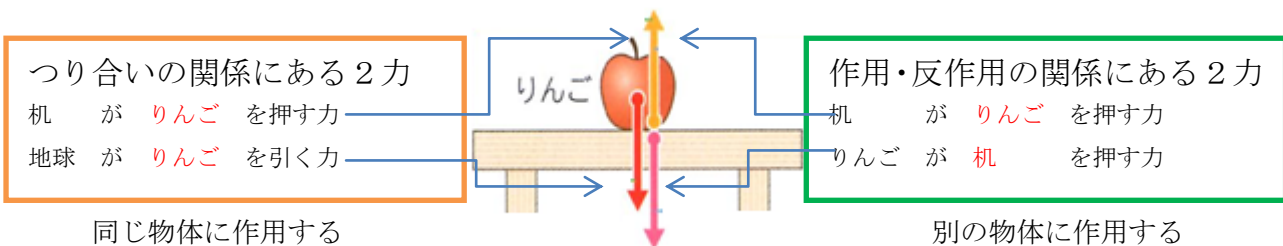


図3

2 探究活動の充実

実験 作用・反作用の法則

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験による検証

D-8 観察・実験の結果を処理する力

観察・実験の結果を処理した記述例

探究活動を充実させるポイントに示す作図

問題解決に必要な知識

- 1つの物体がもう1つの物体に力を加えると、必ず同時に相手の物体から、一直線上にあって大きさが同じで逆向きの力を受ける。
- 力の矢印

マグネット式滑車の作り方

準備

- ヨーク付丸穴マグネット
- 鍋小ねじ 4mm×20mm
- プーリー
- 水糸
- 2種類のつる巻ばね
- おもり

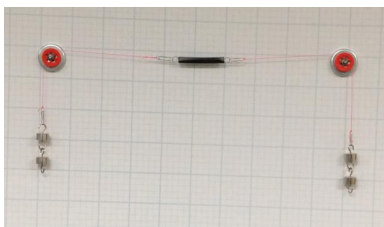


- ① 電動ドリルを使って、プーリーの中心の穴を直径5mmになるように広げる。
- ② ヨーク付丸穴マグネットの裏から鍋小ねじを通す。鍋小ねじに、ナット、ワッシャー、プーリー、ワッシャー、ナットをこの順になるように入れる。
- ③ プーリーがスムーズに回転するようにナットの締め方を調節する。



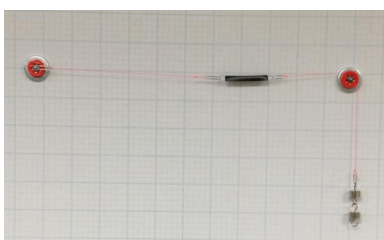
方法

- ① つる巻バネAの両側に、同じ重さのおもりを水糸でつなぎ、2つのマグネット式滑車につるす。



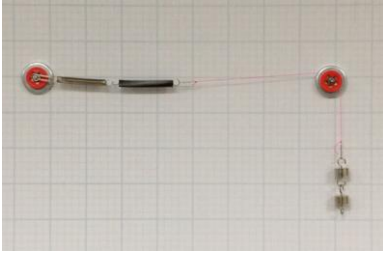
	バネの長さ	バネの伸び
つる巻バネA	5.0cm	2.4cm
①の実験後	7.4cm	

- ② ①の片方のおもりを外し、水糸をマグネット式滑車のネジにつなぐ。



	バネの長さ	バネの伸び
つる巻バネA	5.0cm	2.4cm
②の実験後	7.4cm	

③ ②の片方の水糸をつる巻バネBに変えて，マグネット式滑車のネジにつなぐ。



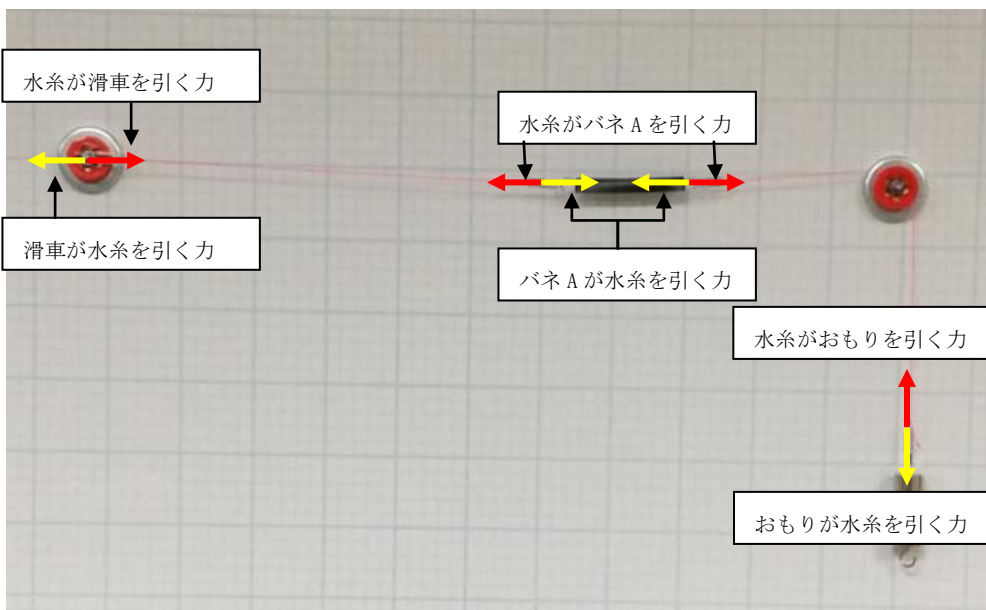
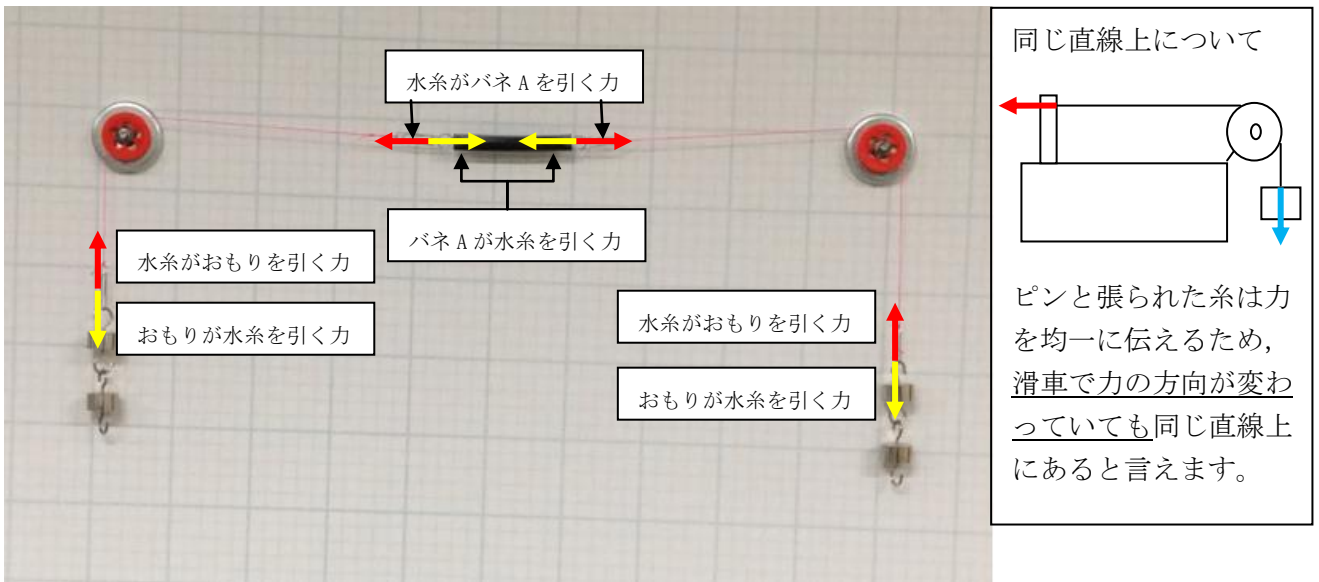
	バネの長さ	バネの伸び
つる巻バネ A	5.0cm	2.4cm
③の実験後	7.4cm	

④ ①～③の実験を行い，つる巻バネ A の伸びを観察させる。バネ A にどのような力がはたらき，バネの伸びとどのような関係にあるかを考察させる。

探究活動を充実させるポイント

【中学校で学習したことの活用】

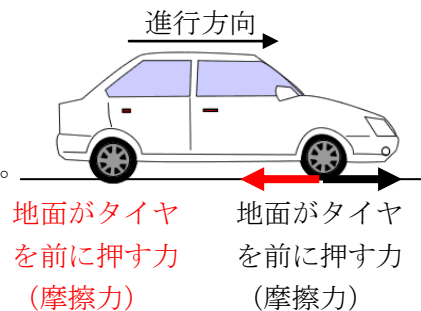
①，②，③で，つる巻バネの伸びは，すべて同じであるという結果を，つる巻バネにはたらいっている見つけにくい力を作図させることを通して考察させる。



3 物理学と日常生活とのかかわり

自動車を動かす力

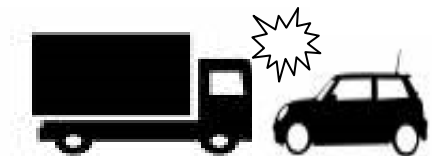
自動車を加速させる力は何かを考えていきましょう。自動車が走るときには、摩擦力が重要な役割をしています。地面が凍結しているとタイヤがスリップしてしまい自動車が走れなくなります。タイヤと地面の間に摩擦力がはたらかないと自動車は進みません。「摩擦力によって自動車が走る」というと不思議に聞こえるかもしれませんが、作用・反作用の法則を使って考えるとそのしくみがわかってきます。エンジンやモーターによってタイヤが回転すると、摩擦力がはたらいてタイヤが地面を後方に押しやります。このとき作用・反作用の法則により、地面がタイヤを前方に押す力（摩擦力）がはたらきます。この摩擦力が、自動車の駆動力となっているのです。自動車に限らず、人が走る時も同じです。足が地面を摩擦力で押すと、その反作用の摩擦力を地面から受けて前に走ることができるのです。



4 チャレンジ問題

止まっている軽自動車に、それよりはるかに重いトラックが正面衝突した時、軽自動車とトラックがそれぞれ相手から受けた力の大きさはいくらか。

軽自動車の重量を 600kg、トラックの重量を 12t とし、衝突後の軽自動車の加速度を 10m/s^2 とする。



解答・解説

実際に重いトラックが軽自動車に向かって衝突すれば、大破するのは軽自動車のほうです。そのため、力を加えるのはトラックで、受けるのは軽自動車だと感じられます。しかし、作用・反作用の法則から、軽自動車とトラックがそれぞれ相手から受ける力の大きさは同じです。

運動方程式 $ma=F$ より
軽自動車にはたらく力の大きさは、
 $F=600 \times 10=6000$ (N)

作用・反作用の法則より
トラックにはたらく力の大きさは、軽自動車から受ける力と同じであるため、
6000 (N) となる。

衝突時、トラックも軽自動車も受けた力は同じであるが、軽自動車が大破するのは、車体の丈夫さに差があるためなのです。

6

浮力の測定

1 中学校の内容

図1の水中にある角柱状の物体において、水平方向についてみると左右からの水圧は水深が同じであれば大きさは同じで逆向きで、つり合っています。一方、鉛直方向についてみると物体の上面と下面にかかる水圧は、深いところにある下面にかかる水圧の方が大きくなります。このため、物体は全体として上向きの力を受けます。これが、浮力が生じる理由です。

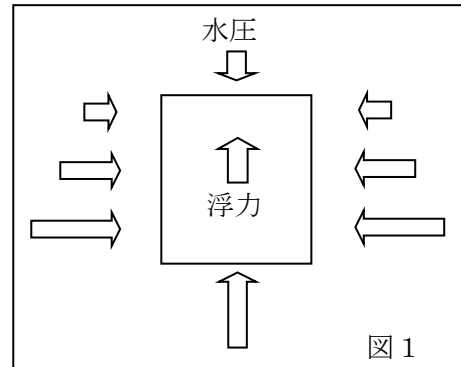


図1

【中学校で学習したこと】

【観察・実験】水中にある物体にはたらく浮力を調べよう。

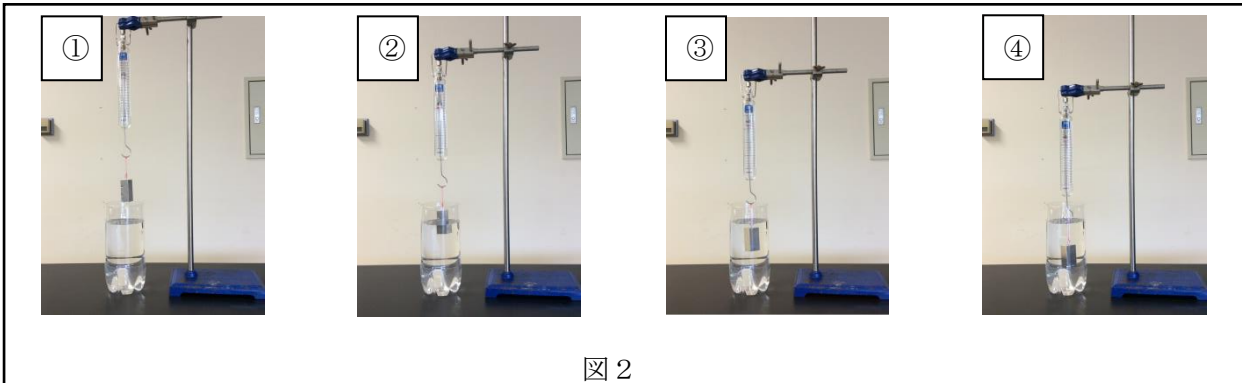


図2

【主な学習活動】

- 1 物体の重さを①空気中、②物体を半分水に沈める、③物体を全て沈める、④物体をさらに深く沈めて測定する。
- 2 実験結果をまとめる。
- 3 浮力を求める。

