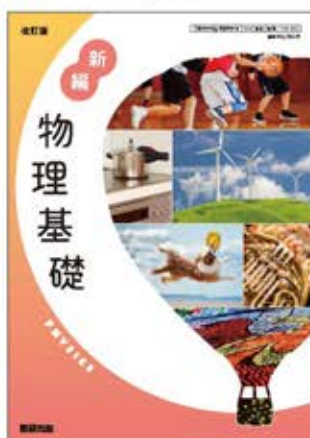


## ダイジェスト版

物基/104-902



物理/104-901



物理/104-902

物理/104-903

改訂!



## 教科書「改訂版 新編 物理基礎」

- 1 教科書の特長
- 5 教科書紙面の紹介
- 46 「改訂版 物理基礎」「改訂版 新編 物理基礎」教科書 2点比較
- 100 QR コンテンツ一覧
- 108 副教材 (準拠ノート)

## 教科書「改訂版 物理」「改訂版 総合物理」

- 48 教科書の特長「改訂版 物理」
- 50 教科書紙面の紹介「改訂版 物理」
- 78 特集 物理基礎と物理のつながり
- 79 教科書の特長「改訂版 総合物理」
- 80 教科書紙面の紹介「改訂版 総合物理」
- 104 QR コンテンツ一覧

- 110 教授資料
- 121 Suken AI ナビ
- 122 著作者・編集協力者/授業時間配分表
- 124 デジタル教科書/デジタル副教材
- 128 Studyaid D.B.
- 副教材

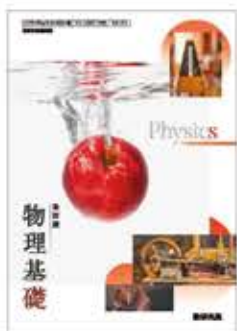
全教科全力宣言!

数研出版の高校教科書

教科書の詳細は  
こちら!紹介動画は  
こちら!

# 数研出版の物理教科書

改訂版  
(低学年用)



	改訂版 物理基礎	改訂版 新編 物理基礎
特徴	学びやすく、「自ら考える力」を養える教科書	日常生活とのつながりを感じながら、無理なく基本が身につく教科書
基本情報	物基/104-901 A5判・312ページ+折込付録	物基/104-902 B5判・224ページ+折込付録

物理全点改訂しました!

改訂版  
(高学年用)



	改訂版 物理	改訂版 総合物理
特徴	学びやすく、「自ら考える力」を養える教科書	高校物理が系統的に学べる教科書
基本情報	物理/104-901 A5判・472ページ	物理/104-902, 104-903 A5判・304ページ, 376ページ+折込付録

## 「改訂版 新編 物理基礎」は、こんな教科書です!

特長 1

物理への「興味・関心」を育み、「主体的な学び」をサポートします。

日常生活と関連した要素や、興味関心をひく要素が充実。生徒の学習意欲を高められます。

特長 2

「取り組みやすさ」、「わかりやすさ」を重視。つまづき解消のための工夫が充実。

「例題+類題」や「Zoom」など、つまづき解消のための工夫が充実。しっかり知識を定着できます。

特長 3

学習した内容を活用する力を養い、学びを深めることができます。

「実験データを分析してみよう」などを通じて、得た知識を活用する力を養い、深い学びを実現できます。

## 「改訂版 新編 物理基礎」の改訂ポイント

1 生徒の興味をひきだす新コーナー

面白い物理の現象をクイズ形式で扱う「結果を予想してみよう」を前見返しに掲載しています。



2 「わかりやすい」をさらにアップデート

グラフの読み取り方をまとめた「グラフのPoint」を新設。また、つまづきやすい内容を解説する「Zoom」の拡充もしています。

3 「実験データを分析してみよう」を新たに掲載

与えられたデータから表やグラフをかいたり、結果から読み取れることを記述させたりする固み要素「実験データを分析してみよう」を新設。



特長 1

物理への「興味・関心」を育み、「主体的な学び」をサポートします。

「結果を予想してみよう」 NEW  
面白い物理の現象をクイズ形式で扱う特集を前見返しに掲載。また、QRコードから映像を見て択一式のクイズに答える「映像クイズ」にもアクセスできます。

結果を予想してみよう  
先に落下するのは？  
卵が浮かぶ？  
ドライアイスはどのように動く？

▶前見返し「結果を予想してみよう」(→本冊子 8)

特長 2

「取り組みやすさ」、「わかりやすさ」を重視。つまずき解消のための工夫が充実。

▼p.16「用語」(→本冊子 18)

用語 時刻と時間  
時刻 時間経過におけるある瞬間。  
時間 ある時刻とほかの時刻との間隔。  
時刻  $t = 3.0\text{s}$   
時間  $\Delta t = 3.0\text{s}$

▼p.17「用語」(→本冊子 19)

用語 Aに対するBの相対速度  
[Aから見たBの速度]という意味。  
自動車に対する電車の相対速度  
→自動車から見た電車の速度

▼p.34「用語」(→本冊子 24)

用語 鉛直方向と水平方向  
鉛直方向 重力がはたらく方向  
水平方向 鉛直方向と直交する方向

「用語」の拡充 NEW  
物理に特有の表現について補足する「用語」をさらに拡充しました。新規の用語を増やすとともに、図版や例文を用いた解説で理解しやすくしています。

Zoom 重ねあわせの原理による作図  
Step 1 元のグラフを写し、合成波の位置を決定する。  
Step 2 Step 1の合成波を元の合成波と重ね合わせる。  
確認してみよう  
確認してみよう

▲p.125「Zoom」(→本冊子 35)

「Zoom」の拡充 NEW  
つまずきやすい内容を解説する特集「Zoom」に「重ねあわせの原理による作図」、「反射波の作図」を追加。つまずき解消のためのフォローがさらに充実しました。

「グラフのPoint」 NEW  
グラフの読み取り方をまとめたもので、グラフを見る際の要点が確認できます。Q & A形式の簡単な問題も掲載しており、理解度の確認もできます。また、QRコードから「ドリル」で追加問題にも取り組みます。「等速直線運動、等加速度直線運動のv-t図、x-t図」など全12個項目を巻末に掲載。

グラフのPoint ① v-t図  
② v-t図 (傾斜/面積の場合)  
③ x-t図  
④ x-t図 (傾斜/面積の場合)

▲p.204-205 「グラフのPoint」(→本冊子 42)

特長  
3

学習した内容を活用する力を養い、  
学びを深めることができます。



「実験データを分析してみよう」 NEW

教科書中の実験について、与えられたデータから表やグラフをかいたり、結果から読み取れることを記述させたりする読み要素を新設。大学入学共通テストなどで求められることもある探究的に知能を活用する力を培うことができます。

◀ p.25「実験データを分析してみよう」(→本冊子 23)

その他のPOINT

- 「持続可能な世界を目指して (SDGs 特集)」(教科書 後見返し) (→本冊子 44)
- 働く人のインタビュー記事(教科書 p.187) (→本冊子 41)

QRコンテンツ 本冊子 100~103

教科書紙面のQRコードからデジタルコンテンツがご利用いただけます。

教授資料 本冊子 110~120

従来の授業用スライド・プリントデータ、映像・アニメーションコンテンツなどに加え、新たに単元テストや小テスト、ルーブリック評価表も収録し、さらにデータが充実しています。

デジタル教科書 本冊子 124~127 副教材 本冊子 裏表紙

「改訂版 新編 物理基礎」にぴったりの副教材を豊富なラインアップでご用意しています。



物理の現象の規則性や法則性を見出して理解するための実験や、学習内容と関連づけて理解を深めるための実験などを本文で扱った。

いずれの実験も、先生の指導を受けて安全に注意して行うことが重要である。けがをしたり、器具を壊すおそれのある実験については、右のマーク(または「注意」マーク)で注意を促した。



問 00

学習したばかりの内容を復習し、確実な理解をはかる問題。思考力を要するものには「考」をつけた。

例題 00

学習した法則や公式をしっかり理解するための問題。「解」としてその解き方も示した。

類題 00

例題をもとにして、自力で考察する問題。

演習問題

学習の仕上げとして、学習内容をもとに考察する問題。「思考問題」として、学習内容をもとに、思考力をはたらかせながら考える問題も扱った。



理解しづらいところや間違えやすいところを、重点的に説明した。



学習内容に関連した、身近な話題などを取り上げた。



本文の記述をより深く理解するための内容を扱った。



「物理基礎」の学習指導要領に示されていない事項で、本文の理解を深める内容を扱った。必要に応じて取り組むとよい(「物理」で扱う内容には「物理」をつけた)。



中学校での履修内容や、数学知識など、理解に必要な予備知識を取り上げた。

問・類題・演習問題の総解は巻末にまとめた(→p.217)。

※ 「発展」にきまれる問については、問題文の末尾に「」で総解を示した。

コラム・参考については、関連する教科・科目をアイコンで示した。



実験データを分析してみよう

基本的な実験について、データを分析する方法や結果から考察できることを理解するための問題。巻末に解答例をまとめて掲載した(→ p.220)

学んだことを説明してみよう

学習内容を振り返るための問いかけを扱った。学んだことを自分の言葉で表現してみよう。巻末に解答例をまとめて掲載した(→ p.221)。

インターネットへのリンクマーク

この教科書に関連した参考資料、理解を助ける映像やアニメーションなどが利用できる目印。これらの資料は、右のアドレスまたは二次元コードからアクセスできるので、必要に応じて活用してほしい。



インターネット接続に際し発生する通信料は、使用される方の負担となりますのでご注意ください。

<https://www.chart.co.jp/qr/26sp2/>

↑コンテンツ一覧もこちらから閲覧できます。

アニメーションや映像などのコンテンツを紙面のQRコードからご覧いただけます(→コンテンツの内容など詳しくは、本冊子 100~103)。

8 巻頭特集 結果を予想してみよう ..... A  
 おもな物理量とその単位 ..... C  
 物理量の扱い方 ..... 4

### 第1編 運動とエネルギー

#### 第1章 運動の表し方

1 速度 ..... 10  
 2 加速度 ..... 20  
 3 落体の運動 ..... 32  
 演習問題 ..... 40

#### 第2章 運動の法則

1 力とのはたらき ..... 41  
 2 力のつりあい ..... 44  
 3 運動の法則 ..... 55  
 4 摩擦を受ける運動 ..... 66  
 5 液体や気体から受ける力 ..... 69  
 演習問題 ..... 73

#### 第3章 仕事と力学的エネルギー

1 仕事 ..... 74  
 2 運動エネルギー ..... 78  
 3 位置エネルギー ..... 80  
 4 力学的エネルギーの保存 ..... 83  
 演習問題 ..... 91

特集 スポーツのサイエンス ..... 92

### 第2編 熱

#### 第1章 熱とエネルギー

1 熱と物質の状態 ..... 96  
 2 熱と仕事 ..... 105  
 演習問題 ..... 109

特集 台所のサイエンス ..... 110

### 第3編 波

#### 第1章 波の性質

1 波と媒質の運動 ..... 114  
 2 重ねあわせの原理 ..... 124  
 演習問題 ..... 130

### 第2章 音

1 音の性質 ..... 131  
 2 発音体の振動と共振・共鳴 ..... 134  
 演習問題 ..... 141

特集 楽器のサイエンス ..... 142

### 第4編 電気

#### 第1章 物質と電気抵抗

1 電気の性質 ..... 146  
 2 電流と電気抵抗 ..... 149  
 3 電気とエネルギー ..... 163  
 演習問題 ..... 165

#### 第2章 磁場と交流

1 電流と磁場 ..... 166  
 2 交流と電磁波 ..... 169  
 演習問題 ..... 175

特集 家電のサイエンス ..... 176

### 第5編 物理学と社会

#### 第1章 エネルギーの利用

1 エネルギーの移り変わり ..... 178  
 2 エネルギー資源と発電 ..... 180

#### 物理学が拓く世界

スポーツと物理学 ..... 186  
 防災と物理学 ..... 188  
 自動車と物理学 ..... 190

チャレンジしてみよう! ..... 192  
 探究の進め方 ..... 196  
 ガリレオ・ガリレイに学ぶ「探究」 ..... 198  
 物理をわかりやすく表現する ..... 202

グラフのPoint ..... 204

資料編 1. 物理のための数学の基礎 ..... 210  
 2. 表 ..... 215  
 略解 ..... 217  
 索引 ..... 222

巻末特集 物理学発展の歩み ..... J  
 持続可能な世界を目指して ..... K

#### 新要素「グラフのPoint」

NEW!

すべての「実験」に映像をテロップ・音声付きで用意。当該紙面の右下のQRコードから、映像をご覧いただけます。

#### 実験

22 ① 斜面を降下する台車の運動 ..... 24  
 ② 重力加速度の大きさ  $g$  の測定 ..... 33  
 ③ 力のつりあい ..... 49  
 ④ 作用反作用の法則 ..... 51  
 ⑤ 台車に力を加えるときの運動 ..... 56  
 ⑥ 静止摩擦力 ..... 67  
 ⑦ 浮力の測定 ..... 71  
 ⑧ 重力による位置エネルギー ..... 81  
 ⑨ 力学的エネルギー保存則 ..... 85  
 ⑩ 力学的エネルギー保存則の検証 ..... 89  
 ⑪ ブラウン運動 ..... 96  
 ⑫ 比熱の測定 ..... 100  
 ⑬ 仕事による熱の発生 ..... 105

⑭ 横波と縦波の発生 ..... 122  
 ⑮ 音の波形 ..... 132  
 ⑯ 弦の振動と音階の関係 ..... 135  
 ⑰ 気柱の振動と音階の関係 ..... 136  
 ⑱ おんさの振動数の測定 ..... 138  
 ⑲ 振り子の共振 ..... 140  
 ⑳ オームの法則 ..... 155  
 ㉑ 抵抗値の測定 ..... 160  
 ㉒ ジュールの法則 ..... 164  
 ㉓ 赤外線と紫外線の放射の観察 ..... 174  
 ㉔ 手回し発電機 ..... 178  
 ㉕ 放射線の測定 ..... 182

#### コラム

他教科・他科目に関連する「コラム」を掲載。

NEW!

■ 新幹線の速さを求めてみよう ..... 11  
 ■ 加速度の感知 [生物] ..... 20  
 ■ 花火の打ち上げと鉛直投射 ..... 37  
 ■ 橋から学ぶ力のつりあい ..... 51  
 ■ ストローでジュースが飲めるのはなぜ? ..... 70  
 ■ 氷山の一角はどれくらい? [国語] ..... 72  
 ■ クロールで進むには [体育] ..... 77  
 ■ 自動車が停止するまでに進む距離 ..... 79  
 ■ テッドボールと力学的エネルギー [体育] ..... 85  
 ■ 海陸風 [地理] ..... 101  
 ■ フリーストライ [化学] [音楽] ..... 102  
 ■ 注射の怖さでヒンヤリ? ..... 103  
 ■ 氷が水に浮くのは当たり前? [化学] ..... 104  
 ■ 飛行機で用いられるのは暖房? 冷房? ..... 107

■ 熱機関の歴史 [歴史] ..... 108  
 ■ 海の波はどのように起こるか [美術] ..... 123  
 ■ 波を波で弱める!? ..... 130  
 ■ ギターと音階 [音楽] ..... 135  
 ■ 地震とビルの共振 [地理] ..... 141  
 ■ もう静電気は怖くない!? ..... 148  
 ■ 電流と自由電子の移動の向きはどうして逆なの? ..... 149  
 ■ 体脂肪計はどうやって体脂肪率を測定している? ..... 151  
 ■ 電気の普及は電灯から始まった? [歴史] ..... 155  
 ■ デジタル放送のメリットは高画質だけでない? ..... 174  
 ■ 謎の光? X線 ..... 175  
 ■ エネルギーが保存されるなら「省エネルギー」は不要? ..... 179

#### Zoom

つまずきやすい内容を解説する「Zoom」を拡充。

NEW!

20 ■ 相対速度 ..... 18  
 ■ 速度と加速度の正負 ..... 22  
 ■ 等加速度直線運動の式 ..... 30  
 ■ 自由落下と鉛直投射 ..... 36  
 ■ 力の成分の求め方 ..... 46  
 ■ 物体が受ける力の見つけ方 ..... 52  
 ■ 運動方程式の立て方 ..... 60

■ 力学的エネルギー保存則の式の立て方 ..... 86  
 ■ 波のグラフ ..... 120  
 ■ 重ねあわせの原理による作図 ..... 125  
 ■ 反射波の作図 ..... 129  
 ■ 電気の測定器の使い方 ..... 156  
 ■ 電気回路の見方 ..... 158

#### 参考

17 ■ 物理量と単位 ..... 13  
 ■ ベクトル [数学] ..... 15  
 ■ 瞬間の加速度 ..... 21  
 ■ 等加速度直線運動の  $v-t$  図と変位  $x$  の関係 ..... 27  
 ■ 記録用の紙テープを用いた加速度運動の分析 ..... 29  
 ■ 力の成分の表し方 ..... 45  
 ■ 斜面上で物体がすべり始める角度 ..... 68  
 ■ 仕事の一般式 ..... 75  
 ■ 熱の伝わり方 ..... 103  
 ■ 線膨張率 ..... 104  
 ■ 熱力学第一法則の別の表現 ..... 107  
 ■ 永久機関 ..... 109  
 ■ 等速円運動と単振動 ..... 116  
 ■ 位相 ..... 118  
 ■ 開口端補正 ..... 137  
 ■ 電気抵抗の原因は? ..... 151

#### 発展

■ 平面上の速度の合成・平面上の相対速度 ..... 19  
 ■ 斜方投射 ..... 38  
 ■ 水平投射の式・斜方投射の式 ..... 39  
 ■ 第二種永久機関 ..... 109  
 ■ 弦を伝わる波の速さ ..... 135  
 ■ 静電誘導 ..... 148  
 ■ フレミングの左手の法則 ..... 168  
 ■ レンツの法則 ..... 168

#### 実験データを分析してみよう

■ 斜面を降下する台車の運動 ..... 25  
 ■ 台車に力を加えるときの運動 ..... 58  
 ■ 比熱の測定 ..... 100  
 ■ おんさの振動数の測定 ..... 138  
 ■ 抵抗値の測定 ..... 162

#### 新要素「実験データを分析してみよう」

NEW!

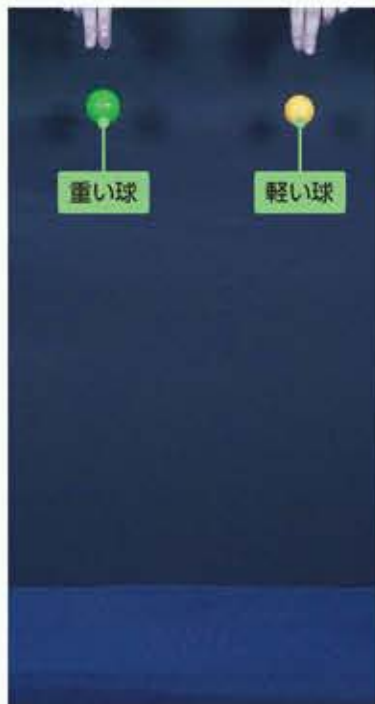
\*本文中、一部の用語には、英語による表記をそえた。なお、[ ]は省略してもよい部分、[ ]は別の英語表現を表している。

面白い物理の現象をクイズ形式で扱う特集を前見返しに掲載。

# 結

## 果を予想してみよう

ここで取り上げた実験には、これから学習する物理の内容が関係している。それぞれの実験がどのような結果になるか予想してみよう！ ※結果は右ページの二次元コードから確認できます。



### 先に落下するのは？

質量の異なる2球を同じ高さから同時に落下させる。先に床に到達するのは、どちらの球だろうか。 ▶ p.32 落体の運動

### 卵が浮かぶ？

水道水と十分に塩を溶かした水(食塩水)に卵を入れる。卵が浮かぶのはどちらだろうか。 ▶ p.71 浮力



### ドライアイスはどのように動く？

台車にドライアイスをおいて、台車を写真の右向きに加速させる。ドライアイスはどのように動くだろうか。

▶ p.55 慣性の法則



### 速いのは？ インクの拡散が

水と湯にインクを落として観察する。インクが拡散するのが速いのはどちらだろうか。 ▶ p.96 熱運動



映像を見て択一式のクイズに答えるコンテンツ「映像クイズ」をQRコードからご覧いただけます(→詳しくは100)。

Link >>>  
映像クイズ



### ストローに付着するのは？

静電気を帯びたストローを近づけると、ごまとコショウのどちらがストローに付着しやすいだろうか。

▶ p.146 静電気



### 高い音が鳴るのは？

ワイングラスのふちを水でぬらした指でこすると、グラスの振動によって音が鳴る。空のワイングラスと水の入ったワイングラスでは、どちらのほうが高い音が鳴るだろうか。 ▶ p.134 発音体の振動と共振・共鳴



### 風船は膨らむ？

十分に温めた瓶の口に風船をつけてしばらく放置する。風船はどうなるだろうか。

▶ p.102 物質の三態



# 物理量の扱い方

「物理量の扱い方」について、わかりやすくまとめました。学習の途中で、必要に応じて参照することができます。

物理では、さまざまな現象を調べて、距離や時間などの量の関係を数式で表したり、実験データを分析したりします。「物理基礎」の学習を始める前に、物理量の表し方やデータの扱い方を身につけましょう。



## 1 物理量の表し方

### A 単位

国際単位系(略称SI)は、メートル(m:長さの単位)、キログラム(kg:質量の単位)、秒(s:時間の単位)などの7種を**基本単位**とする単位系である。長さなどの量は、基本単位を組み合わせた**組立単位**を用いて表される。組立単位の中には、ニュートン(N:力の単位)のように固有の名前がつけられているものもある。

一般に、物理で扱われる**物理量**は、1.5m、0.80m/sなど、「数値」と「単位」の積で表される。同じ物理量でも、単位を変えれば数値も変わってしまう。物理量を比較するときには、単位を共通にそろえるなどの工夫が必要となる。

- 100cm = 1m
- 1000g = 1kg
- 1時間 = 60分 = 3600s
- 1000mA = 1A

### 物理で扱う単位の例

種類	物理量	単位	
		名称	記号
基本単位	長さ	メートル	m
	質量	キログラム	kg
	時間	秒	s
	電流	アンペア	A
組立単位	速さ	メートル毎秒	m/s
	力	ニュートン	N



ワーク1 (1) 160cmの身長は何mか。

- (2) 500gの台車に1kgのおもりをのせた。質量はあわせて何kgか。
- (3) お湯を入れて3分でカップ種を作るには、何秒待たばよいか。
- (4) 電流計の針が150mAを示した。流れた電流は何Aか。



デジタルコンテンツの場所には Link アイコンを配置。

本書では、表記を簡潔にするため、計算の過程などで単位を省略して数値のみで表すことがある。また、物理量を記号(時間tなど)で表す場合は、記号は数値と単位の積を表すとみなせるので、記号の後に単位をつける必要はない。ただし、その物理量がもつ単位を明示したほうがわかりやすい場合、本書では、記号の後に「」で単位を示した(時間t[s]など)。

### B 数式の表し方

物理では、物体の運動などを扱うときに、通常、数式を用いて考察する。このような数式では、それぞれの物理量は記号(文字)で表される。

例えば、豆電球に電流を流すとき、豆電球の抵抗をR、流れる電流をIとすれば、豆電球の両端に加わる電圧Vは次のように表される。

$$\text{電圧} = \text{抵抗} \times \text{電流} \quad \Rightarrow \quad V = RI$$

それぞれの物理量について、よく用いられる記号の例を次のページに示した。これらの記号には、英語表記の頭文字が使われている場合が多い。記号のもととなる英語にも目をとめながら、学習を進めていこう。



### 数式で用いられるおもな記号(文字)の例

物理量	距離	質量	時間	速さ	加速度	力	仕事	温度	抵抗	電流	電圧
英語	-	mass	time	-*	acceleration	Force	Work	Temperature	Resistance	-**	Voltage
おもな記号	x	m	t	v	a	F	W	T	R	I	V

\* 速度(velocity)の頭文字がよく使われる。 \*\* 電流の大きさ(強さ: Intensity)からとの説もある。

ワーク2 次の数式を、上の表に示した記号(文字)で表してみよう。

- (1) 距離 = 速さ × 時間
- (2) 質量 × 加速度 = 力
- (3) 仕事 = 力 × 距離
- (4) 抵抗 = 電圧 / 電流

### C 次元

それぞれの物理量には固有の**次元**がある。物理量の次元は、長さの次元[L]、質量の次元[M]、時間の次元[T]などの組合せで表される。

例えば、速さ(=距離÷時間)の次元は[L]÷[T]=[L・T<sup>-1</sup>]、加速度(=速度の変化÷時間)の次元は[L・T<sup>-1</sup>]÷[T]=[L・T<sup>-2</sup>]である。このとき、速さの次元は、長さについて1次元、時間について-1次元であり、加速度の次元は、長さについて1次元、時間について-2次元である。という。次元を考えると、計算によって得られた結果の妥当性(正否)を判断したり、次元をもたない定数の係数以外のさまざまな物理量の間の関係を見つけたりすることができる。

## 2 物理量の測定と有効数字

### A 目盛りの読み方

測定においては、測定器具についている最小目盛りの10分の1までを目分量で読み取る。例えば、日常使用するものさしでは1mmが最小目盛りなので、0.1mmの位まで読み取ればよい。



### B 誤差

ものさしで長さをはかったり、はかりで重さをはかったりするとき、ものさしやはかりの精度には限界があり、また目盛りの読み取りは正確にはできない。そのため、真の値と測定値との間に差が生じる。この差を**誤差**という。誤差には次の2種類がある。

(a) 絶対誤差(ふつう「誤差」というと、絶対誤差のことをいう)

$$\text{絶対誤差(誤差)} = \text{測定値} - \text{真の値}$$

(b) 相対誤差(「誤差何%」というときに使う)

$$\text{相対誤差} = \frac{|\text{誤差}|}{\text{真の値}} \times 100\%$$

誤差を小さくするには、何度も測定して、測定値の平均を求めるなどの方法がある。

### C 有効数字

本の質量を電子はかりで測定すると、357gと表示された。こうして得た数字の3、5、7はいずれも測定で得られた意味のある数字なので、これらを**有効数字**という。また、この例で、「有効数字の桁数は3桁である」という。有効数字の桁数の多いものほど、精密に測定したことになる。

いま、この質量357gをkgの単位で表すと0.357kgとなる。このとき、0.357kgの0は位どりの0なので、有効数字の桁数には数えない。したがって、357gも0.357kgもどちらも有効数字は3桁である。



紙面右下のQRコードから、デジタルコンテンツをご利用いただけます。



「編とびら」では、日常生活に関連した物理への興味づけとなる写真と、それに関連する問いかけを掲載しました。

東京から大阪までの距離は約500kmである。歩いて移動するとしたら、どれくらいの時間がかかるだろうか？ (p.10 速さ)



東京

この編では、物体の運動と力の関係について学ぶ。1章で運動の表し方を学び、2章で力が物体に与える影響について学ぶ。3章では、エネルギーの観点から物体の運動について理解を深めよう。



石が崩れないのはなぜだろうか？ (p.48 力のつりあい)



大阪

運動の表し方 p.10

運動の法則 p.41

りんごが落下するとき、速さはどのように変化するだろうか？ (p.32 落体の運動)



自動車に荷物をたくさん積むと、加速しにくくなるのはなぜだろうか？ (p.55 運動の法則)



第1章	運動の表し方	10
第2章	運動の法則	41
第3章	仕事と力学的エネルギー	74

Link ホワイトボード



QRコードから、問いかけへの解答を記入できるホワイトボードコンテンツをご利用いただけます(→詳しくは103)。

NEW!

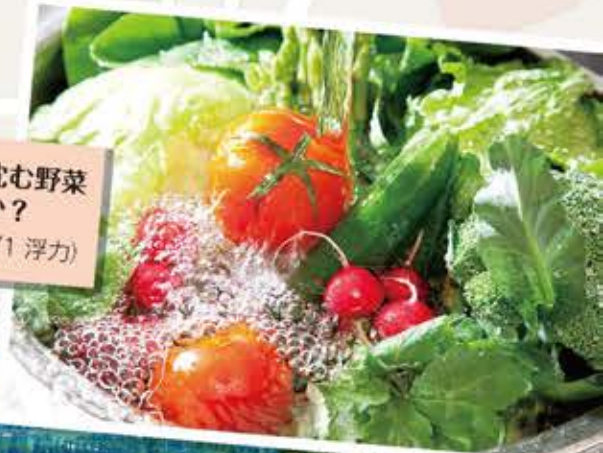
ダムにたまった水で発電できるのはなぜだろうか？ (p.80 位置エネルギー)



黒部ダム(富山県中新川郡立山町)

仕事と力学的エネルギー p.74

水に浮かぶ野菜と沈む野菜の違いは何だろうか？ (p.71 浮力)



北海道空知郡上富良野町



自転車をこがずに坂を下るとき、力学的エネルギーはどのように変化するだろうか？ (p.83 力学的エネルギー保存則)



# 第1章 運動の表し方

単元冒頭に「身近な話題+学習目標」を示しました。目的意識をもって主体的に学習が始められます。  
→単元末の「学んだことを説明してみよう」(→21)で振り返りが可能です。

私たちは、ボールを投げたときに、どのあたりに落ちるかを予想することができる。これは、ボールがある法則に従って運動するためである。それでは、その法則とはどのようなものだろうか。それを理解するための準備として、この章ではまず、運動を表す方法について学んでいこう。

PLAYBACK  
中学校での学習内容  
→平均の速さと瞬間の速さ  
→等速直線運動

Link  
中学校の復習

## 1 速度

100メートル走で世界記録を出した選手は1秒間に何メートル進んだのだろうか。この節では、物体の運動を表すときに基本となる量「速度」について理解しよう。

### A 速さ

**1 速さ** 運動する物体の「速い」、「遅い」を比較するときは、同じ時間内でどれだけ移動したかを調べるとよい。例えば、陸上競技の選手が100mを10秒で走った場合と、バイクが150mを20秒で走った場合では、1秒間での移動距離は陸上選手が10m、バイクが7.5mとなり、陸上選手のほうが速いことがわかる。このように、単位時間当たりの移動距離(移動距離を経過した時間でわったもの)を**速さ**という(図1)。

$$\text{速さ} = \frac{\text{移動距離}}{\text{経過時間}} \quad (1)$$

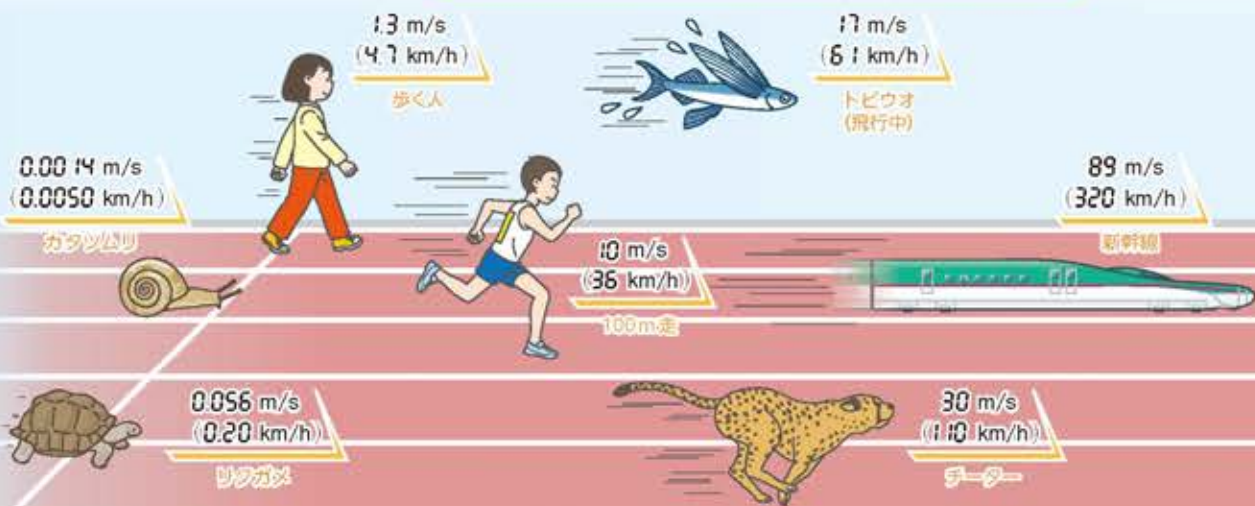
速さの単位は、距離と時間の単位のとり方によって異なる。距離の単位をメートル(m)とし、時間の単位を秒(s)としたときの速さの単位は、**メートル毎秒(記号 m/s)**である。

用語 単位時間当たり  
1秒当たり、1時間当たり、など、「決められた時間当たり」という意味。  
(p.216 用語一覧)

本書では速さの単位として「m/s」を用いることが多い。速さの単位 m/s や km/h 中の「/」は、「毎」という文字に対応している。「/」の後に続く単位でわかることを表している。

図1 いろいろな速さ(おおよその値)

NEW!  
単元の初めに中学校の復習コンテンツを用意。紙面右下のQRコードからご利用いただけます。



## コラム 新幹線の速さを求めてみよう

新幹線の平均の速さは、新幹線の走行距離と走行時間がわかれば簡単に求めることができる。

例えば、7:00に金沢駅で新幹線に乗り、東京駅に9:32に着いたとする。このときの走行時間は約2時間半である。また、金沢駅と東京駅の間の新幹線の走行距離はインターネットなどを用いて調べると、約450kmであるから

$$\text{平均の速さ} = \frac{\text{移動距離}}{\text{経過時間}} = \frac{450\text{km}}{2.5\text{h}} = 180\text{km/h}$$

と求められる。身近な電車についても調べてみよう。



日常生活では、距離の単位をキロメートル(km)とし、時間の単位を時間(h)としたときの速さの単位 **キロメートル毎時(記号 km/h)** もよく用いられる。

1m/sは1秒(1s)で1m進む速さ、  
1km/hは1時間(1h)で1km進む速さだよ。



### MEMO

- 長さの単位  
m:メートル  
km:キロメートル  
(1km = 1000m)
- 時間の単位  
s:秒(second)  
h:時間(hour)  
(1h = 60×60s = 3600s)