結果の例

	空気中	半分水中	全部が水中	さらに深く
重さ (N)	0.5	0.4	0.3	0.3
浮力 (N)	0	0.1	0.2	0.2

上記のような観察・実験を通して、以下のようなことを学びます。

- ・水深が変化しても浮力の大きさが変わらないこと。浮力は深さに無関係であること。
- ・半分だけ沈めたときは、全部沈めたときよりも浮力が小さくなることから、水中に沈んでいる物体の体積が浮力の大きさに関係していること。
- ・上記の実験を同体積で質量の違う物体で行い、浮力の大きさが質量に無関係であること。

【生徒のつまずき】

生徒は「浮力の大きさ＝水圧の大きさ」と考え、「浮力の大きさは、水の深さが深いほど大きくなる」と考えたり、「浮力の大きさは、物体の重さ（質量）に関係する」と考えたりする傾向があります。

2 探究活動の充実

実験：浮力の測定の場合

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験による検証

D—8 観察・実験の結果を処理する力

観察・実験の結果を処理した記述

- ・探究活動を充実させるポイントに示した結果の処理を参照。
- ・流体中の物体は、それが排除している流体の重さに等しい大きさの浮力を受ける。

問題解決に必要な知識

- ・浮力の求め方＝空気中での物体の質量－水中での物体の質量
- ・メスシリンダーの値の増加分＝物体の体積

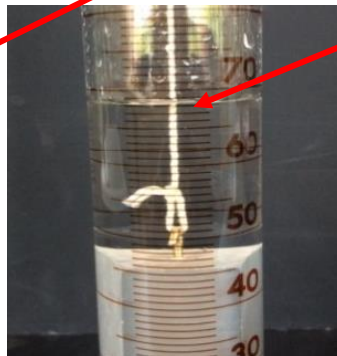
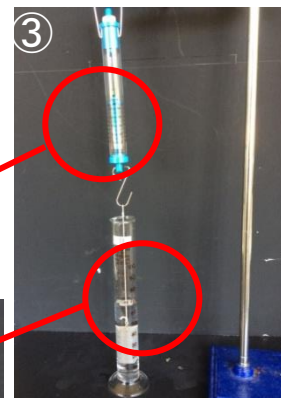
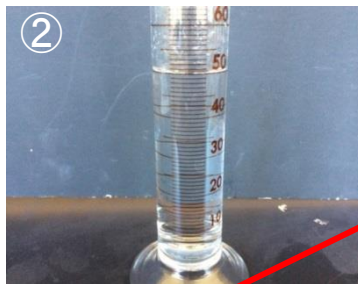
準備

浮力を測定する物体

- ・アルミニウムの四角柱 (2.0cm×1.8cm×5.0cm)
- ・ポリ塩化ビニルの四角柱 (2.0cm×1.8cm×5.0cm)
 - ※ 浮力を測定する物体は、沈まないものであったり、水に溶けたりなどしなければ消しゴムなど何でもかまわない。
- ・メスシリンダー (100ml)
- ・ばねばかり (2N)

方法

- ① アルミニウムの四角柱 (2.0cm×1.8cm×5.0cm) とポリ塩化ビニルの (2.0cm×1.8cm×5.0cm) 重さを、それぞればねばかりで測定する。
- ② メスシリンダーに、水 50 cm³を量り取る。
- ③ それぞれの四角柱をメスシリンダーの中の水に全部沈めたときの、ばねばかりの値とメスシリンダーの値を記録する。



探究活動を充実させるポイント

下記の結果の処理例は、ばねばかり値の減少分＝浮力、メスシリンダーの値の増加分＝物体の体積を表しています。メスシリンダーの値の増加分 18 cm^3 については、中学校で学習した水の密度が 1 g/cm^3 であることと関係づけて、浮力と増えた水の重さが同じであることを見いださせ、アルキメデスの原理としてまとめることができます。

アルキメデスの原理

流体中の物体は、それが排除している流体の重さに等しい大きさの浮力を受ける。

【結果】 (例)

ポリ塩化ビニル	物体を水に入れる前	物体を水に全部沈めたあと
ばねばかりの値 (N)	0.33	0.15
メスシリンダーの値 (cm^3)	50.0	68.0

アルミニウム	物体を水に沈める前	物体を水に全部沈めたあと
ばねばかりの値 (N)	0.53	0.35
メスシリンダーの値 (cm^3)	50.0	68.0

【結果の処理】 (例)

	ポリ塩化ビニル
ばねばかり値の減少分 (N)	0.1764
メスシリンダーの値の増加分 (cm^3)	18.0

	アルミニウム
ばねばかり値の減少分 (N)	0.1764
メスシリンダーの値の増加分 (cm^3)	18.0

中学校の学習内容を活用して結果を処理する活動

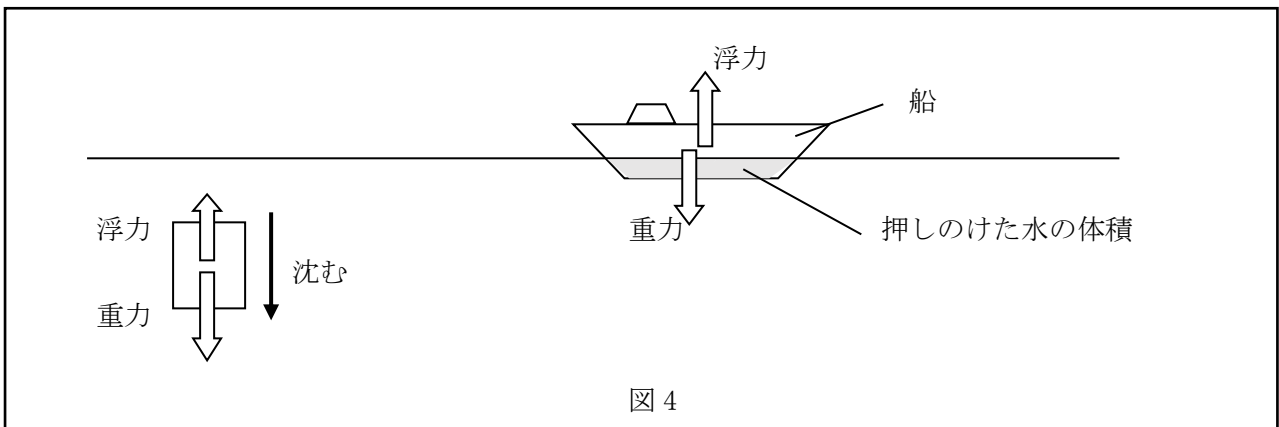
浮力の求め方を活用して計算する。

メスシリンダー値の増加分＝物体の体積

3 物理学と日常生活とのかかわり

鉄のかたまりは水に沈みますが、鉄でできた船は、水に浮きます。これはなぜでしょうか。物体が水に浮くかどうかと、浮力がはたらいっているかどうかは別問題で、沈んでいる鉄のかたまりも上向きの浮力を水から受けています。物体が水の中で浮くか沈むかは、浮力の大きさとその物体が受けている重力の大きさの大小関係で決まります。重力よりも浮力が大きくなれば浮くのです。

同じ重さ（質量）の物体でも、その形を変えることによって浮力を大きくできます。内部を空洞にして全体の体積を大きくすると、たくさんの水を押しよけますから、浮力が大きくなります。そして、鉄を浮かすことができます。



4 チャレンジ問題

右図は、クリアケース（9.0cm×9.0cm×7.7cm）に目盛りテープを貼ったものである。ケースの中に小石を入れたあとに重さを測ったところ、300gになった。このケースを水をはった水槽に入れると何cm沈むか答えなさい。



解答・解説

アルキメデスの原理をもとにして計算する。

おもりを入れたケースの重さ・・・ (300g)

必要な浮力は 300 g。

300 g に相当する水の体積は 300 cm³。

沈んだケースが 300 cm³の水を押しよければよいので

予想される水に沈む深さ・・・ $300 \div (9.0 \times 9.0) = 3.7 \text{ cm}$

————— <測定例> —————

水に沈んだ部分の深さ・・・ 3.6cm



計算結果と実験結果の比較が簡単にできます。

ケースに入れるおもりの量を変えて実験することで、浮力の大きさ＝水に沈んだ部分の水の重さ（体積）という関係を定着させることができます。

7

重力による位置エネルギー

1 中学校の内容

エネルギーという言葉は、いろいろな場面で耳にしますが、多くの場合、エネルギー源をさすことが多く、特に、省エネルギーは、これからの地球資源を考える上での重要なキーワードの1つとなっています。しかし、エネルギーは、物理学で用いられる用語で、仕事をする能力と定められています。



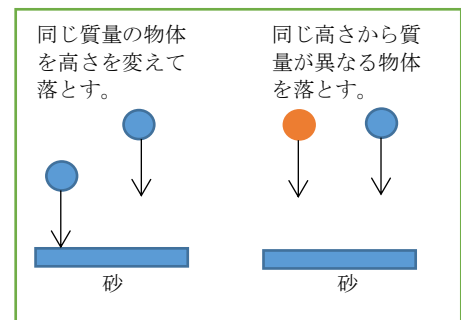
【中学校で学習したこと】

エネルギーの定義

- ・他の物体を動かしたり、変形させたりすることができる物体は、「エネルギーをもっている」という。

位置エネルギー

- ・右図の実験で高い位置にある物体は、重力によって落下することで、他の物体を動かしたり、変形させたりすることができます。つまり、高い位置にある物体は、エネルギーをもっているといえます。このエネルギーを位置エネルギーといい、物体の位置（高さ）が高いほど、また、物体の質量が大きいほど、その物体のもつ位置エネルギーは大きいことを学びます。



運動エネルギー

- ・右図の実験で運動している物体は、他の物体を動かしたり、変形させたりすることができます。つまり、運動している物体は、エネルギーをもっているといえます。このエネルギーを運動エネルギーといい、物体の速さが速いほど、また物体の質量が大きいほど、その物体のもつ運動エネルギーは大きいことを学びます。

粘土(多)入りキャップ

粘土(小)入りキャップ



高校物理では、エネルギーは、仕事をする能力と定義しますが、中学校では、「エネルギーをもっている」という表現で学習を進めるため、エネルギーは、仕事をする能力という見方をしていない傾向が予想されます。

また、位置エネルギーや運動エネルギーを求める式については、中学校では発展として扱われ授業でふれていないことが多くなります。物理基礎では、定量的な実験を通して、実験で得られたデータをグラフにし、法則性の有無を調べることで、運動エネルギーや位置エネルギーを求める式を導くことができます。

位置エネルギーの1つである「弾性エネルギー」については、中学校で学習しません。

2 探究活動の充実

実験：重力による位置エネルギー検証

科学的な思考力・表現力

探究方法：法則性の導出

F-14 事象や概念等に対する新たな知識を再構築したり、獲得したりする力

準備

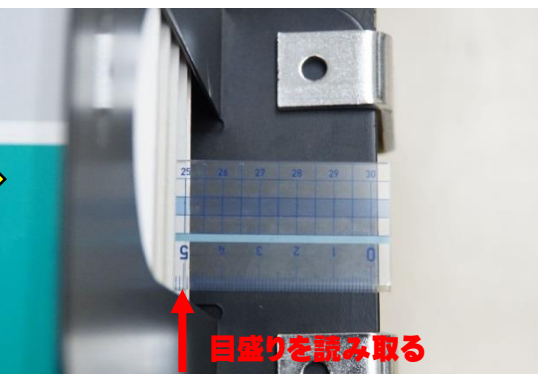
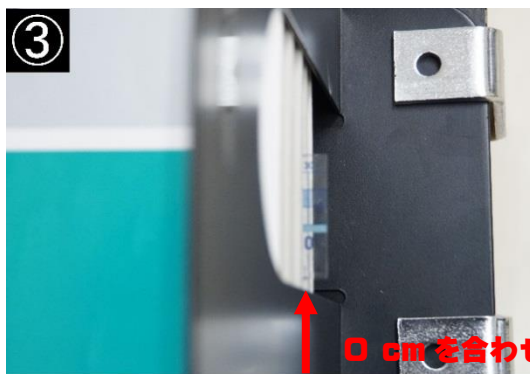
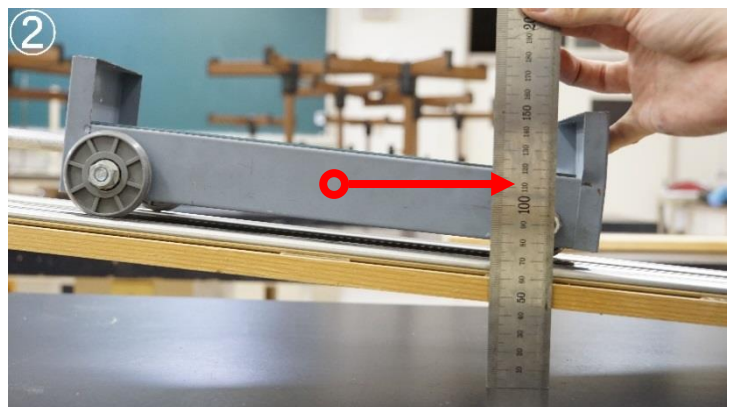
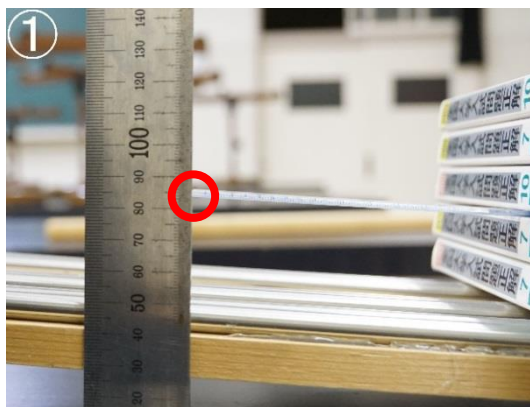
- ・力学台車
- ・ものさし（30cm以上が望ましい）
- ・本 4～5冊
- ・力学台車用のレール

実験配置図



方法

- ① ものさしの先端の高さを測定する。この高さを、重力による位置エネルギーの基準とする。
- ② 初めの台車の高さ h を測定し、台車をはなす。
（※注意 台車の高さは、台車の先頭の位置ではなく、台車の中心（重心）の位置ではかる）
- ③ 台車がものさしを押し込んだ距離 d を測定する
- ④ レールの傾きを一定に保ったまま、台車の高さを変え、②と③を繰り返す。
- ⑤ レールの傾きを緩やかにして、台車を初めと同じ高さ h からすべらせ、③を行う。



【結果例】

《結果1》

台車の高さ (cm)	1.5	4.5	6.5	8.5	11.5
押し込んだ距離 (cm)	0.8	3.1	4.5	5.7	8.3

《結果2》

【レールの傾きを緩やかにした場合】

高さ 3 cm から台車をはなすと、ものさしは 1.7 cm 押し込められた

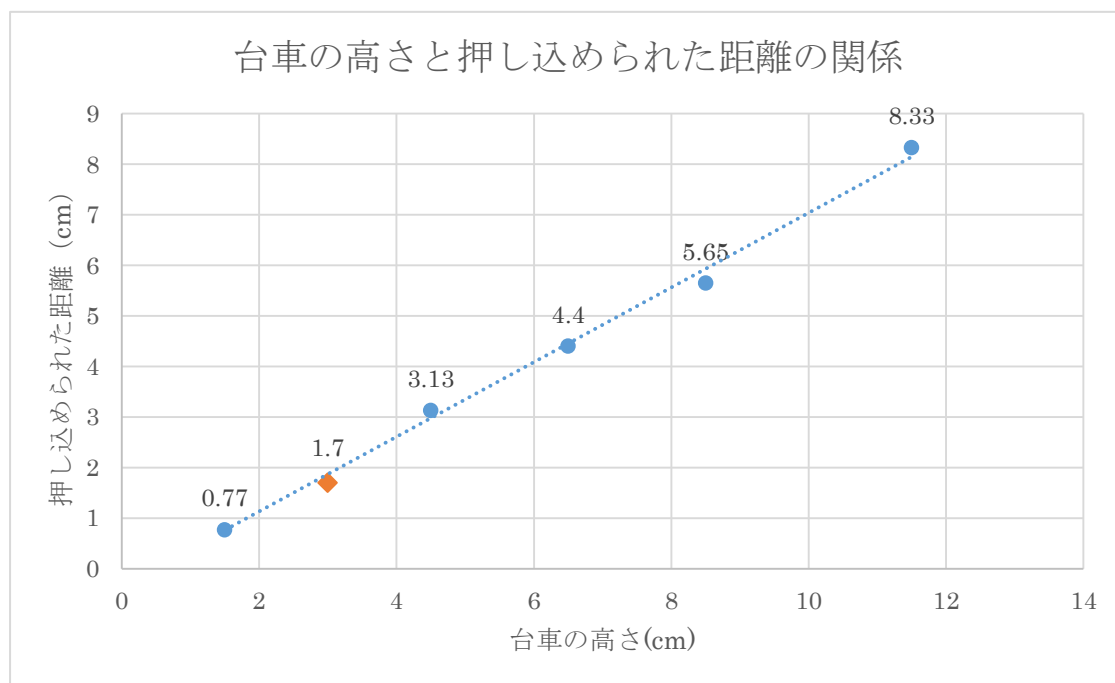
探究活動を充実させるポイント

本にはさまれているものさしの面積が一定であれば、動摩擦力も一定です。ものさしが押し込められた力も動摩擦力の大きさと等しく一定の値になるため、ものさしがなされた仕事 W は、ものさしが押し込められた距離 d に比例します。

レールの傾きを変えずに、手を離すときの台車の高さ h を変え、そのときの d を測定することで、位置エネルギーと仕事の相関を確認できます。

【結果の処理】 (例)

台車の高さ (cm) と押し込められた距離 (cm) の関係を、グラフにプロットをすると、以下の結果が得られます。



【法則性の導出】実験で得られたデータをグラフにし，法則性の有無を考察します。

グラフの青い点は，レールの傾きを一定に保ったまま，台車の高さを変えたときの結果です。また破線は結果から得られる1次の回帰直線です。この結果から，位置エネルギー mgh は，それによってなされた仕事 Fd と比例関係にあることが確認されます。

また，グラフのオレンジの点は，レールの傾きを緩やかにした場合の結果です。グラフからもわかるように，回帰直線上に乗っていることから，傾きを緩やかにしても，仕事は変化しないことがわかります。

3 物理学と日常生活とのかかわり

水力発電

水力発電は，高いところから低いところへ流れ落ちる水の力を使って発電機を動かし，電気を起こします。このように位置エネルギーを利用して電気エネルギーをつくりだしています。日本の渓谷にあるダムは，多くは，供水調整や水不足に備えて水を貯めているということ以外に，水を少しずつ流して水力発電に使うという役割も持っています。



揚水発電

揚水発電は，夜間の余った電気を使って，下流のダムから上流のダムに水をポンプでくみ上げ，位置エネルギーを蓄え，それを昼間の水力発電に利用します。

4 チャレンジ問題

基準面と重力による位置エネルギー

Aさんの質量を測定すると50kgであった。地面を重力による位置エネルギーの基準面として，次の各問いに答えよ。

- (1) Aさんが高さ10mの建物の屋上にいるとき，重力による位置エネルギーは何Jか。
- (2) Aさんが深さ10mの地下にいるとき，重力による位置エネルギーは何Jか。
- (3) Aさんが高さ10mの建物の屋上から深さ10mの地下に移動したとき，重力による位置エネルギーは何Jだけ減少したか。
- (4) (3)のとき，重力がした仕事は何Jか。

解答・解説

- (1) $50 \times 9.8 \times 10 = 4.9 \times 10^3 \text{ J}$
- (2) $-50 \times 9.8 \times 10 = -4.9 \times 10^3 \text{ J}$
- (3) $4.9 \times 10^3 \times 2 = 9.8 \times 10^3 \text{ J}$
- (4) $9.8 \times 10^3 \text{ J}$

8

力学的エネルギー保存則

1 中学校の内容

エネルギーという言葉は、いろいろな場面で耳にしますが、多くの場合、エネルギー源をさすことが多く、特に、省エネルギーは、これからの地球資源を考える上での重要なキーワードの1つとなっています。しかし、エネルギーは、物理学で用いられる用語で、仕事をする能力と定められています。



【中学校で学習したこと】

力学的エネルギー：位置エネルギーと運動エネルギーの和。

力学的エネルギーの保存：物体のもつ力学的エネルギーが運動の過程で一定に保たれること。

図1のように、初めに物体がもっていた位置エネルギーは、斜面を下り高さが低くなるにつれて運動エネルギーに変わり、基準面で運動エネルギーだけになります。このとき、位置エネルギーと運動エネルギーの和を**力学的エネルギー**といいます。

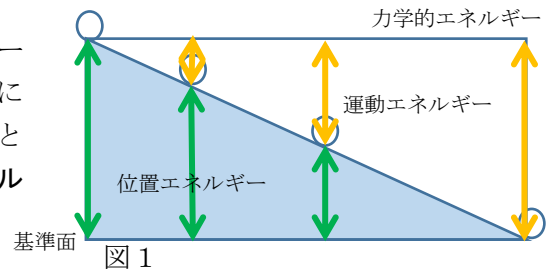


図1

力学的エネルギーの保存について、ふりこの運動を例にあげて学習しています【図2】。

A点にあるおもりをはなすと位置エネルギーが減ると同時に運動エネルギーが増加し、B点で位置エネルギーが0、運動エネルギーが最大になります。おもりはさらに動いてC点に達すると速さは0になり、運動エネルギーが0、位置エネルギーだけになります。ふりこの運動において、A点からC点までふりこが運動する間、力学的エネルギーは常に一定に保たれています。このことを、**力学的エネルギーの保存**といいます。

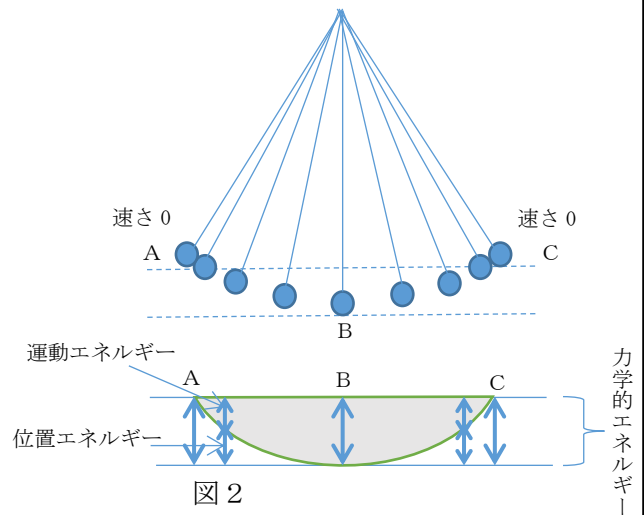


図2

【仕事と力学的エネルギー】

中学校では、力学的エネルギーの学習後に「仕事」について学習します【図3】。そして、斜面から小球を転がして木片に当てる実験を通して、物体の力学的エネルギーの増減は、その物体がした仕事、または、された仕事ではかることができることを学習します。

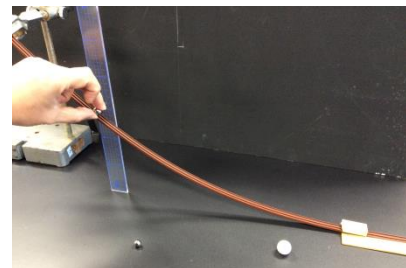


図3

2 探究活動の充実

実験：力学的エネルギー保存則

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験データの分析・解釈

E-9 観察・実験の結果を分析・解釈する力

観察・実験の結果を分析・解釈した記述例

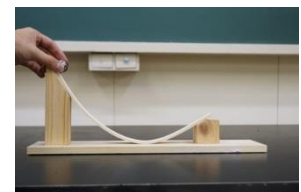
- ・小球は飛び出した後の最高点で速さが0にならないため、飛び出した後の最高点は、初めの高さよりも低くなる。

問題解決に必要な知識

- ・力学的エネルギーの保存
物体のもつ力学的エネルギーが運動の過程で一定に保たれる。

準備

- ・小球
- ・ものさし (30 cm 以上が望ましい)
- ・レールを取り付けた台



方法

- ① 図4，図5のような，レールを取り付けた台を準備する。
- ② 点0から小球を静かに放したとき，それぞれの運動の様子を観察する。

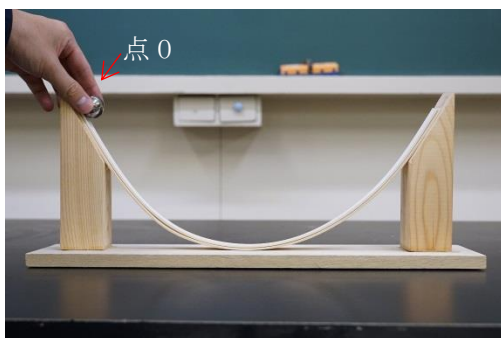


図4

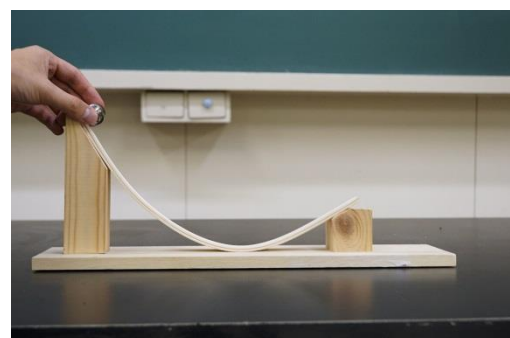


図5

【結果】 (例)