**2 瞬間の速さと平均の速さ** 運動する物体の速さは常に同じ値ではなく、時間とともに変化する場合が多い。各時刻における速さを**瞬間の速さ**という。一方、(1)式で得られる速さのことを**平均の速さ**という。

問1 72km/hは何m/sか。

問2 自動車が30秒間に360m走ったとき、自動車の平均の速さは何m/sか。

図や写真を多く掲載しており、日常生活と関連した例も多く取り上げています。



このQRコードから中学校の復習コンテンツをご利用いただけます。



Link >>>

**C** 速度

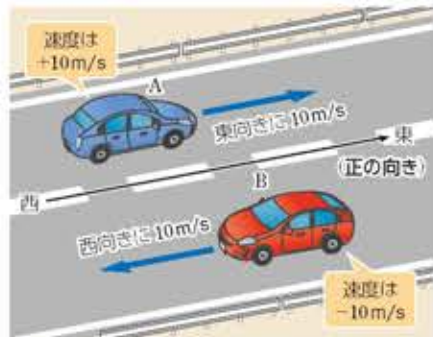
**用語 速度と速さ**  
 速度 「大きさ」と「向き」で表される。  
 速さ 「大きさ」のみで表される。  
 (速さ=速度の大きさ)

①等速直線運動は、物体の速度が一定の運動なので、**等速度運動** ということもある。



**図5 速度の表し方**  
 矢印の向きで速度の向きを、長さで速さを表す。

道路を東向きに速さ 10m/s で走る自動車 A と、西向きに速さ 10m/s で走る自動車 B を考える(図4)。自動車 A, B の速さは等しいが、運動の向きは異なる。このように、運動のようすは速さだけでなく向きも与えないと決まらない。そこで、速さと運動の向きをあわせてもつ量を考え、これを **速度** という。



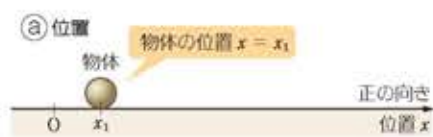
**図4 運動の速さと向き** 東向きを正の向きと定めると、自動車 A の速度は +10m/s、自動車 B の速度は -10m/s と表すことができる。

速度を図に表すときは、図5のように矢印をかく。このように、大きさとも向きをもつ量を一般に **ベクトル** といい、記号では  $\vec{v}$  のように表す。一直線上の運動では、どちらが正の向きかを定めることで、速度の向きを正・負の符号(正・負の値)で区別することができる。

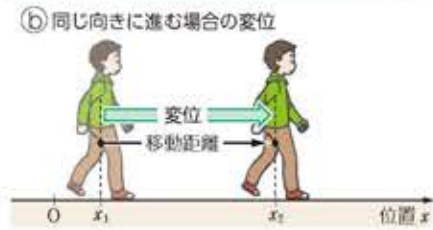
**問5** 北向きに 12m/s の速さで走っている自動車 A と、南向きに 15m/s の速さで走っている自動車 B がある。北向きを正の向きとしたときの、自動車 A、自動車 B の速度をそれぞれ求めよ。

**D** 変位

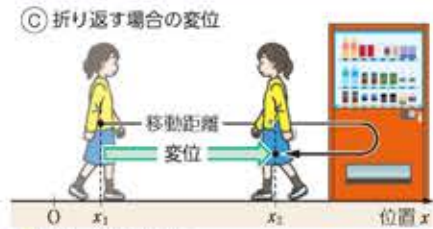
**1 位置** 一直線上の運動の場合では、原点 O と x 軸を定めると、x 座標で物体の位置を表すことができる(図6①)。



**2 変位** 物体の位置がどの向きにどれだけ変化したかを表す量(位置の変化)を **変位** という。速度と同様に、変位も大きさとも向きをもつベクトルである。

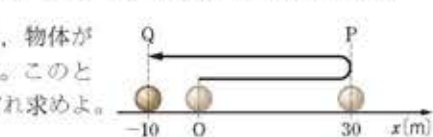


変位は、物体の移動の経路に関係なく、初めの位置と終わりの位置だけで定まる(図6③)。



**図6 位置と変位**

**問6** 図のように、x 軸上において、物体が O → P → Q の経路で進んだ。このときの変位と移動距離をそれぞれ求めよ。



キャラクターで、ポイントをこまめに補足しました。

図6の②と③では、③のほうが移動距離が長いけど、変位は同じになっているね。



② x の変化量を Δx (デルタ x) という記号で表すことができる。これは Δ と x の積を表すのではない。Δx で 1 つの量を表している(Δ はギリシャ文字 p.215)。

**E** 平均の速度

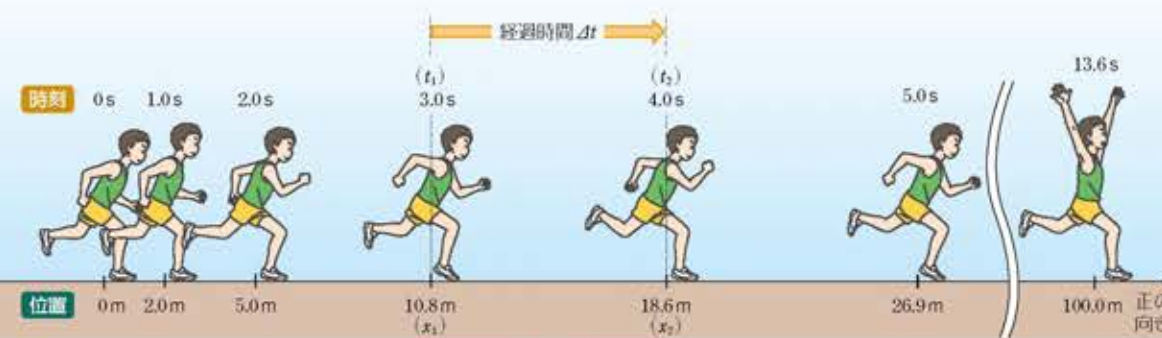
図7のような一直線上の 100m 走を考える。走者は静止した状態からスタートして、徐々に速さを増していく。つまり、速さは一定ではなく、時間とともに変化している。

走っている途中、時刻  $t_1$  [s] での走者の位置を  $x_1$  [m] とし、時刻  $t_2$  [s] での位置を  $x_2$  [m] とする。この 2 点間の変位 Δx (→) は位置の変化であるから  $x_2 - x_1$  となり、経過時間 Δt (→) は時刻の変化であるから  $t_2 - t_1$  で表される。このとき

$$\vec{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (4)$$

は、この区間における単位時間当たりの変位を表す。このようにして求められる速度を時刻  $t_1$  から時刻  $t_2$  の間の **平均の速度** という。

**問7** 図7で、時刻 3.0 秒から時刻 4.0 秒の間の平均の速度は何 m/s か。また、時刻 5.0 秒からゴールするまでの間の平均の速度は何 m/s か。



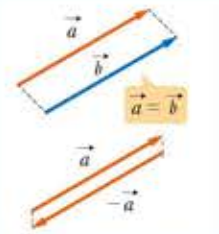
**図7 100m 走のようす**

reference 参考 **ベクトル** 数学

数学 C に移行した「ベクトル」について、基本的な演習問題を交えて丁寧に扱いました。数学で未習の段階でも安心です。

力(→ p.41)や速度のように、大きさだけでなく向きもつ量を **ベクトル** (→ p.214) という。また、質量(→ p.59)・速さ・温度などのように、大きさだけで定まる量を **スカラー** という。ベクトルは、その大きさに相当した長さの矢印をその向きに合わせて図示する。また、文字と矢印を用いて、 $\vec{a}$  のように表す(図A)。ベクトル  $\vec{a}$  の大きさは、 $|\vec{a}|$  などと表される。

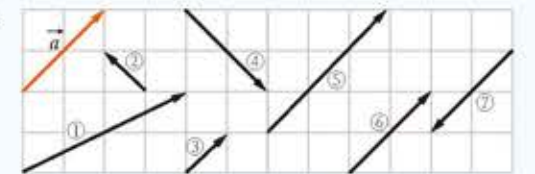
2 つのベクトル  $\vec{a}$ 、 $\vec{b}$  の向きが同じで大きさも等しいとき、これらは等しいといい、 $\vec{a} = \vec{b}$  と書く。また、 $\vec{a}$  と大きさが等しく向きが反対のベクトルを、 $\vec{a}$  の **逆ベクトル** といい、 $-\vec{a}$  で表す。大きさが 0 のベクトルを **零ベクトル** (または **ゼロベクトル**) といい、 $\vec{0}$  と表す。零ベクトルの向きは考えない。



**図A ベクトルの表し方**

**問a** 右の図について、次の(1)~(4)に当てはまるベクトルを①~⑦からすべて選べ。

- (1)  $\vec{a}$  と向きが等しいベクトル
- (2)  $\vec{a}$  と大きさが等しいベクトル
- (3)  $\vec{a}$  と等しいベクトル
- (4)  $\vec{a}$  の逆ベクトル



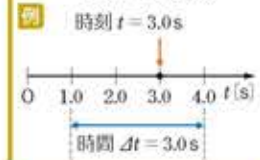
## F 瞬間の速度

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

(p.15)

### 用語 時刻と時間

**時刻** 時間経過におけるある一瞬。  
**時間** ある時刻とほかの時刻との間隔。



物理に特有の表現について補足する「用語」を拡充しました。

(4)式で、時刻  $t_2$  を時刻  $t_1$  に限りなく近づける、つまり  $\Delta t$  をきわめて小さくしていくと、平均の速度  $\bar{v}$  は時刻  $t_1$  における瞬間の速度 瞬間速度 を表すようになる。ふつう速度というときは、瞬間の速度をさす。

図8のような  $x-t$  図において、時刻  $t_1 \sim t_2$  間の平均の速度  $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  は、点Pと点Qを結ぶ直線  $PQ$  の傾きで表される。ここで、 $t_2$  を  $t_1$  に近づけていくと、この直線は、グラフと点Pで接する直線  $接線$  に近づいていく。つまり、 $t_1$  における瞬間の速度  $v$  は点Pにおける接線の傾きとして表される。

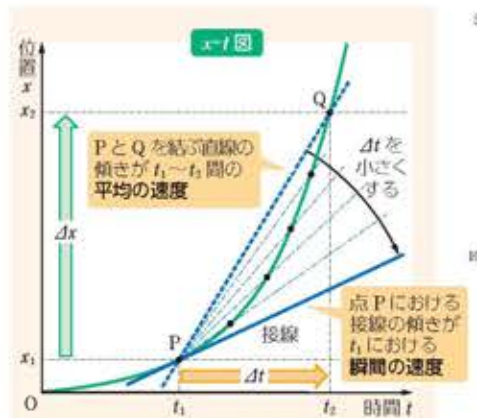


図8  $x-t$  図と平均の速度・瞬間の速度

## G 速度の合成

図9③のように、船が川の流に対して平行に、下流に向かって進んでいる場合を考える。水の流がないとき(これを静水時という)の船の速度を  $v_1$  [m/s] とし、流水の速度を  $v_2$  [m/s] とすると、川岸で静止している人から見た船の速度  $v$  [m/s] は次のように表される。

$$v = v_1 + v_2 \quad (5)$$

速度  $v$  を、速度  $v_1$  と速度  $v_2$  の合成速度 合成速度 といひ、合成速度を求めることを速度の合成 速度の合成 という。船が川の流に対して平行に、上流に向かって進むときの合成速度  $v'$  は図9④のようにして求められる。

問8 流水の速さが  $1.5\text{m/s}$  のまっすぐな川を静水時の速さが  $5.0\text{m/s}$  の船が進んでいる。下流に向かって進んでいるときと、上流に向かって進んでいるときの、川岸で静止している人から見た船の速さ(速度の大きさ)は、それぞれ何  $\text{m/s}$  か。

一直線上の運動では、 $\vec{v}$  の矢印を省略して、単に  $v$  と表すことが多いよ。

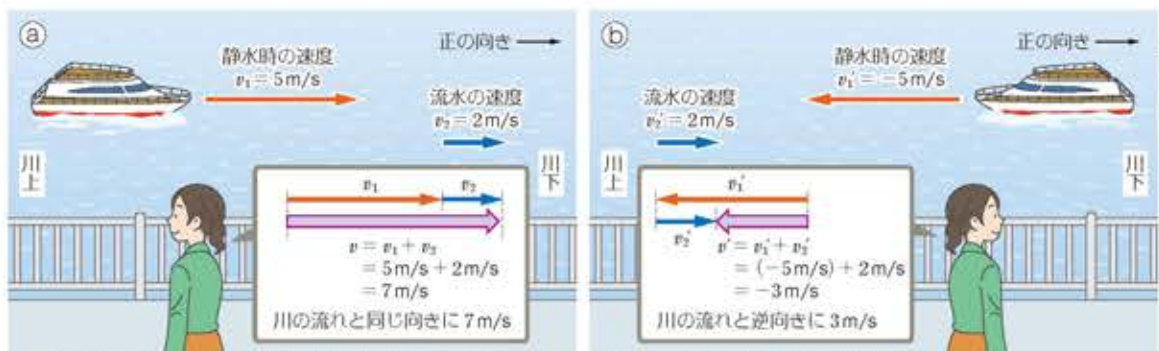


図9 川の流に対して平行に進む船の速度 初めに正の向きを決めてから、船と流水の速度を考える。

## H 相対速度

Link Webサイト

「物体の速度」という場合、ふつう静止している観測者が見た速度を意味する。それに対して、観測者自身が動く場合について考えてみよう。

図10②のように、走っている人(観測者)から、走っている人と同じ向きに進む自転車(相手)を見る。このとき、地上で静止して見る場合に比べて、自転車はゆっくり進んでいるように見える。

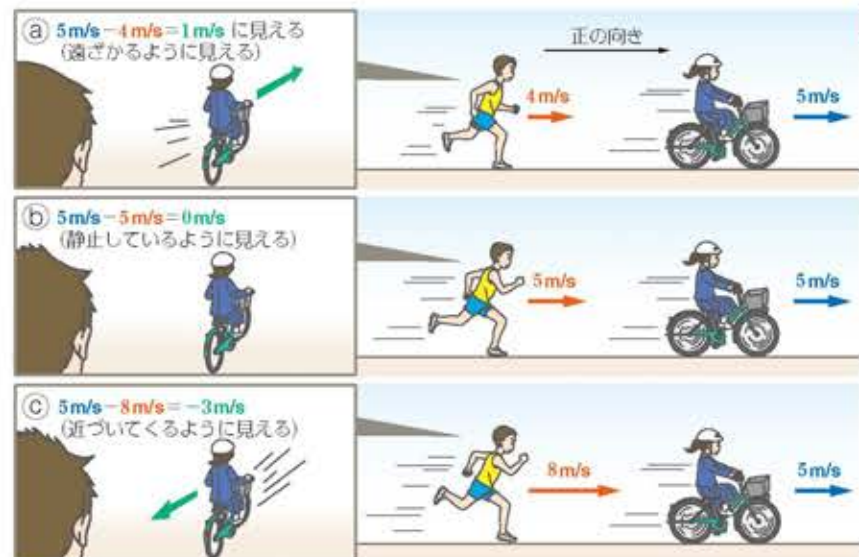


図10 直線上の相対速度

一般に、動く物体Aから観測した他の物体Bの速度のことを、Aに対するBの相対速度 相対速度 という。相対速度は、物体(相手)の速度から観測者の速度を引くことによって得られる。

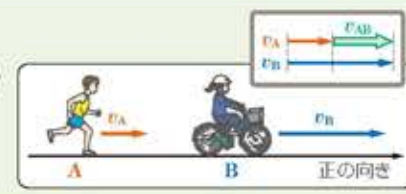
「用語」に例を追加して、さらにわかりやすくしました。

用語 Aに対するBの相対速度  
 「Aから見たBの速度」という意味。  
 例 自動車に対する電車の相対速度  
 →自動車から見た電車の速度

### 相対速度

$$v_{AB} = v_B - v_A \quad (6)$$

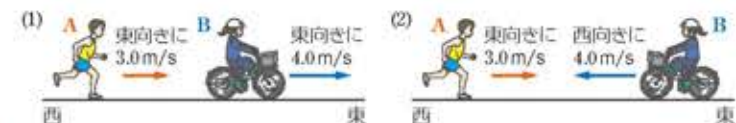
$v_A$  (m/s) 物体A(観測者)の速度  
 $v_B$  (m/s) 物体B(相手)の速度  
 $v_{AB}$  (m/s) Aに対するBの相対速度



すべての公式に解説動画を用意。紙面右下のQRコードからご利用いただけます。

問9 次のように、東西方向に人Aと自転車Bが進むとき、人Aに対する自転車Bの相対速度はどの向きに何  $\text{m/s}$  か。

- (1) Aは東向きに  $3.0\text{m/s}$  の速さ、Bは東向きに  $4.0\text{m/s}$  の速さ
- (2) Aは東向きに  $3.0\text{m/s}$  の速さ、Bは西向きに  $4.0\text{m/s}$  の速さ



問10 互いに逆向きに走る電車Aと電車Bがすれ違った。駅のホームで静止している人と、電車Aに乗っている人とは、電車Bの速さはどちらから見たほうが速く見えるだろうか。

東向きを正の向きとすると、東向きの速度の符号は正で、西向きの速度の符号は負になるよ。



このQRコードから公式の解説動画をご利用いただけます。

Link >>>



# Zoom 相対速度

相対速度について考えるとき、どのような点に注意すべきだろうか。ここでは、相対速度を求める手順を整理したうえで、問題を通して、自分の理解を確認しよう。

[Zoom]では、つまずきやすい内容をわかりやすく解説しています。stepで解法の手順を簡潔に示しており、無理なく理解することができます。

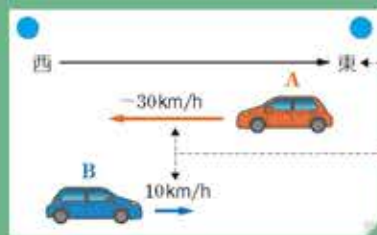
## 一直線上の相対速度

step ① 正の向きを決める。

step ② 観測者 A と相手 B の速度の符号を確認する。

step ③ B の速度  $v_B$  から A の速度  $v_A$  を引くことで相対速度  $v_{AB}$  を求める。

自動車 A が西向きに 30 km/h で進み、自動車 B が東向きに 10 km/h で進んでいる。  
A に対する B の相対速度は…



- step ① 東向きを正の向きとする
- step ② A は西向きに進むので  $v_A$  の符号は負  
B は東向きに進むので  $v_B$  の符号は正
- step ③  $v_{AB} = v_B - v_A = 10 - (-30) = 40 \text{ km/h}$

よって 東向きに 40 km/h

## 確認してみよう 問 A

- (1) 自動車 A が東向きに 30 km/h で進み、自動車 B が東向きに 40 km/h で進んでいる。
  - (a) 自動車 A に対する自動車 B の相対速度はどの向きに何 km/h か。
  - (b) 自動車 B に対する自動車 A の相対速度はどの向きに何 km/h か。
- (2) 自動車 A が東向きに 20 km/h で進み、自動車 B が西向きに 50 km/h で進んでいる。
  - (a) 自動車 A に対する自動車 B の相対速度はどの向きに何 km/h か。
  - (b) 自動車 B に対する自動車 A の相対速度はどの向きに何 km/h か。
- (3) 西向きに 25 km/h で進む自動車 P から、東向きに 15 km/h で進む自動車 Q を見たときの速度はどの向きに何 km/h か。
- (4) 東向きに 30 km/h で進む自動車 P を、東向きに 50 km/h で進む自動車 Q から見たときの速度はどの向きに何 km/h か。
- (5) 東向きに 30 km/h で進む自動車 P から、東向きに 30 km/h で進む自動車 Q を見たときの速度は何 km/h か。

同じ運動でも、どちらに対する相対速度かで答えが変わるね。



まずは、どちら向きを正にとるか決めてから考えよう。



発展

## 平面上の速度の合成・平面上の相対速度

ベクトルに関するシミュレーションコンテンツを用意。紙面右下の QR コードからご利用いただけます。

NEW!

### +平面上の速度の合成

図 A のように、船が川を横切って進む場合を考える。静水時の船の速度を  $v_1$  [m/s] とし、流水の速度を  $v_2$  [m/s] とする。

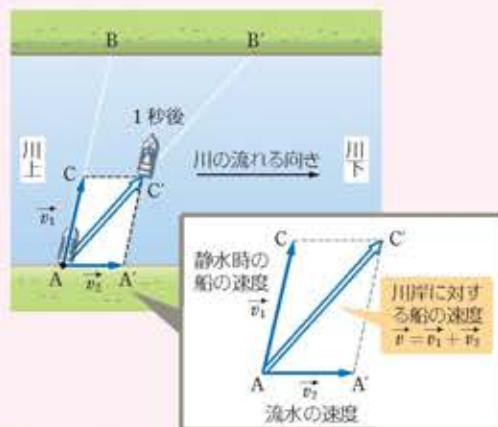


図 A 川を横切って進む船の速度

A にいた船が、船首を B へ向けて出発する。船は流水によって下流側に流されるので、1 秒後には図の C には到達せず、C' へ到達する。このようにして、船は AB' 上を進むことになる。

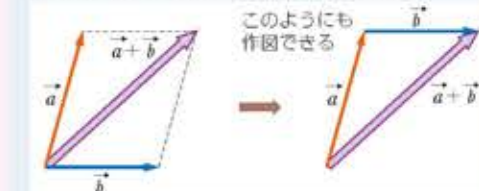
このとき、川岸で静止している人から見た船の速度  $v$  [m/s] の大きさは線分 AC' の長さ、向きは A から C' に向かう向きで表される。この速度  $v$  を、 $v_1$  と  $v_2$  の合成速度という。図 A より  $v$  は、 $v_1$  と  $v_2$  の和になるから、次の式が成り立つ。  
$$v = v_1 + v_2$$

### +平面上の相対速度

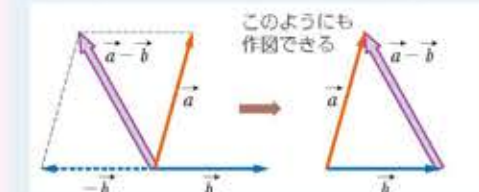
速度  $v_A$  で走行している自動車 A と、速度  $v_B$  で走行している自動車 B を考える(図 B)。このとき、A に乗っている人が見る B の速度、すなわち A に対する B の相対速度  $v_{AB}$  は、次のようになる。

### MEMO

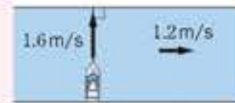
・ベクトルの和  
 $a, b$  を合成したベクトルは、 $a, b$  を隣りあう辺とする平行四辺形の対角線によって表される。これを平行四辺形の法則という。合成したベクトルを  $a+b$  で表し、これを  $a$  と  $b$  の和という。



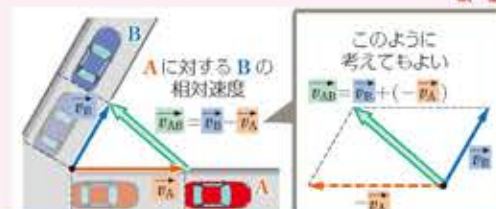
・ベクトルの差  
 $b$  の向きを反対にしたベクトルを、 $-b$  と書く。 $a$  と  $b$  との差  $a-b$  は、 $a+(-b)$  と同じである。



問 a 流水の速さが 1.2 m/s のまっすぐな川を、船が川岸に対して垂直な方向へ船首を向けて出発する。静水時の船の速さを 1.6 m/s とするとき、川岸で静止している人から見た船の速さは何 m/s か。 [2.0 m/s]



Link



単元末に、学んだことを自分の言葉で説明するコーナーを設けました(解答例は巻末に掲載)。生徒どうしの「対話的な学び」を通じて、表現力の育成にもつながります。

### 学んだことを説明してみよう

1 速度

- (1) 速さ 10 m/s の等速直線運動をする物体は、時間とともにどのように進むか。
- (2) 東向きに 50 km/h の速さで走る自動車の前方に、バスが東向きに 30 km/h の速さで走っている。自動車から見てバスはどのように進むように見えるか。

この QR コードからベクトルのコンテンツをご利用いただけます。

Link



## B 等加速度直線運動

実験での着目点を「見方・考え方」として、明示しました。「理科の見方・考え方」が身につけられます。

図15は、斜面を降下する小球のストロボ写真である。斜面を降下するにつれて小球の間隔が徐々に広がっていくことから、小球が徐々に速くなっていくことがわかる。

このとき小球の速度はどのように変化しているのだろうか。台車を用いて、斜面を降下する物体の運動を調べてみよう。

実験1



図15 斜面を降下する小球の運動のストロボ写真(発光間隔0.10秒)

### 1 斜面を降下する台車の運動

**目的** 記録タイマーを用いて、斜面上の台車の運動を調べる。

**見方・考え方** 物体の速度と時間の関係について考える。

**準備**

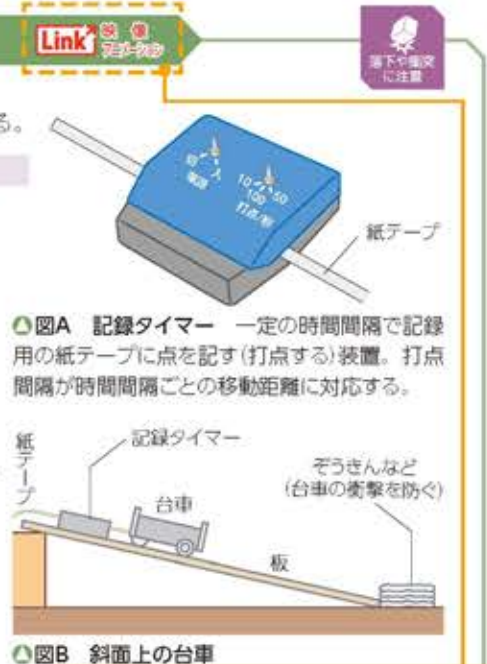
力学台車、板、記録タイマー(図A)、記録用の紙テープ、クッション(ぞうきんなど)、方眼紙、ものさし

**手順**

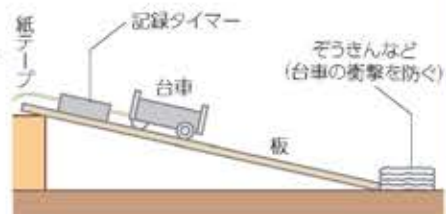
- ①紙テープの端を斜面(傾き10°程度)の上端付近に固定した記録タイマーに通し、台車の後部に取り付ける。
- ②記録タイマーのスイッチを入れてから、台車を降下させる。
- ③打点された紙テープについて、動き始めのはっきりとした打点を基準点(時刻0)に定めて一定の打点間隔(例えば5打点)で基準点からの長さをはかる。
- ④各区間の平均の速さを求め、横軸に時間、縦軸に台車の速さをとったグラフをかく(→p.29 参考)。

**考察**

台車の速さと時間の間にはどのような関係があるだろうか。



図A 記録タイマー 一定の時間間隔で記録用の紙テープに点を記す(打点する)装置。打点間隔が時間間隔ごとの移動距離に対応する。



図B 斜面上の台車

すべての「実験」に映像をテロップ・音声付きで用意(→詳しくは100)。紙面の右下のQRコードから、ご利用いただけます。

図16に実験1の結果の一例を示す。台車の速さが一定の割合で増加していることから、台車の加速度(単位時間当たりの速度の変化)は一定であることがわかる。このように、一直線上を一定の加速度で進む運動を等加速度直線運動という。

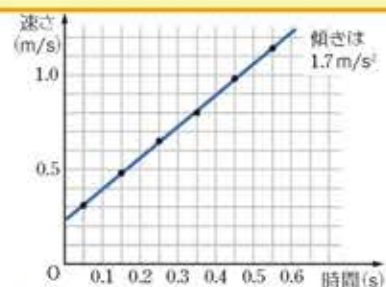


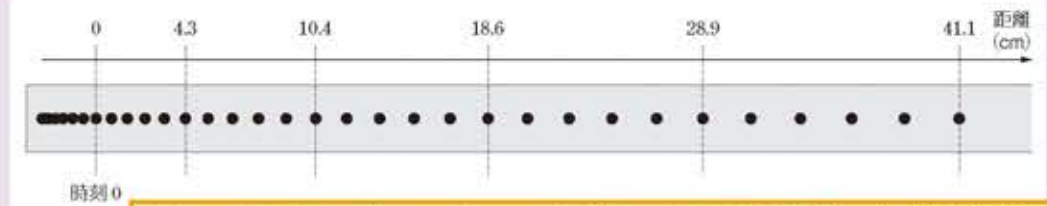
図16 台車の速さと時間の関係

## 実験 1 斜面を降下する台車の運動

## 実験データを分析してみよう

### 実験データ

1秒間に50打点打つ記録タイマーを使って、斜面を降下する台車の運動を調べた。5打点ごとに基準点からの長さをはかると図のような記録が得られた。



データから表やグラフをかいて分析させる要素を新設。大学入学共通テストで求められる探究的に知識を活用する力を培うことができます。

### 分析

**手順1** 実験データの図のように、紙テープを5打点ごとに区切って分析するとき、5打点分の時間は何秒になるだろうか。

1秒間に50打点打つということは、1打点分の時間は  
 $1 \text{ 秒} \div 50 = \frac{1}{50} \text{ 秒}$   
 ということになるね。



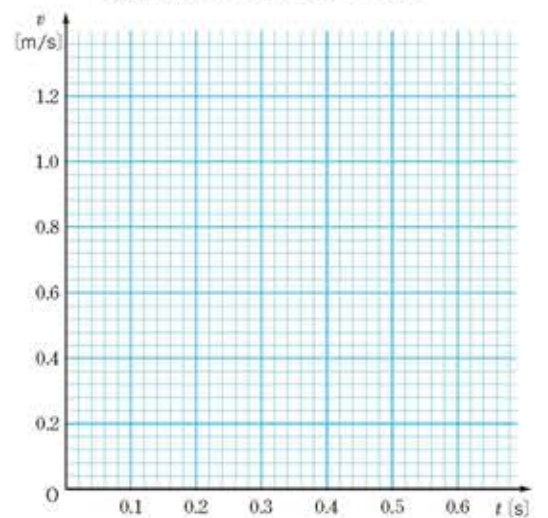
**手順2** 手順1をふまえて、基準点からの距離(m)を表の中にかきこもう。

時刻 $t$ (s)	基準点からの距離 $x$ (m)	各区間の移動距離 $\Delta x$ (m)	各区間の平均の速さ $v$ (m/s)
0			
$\frac{1}{10}$			
$\frac{2}{10}$			
$\frac{3}{10}$			
$\frac{4}{10}$			
$\frac{5}{10}$			

**手順3** 各区間の移動距離(m)を表の中にかきこもう。

**手順4** 各区間の平均の速さ(m/s)を表の中にかきこもう。

**手順5** 完成した表を用いて、台車の速さと時間の関係を表す  $v-t$  図をかきこもう。



**手順6** 手順5でかいたグラフから、台車の速さと時間の間にはどのような関係があると考えられるだろうか。

このQRコードから実験映像をご利用いただけます。

Link >>>



**B** 鉛直投射

**用語** 鉛直方向と水平方向  
鉛直方向 重力がはたらく方向  
水平方向 鉛直方向と直交する方向

「用語」に図を追加して、さらにわかりやすくしました。

次に、初速度が0ではないときの落下運動を考えてみよう。物体を鉛直下向き、あるいは鉛直上向きに投げることを **鉛直投射** という。

**1 鉛直投げ下ろし** 図24のように、小球を鉛直下向きに初速度  $v_0$  [m/s] で投げる。この場合にも小球は、加速度が鉛直下向きに大きさ  $g$  [m/s<sup>2</sup>] の等加速度直線運動をしている。

投げた点を原点として、鉛直下向きに  $y$  軸をとり、時間  $t$  [s] 後の小球の位置を  $y$  [m]、速度を  $v$  [m/s] とし、(8)、(9)、(10) 式で  $a = g$ 、 $x = y$  とおけば次の式が得られる。

$$v = v_0 + at \quad (8) \longrightarrow v = v_0 + gt \quad (14)$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (9) \longrightarrow y = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2 \quad (15)$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax \quad (10) \longrightarrow v^2 - v_0^2 = 2gy \quad (16)$$

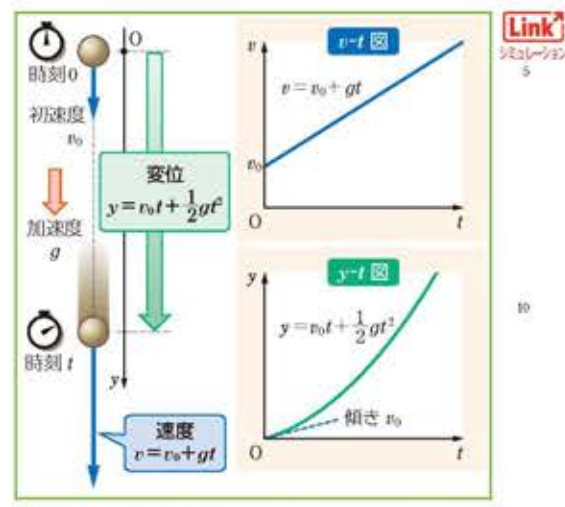


図24 鉛直投げ下ろし

**問16** 小球をある高さから初速度5.0 m/sで鉛直下向きに投げると、2.0秒後に地面に達した。小球を投げた点の地面からの高さ、地面に達する直前の小球の速さを求めよ。重力加速度の大きさを9.8 m/s<sup>2</sup>とする。

**2 鉛直投げ上げ** 小球を鉛直上向きに投げると、小球はしだいに遅くなり、ある高さで速度が0となって、その点から下向きの運動へと変わる(図25、26)。この場合にも小球は、加速度が鉛直下向きに大きさ  $g$  [m/s<sup>2</sup>] の等加速度直線運動をしている。

投げ上げた点を原点として、初速度  $v_0$  [m/s] の向き、すなわち鉛直上向きに  $y$  軸をとり、時間  $t$  [s] 後の小球の位置を  $y$  [m]、速度を  $v$  [m/s] とする。投げ上げた後、上昇中も下降中も加速度は  $-g$  [m/s<sup>2</sup>] であるから、(8)、(9)、(10) 式で  $a = -g$ 、 $x = y$  とおいて次の式が得られる。

$$v = v_0 + at \quad (8) \longrightarrow v = v_0 - gt \quad (17)$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (9) \longrightarrow y = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \quad (18)$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax \quad (10) \longrightarrow v^2 - v_0^2 = -2gy \quad (19)$$