上記の実験を，コマ送り撮影した結果です。

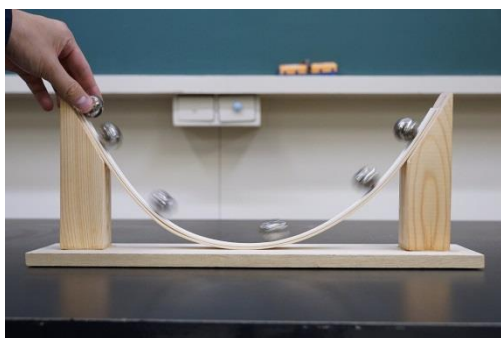


図4の結果

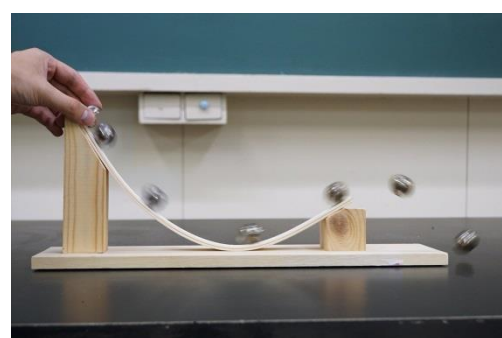


図5の結果

探究活動を充実させるポイント

図6のような、曲面上を転がって飛び出す小球の運動を考えると、力学的エネルギーが保存されるため、中学校で学習したふりこの運動のように、小球はもとの高さまで上がるように見えます。

中学校の概念の確認

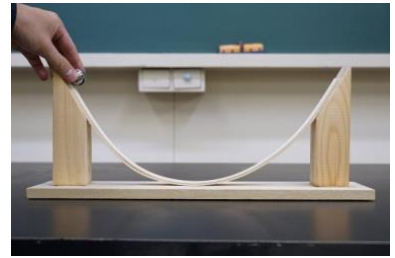
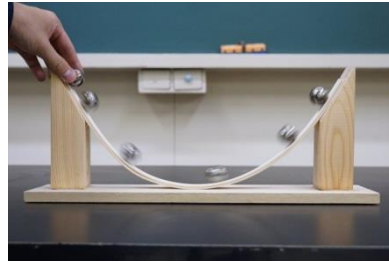
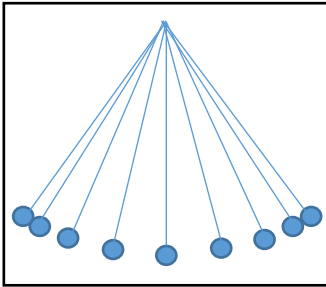
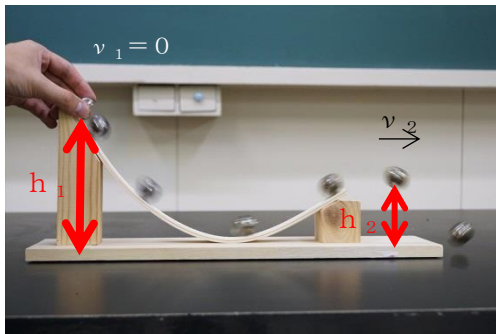


図6

次に図7のような曲面上を転がって飛び出す小球の運動を生徒に考えさせると、力学的エネルギーが保存されるため、小球がもとの高さまで上がると考える傾向があります。しかし、小球はもとの高さまで上がりません。



この場合、小球は飛び出した後の最高点で速さが0にならないため、 $v_1 = 0$ 、 $v_2 > 0$ なので、 $h_1 > h_2$ となります。

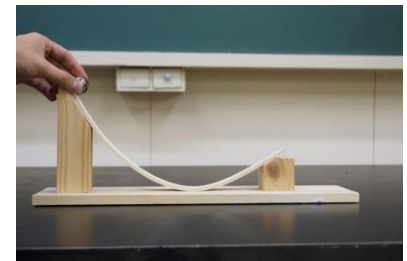


図7

このような小球の運動から、力学的エネルギーの保存の考え方をい用いるときのポイントを獲得することができます。

3 物理学と日常生活とのかかわり

ジェットコースターの速さ

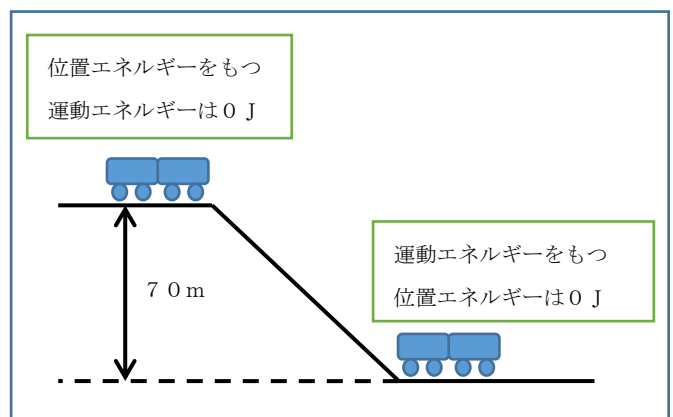
ある遊園地のジェットコースターは、最大落差70m、最大速度130km/時で走行します。動力なしに走るジェットコースターが本当にそんなに速くなるのか、力学的エネルギー保存則から検証してみます。

右図のように高さの規準を決め、最高点での速度は0 m/秒と考えます。すると、最高点でもっている位置エネルギーのすべてが最下点の運動エネルギーに移り変わることになります。ただし、ここで、摩擦は無視できるものと考えます。力学的エネルギー保存則から、次の式が成り立ちます。

$$mgh + \frac{1}{2}mv^2 = mgh' + \frac{1}{2}mv'^2 \text{ より}$$

$$\text{質量 [kg]} \times 9.8 \text{ [m/秒}^2\text{]} \times \text{高さ [m]} = \frac{1}{2} \times \text{質量 [kg]} \times (\text{速さ [m/秒]})^2$$

質量は両辺で同じなので、式は次のようになります。



$$9.8 \text{ [m/秒}^2\text{]} \times \text{高さ [m]} = 1/2 (\text{速さ [m/秒]})^2$$

この式に高さの 70m を代入して「速さ」を求めます。

$$(\text{速さ})^2 = 9.8 \times 70 \times 2 = 1372$$

$$\text{速さ} = \sqrt{1372} = 14\sqrt{7} \text{ [m/秒]} \approx 37 \text{ m/秒}$$

37m/秒を時速に直すと、133.2 [km/時] となり、抵抗等分の減少分を考慮すれば、公称値と良く一致しているといつてよいでしょう。

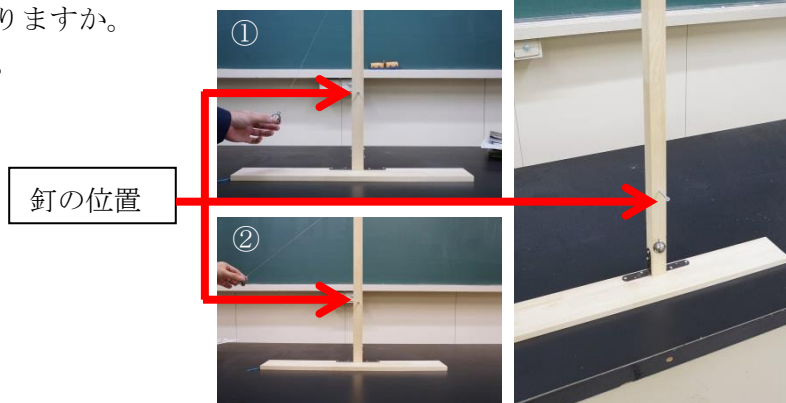
4 チャレンジ問題

右図のような振り子装置で、小球を静かに振らせた。初めの小球の高さと、糸が釘にかかった後の小球の最高点の高さをものさしで測定した。

小球の初めの高さが、①釘より低いとき、②釘より高いときでは、小球の達する最高点の高さはそれぞれどうなりますか。

次のア～ウから選び記号で答えなさい。

- ア 初めより高い
- イ 初めより低い
- ウ 初めと同じ

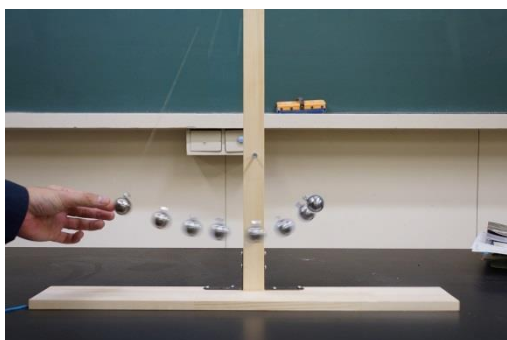


解答・解説

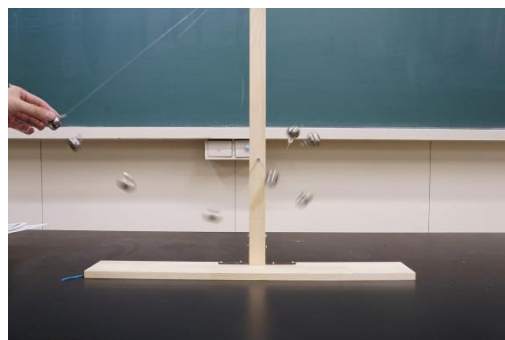
糸が釘にかかった後は、振り子の周期が短くなります。しかし、糸が小球を引く力に変化はなく、運動の方向に対して垂直にはたらくので、仕事をしていません。よって、この場合にも力学的エネルギーは一定に保たれています。

①、②の正答は、ウとなります。

①の実験をコマ送りで撮影



②の実験をコマ送りで撮影



【物理学特有の表現】

「小球を静かにはなす」とは、初速度 0 ではなすを意味しています。

「小球が最高点に達する」とは、物理で用いられる表現で、速度の鉛直成分が 0 になることを意味しています。

9

仕事による温度の上昇

1 中学校の内容

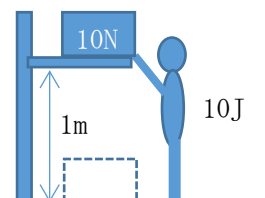
【中学校で学習したこと】

仕事

物体に力を加えてある向きに移動させたとき、力がその物体に対して「仕事をした」という。

仕事を求める式

仕事 [J] = 物体に加えた力 [N] × 力の向きに移動させた距離 [m]



力が働いている方向と運動の方向が同じときは、仕事をしたこととなります。しかし、エアホッケーやアイススケートのリンクのように、水平方向に摩擦力がない場合は、水平方向に動いていたとしても力が働いていないので仕事は、0Jとなります。生徒がつまずきやすいところです。

仕事の単位とエネルギーの単位が同じであるということは、本質的に同じものであり、表現の仕方の違いだけですが、「位置エネルギー」、「運動エネルギー」を求める式は、発展として扱っています。

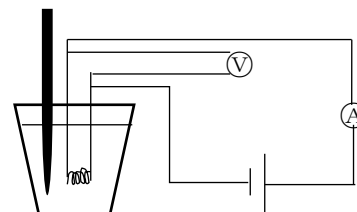
熱

電熱線を水の中に入れて電流を流すと、水の温度が上昇します。物体の温度変化の原因を熱と言います。

熱量

右図のような実験装置を使って、電流を流した時間や電力と水の上昇温度との関係を調べます。

この実験から、水の温度上昇は、電流を流した時間と電力に比例することを学習します。



熱量を求める式

熱量 [J] = 電力 [W] × 時間 [s]

水 1 g の温度を 1℃ 上げるのに必要な熱量は、約 4.2J であることやカロリー (cal) も熱量の単位として使われることがあり、水 1 g の温度を 1℃ 上げるのに必要な熱量は、1 cal であることを学習します。

熱の伝わり方

エネルギーの効率的な利用を考える上で利用しないのに発生してしまう熱を考えなければなりません。そこで、次のような熱の伝わり方を学習します。

- 伝導・・・物体（物質）の中を熱が伝わること。
- 対流・・・液体や気体が移動して熱をを運ぶこと。
- 放射・・・空気を伝わってではなく、直接炎から手に、光がとどくようにして熱が伝わること