自由落下との違いは初速度があるか、ないかだね。



y軸の向きは上下どちらにとってもよいが、「初めに動きだす向き」とすることが多い。



図25 テニスのサーブ 投げ上げられた球は徐々に遅くなり、やがて落ちてくる。

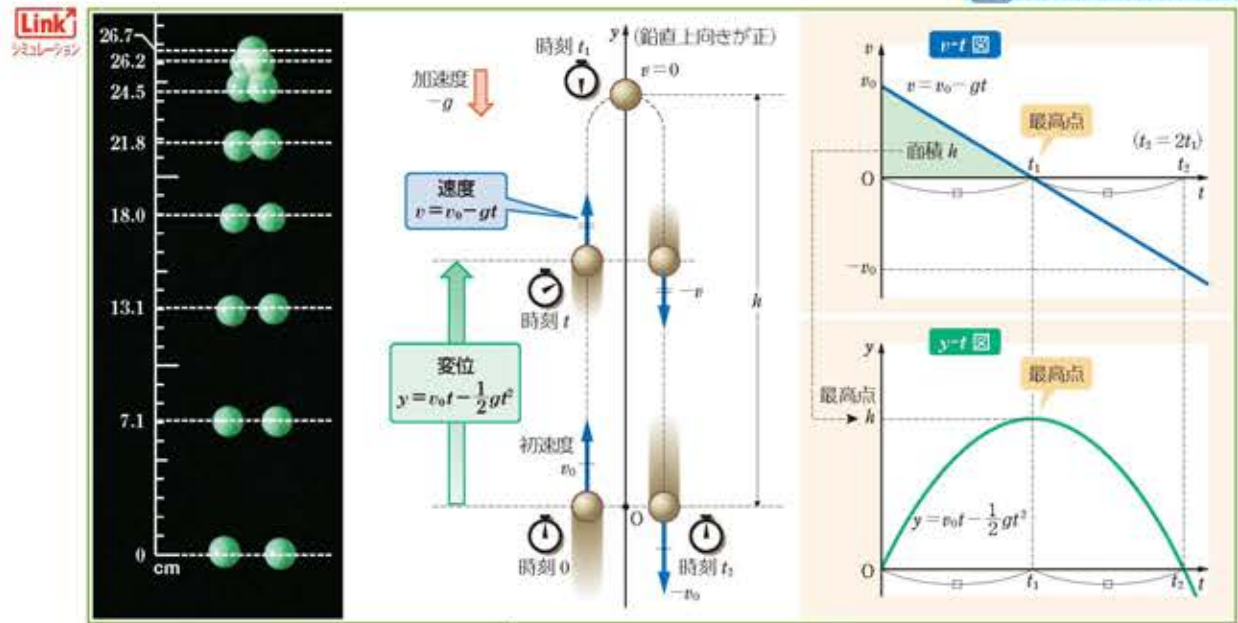


図26 鉛直投げ上げ 写真は、発光間隔  $\frac{1}{30}$  秒。見やすくするために鉛直上向きからわずかにずらした向きに投げている。

**例題3 鉛直投射** 補足説明にマークをつけて、何についての説明かわかりやすくしました。

小球を初速度9.8 m/sで真上に向けて投げるとき、次の値を求めよ。ただし、鉛直上向きを正とし、重力加速度の大きさを9.8 m/s<sup>2</sup>とする。  
(1) 最高点に達するまでの時間  $t_1$  [s] とその高さ  $h_1$  [m]  
(2) もとの位置にもどるまでの時間  $t_2$  [s] とそのときの速度  $v_2$  [m/s]

**指針** 鉛直上向きを正とすると、初速度9.8 m/s、加速度-9.8 m/s<sup>2</sup>の等加速度直線運動である。

**用語** 最高点に達する 鉛直方向の速度が0になること。

**読み方** 問題文より、以下の値を代入する。  
・初速度  $v_0 \rightarrow 9.8$  m/s  
・重力加速度の大きさ  $g \rightarrow 9.8$  m/s<sup>2</sup>

**別解**  $[v^2 - v_0^2 = -2gy]$  より  
 $0^2 - 9.8^2 = -2 \times 9.8 \times h_1$   
よって  $h_1 = \frac{-9.8^2}{-2 \times 9.8} = 4.9$  m

**NEW!**  $0 = 9.8 \times t_2 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t_2^2$   
 $t_2 = 0$  s ではないので、両辺を  $t_2$  でわると  
 $0 = 9.8 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t_2$  よって  $t_2 = 2.0$  s  
 $[v = v_0 - gt]$  より  
 $v_2 = 9.8 - 9.8 \times 2.0 = -9.8$  m/s

**Point** 鉛直投げ上げでは最高点の前後の運動が対称になる。このため、 $t_2$  は  $t_1$  の2倍である。

**Point** 符号が負なので、 $v_2$  は鉛直下向きの速度であるとわかる。

**類題3** 小球を初速度19.6 m/sで真上に向けて投げるとき、最高点に達するまでの時間  $t$  [s] とその高さ  $h$  [m] を求めよ。重力加速度の大きさを9.8 m/s<sup>2</sup>とする。



# Zoom 運動方程式の立て方

物体の運動を考えるには、運動方程式がよく利用される。ここでは、運動方程式を立てる手順を学び、いくつかのパターンで練習してみよう。

## ■ 物体を糸で引くときの運動

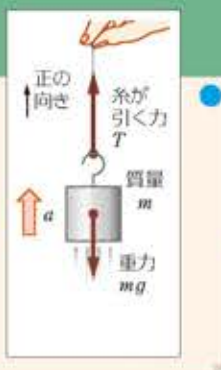
Zoom「運動方程式の立て方」では、「例題+類題」の数がさらに充実。

**step 0**  
どの物体について運動方程式を立てるかを決める。

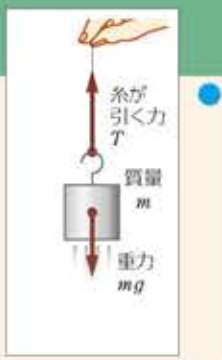


おもりについて運動方程式を立てる

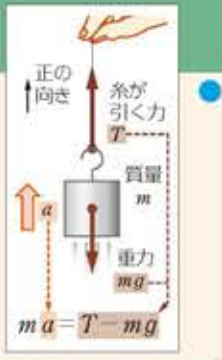
**step 2**  
正の向きを定め、その向きの加速度を  $a$  とする。  
(物体の運動の向きを正の向きとすることが多い)



**step 1**  
その物体が受けている力をかきこむ。このとき、重力を見落とさないように注意する。  
→ p.52 物体が受ける力の見つけ方



**step 3**  
物体が受ける力について、運動の方向の成分の和を求め、運動方程式  $ma = F$  を適用する。



考え方の手順を、わかりやすく示しました。

**Point**  
力について式を立てるときは、次のように考えよう。  
1. 静止している物体、速度が一定の物体  
→ 力のつりあいの式を立てる  
2. 加速度運動している物体  
→ 運動方程式を立てる  
(力のつりあいの式は、「加速度が  $a = 0$  (速度が一定) のときの運動方程式」ともいえる。)



物体が静止している場合は、力のつりあいの式を立てればいいのね。

運動方程式  $[ma = F]$  の  $a$  と  $F$  は、大きさだけでなく向きも含む量だから、向きをちゃんと考えてから式を立てることが大切なんだね。

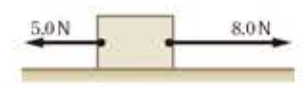


「例題+類題」のセットで取り組みやすくしています。「基本の定着」と「自学自習」をしっかりサポートします。

### 例題 5 1物体の運動方程式①

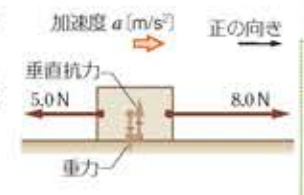
Link

なめらかな水平面上にある質量  $2.0\text{kg}$  の物体に、右向きに  $8.0\text{N}$  の力と、左向きに  $5.0\text{N}$  の力を加えて運動させた。物体の加速度はどの向きに何  $\text{m/s}^2$  か。



**指針** 物体が受ける力のうち、鉛直方向の力(重力と垂直抗力)はつりあっているため、水平方向についての運動方程式を立てる。

**解**  
**step 1** 物体が受ける力は図のようになる。  
**step 2** 右向きを正とし、物体の加速度を  $a[\text{m/s}^2]$  とする。  
**step 3** 物体が受ける力の合力  $F[\text{N}]$  は  $F = 8.0 - 5.0 = 3.0\text{N}$   
ここで、質量  $m = 2.0\text{kg}$ 、合力  $F = 3.0\text{N}$  を運動方程式  $[ma = F]$  (p.59 (34)式) に代入して  
 $2.0 \times a = 3.0$  よって  $a = 1.5\text{m/s}^2$   
質量 加速度 力  
加速度は 右向きに  $1.5\text{m/s}^2$



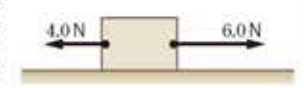
**Point**  
右向きを正としたので、左向きの力は、負の値となる。  
**解説に step 1~3 を示して、流れをつかみやすくしました。**  
**Point**  
 $a > 0$  なので、この問題では、加速度は右向きとなる。

$a$  が正か負かで、加速度の向きを判断すればいいんだね。



### 類題 5

なめらかな水平面上にある質量  $0.50\text{kg}$  の物体に、右向きに  $6.0\text{N}$  の力と、左向きに  $4.0\text{N}$  の力を加えて運動させた。物体の加速度はどの向きに何  $\text{m/s}^2$  か。



### 例題 6 1物体の運動方程式②

Link

質量  $0.50\text{kg}$  の小球をつるした軽い糸の上端を持って、 $6.0\text{N}$  の力で鉛直上向きに引き上げた。小球の加速度はどの向きに何  $\text{m/s}^2$  か。重力加速度の大きさを  $9.8\text{m/s}^2$  とする。



すべての例題に解説動画を用意。紙面右下のQRコードからご利用いただけます。

**指針** 小球が受ける力をすべてかきこむ。運動方程式  $[ma = F]$  の  $F$  には、合力を代入する。

**解**  
**step 1** 小球が受ける力は、重力(鉛直下向きに  $0.50 \times 9.8\text{N}$ )と、糸が引く力(鉛直上向きに  $6.0\text{N}$ )である。  
**step 2** 鉛直上向きを正とし、小球の加速度を  $a[\text{m/s}^2]$  とする。  
**step 3** 小球が受ける力の合力  $F[\text{N}]$  は  $F = 6.0 - 0.50 \times 9.8 = 6.0 - 4.9 = 1.1\text{N}$   
ここで、運動方程式  $[ma = F]$  (p.59(34)式) に質量  $m = 0.50\text{kg}$ 、力  $F = 1.1\text{N}$  を代入して  
 $0.50 \times a = 1.1$  よって  $a = 2.2\text{m/s}^2$   
質量 加速度 力  
 $a > 0$  (正の向き) であるから、加速度は 鉛直上向きに  $2.2\text{m/s}^2$

**用語 軽い**  
質量が無視できるという意味。  
② 軽い糸につながれた物体  
→ 糸の質量は無視し、物体の質量のみを考える。  
**Point**  
鉛直上向きを正としたので、鉛直下向きの重力は、負の値となる。

力をかきこむときに重力を忘れないように気をつけたいね。



### 類題 6

質量  $0.50\text{kg}$  の小球をつるした軽い糸の上端を持って、 $8.0\text{N}$  の力で鉛直上向きに引き上げた。小球の加速度はどの向きに何  $\text{m/s}^2$  か。重力加速度の大きさを  $9.8\text{m/s}^2$  とする。



このQRコードから例題の解説動画をご利用いただけます。



どの物体について運動方程式を立てるかを定める。

その物体が受けている力をかきこむ。

正の向きを定め、その向きの加速度を  $a$  とする。

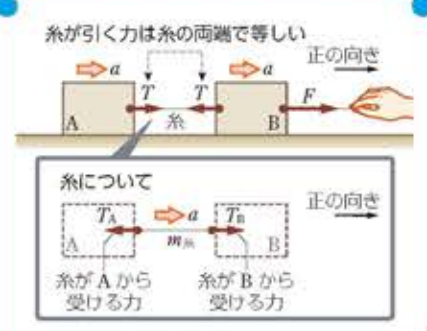
物体が受ける力について、運動の方向の成分の和を求め、運動方程式  $ma = F$  を適用する。

### 糸でつながれた2物体の運動

軽い糸が物体を引く力の大きさは、糸の両端で等しくなることを利用する。

- ① 両物体が糸から受ける力の大きさをどちらも  $T$  [N] とおく。
- ② 物体ごとに分けて考え、各物体が受ける力だけをかきこむ。
- ③ 各物体について運動方程式を立てる。

ページ上部で、考え方の手順を、わかりやすく示しました。



**Point** 糸の両端で糸が引く力が等しくなる理由  
糸が両端で受ける力の大きさを  $T_A$ ,  $T_B$  とおく。糸について運動方程式を立てると  
 $m_s a = T_B - T_A$   
質量の無視できる軽い糸では  $m_s = 0$  より  $T_A = T_B$  となるので、両端で受ける力は等しい。

B を右向きに引く力が、そのまま A を引く力とはならないんだね。

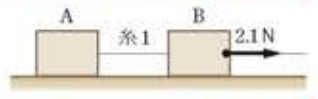


#### 例題 9 2物体の運動方程式 2

Link 解説動画 見逃しなく

なめらかな水平面上に質量  $0.20\text{kg}$  の物体 A と質量  $0.30\text{kg}$  の物体 B を置いて、軽い糸 1 でつなぐ。図のように B を  $2.1\text{N}$  の力で水平に引いたところ、2つの物体は運動を始めた。

- (1) A, B の加速度の大きさ  $a$  [ $\text{m/s}^2$ ] を求めよ。
- (2) 糸 1 が A を引く力の大きさ  $T$  [N] を求めよ。



途中式などのフォローもしっかり行っています。

**指針** 糸 1 が A を引く力と、糸 1 が B を引く力は、同じ大きさ  $T$  [N] である。

**解** (1) **step ①** A, B が受ける水平方向の力はそれぞれ図のようになる。  
**step ②** 右向きを正の向きとする。  
**step ③** 各物体の運動方程式は

A ( $0.20\text{kg}$ ):  $0.20 \times a = T$  .....①

B ( $0.30\text{kg}$ ):  $0.30 \times a = 2.1 - T$  .....②

①式+②式より  $0.50 \times a = 2.1$   
よって  $a = 4.2\text{m/s}^2$

(2) ①式より  $T = 0.20 \times 4.2 = 0.84\text{N}$

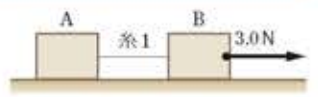
**途中式**  
①式+②式より  
 $0.20 \times a = T$   
+)  $0.30 \times a = 2.1 - T$   
 $(0.20 + 0.30) \times a = 2.1$   
よって  $0.50a = 2.1$

**別解**  
物体 A, B を一体とみなして、質量  $0.20 + 0.30 = 0.50\text{kg}$  の物体を  $2.1\text{N}$  の力で引くと考えたときの運動方程式  
 $0.50 \times a = 2.1$   
を解いても  $a$  を求められる。

#### 類題 9

なめらかな水平面上に質量  $0.30\text{kg}$  の物体 A と質量  $0.90\text{kg}$  の物体 B を置いて、軽い糸 1 でつなぐ。図のように B を  $3.0\text{N}$  の力で水平に引いたところ、2つの物体は運動を始めた。

- (1) A, B の加速度の大きさ  $a$  [ $\text{m/s}^2$ ] を求めよ。
- (2) 糸 1 が A を引く力の大きさ  $T$  [N] を求めよ。

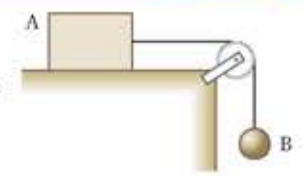


#### 例題 10 2物体の運動方程式 3

Link 解説動画 見逃しなく

質量  $1.9\text{kg}$  の物体 A をなめらかな水平な机の面上に置く。物体に軽く伸びないひもをつけ、これを机の端に固定した軽い滑車に通し、ひもの端に質量  $3.0\text{kg}$  のおもり B をつるす。重力加速度の大きさを  $9.8\text{m/s}^2$  とする。

- (1) 物体 A とおもり B の加速度の大きさ  $a$  [ $\text{m/s}^2$ ] を求めよ。
- (2) ひもが物体 A を引く力の大きさ  $T$  [N] を求めよ。



**指針** 滑車を介した場合にも、ひもが両端で引く力の大きさは等しい。物体とおもりの加速度の向きは異なるが、ひもでつながれているため、加速度の大きさは等しい。

物体 A がひもから受ける力  $T$  は、おもり B にはたらく重力と同じ大きさにはならないんだね。



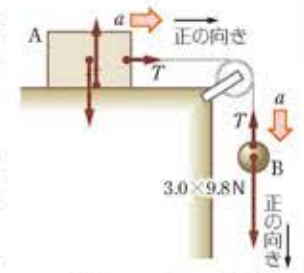
**解** (1) **step ①** 滑車を介してもひもが両端で引く力の大きさは等しいので、物体 A とおもり B が受ける力はそれぞれ図のようになる。  
**step ②** 物体 A については水平方向右向きを正、おもり B については鉛直方向下向きを正とする。また、物体とおもりの運動の向きは異なるが、加速度の大きさは等しいので、物体とおもりの加速度はどちらも  $a$  [ $\text{m/s}^2$ ] で表すことができる。  
**step ③** それぞれの運動方程式は

A ( $1.9\text{kg}$ ):  $1.9 \times a = T$  .....①

B ( $3.0\text{kg}$ ):  $3.0 \times a = 3.0 \times 9.8 - T$  .....②

①式+②式より  
 $4.9 \times a = 3.0 \times 9.8$   
よって  
 $a = 6.0\text{m/s}^2$

(2) ①式より  
 $T = 1.9 \times 6.0 = 11.4 \approx 11\text{N}$



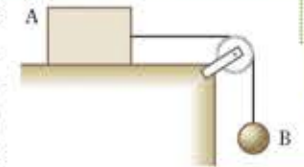
**途中式**  
①式+②式より  
 $1.9 \times a = T$   
+)  $3.0 \times a = 3.0 \times 9.8 - T$   
 $(1.9 + 3.0) \times a = 3.0 \times 9.8$   
よって  $4.9a = 3.0 \times 9.8$

**別解**  
物体 A, おもり B を一体とみなして、質量  $1.9 + 3.0 = 4.9\text{kg}$  の物体を  $3.0 \times 9.8\text{N}$  の力で引くと考えたときの運動方程式  
 $4.9 \times a = 3.0 \times 9.8$   
を解いても  $a$  を求められる。

#### 類題 10

質量  $m$  [kg] の物体 A をなめらかな水平な机の面上に置く。物体に軽く伸びないひもをつけ、これを机の端に固定した軽い滑車に通し、ひもの端に質量  $M$  [kg] のおもり B をつるす。重力加速度の大きさを  $g$  [ $\text{m/s}^2$ ] とする。

- (1) 物体 A とおもり B の加速度の大きさ  $a$  [ $\text{m/s}^2$ ] を求めよ。
- (2) ひもが物体 A を引く力の大きさ  $T$  [N] を求めよ。



2物体の運動方程式に新しい例題+類題を追加しました。NEW!

#### 学んだことを説明してみよう

#### 3 運動の法則

- (1) 物体の加速度の大きさは、物体の質量とどのような関係にあるか。
- (2) 物体の加速度の大きさは、物体にはたらく力とどのような関係にあるか。



改訂版新編物理基礎(物基/104-902)

改訂版新編物理基礎(物基/104-902)

1 運動とエネルギー

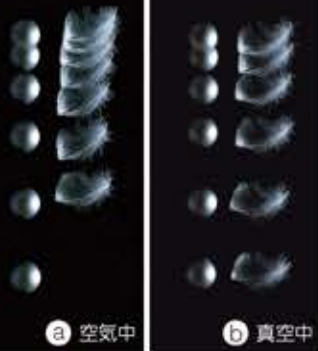


図53 球とはねの落下実験  
一定時間ごとに撮影した写真  
を重ねたもの。

## ⑥ 空気の抵抗

Link Webサイト

### ① 空気の抵抗を受ける運動

雨粒が1000m自由

自由落下の式(p.33)  
 $v^2 = 2gy$  (13)

落下したときの速さを(13)式より計算すると、140m/s(約500km/h)となる。しかし、実際は速くても10m/s程度である。これは、雨粒が空気の抵抗を受けるためである。摩擦と同様に、空気の抵抗による力(抵抗力)が運動を妨げる向きにはたらくため、雨粒はそれほど加速されずに地面に到達する。なお、真空中では、物体は空気の抵抗を受けないため、その質量にかかわらず自由落下する(図53①)。

### ② 空気の抵抗力と終端速度

小さな球が空気中を落下する場合、球の速さが大きくない範囲では、抵抗力の大きさは速さに比例することが知られている。落下する球の速さが増していくと、やがて抵抗力が重力とつりあうため、球は一定の速度で落下するようになる。この速度を終端速度という(図54)。

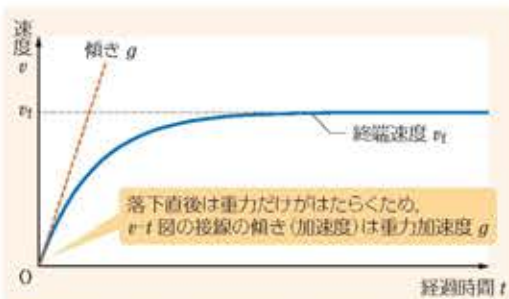


図54 空気の抵抗を受ける小球の速度変化

終端速度になっているときは、抵抗力と重力がつりあっているから、 $v-t$ 図の傾き(加速度)が0になるんだね(図54)。



## コラム 氷山の一角はどれくらい?

「氷山の一角」という言葉を聞いたことがあるだろうか。この言葉は、「今回わかった秘密は氷山の一角に過ぎなかった」のように、表に現れていることは全体のほんの一部だけである、ということの意味する慣用句である。これは、写真のように、氷山の海面上に見えている部分が、全体のうちの一部でしかないことが由来となっている。

実際に海面上に見えている部分はどのくらいなのだろうか。氷の密度を $920\text{kg/m}^3$ 、海水の密度を $1025\text{kg/m}^3$ として、氷にはたらく力のつりあいの式から、氷山の海面上に出ている割合を求めると、およそ10%となる。つまり、氷山の海面上に見えている部分はほんの1割程度で、全体の約9割の部分が海中に隠れているのである。



「教科横断」として、他教科・他科目に関連するコラムを掲載。アイコンで関連する教科・科目を示しています。

### 学んだことを説明してみよう

「水の入ったプールの底での圧力が $1.2 \times 10^5\text{Pa}$ 」のとき、プールの底面にはどのような力がはたらくか。

### ⑤ 液体や気体から受ける力

NEW!

## 第2章 演習問題

Link この章の要約の解説

### ① 力のつりあい

p.48~49

重さ(重力の大きさ)20Nの小球に2本の軽い糸1, 糸2をつけ、糸の他端を天井に固定して小球を静止させた。糸1, 2が鉛直方向となす角がそれぞれ $30^\circ, 60^\circ$ であったとき、糸1が引く力の大きさ $T_1[\text{N}]$ と糸2が引く力の大きさ $T_2[\text{N}]$ を求めよ。



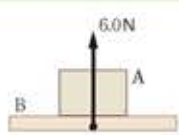
演習問題に無理なく取り組めるように「ヒント」を新設しました。

NEW!

### ② 2物体の運動方程式①

p.63~65

図のように、質量 $0.20\text{kg}$ の物体Aを質量 $0.30\text{kg}$ の板Bの上のせて、鉛直上向きに $6.0\text{N}$ の力を板に加える。重力加速度の大きさを $9.8\text{m/s}^2$ とする。



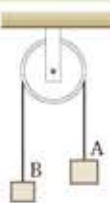
- 物体Aの加速度の大きさ $a[\text{m/s}^2]$ を求めよ。
- 板Bが物体Aを押す力の大きさ $N[\text{N}]$ を求めよ。

ヒント (1) 作用・反作用の関係にある力を忘れないように運動方程式を立てる。

### ③ 2物体の運動方程式②

p.63~65

軽い定滑車に軽い糸をかけ、その両端に質量 $5.0\text{kg}$ のおもりAと、質量 $2.0\text{kg}$ のおもりBをつけて、静かに手をはなす。重力加速度の大きさを $9.8\text{m/s}^2$ とする。



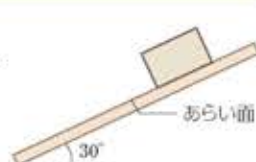
- おもりの加速度の大きさ $a[\text{m/s}^2]$ を求めよ。
- 糸がおもりを引く力の大きさ $T[\text{N}]$ を求めよ。

ヒント (1) おもりA, Bの質量の大小関係から、おもりがそれぞれどちらに動きだすかを考え、その向きを正の向きとする。

### ④ 静止摩擦力

p.66~68

あらい面をもつ板の上に物体を置き、板を傾けていく。図のように、傾きの角が $30^\circ$ になった直後に、物体は静かにすべりだした。物体と板の面との間の静止摩擦係数 $\mu$ を求めよ。

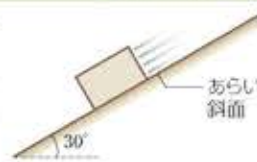


ヒント すべりだす直前の静止摩擦力は、最大摩擦力となることを用いる。

### ⑤ 動摩擦力

p.67~68

傾きの角が $30^\circ$ のあらい斜面上を物体がすべり下りるとき、物体に生じる加速度 $a[\text{m/s}^2]$ を求めよ。重力加速度の大きさを $9.8\text{m/s}^2$ 、斜面と物体との間の動摩擦係数を $\frac{1}{2\sqrt{3}}$ とし、斜面にそって下向きを正とする。



### ⑥ 浮力

p.71

1辺が $10\text{cm}(=0.10\text{m})$ の立方体の物体を水に浮かべたところ、物体の体積の半分が水面下に沈んだ。このとき、物体が受ける浮力の大きさ $F[\text{N}]$ と、物体の質量 $m[\text{kg}]$ を求めよ。水の密度を $1.0 \times 10^3\text{kg/m}^3$ 、重力加速度の大きさを $9.8\text{m/s}^2$ とする。



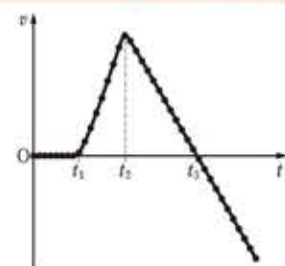
ヒント 浮力と重力のつりあいを考える。

### 思考問題

### ⑦ 運動の法則

p.55~59

斜面上の台車の運動に関する実験を行った。静止していた台車を、斜面にそって上向きに手で押して、斜面上をすべり上がらせる。台車から手をはなしたのち、台車は最高点に達し、その後、斜面を降下した。台車に内蔵されているセンサーにより、台車の運動を調べたところ、速度 $v$ と経過時間 $t$ の関係を表すグラフは図のようになった。空欄に当てはまる適切な語句を下の選択肢から選べ。



台車が最高点に達するのは、 ① と考えられる。台車が降下するときのグラフの傾きから  ② がわかるので、あとは  ③ を調べれば、台車が降下するとき、台車にはたらく合力の大きさを求めることができる。

① の選択肢

- ①時刻 $t_1$  ②時刻 $t_2$  ③時刻 $t_3$

②,  ③ の選択肢

- ①台車の移動距離 ②台車の速度  
③台車の加速度 ④台車の質量

データや資料をもとに考察させる問題など、思考力・判断力・表現力を養う問題を各章末で扱いました。

Link >>>



実験 12 比熱の測定

Link 映像



**目的** 熱量の保存の関係を利用して、銅の比熱を測定する。

**見方・考え方** 銅の比熱を測定し、文献などの値と比較する。

**準備** 銅のおもり、断熱容器、ビーカー、温度計(2つ)、水、熱湯、はかり、かき混ぜ棒



**手順**

- 銅のおもりの質量  $m_1$  [g]、断熱容器に入れた水の質量  $m_2$  [g] をはかる。
- 熱湯を入れたビーカーに銅のおもりを糸でつるして入れ、しばらくしてから温度計で湯の温度  $t_1$  [°C] を読み取る。

- 別の温度計で断熱容器中の水温  $t_2$  [°C] を読み取る。
- 銅のおもりを取り出して手早く断熱容器の水の中に入れ、静かに手早くかき混ぜる。水温が一定になったら、水温  $t_3$  [°C] を読み取る。

**注意** 銅のおもりは高温になっているので、さわってやけどをしないように注意。また、銅のおもりを取り出す際にビーカーを破損しないように注意。

- 高温の物体(銅のおもり)が失った熱量と、低温の物体(水)が得た熱量が等しいことを用いて、計算により銅の比熱を求める。

**考察** 文献などで銅の比熱の値を調べ、測定値と比較する。

NEW!

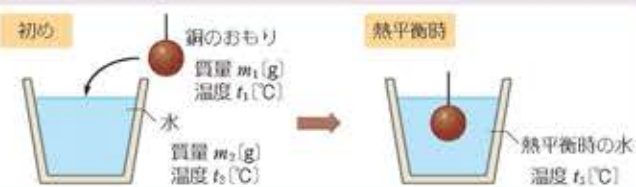
重要な実験とセットで新要素「実験データを分析してみよう」を掲載しています。

実験 12 比熱の測定

実験データを分析してみよう

実験データ

水を入れた断熱容器に熱した銅のおもりを入れ、水の温度の変化から銅の比熱を求める実験を行った。室温において、銅のおもりと水の質量、初めの銅のおもりと水の温度、熱平衡時の水の温度を測定したところ、表のようなデータを得た。



銅のおもりの質量 $m_1$	100g
水の質量 $m_2$	200g
初めの銅のおもりの温度 $t_1$	84.4°C
初めの水の温度 $t_2$	26.0°C
熱平衡時の水の温度 $t_3$	28.4°C

分析

**手順1** 銅の比熱を  $c$  [J/(g·K)] として、銅のおもりが失った熱量を  $c$  を含む計算式で表してみよう。

**手順2** 水の比熱を  $4.2$  J/(g·K) として、水が得た熱量を計算式で表してみよう。

**手順3** 熱量の保存より、手順1と手順2の結果を用いて式を立て、銅の比熱  $c$  [J/(g·K)] を求めてみよう。

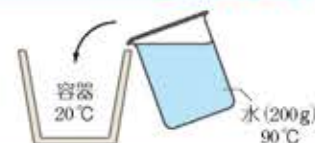
**手順4** 銅の比熱の文献値を  $0.38$  J/(g·K) とする。相対誤差(→ p.5)を求めてみよう。

NEW! 例題の解説を充実させました。

例題1 熱量の保存

Link 解説動画 英語字幕

20°Cの容器に、90°Cの水(湯)200gを入れた。熱平衡になったときの温度  $t$  [°C] を求めよ。ただし、熱は水と容器の間だけで移動するものとし、容器の熱容量を  $210$  J/K、水の比熱を  $4.2$  J/(g·K) とする。



**指針** 「高温の水が失った熱量 = 低温の容器が得た熱量」という関係を用いる。

**解** 温度の高い水から、温度の低い容器に熱が移動する。そのため、水の温度は  $(90 - t)$  [°C] 下がり、容器の温度は  $(t - 20)$  [°C] 上がる。

まず、水が失った熱量を  $Q_1$  [J] とすると、

$$Q_1 = mc\Delta T \text{ (p.98(4)式) より}$$

$$Q_1 = 200 \times 4.2 \times (90 - t)$$

$$= 840(90 - t)$$

次に、容器が得た熱量を  $Q_2$  [J] とすると、

$$Q_2 = C\Delta T \text{ (p.98(2)式) より}$$

$$Q_2 = 210(t - 20)$$

熱量の保存より  $Q_1 = Q_2$  であるので

$$840(90 - t) = 210(t - 20)$$

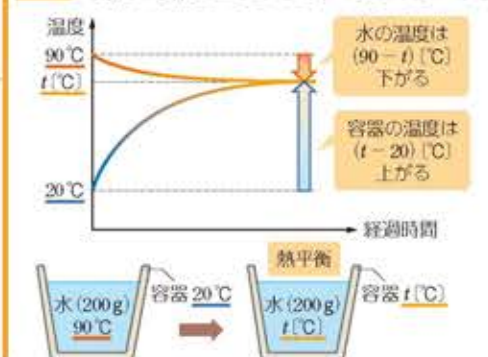
これを整理すると

$$5t = 380$$

ゆえに

$$t = \frac{380}{5} = 76^\circ\text{C}$$

**読み方** 問題の状況を整理すると下の図のようになる。



**Point** セルシウス温度の単位°Cが表す温度変化は、絶対温度の単位Kが表す温度変化に等しい。

**Point** 「高温の水が失った熱量」=「低温の容器が得た熱量」

**途中式** 両辺を210でわると  $4(90 - t) = t - 20$   
これを展開して  $360 - 4t = t - 20$   
整理すると  $360 + 20 = t + 4t$  よって  $380 = 5t$

**類題1** 20°Cの容器に、55°Cの水(湯)100gを入れた。熱平衡になったときの温度  $t$  [°C] を求めよ。ただし、熱は水と容器の間だけで移動するものとし、容器の熱容量を  $70$  J/K、水の比熱を  $4.2$  J/(g·K) とする。



コラム 海陸風

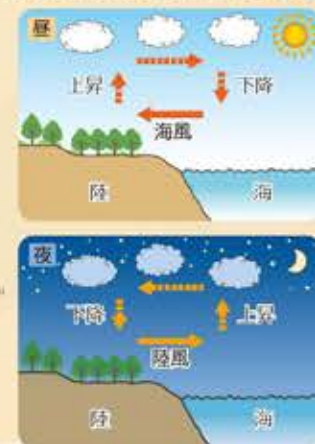
NEW! 「教科横断」のコラムを充実させています。

地学

よく晴れた日、海の近くでは昼と夜で風の向きが逆になることが知られている。これは海水の比熱が、陸の土や石の比熱よりも大きいことが関係している。

海と比べると、陸のほうが温まりやすく冷めやすい。昼間、太陽光により陸が温められると、空気が温められて上昇する。よって、陸の空気の密度が小さくなり、海側よりも陸側のほうが気圧が低くなる。ゆえに、地上付近では、海から陸に向かって風が吹く(海風)。一方、夜間は海よりも陸のほうが冷えるため、昼間とは逆に、陸側のほうが気圧が高くなる。ゆえに、地上付近では、陸から海に向かって風が吹く(陸風)。こうした、海の近くでみられる、昼と夜で向きが変わる風を海陸風という。