2 探究活動の充実

実験 仕事による温度上昇

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験による検証

E-9 観察・実験の結果を処理する力

観察・実験の結果を処理した記述例

探究活動を充実させるポイントのデータの処理を参照。

問題解決に必要な知識

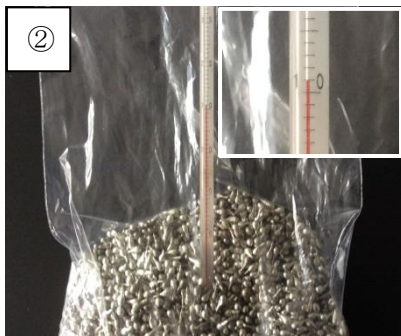
- ・重力が物体にする仕事は、1.0mの高さにある物体の重力による位置エネルギーに等しい。
- ・重力が物体にした仕事 $W = mgh$
- ・発熱量 $Q = C \Delta T = m c \Delta T$
- ・エネルギーの変換

準備

- ・スズ (500 g) ・温度計 (50℃) ・ものさし (1 m) ・チャック付きビニール袋
- ・乾いたぞうきん ・はかり

方法

- ① チャック付きビニール袋に 500 g のスズの粒を入れる。
- ② ①の袋に温度計を挿入し、しばらくしてから、温度 t_1 [℃] を測定する。
- ③ 図1のように、ものさしとぞうきんを設置する。
- ④ 1.0mの高さから袋を落下させる操作を 50 回続ける。
その際、手の熱が伝わらないように、袋の口の部分を持つなど気をつける。
- ⑤ 袋に温度計を挿入し、温度 t_2 [℃] を測定する。



室温と同じ温度になるまでしばらく温度計を挿しておく。



温度が上がりきるまで、しばらく測定する。本実験では、2～3分くらい測定した。

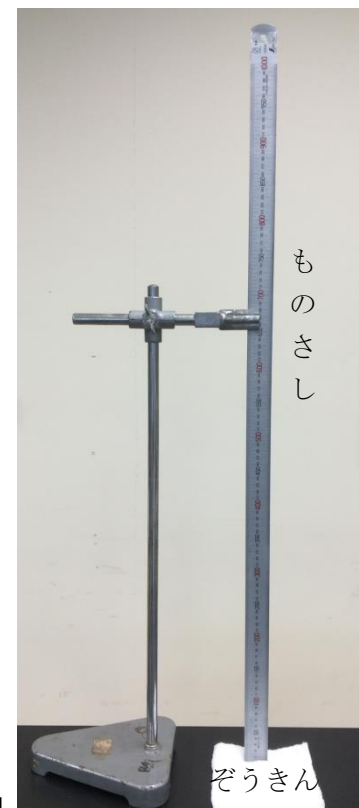


図1

探究活動を充実させるポイント

仕事と熱の関係から、落下した物体が床に衝突して静止するとき、熱が発生します。このとき、物体の温度が上昇することから、物体の得た熱量が求められます。重力が物体にする仕事と物体の得た熱量を比較し、仕事が熱に変換されることを調べます。そこで、次のようなデータ処理を行います。

○実験結果の例

スズの粒の質量 [kg]	0.5
落下前の袋の温度 t_1 [°C]	11.0
落下後の袋の温度 t_2 [°C]	12.5

データの処理

重力が物体にする仕事

物体が得た熱量

重力が物体にする仕事は、1.0mの高さにある物体の重力による位置エネルギーに等しい。

熱容量 C [J/°C] , 比熱 c [J/(g・°C)] の物体 m [g] の温度を ΔT [°C] だけ変化させるために必要な熱量 Q [J]

$$Q = C \Delta T = m c \Delta T$$

質量 m の単位は g を用いる。

袋を 50 回落下させたときの重力がした仕事 W
 $W = 0.5$ [kg] $\times 9.8$ [m/s²] $\times 1.0$
 [m] $\times 50$
 $= 245$ [J]

スズの得た熱量 Q
 $Q = 500$ [g] $\times 0.22$ [J/(g・°C)]
 $\times (12.5 - 11.0)$ [°C]
 $= 165$ [J]

温度が上昇していることから、重力が物体にする仕事が熱に変換されていることが確認できます。

重力がした仕事 W と熱量 Q を比較してみると両者の値が異なります。重力がした仕事が熱以外に変換されたことが考えられます。例えば、熱の一部が空気中に逃げていたり、ぞうきんに着地した際の音などです。このように、両者の値が異なる場合は、その原因を考えさせることが大切です。

重力が物体にする仕事がすべて熱に変換されたとき

$$245 \text{ [J]} = 0.5 \times 10^3 \times 0.22 \times \Delta T$$

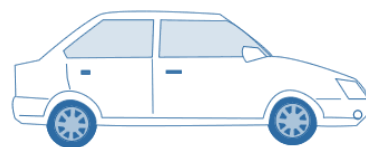
$$\Delta T = 2.2 \text{ [K]} \text{ となります。}$$

3 物理学と日常生活とのかかわり

自動車のブレーキ

自動車のブレーキは、摩擦を利用して運動エネルギーを熱エネルギーに変換する装置です。

例えば、1000kgの自動車が、100km/hで高速道路を走行していたとします。



運動エネルギーは、 $K=1/2mv^2$ で表すことができるので、自動車のもつ運動エネルギーは、 $K=1/2 \times 1000 \times 27.8^2 = 386420\text{J}$ となります。

1 cal は、約 4.2J なので、熱量 $Q=386420 \div 4.2 = \text{約 } 92004\text{cal}$ となります。

1 cal は、1 g の水を 1°C 上昇させる熱量なので、92004cal は、1000 g の水を約 92°C 上昇させることができる熱量だということが分かります。

高速道路を 100km/h で走行している自動車が、サービスエリアに止まるという場合、その度に冷えている 1L の水を沸騰させるだけの熱エネルギーがブレーキから出ているということになります。

4 チャレンジ問題

- ① じょうぶなビニール袋に m [kg] の金属の粒を入れ、室温と同じ温度になるようにしばらく置いた。
- ② ①の袋に温度計を挿入し、温度 t_1 [$^\circ\text{C}$] を測る。
- ③ 右図のように、ものさしとぞうきんを準備し、 h [m] の高さから落下させる操作を 50 回繰り返す。
- ④ 袋に温度計を挿入し、温度 t_2 [$^\circ\text{C}$] を測る。



問 1

温度 t_2 [$^\circ\text{C}$] は、温度 t_1 [$^\circ\text{C}$] に比べて、どうなっていますか。次のア～ウから選び、その理由も答えなさい。

ア 下がっている イ 変わらない ウ 上がっている

問 2

金属の粒の量を 2 倍にして同じ実験をした場合、温度変化 $\Delta t = t_2 - t_1$ はどうなるだろうか。次のア～ウから選び、その理由も答えなさい。

(h [m] は、ほぼ同じであったとする)

ア 約 2 倍になる イ 約半分になる ウ ほとんど変わらない

解答・解説

問 1 ウ 理由 仕事と熱の関係から、落下した物体が床に衝突して静止するとき、熱が発生するから。

問 2 ウ 理由 重力による仕事 $W = \text{熱量 } Q$ より
 $mgh = mc\Delta T$
 $\Delta t = c / gh$
このことから、温度変化は、質量に影響を受けないことがいえる。

10

縦波と横波の発生

1 中学校の内容

音を出している物体をさわってみると、物体が振動していることを感じ、その物体の振動を止めると音は出なくなります。

音源から耳まで音を伝えているのは空気です。このとき、空気も振動しており、その振動が次々に空気中を伝わっていくことで音は伝わります。中学校では、そのことを2つのおんさをを使った実験等で確認します。

オシロスコープやコンピュータソフトにマイクروفオンで拾った音を入力すると、音を波形のグラフにして表示することができます。その波形から、音の大小や高低について学習します。



オシロスコープ



コンピュータソフト

- ・音を出している物体は振動している。
- ・音は、気体・液体・固体を伝わる。
- ・音の伝わる速さは、空気中では秒速約340mである。
- ・音の大小は、振幅の大小によるものである。
- ・音の高低は、振動数の大小によるものである。

「大地の成り立ちと変化」で、地震波のゆれについて、次のように学習します。

- ・地震のゆれは、地下の岩盤がずれたときに発生する波が地表まで届いたものである。
- ・地震のゆれは、ほぼ一定の速さで伝わる。初期微動を伝える波をP波、主要動を伝える波をS波という。P波は、S波よりも伝わる速さが速い。

波の性質について学習していないため、縦波である音の波を、オシロスコープ等で示されるような「横波」であると認識している生徒がほとんどである。

2 探究活動の充実

実験：横波と縦波の発生

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験による検証

D-8 観察・実験の結果を処理する力

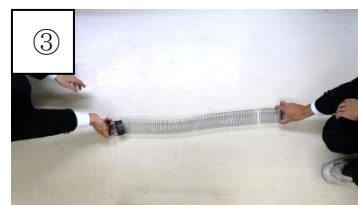
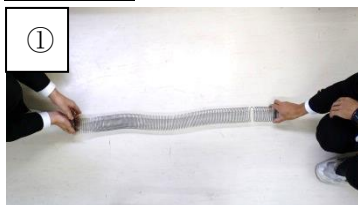
観察・実験の結果を処理した記述

探究活動を充実させるポイントに示す作図を参照。

準備

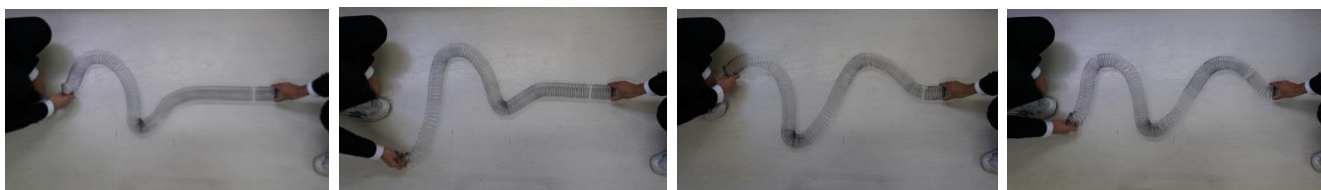
軽くて長い巻ばね

方法

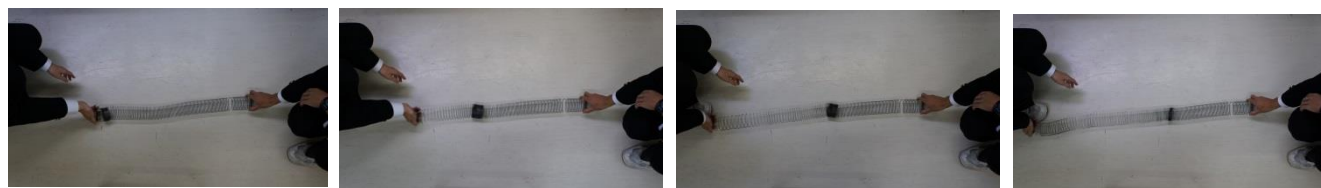


- ① 軽くて長い巻ばねをなめらかな床の上に置き、4～5 mの長さに引き伸ばし、両端を生徒に持ってもらおう。
- ② ばねの端をばねを伸ばした方向と垂直な方向へ水平に振る。
- ③ ばねの端をばねを伸ばした方向と平行に振る。
- ④ ②、③のとき、どのような波ができるか観察する。

【②の実験結果】（例）



【③の実験結果】（例）



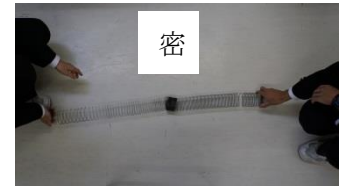
・単純な実験であるが、実際に縦波の伝わり方を見て、納得すると同時に驚きの声を上げる生徒も少なくありません。振動する方向が波形の進行方向と直交するのが横波、同じ方向なのが縦波であることを理解させやすくなります。

探究活動を充実させるポイント

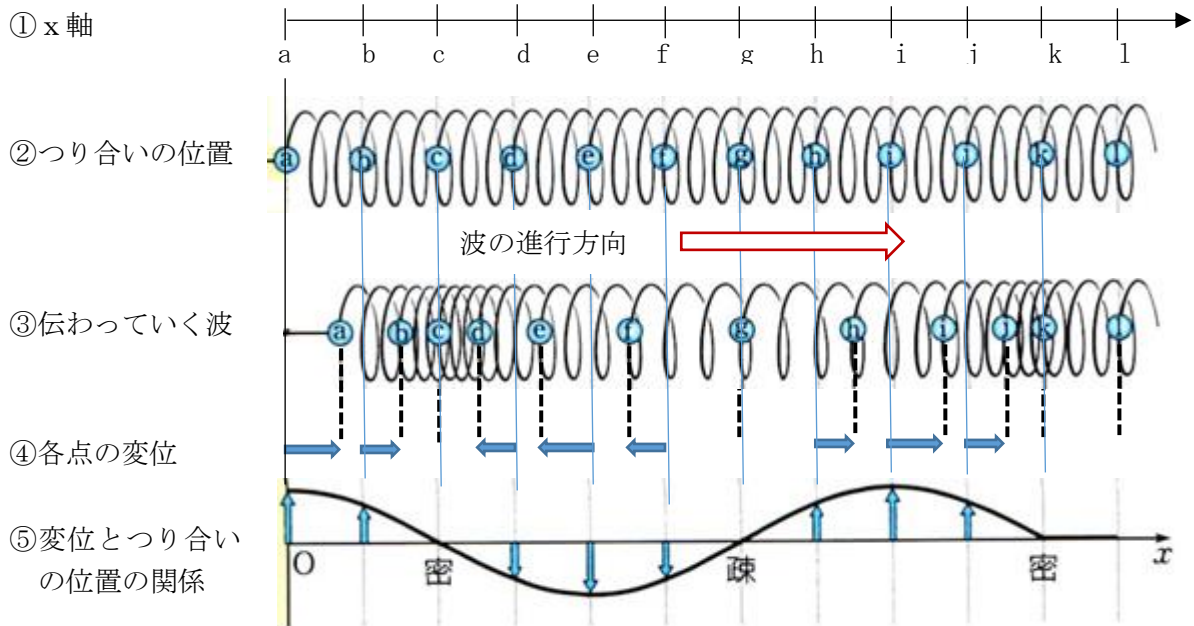
【観察・実験の結果を処理する力】

縦波がばねを伝わる時、ばねには圧縮されて密になった場所や、引き伸ばされて疎になった場所ができます。縦波は、媒質の疎や密の状態が伝わっていく現象なので、**疎密波**とも呼ばれます。

横波の波形（媒質の変位を表すグラフ）は、媒質のつり合いの位置からの変位を表しています。しかし、縦波による媒質の変位は、わかりにくいので、下図に示すように、観察した結果を処理し、横波と同様に波形で表すことができることを確認します。



縦波の波形の表し方

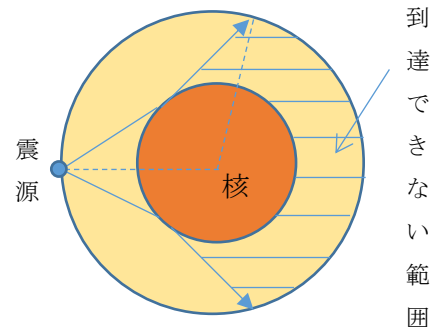


3 物理学と日常生活とのかかわり

地震波でわかる地球の内部構造

地震波は地球を構成する岩石を伝わる波です。岩石は、ばねのように内部に生じた変形を元に戻そうとする性質をもっています。地下で地層が急激にずれると、岩石に伸縮やずれの振動が生じます。岩石に生じた疎・密の状態は縦波（P波）として伝わり、ずれの状態は横波（S波）として伝わります。縦波の方が速く伝わり、地面にガタガタという小さな揺れを引き起こします。横波は縦波に遅れて伝わり、ユサユサという大きな揺れをもたらします。

ところで、横波は、液体や気体を伝わることはできません。これは、液体や気体は固体と異なり、ずれたときに元の形に戻ろうとする性質をもたないからです。一方、縦波は、固体だけでなく液体や気体をも伝わります。これは、疎密の変化、すなわち体積変化に対する弾性が、固体と同様に液体や気体にもあるからです。

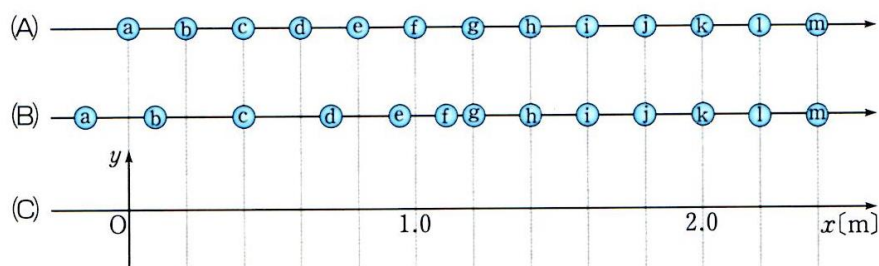
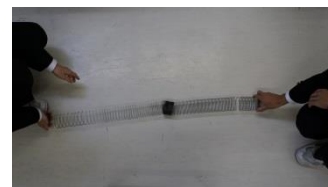


横波の地震波の伝わり方と地球の層構造

大きな地震が起こると、その震源から出た縦波は地球を通り抜けて、およそ 20 分ほどで震源と反対側の地表に届きます。ところが、横波は震源から見て地球の裏側に到達できない範囲があります。これは地球の内部に液体の部分（核）があるためと考えられています。

4 チャレンジ問題

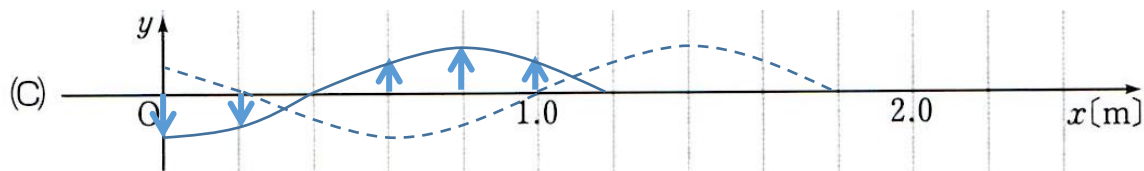
つる巻ばねを使って、縦波が伝わる様子を観察した。この縦波は、 x 軸の正の向きに速さ 3.0m/秒 で伝わったとき、次の各問い答えなさい。下図 (A) は、媒質の各点のつり合いを表している。



- (1) 媒質の各点が図 (B) のように変位しているとき、縦波の波形（媒質の変位を表すグラフ）を図 (C) に描け。
- (2) 図 (B) の時刻から 0.20 s が経過した。
 - ① 波形を図 (C) に点線で描け。
 - ② 最も密な位置はどこか。また、もっとも疎な位置はどこか。

解答・解説

- (1), (2) ①



- (2) ② 密 : $0.2, 1.8\text{m}$ 疎 : 1.0m

※ 探究させるポイントを参照。

11

振り子の共振

1 中学校の内容

【中学校で学習したこと】

弦楽器は、弦を指や弓で振動させて音を出す。弦の振動だけでは大きな音にはなりません。弦楽器では、弦の振動を共鳴胴に伝え、共鳴胴が振動することにより大きな音を出しています。

中学校では、音の性質において、真空鈴等の実験を行い、音が空気中を伝わることを確かめ、音が聞こえるためには、空気など音を伝える物質が必要であることを学習します。

中学校では、音や地震の学習において共鳴・共振については、触れていません。高等学校の物理基礎からの学習となります。

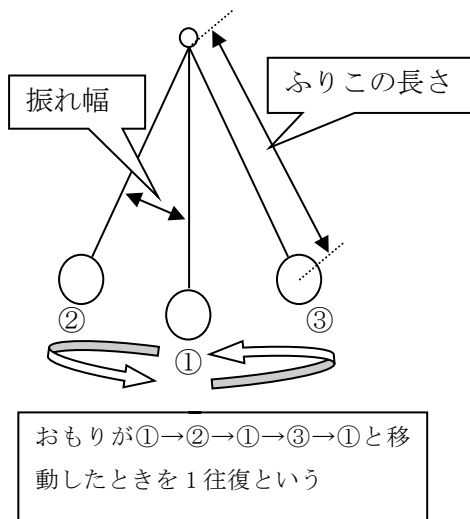


【小学校で学習したこと】

右図のような装置を使って、おもりの重さ、振り子の長さ、振れ幅を変えて、振り子が1往復する時間を調べます。

実験結果から、糸につるしたおもりが1往復する時間は、おもりの重さや振れ幅などにはよらず、振り子の長さによって変わること学習します。

※振り子の振れ幅が大きすぎると、等時性が成り立たなくなるので注意する必要があります。



中学校では振り子の等時性については触れません。

力学的エネルギーの保存の例として、振り子の紹介があります。

振り子の周期などについては、高等学校物理で学習します。

2 探究活動の充実

実験 振り子の共振

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験データの分析・解釈

E-9 観察・実験の結果を分析・解釈する力

観察・実験の結果を分析・解釈した記述例

振り子は、その長さによって、固有振動数が決まるのである長さの振り子を振らせるとい糸の長さが同じ振り子だけが、やがて大きく振れるようになる。長さの違う振り子は、固有振動数も違うため振れない。

問題解決に必要な知識

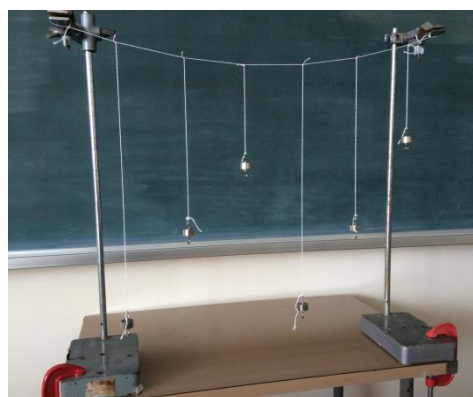
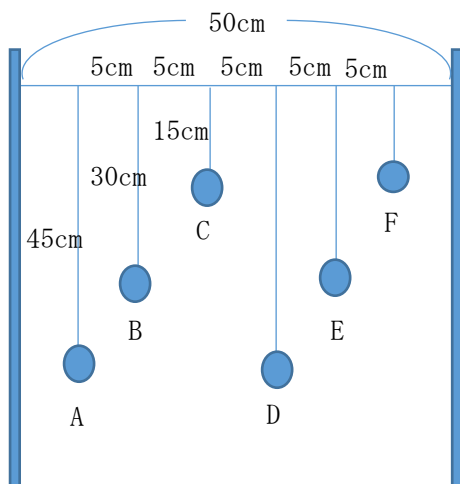
- ・振り子が1往復する時間は、**振り子の長さ**によって変わる。
- ・振動体を自由に振動させたときの振動を固有振動といい、そのときの振動数を固有振動数という。
- ・振動体は、その固有振動数にあった力が加わると、小さな力でも大きく振動するようになる。

準備

- ・実験用スタンド2台
- ・たこ糸
- ・おもり6個

方法

- ① 長さが50cmのたこ糸を1本準備し、中央付近から5cm間隔に印を付ける。
- ② ①で付けた印の位置にたこ糸を結び、その先端におもりをつける。たこ糸は、15cm、30cm、45cmになるように長さを調節したものを、それぞれ2つずつ結びつける。
- ③ ②を実験用スタンドに結びつける。
- ④ 振り子Bのみを振らせ、その後の運動の様子を観察する。



探究活動を充実させるポイント

振り子は、その長さで決まる固有振動あるいは固有振動数を持ち、外から与えた固有振動あるいは固有振動数が同じ場合には、大きく振れます。「物理基礎で学習したこと」と「小学校で学習したこと」を関係づけながら、この実験の現象について考えさせます。

発問

振り子Bを振らせたとき、しばらくすると振れが大きくなるのはどの振り子か。

- ア 振り子Bの隣の振り子A, C
- イ 振り子Bよりも糸が短い振り子A, D
- ウ 振り子Bと糸の長さが同じ振り子E
- エ 振り子Bよりも糸が長い振り子C, F

物理基礎で学習したこと

「振動体は、その固有振動数にあった力が加わると、小さな力でも大きく振動する」・・・共振

小学校で学習したこと

「振り子が1往復する時間は、振り子の長さによって変わる」

生徒の記述例

振り子は、糸の長さによって、固有振動数が決まっているので、糸の長さと同じ振り子Eだけが、やがて大きく振れる。糸の長さの違う振り子は、固有振動数も違うため振れない。

B以外の振り子を振らせた場合についても実験することで、共振についての理解を確かめることもできます。

共振の意味を体感できる実験！

右図のように、1mくらいの棒に、長さの違う振り子を吊します。

生徒に棒を手を持たせ、ある特定の振り子だけを振らせる課題に挑戦させましょう。

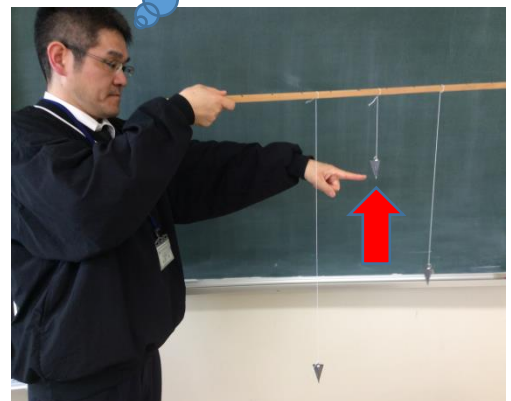
この課題に挑戦させることで、振り子の固有振動に合わせて振れば良いことに気づいていきます。

このとき、小さな力で振幅をしだいに大きくできることを手応えでわかることから、共振の意味を実感できます。

さらに、次のページのタコマ・ナローズ橋崩壊を紹介することで、共振についての理解が深まっていくことが期待させます。

タコマ・ナローズ橋崩壊の映像は、インターネット等でも見ることができます。

この振り子だけ大きく揺らせることができますか？



3 物理学と日常生活とのかかわり

タコマ・ナローズ橋崩壊

1940年11月7日にアメリカ合衆国ワシントン州のタコマ市において、当時世界第3位の長さを誇ったタコマ・ナローズ橋の落下事故が発生しました。同年7月に開通してわずか4ヶ月しか経っていない新しい橋でしたが、風速19m/sの風で崩壊してしまいました。しかし、風による力を考慮に入れた設計がなされており、計算上では風速60m/sまで耐えられるはずでした。