このように、海陸風をはじめとして、海水の比熱が大きいことは、気候にもさまざまな影響を及ぼしているのである。



Link >>>



図12 ウェーブマシン  
等間隔に並べた鉄棒の中央を薄い鉄片でつないだもの。鉄棒の一端を上下に振ると、鉄棒をつなぐ鉄片のねじれによって変位が徐々に伝わる。図13と図14では、この装置を用いている。

波が重なりあう現象は、物体どうしが衝突する現象とは大きく異なる。波の場合には、媒質の各点に複数の波の変位が同時に伝わるだけであって、互いに他の波の進行を妨げたり、他の波に影響を与えたりすることはない。これを波の独立性という。

図13 ウェーブマシンによる波の山と山の重ねあわせ

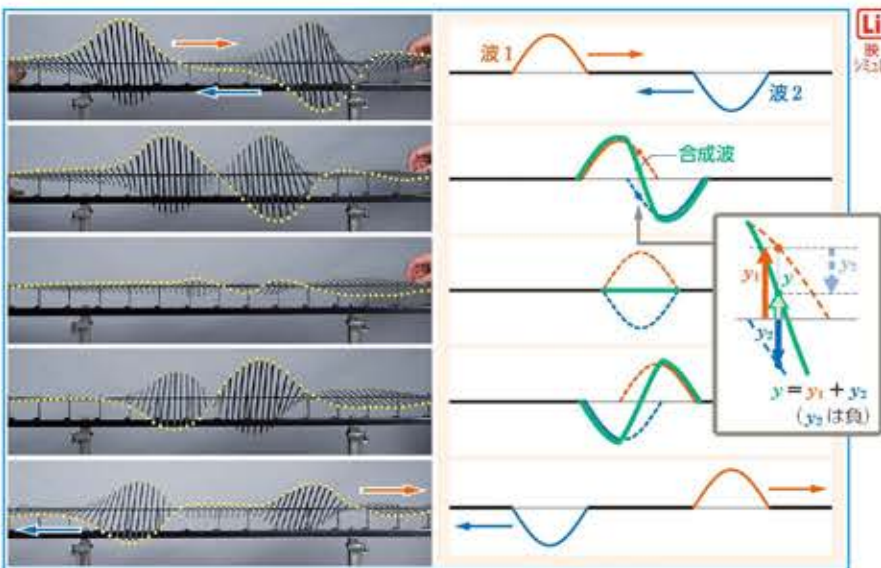


図14 ウェーブマシンによる波の山と谷の重ねあわせ

NEW!  
紙面右下のQRコードから、シミュレーションコンテンツをご利用いただけます。

## 2 重ねあわせの原理

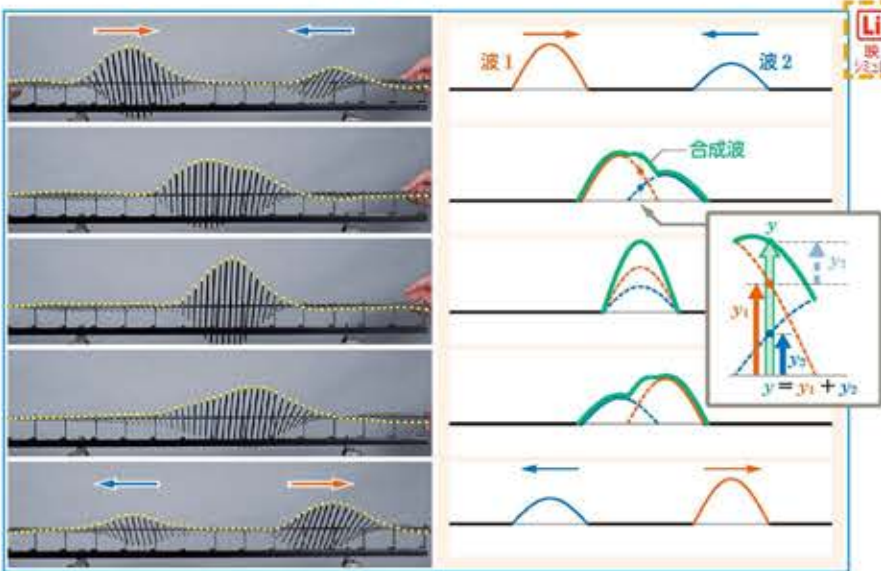
2つの波が衝突するようになるが、波の形は崩れてもとの形にはもどらないのだろうか。この節では、波の伝わり方にはどのような特徴があるか理解しよう。

### A 重ねあわせの原理

2つの波が出会って重なると、波の形が変わるが、その後、もとの形にもどって進む(図13, 14)。2つの波が出会った場所における変位  $y$  は、それぞれの波が単独で伝わる時の変位  $y_1$  と  $y_2$  の和になっており、

$$y = y_1 + y_2 \quad (4)$$

が成り立つことがわかる。これを波の重ねあわせの原理 principle of superposition (superposition principle) といい、重ねあわせによってできた波を合成波 resultant wave という。



Link  
映像  
シミュレーション

Link  
映像  
シミュレーション

波がすれ違った後は、もとの形にもどっているね。



## Zoom 重ねあわせの原理による作図

2つの波が重なりあうときの合成波は、それぞれの波の変位を足しあわせることで描かれる(重ねあわせの原理)。ここでは、合成波を作図する練習をしよう。

つまずきやすい内容を解説する特集「Zoom」に「重ねあわせの原理による作図」を追加。このほかにも「反射波の作図」のZoomを追加し、フォローを充実させました。

step 1 次の a ~ c の場所を探し、合成波の変位を点で示す。

- a 2つの波の変位が同じ場所  
→合成波の変位はその点の変位の2倍
- b 一方の波の変位が0の場所  
→合成波の変位は他方の波の変位
- c 2つの波の変位が逆向きで同じ大きさの場所  
→合成波の変位は0

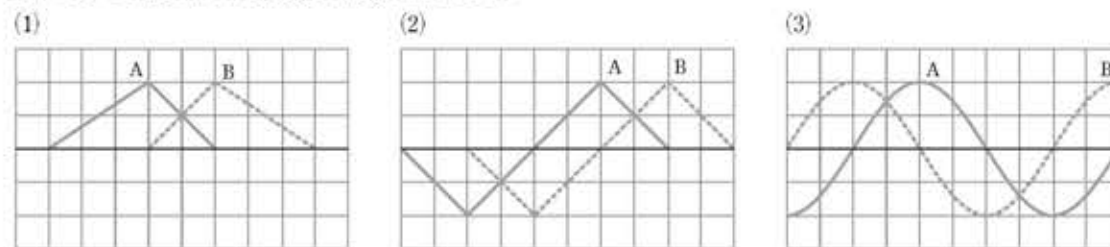
step 2 step 1 の各点を結んで合成波を作図する。

※ a ~ c 以外の場所でも重ねあわせの原理が成り立つように注意する。



### 確認してみよう 問A

図中の2つの波A, Bの合成波の波形を作図せよ。

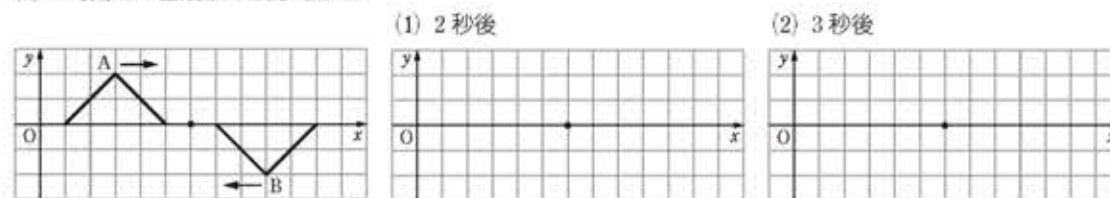


問Bでは、まず時間が経過したときの波AとBの波形をかいてみよう。



### 確認してみよう 問B

図のように、波形が等しい波AとBが、x軸上を反対向きに1秒間に1目盛りずつ進んでいる。このとき、(1)、(2)の時刻での合成波の波形をかけ。



このQRコードから波の重ねあわせのシミュレーションコンテンツをご利用いただけます。

Link >>>



## 電磁波

**MEMO**

・単位につく接頭語

**k**(キロ) =  $10^3$

**M**(メガ) =  $10^6$

**G**(ギガ) =  $10^9$

**1 電磁波の性質** 電波は、私たちの生活の中で必要不可欠なものとなっている。テレビ、ラジオ、スマートフォンなどは電波を使って情報のやりとりをしている。また、電子レンジはマイクロ波とよばれる電波を用いて食品を加熱する。

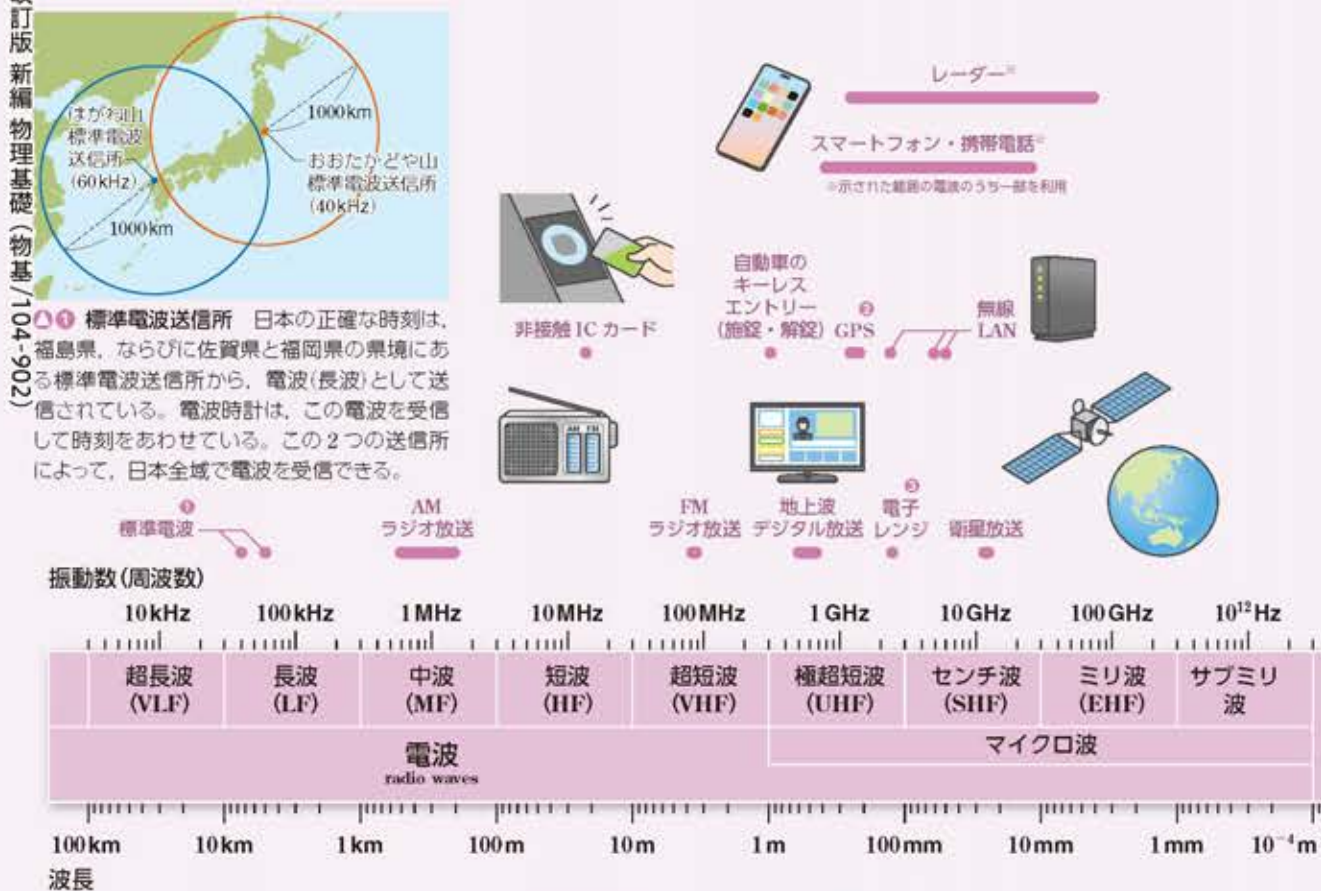
電気的な振動と磁気的な振動が対になって伝わる波を**電磁波** でんじは electromagnetic wave といひ、電波は電磁波の一種である。

ある場所で電気的、あるいは磁気的な変化が生じると、その変化は周囲に電磁波として伝わる(図33)。

図34 電磁波の種類 可視光線は目に見えるが、その他の電磁波は目に見えない。紫外線、X線、γ線は、波長(振動数)のみでは明確には区別されない。

見開きをまたぐ大きな図で、電磁波の種類を視覚的に理解しやすくしています。

改訂版新編物理基礎(物基/104-902)



GPS(全地球測位システム) GPSは、地球の周りにある4機以上のGPS衛星からの電波を受信して位置を特定する。



電子レンジ 振動数2.45GHzの電波で、食品内の水分子を振動させて加熱する。

電波望遠鏡 電波望遠鏡は、宇宙からやってくるミリ波やサブミリ波を観測している。



光やX線なども電磁波の一種で、振動数(または波長)の違いによって分類される。

**2 電磁波の種類** 電磁波は、振動数の小さい(波長の長い)ほうから順に、電波、赤外線、可視光線、紫外線、X線、γ線と大きく分類される。これらは、それぞれ特徴をもっており、私たちの生活の中ではその特徴を生かした利用がなされている(図34)。

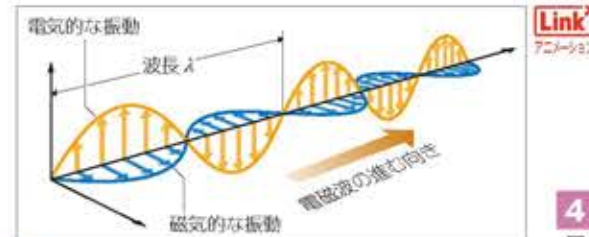
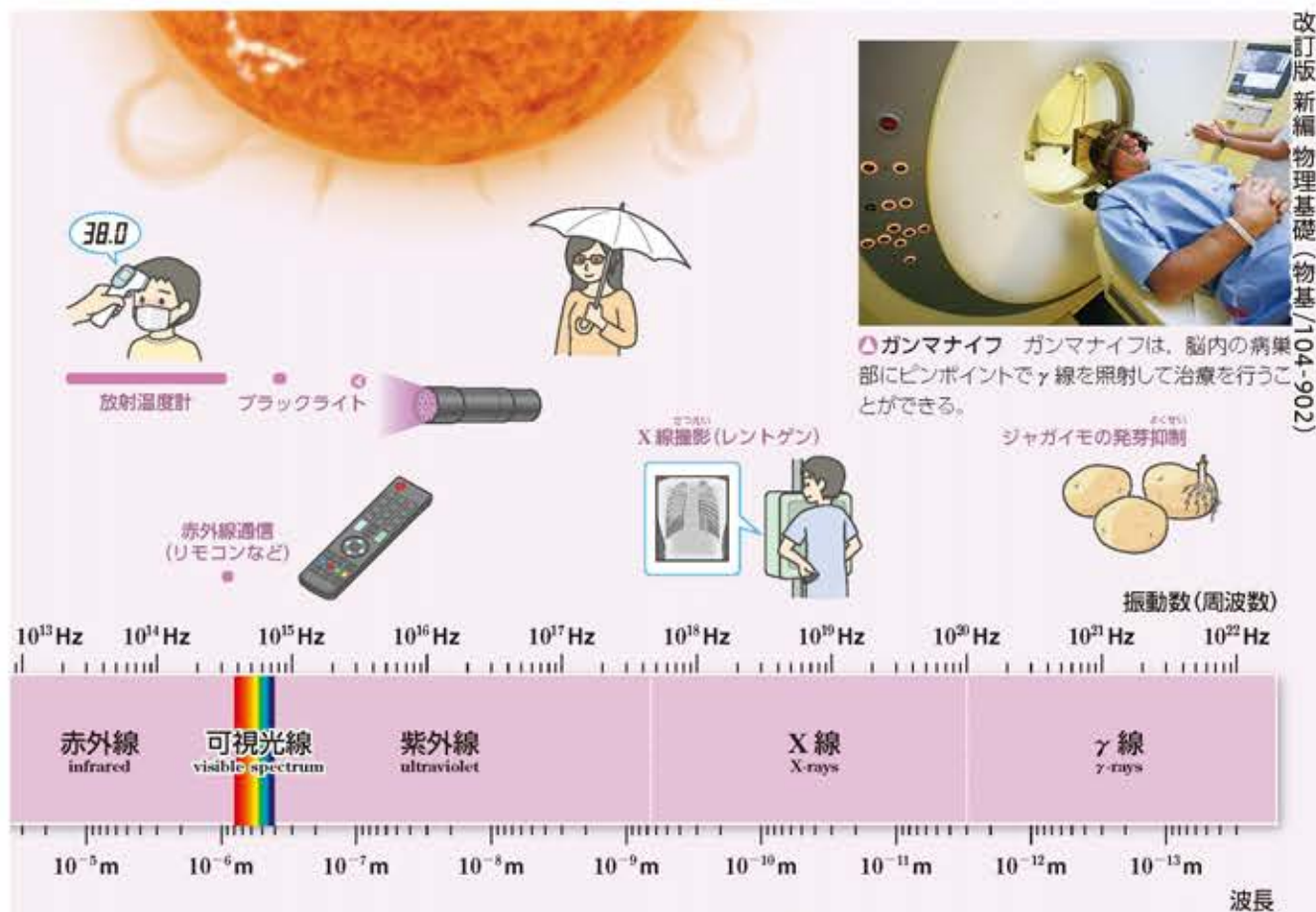
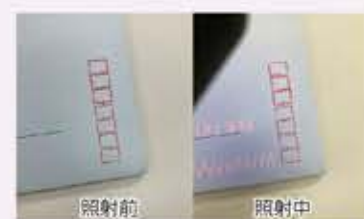