この事故には、風と橋の共振が関係しています。もっとも、風が周期的に吹いていたわけではありません。風が吹くことで橋の周りに渦ができて、その渦からの周期的な力で橋を揺らし、橋の固有振動が共振を起こしたことが原因でした。

タコマナローズ橋の崩壊 1940年11月7日-YouTube

www.youtube.com/watch?v=HA2nBI1ZjzI より映像を閲覧できます。

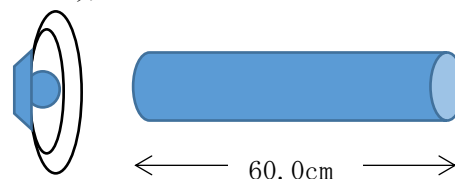


4 チャレンジ問題

気柱共鳴

図のように、長さ60.0cmの開管の管口付近にスピーカーを置き、発振音の振動数を0Hzから次第に大きくしていく。音速を340m/sとし、開口端の腹の管口からのずれ（開口端補正）は無視できるものとして、次の各問に答えなさい。

スピーカー



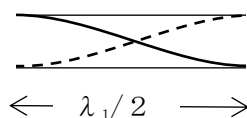
- (1) 最初に聞こえる共鳴音の波長はいくらか。
- (2) 3回目に共鳴する音の振動数を求めよ。

解答・解説

- (1) 振動数を次第に大きくして最初に共鳴するのは、最も波長の長い基本音なので、波長を λ_1 とすると、

$$\lambda_1/2 = 60.0\text{cm}$$

$$\lambda_1 = 120\text{cm}$$



- (2) 3倍音に共鳴するので、この音の波長を λ_3 とし、振動数を f_3 とすると、

$$3 \times \lambda_3/2 = 60\text{cm}$$

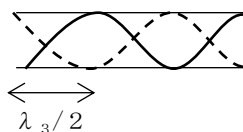
$$\lambda_3 = 0.4\text{m}$$

音速を V [m/s] とすると、

$$v = f \lambda \text{ より}$$

$$V = f_3 \lambda_3 = 340\text{m/s}$$

$$f_3 = 340\text{m/s} \div (0.4\text{m}) = 850\text{Hz}$$



12

変圧器

1 中学校の内容

変圧器は鉄心と巻数の異なる2つのコイルからできています。巻数の多いコイルに電流を流すと巻数の少ないコイルには低い電圧が発生し誘導電流が流れます。また逆に、巻数の少ないコイルに電流を流すと巻数の多いコイルには高い電圧が発生します。このように、変圧器で電圧を変えることができます。

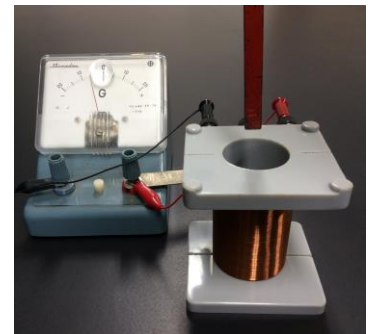


【中学校で学習したこと】

変圧器に関連する内容として、電磁誘導や直流と交流が挙げられる。また、小学校では、コイルに電流を流すと電磁石になることを学習している。

電磁誘導

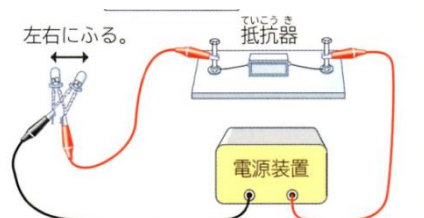
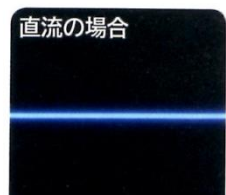
コイルに磁石を近づけたり遠ざけたりすると、それだけでコイルに電流が流れます。この現象は、コイルを磁石に向けて動かしたときにも起こります。コイル内部の磁界が変化すると、コイルに電流を流そうとする電圧が生じる現象を**電磁誘導**といい、コイルに流れる電流を**誘導電流**ということ学習します。実験を通して、誘導電流は、磁界の変化を速くすると大きくなり、また、磁界を強くしたり、コイルの巻き数を多くしたりすることでも大きくなることを見いださせます。



ただし、磁界を変化させるとその変化をさまたげる向きに誘導電流が生じるというレンツの法則については、発展として扱います。

直流と交流

右図の実験を行い、一定の向きに流れる電流を**直流**といい、向きが周期的に変化している電流を**交流**ということ学習します。**交流**については、家庭のコンセントに供給される電流であることや変圧器によって電圧を簡単に換えられるという利点があることも学習します。



変圧器の構造やしくみまでは学習していないので、「なぜ、交流だけが電圧を簡単に換えられるのか」を疑問に思っている生徒がいると考えられます。

【磁場と磁界について】

磁力がはたらいっている空間を磁場または磁界というが、中学校教科書では「磁界」としている。

2 探究活動の充実

実験 電磁調理器を使った電磁誘導の実験

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験データの分析・解釈

E-9 観察・実験の結果を分析・解釈する力

観察・実験の結果を分析・解釈した記述例

電磁調理器の中のコイルに交流が流れると、コイルの周りの磁界が変化するため、別のコイルを近づけると、誘導電流が流れ、電球が点灯する。

問題解決に必要な知識

○電磁誘導

コイル内部の磁界が変化すると、コイルに電流を流そうとする電圧が生じ、誘導電流が流れる。

○交流

電流の向きが、周期的に変化している。

○電磁石

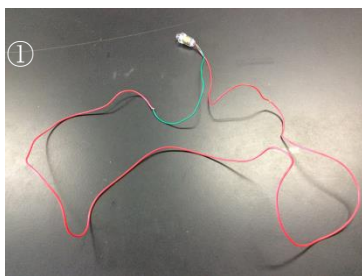
コイルに電流を流すとコイルが磁石になる。

準備

・電磁調理器 ・金属のなべ等 ・豆電球 ・ソケット ・ビニール線

方法

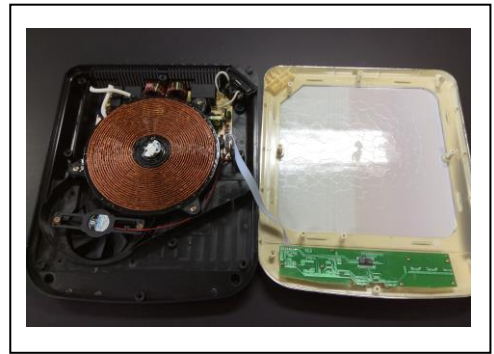
- ① 豆電球のソケットとビニール線を輪になるようにつなぐ。
- ② 金属のなべ等に水を入れる。
- ③ ②を電磁調理器の中央に載せて、電磁調理器のスタートボタンを押す。
- ④ ①を電磁調理器の上に近づけると豆電球が点灯する。



60Wの電球でダイナミックに！！

電磁調理器の本体内部にはコイルがあり、そこに流れる電流の向きが常に変化するようになれば磁界も変化します。すると金属のなべの底に誘導電流が流れます。

ビニール線と豆電球のソケットを輪になるようにつなぎ、電磁調理器の上に近づけると豆電球が点灯します。永久磁石を動かすかわりに、コイルに交流を流し電磁誘導を起こすことで、変圧器のしくみを考える視点をもつことができます。



探究活動を充実させるポイント

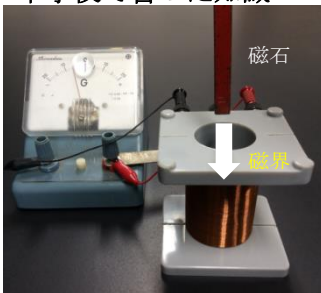


事象を観察させ、生徒から疑問を引き出す。

「なぜ、豆電球が光るのか」

電磁調理器の中にコイルがあることや交流電流が流れていることを示す。中学校で学習してきた電磁誘導と関係づけて考えさせる。

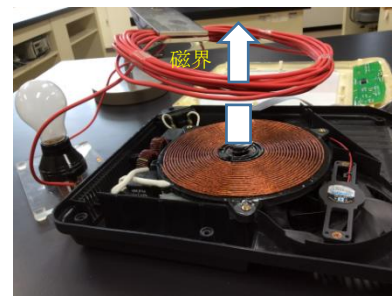
中学校で習った知識



磁石を動かし、コイルの磁界を変化させる。

交流が、磁石を動かしているように、磁界を変化させ、誘導電流が流れる。

電磁調理器で起こっている電磁誘導

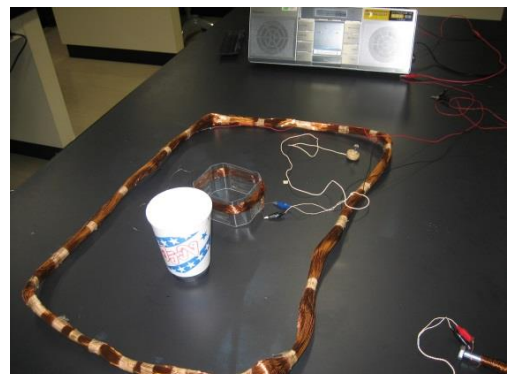
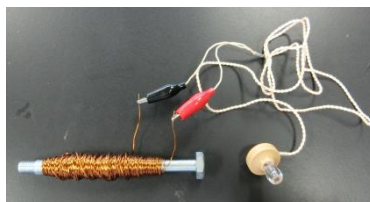


電磁調理器に交流が流れ、コイルの磁界を変化させる。

教室を変圧器に～ラジカセの音声電流を用いた無線通信実験～

準備 大きいコイル (100mくらいのビニール線又はエナメル線を数十回巻いたもの)
 様々な巻数のコイル
 クリスタルイヤホン
 ラジカセ
 ミノムシクリップ

ラジカセのイヤホン端子に大きなコイルをつなぎ、音楽を流します。クリスタルイヤホンと小さいコイルをつないだものを用意し、イヤホンを耳にあてコイルを大きなコイルに近づくと、ラジカセの音楽などが聞こえます。



3 物理学と日常生活とのかかわり

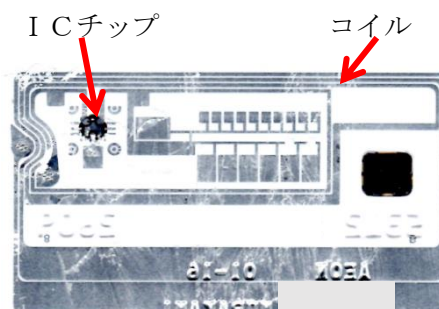
ACアダプタ

ACアダプタ（AC-DCアダプタ）は、コンセントより得た交流電力を、内部の変圧器（トランス）によって電圧を降下（降圧）させた後、ダイオードによって整流し、直流電力を出力する機器である。



ICカードと自動改札機

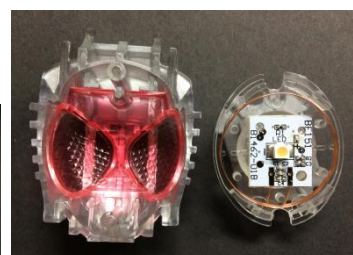
ICカードを自動改札にかざします。自
13.56MHzの電波が放出されるので、これ
導が起こり、カードに電流が流れます。
入場した」「どの駅
で退出した」という情報がカードに書き



「Suica」「Edy」「nanaco」「Wao」
学などの身分証、マンションなどの入室で使う電子キーにもこの技術が活用されています。

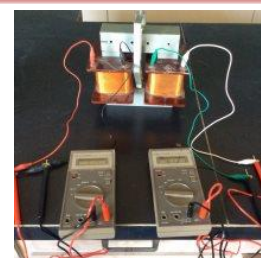
仮面ライダー変身ベルト

リングは、変身ベルトにかざすと光る仕様になっています。しかし、
リングを分解してみると電池などは入っていません。リングの中には、
LED、コイル、ICチップが入っています。
なぜ、電池がないのにリングが光るの
か？それは、変身ベルト側から電波が放
出され、コイルを内蔵したリングを近づ
けると電磁誘導が起こりリングのコイル
に電流が流れLEDが点灯するからです。
これは、Suicaのしくみと一緒です。
だから、自動販売機のICカード箇所
リングを近づけても点灯します。



4 チャレンジ問題

右図は、変圧器の性質をテスターで調べたものである。一次コイルの巻数が250、二次コイルの巻数が500である。一次コイルのテスターの値が50Vであった。二次コイルに加わる交流電圧の値は、何Vになるか。



解答・解説

$$V_{1e} : V_{2e} = N_1 : N_2 \text{ より}$$

$$50 : X = 1 : 2 \quad X = 100V$$

実測値

1回目		2回目		3回目	
1次コイル	2次コイル	1次コイル	2次コイル	1次コイル	2次コイル
50.1	98.4	50.1	99.3	49.9	97.3

13

手回し発電機

1 中学校の内容

【中学校で学習したこと】

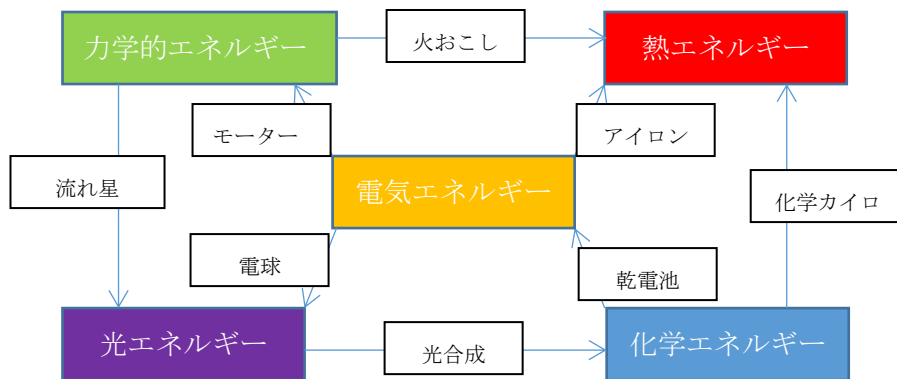
エネルギーの変換

日常生活で利用しているものとして、表1のようなエネルギーを学んでいる。

表1

電気エネルギー	化学エネルギー	位置エネルギー	運動エネルギー
力学的エネルギー	熱エネルギー	光エネルギー	音エネルギー

エネルギーの変換では、「もとなるエネルギーが全て目的のエネルギーに変換されることはなく、一部は別のエネルギーとなる」ことを学習します。また、【図1】のさまざまな姿に移り変わるエネルギーの例を通して、「エネルギーは相互に変換できるが、変換のしやすさはエネルギーの種類によって違いがあること」に気づかせ、「もとのエネルギーから目的のエネルギーに無駄なく変換する工夫が重要であること」を学習します。



【図1】さまざまな姿に移り変わるエネルギーの例

エネルギーの保存

図2はプーリー付き手回し発電機を使って、「位置エネルギーから電気エネルギーへの変換効率」を求めるものである。

変換効率を求めるときのポイント

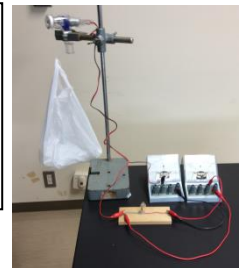
重力がした仕事 [J] = おもりにはたらく重力 [N] × 落下距離 [m]

発電した電気エネルギー [J] = 電圧 [V] × 電流 [A] × 落下時間 [s]

発電効率 [%] = 発電した電気エネルギー ÷ 重力がした仕事 × 100

位置エネルギーが電気エネルギーに変換される過程で、一部が熱や音などのエネルギーに変換されて失われていることを計算結果から、見出します。さらに、エネルギー変換の際のエネルギーの減少を少なくするにはどのような対策があるかを考えます。

熱や音など、失われるエネルギーまで含めれば、エネルギー変換の前後で、エネルギーの総和は変わらない。これを、エネルギーの保存という。



【図2】

2 探究活動の充実

実験 手回し発電機の実験

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験データの分析・解釈

E-9 観察・実験の結果を分析・解釈する力

観察・実験の結果を分析・解釈した記述例

- ① 手回し発電機の端子を直接つないで短絡させたほうが、たくさんのエネルギーを使っているため、手回し発電機で仕事をしてエネルギーを多く作り出さないといけないので、手応えが重くなる。
- ② 手回し発電機の端子を直接つないで短絡させると、大きな電流が流れ、消費電力が大きくなるため、手応えが重くなる。

問題解決に必要な知識

- ・ 手回し発電機に、豆電球や LED をそれぞれつないで回したとき、LED の方が手応えが軽い。
- ・ LED と豆電球では、LED の方が省エネルギーである。

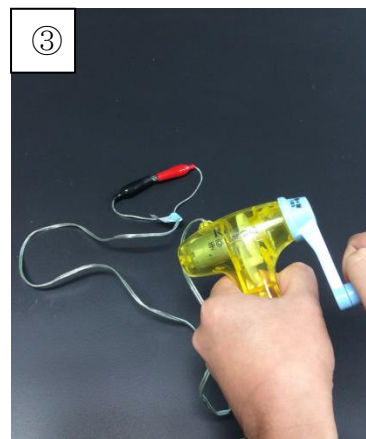
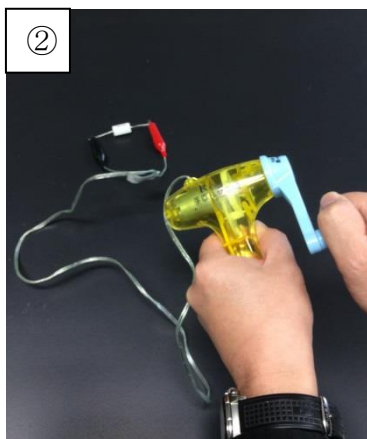
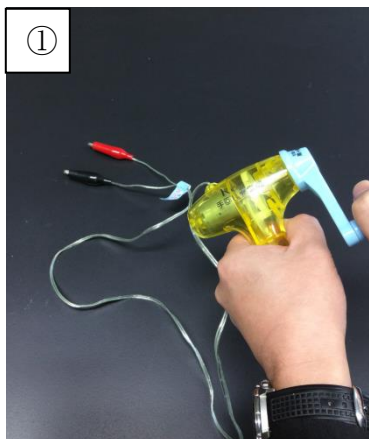
準備

・ 手回し発電機 ・ セメント抵抗など (100Ω) ・ 豆電球 ・ LED

方法

手回し発電機の端子間を①～③のようにし、同程度の速さでハンドルを回す。その際、ハンドルの手応えの大きさが最も重いものと軽いものを予想させてから実験を行う。

- ① 何も接続しない
- ② 抵抗を接続する
- ③ 直接つなぐ



【結果】

手応えが大きい ←			→	手応えが小さい
③	②			①

探究活動を充実させるポイント

生徒のつまずき

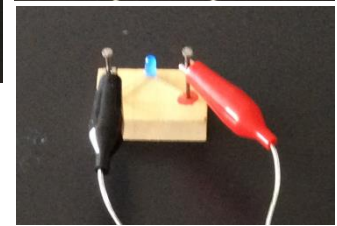
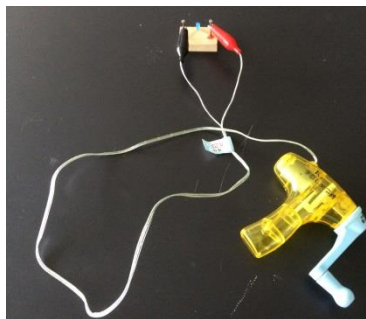
手回し発電機の手応えは、回路を流れる電流が大きいほど、大きくなります。しかし、手回し発電機につないだ電気抵抗が大きいほうが回す力は大きく、電気抵抗が小さいと回す力は小さくてすむと予想する生徒が多数いると考えられます。このような考えをもつのは、電気抵抗が大きいから回すのに力が必要であると考えられるためだと考えられます。

このような生徒の考えを覆すためにも、実験をさせることが大切です。そして、「手回し発電機の端子を直接つないで短絡させた状態の手応えが重くなる理由」を小学校の学習内容と関係づけて考えさせます。

小学校の学習内容① 手回し発電機を使った実験

手回し発電機で、発光ダイオードと豆電球を点灯させたときの手応えの違いを調べる実験を行います。

この実験では、「豆電球の方がよりたくさんのエネルギーを使っている」ことを手回し発電機の手応えの差として実体験します。



関係づける

小学校の実験を体験する

- ・手回し発電機の端子を直接つないで短絡させたほうが、たくさんのエネルギーを使っているため、手回し発電機で仕事をしてエネルギーを多く作り出さないといけないので、手応えが重くなる。
- ・手回し発電機の端子を直接つないで短絡させると、大きな電流が流れ、消費電力が大きくなるため、手応えが重くなる。

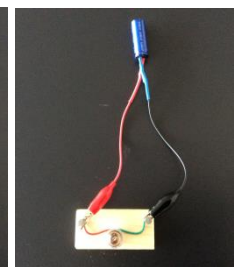
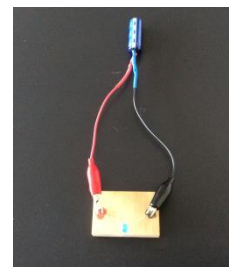
小学校の学習内容② コンデンサーを使った実験

手回し発電機とコンデンサーを直接つなぐ場合は、回す**速さ**に注意する。（速すぎると、手回し発電機やつなぐ装置を壊す恐れがあり、遅すぎると必要な電圧にならない・・・）

1秒間に3回ぐらいの速さで50回ハンドルを回して電気をためる。

これでおおよそ3Vの電圧が蓄電される。（2Vぐらいだと発光ダイオードは光らない）

※テスターにつなぐと、電気がたまっていく様子が数値で見ることができます。



発光ダイオードの方が長く明かりがつくことから、豆電球より省エネルギーである。

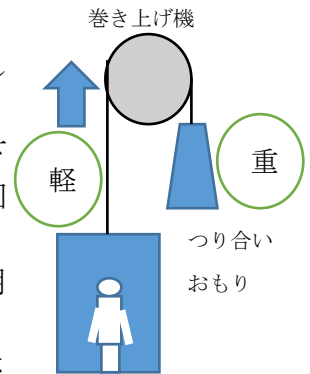
3 物理学と日常生活とのかかわり

回生電力

エレベーターは、人が乗るカゴと、つり合いおもりが、ロープを介して巻き上げ機の綱車につるべ状に掛けられた構造をしています。おもりの質量は定格積載の約半分に設定されているので、ほぼ満員の状態で下降する場合や少人数で上昇する場合は、モーターが回って発電する「回生運転」となり、回生電力を得られます。

エレベーターの運転状況により発生する回生電力を建物内で有効利用する等して、省エネルギー化が図られます。

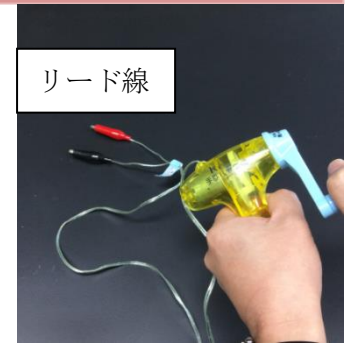
また、電気自動車では、タイヤの回転を使いモーターで電力を発生させ、車両に搭載した蓄電池に充電し、加速時の電力とするなど、この仕組みは広く用いられている。



4 チャレンジ問題

手回し発電機は、ハンドルを回転させることによって起電力を発生させる装置である。手回し発電機の2つの端子を図1に示すa～cのように接続を行い、いずれの接続の場合でも同じ起電力が発生するように、同じ速さでハンドルを回転させた。a～cの接続について、ハンドルの手ごたえが軽いほうから重いほうに並べた順として正しいものを、下の①～⑥のうちから1つ選べ。

(2009 センター試験 改)



豆電球

端子同士をつなぐ

割り箸をつなぐ

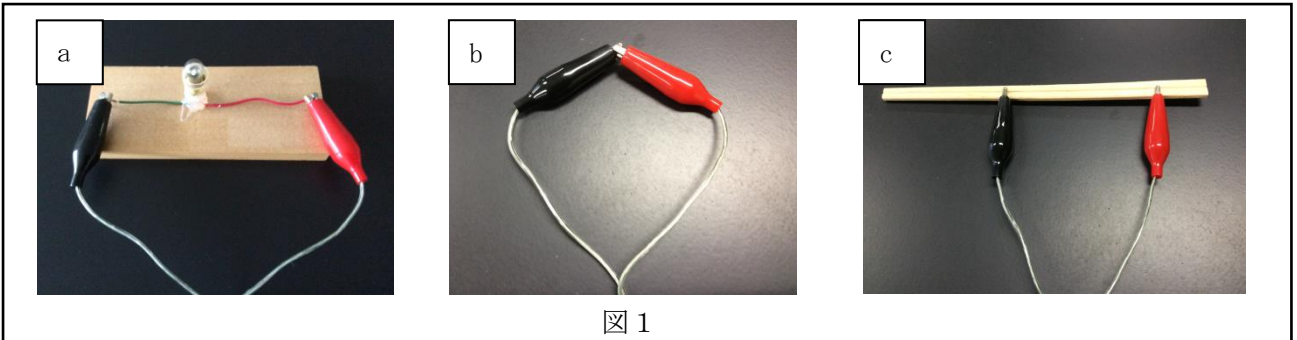


図1

	ハンドルの手ごたえ		
	軽い ←		→ 重い
①	a	b	c
②	a	c	b
③	b	a	c
④	b	c	a
⑤	c	a	b
⑥	c	b	a

解答・解説

⑤