図33 電磁波が伝わるようす 電気的な振動と磁気的な振動が対になって伝わる。

図に関連したアニメーション・シミュレーションコンテンツを大幅に増加させました。



赤外線ストーブ 赤外線には、ものに当たると熱に変わりやすい性質があり、暖房器具などに利用される。



紫外線を照射した郵便物 紫外線には、蛍光物質を発光させる性質がある(→ p.174 実験)。



手荷物検査 X線は透過性が高い電磁波で、その性質を生かして、空港などの手荷物検査に利用されている。

4 電気

改訂版新編物理基礎(物基/104-902)

# 家電のサイエンス

各編末で、学習内容に関連した身近なテーマの読み物を掲載。

身のまわりの家電が動作するために、さまざまな電気や磁気の法則が応用されている。ここでは、静電気や電磁誘導などを利用した家電のしくみを見ていこう。

## コピー機(静電気)

初めに、感光体という特殊な部品の表面に、光を用いて原稿の文字や図形を反転した形に負の静電気を分布させる(露光)。これにトナー(粉末状のインク)を近づけると静電気力によってトナーが附着し文字や図形が感光体の上に現れる(現像)。

トナーがのった感光体に正の電気を帯びた紙を重ねると、静電気力によってトナーが紙に附着する(転写)。最後に熱を加えてトナーを紙に定着させ、静電気を除くことでコピーが完成する。



## ドライヤー(ジュール熱)

ドライヤーの内部では、モーターでファンを回転させて出口に向かって空気の流れをつくと同時に、空気の通り道にある電熱線(ニクロム線など)に電流を流してジュール熱を発生させている。このジュール熱により温められた空気が、温風となってドライヤーから吹き出すしくみになっている。

## エアコンの温度センサー(温度と抵抗)

エアコンの温度センサーには、温度変化によって抵抗値が敏感に変化するサーミスタという半導体が使われている。一般に、サーミスタのような半導体では、金属とは逆に、温度が上昇すると抵抗値が小さくなる。

したがって、室温が上昇すると、一定の電圧を加えたサーミスタを流れる電流は増加する。温度センサーは、この電流の変化を通して室温の変化を感知している。



▲サーミスタ

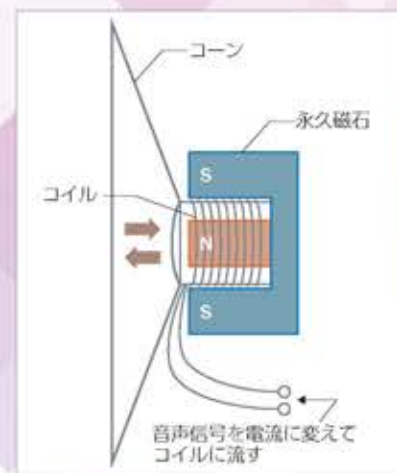
## スピーカー(電流が磁場から受ける力)

図のように、スピーカーは、コイルを取りつけたコーンと永久磁石によって構成されている。電流に変換された音声信号をコイルに流すと、コイルを流れる電流が、永久磁石のつくる磁場から力を受ける。

電流の変化に伴い磁場から受ける力が変化すると、コーンがコイルとともに前後に振動する。その振動が空気に伝わって音が発生する。



大学入学共通テストでも扱われることがある電気製品の原理を特集しています。



## ワイヤレス充電(電磁誘導)

充電器に交流電流を流すと、内蔵されたコイルから周囲に変動する磁場が発生する。そこへコイルを内蔵した電気機器を近づけると、電磁誘導によって電気機器内のコイルに誘導起電力が生じ、接続された蓄電池が充電される。磁場は交流電流と同じように周期的に変化するため、誘導起電力を継続的に生じさせられる。

このしくみは、変圧器の一次コイルから二次コイルに電力を伝えるのと同様なしくみと考えてよい。



## リモコン(赤外線・電波)

リモコンを使うことで、テレビのスイッチのON/OFFやチャンネルの切り替えなどを、テレビから離れた場所で行うことができる。このとき、リモコンの先端からテレビに向かって赤外線の信号が送られている。赤外線は目には見えないが、電磁波の一種であるため、途中で障害物があると信号が伝わらない。赤外線以外の電磁波を用いたリモコンもある。例えばドローンの操縦は、電波を利用したリモコンで行われており、電波が届く範囲で操縦することができる。

質問(Question)で、主体的な学びにもつなげられます。

## ? Question

家電を使用する際には、感電に注意する必要があります。どのような工夫をすれば感電を防ぐことができるのか、調べてみましょう。



# 物理学が拓く世界

この教科書で学んできたように、私たち人間は長い歴史の中で、さまざまな物理学の知識を得てきた。それらの知識からもたらされた数々の技術やしくみが、私たちの日常生活を支えているのである。

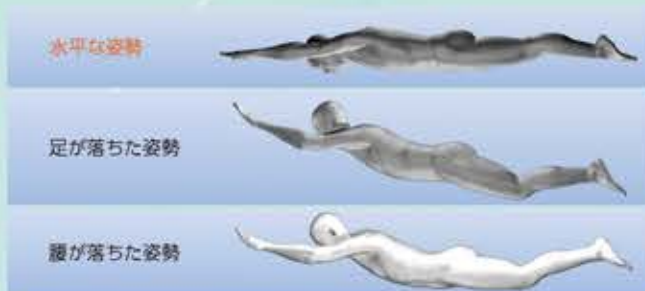
物理学がどのように応用されているかを紹介しました。「スポーツ」「防災」「自動車」の3テーマ構成です。

## 競泳水着

水泳選手は、体にかかる水の抵抗を減らせば、タイムを縮められる。そのため、泳いでいるときの基本姿勢を水平に保つことが理想だが、実際は足や腰が落ちやすく、水平な姿勢の2倍以上、水の抵抗を受けることもある(図1)。

この問題に対し、姿勢を水平に保つことをサポートする水着が開発されている。水着表面に撥水剤を付着させて、水着の撥水性を高めることで、水の浸透により水着が重くなるのを防ぐようになっている(図2)。また、表面を特殊な凹凸構造にすることで水着と水流の間で生じる摩擦抵抗を抑えたり、背面の腰から

太ももにかけて張力の強い素材を使うことで選手の姿勢を支えたりもしている。



△図1 水泳時の姿勢の違いと水の抵抗  
水平な姿勢を保つことで、水の抵抗を小さくできる。

## サッカーのボールなど



△図4 近年のサッカーボール 2022年のワールドカップカタール大会での試合球。表面に熱接合が施されている。ボールの中心に内蔵したセンサーで衝撃を感知し、選手がけた地点や時間を計測する。

以前のサッカーボールは、複数のパネルを手縫いしてつくられていた。そのため、けるときの作用点が縫い目付近になると、加わる力の大きさや向きにぶれが生じ、ねらい通りにボールが飛ばないことがあった。これに対し、縫い目の生じない熱接合という方法が用いられたボールが2000年代半ばに開発され、この課題が解決された。

また近年では、位置や時間などの物理的な量を検知し、処理しやすい信号に変換するセンサーの技術がワールドカップなどの大会で用いられるようになった。ボールにセンサーを内蔵し、選手がけた地点や時間を常に測定する(図4)。それとともにスタジアムに設置した複数のカメラで、選手たちの位置などを常に測定する。これらのデータを審判団が即時に参考にし、選手がオフサイドであった

## 義足用板ばね

障がい者スポーツでは、選手のパフォーマンスを効果的に発揮させるための用具の開発に、物理学の知識が活かされている。

陸上競技では、選手の義足が接地したときの荷重を、推進力に変えるために板ばねが使われている(図3)。選手の体重や走り方によらず、板ばねが安定的にはねかえることを目指し、力が局所的に加わらずに分散するように、また、荷重を加えた分だけ板ばねの湾曲部がたわむように設計されている。加えて、競技では軽いことも重要となる。この板ばねには、強度、弾性、軽さに優れた炭素繊維強化プラスチックという材料が使われている。

▽図3 義足用板ばねと装着したところ



▽図5 判定の精度の向上  
センサー技術や複数のカメラなどを用いることで、ゴールラインを割ったかどうかなどについて、より正確な判定ができるようになった。



△図2 撥水性を高めた水着  
表面の撥水性などにより、姿勢を水平に保つことを支える競泳水着。

物理学にかかわる仕事をしている人へのインタビュー記事を掲載しています。物理を身近に感じてもらうとともに、キャリア教育にも役立つ情報です。

かや、ボールがラインを割ったかなどの判定に活かしているのである(図5)。今後、高校生の試合などでも、より簡易なシステムとしてこうした判定法が使われていくことだろう。

## Career Column

スポーツ用品メーカー 梶浦 正俊 さん

長らくサッカーをしていたため、感覚ではボールの特性などを理解していました。でも、仕事では、感覚だけで発言しても説得力がありません。事実も伴っているということが大切になります。その事実の部分に当たるのが、物理学の知識なのだと思います。





グラフのPoint (▶ p.28 図19)

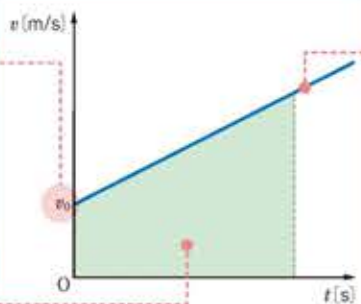
### ① $v-t$ 図

グラフの読み取り方をまとめた要素を新設。  
グラフを見る際の要点が確認できます。

NEW!

速度  $v$  を縦軸、経過時間  $t$  を横軸にとったグラフ ( $v-t$  図) を読み取るとき **Point** を確認しよう。

1 「切片」は**初速度**を表す



2 「傾き」は**加速度**を表す

- 傾きが正  
→ 等加速度直線運動 (加速度 正)
- 傾きが負  
→ 等加速度直線運動 (加速度 負)
- 傾きが0  
→ 等速直線運動

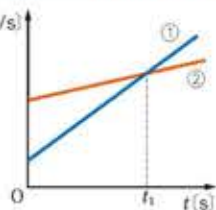
3 「面積」( ) は**変位**を表す

#### ✓ グラフのQ&A

Link!

右の図は、等加速度直線運動をする物体の速度  $v$  と経過時間  $t$  の関係を表している。

- Q1. 加速度が大きいのは、①と②のどちらか?  
Q2. 初速度が大きいのは、①と②のどちらか?  
Q3. 時刻  $0 \sim t_1$  で進んだ距離が大きいのは、①と②のどちらか?



- A1. 傾きが大きい ①    A2. 切片が大きい ②    A3.  $0 \sim t_1$  での面積が大きい ②

Q&A 形式の簡単な問題で理解の確認もできます。



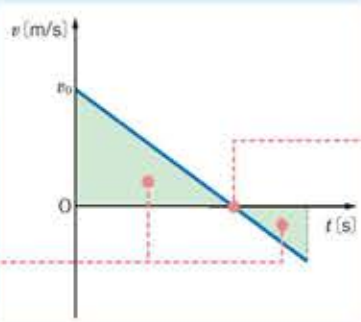
グラフのPoint (▶ p.28 図20)

### ② $v-t$ 図 (加速度が負の場合)

加速度が負の場合の  $v-t$  図を読み取るとき **Point** を確認しよう。

1 「面積」( ) は**変位**を表す

- 面積   
→ 正の向きへの移動距離
- 面積   
→ 負の向きへの移動距離



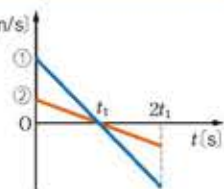
2 「 $v=0$ 」となる点は、運動の**折り返し地点**を表す

#### ✓ グラフのQ&A

Link!

右の図は、等加速度直線運動をする物体の速度  $v$  と経過時間  $t$  の関係を表している。

- Q1. 運動の折り返し地点での変位が大きいのは、①と②のどちらか?  
Q2. ②の時刻  $2t_1$  での変位はいくらか?



- A1. ①、②とも時刻  $t_1$  が運動の折り返し地点なので、時刻  $0 \sim t_1$  の面積が大きい ①  
A2. 時刻  $0 \sim t_1$  の面積と、時刻  $t_1 \sim 2t_1$  の面積が等しいので、変位は  $0\text{m}$



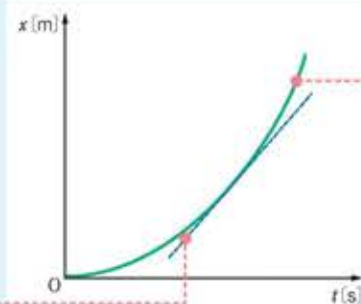
グラフのPoint (▶ p.28 図19)

### ③ $x-t$ 図

位置  $x$  を縦軸、経過時間  $t$  を横軸にとったグラフ ( $x-t$  図) を読み取るとき **Point** を確認しよう。

1 「(接線の)傾き」は**速度**を表す

図のように、グラフが曲線の場合は接線の傾きが速度を表す。グラフが直線の場合は、直線の傾きが速度を表す。



2 「グラフの形状」は**運動の種類**を表す

- 下に凸の2次関数  
→ 等加速度直線運動 (加速度 正)
- 上に凸の2次関数  
→ 等加速度直線運動 (加速度 負)
- 1次関数  
→ 等速直線運動

#### ✓ グラフのQ&A

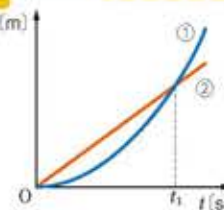
紙面右下のQRコードから「グラフのQ&A」の追加問題(ドリル)にも取り組めます。

NEW!

Link!

右の図は、等速直線運動、または等加速度直線運動をする物体の位置  $x$  と経過時間  $t$  の関係を表している。

- Q1. 等速直線運動をしているのは、①と②のどちらか?  
Q2. 時刻  $t_1$  での速度が大きいのは、①と②のどちらか?



- A1. グラフが1次関数の ②    A2. 時刻  $t_1$  での①の接線の傾きが、②の傾きより大きいので ①

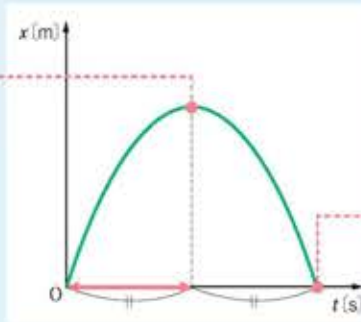


グラフのPoint

### ④ $x-t$ 図 (加速度が負の場合)

加速度が負の場合の  $x-t$  図を読み取るとき **Point** を確認しよう。

1 「頂点」は、運動の**折り返し地点**を表す  
折り返し地点では、速度  $v$  が  $0\text{m/s}$  となる。



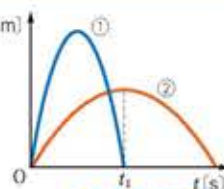
2 「折り返し地点に達する時間 ( ) の2倍でもとの地点にもどる

#### ✓ グラフのQ&A

Link!

右の図は、等加速度直線運動をする物体の位置  $x$  と経過時間  $t$  の関係を表している。

- Q1. 時刻  $t_1$  で運動の折り返し地点にいるのは、①と②のどちらか?  
Q2.  $t_1$  の半分の時刻での①の速度はいくらか?



- A1. 時刻  $t_1$  でグラフが頂点になる ②  
A2.  $t_1$  の半分の時刻において、①のグラフは頂点にある。よって、速度は  $0\text{m/s}$

このQRコードから追加問題(ドリル)をご利用いただけます。

Link!



# 持続可能な世界を目指して

第5編で学ぶ内容に関連する記事を掲載。  
興味をもたせ、主体的な学びも促します。

NEW!

改訂版新編物理基礎(物基/104-902)



## よりグリーンで、効率の良いエネルギーを

SDGsの目標7「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」は物理に深く関連している。この目標は、誰もが安価で現代的なエネルギーを使えるようにする、さらには、二酸化炭素を排出しない再生可能エネルギーの割合を増やす、というものである。これを実現するために、エネルギーをいかに効率的に使うか、ということも重要なポイントになる。

エネルギーをみんなに →

開発途上国などでは、薪や石炭による火で調理するなど、電気やガスを利用できない環境下にある所が多数ある。誰もが電気などの現代的なエネルギーを使えるようにすることが目標の一つである。



## 再生可能エネルギーへの転換

第5編で太陽光発電、風力発電などについてふれた(→p.184~185)。これらの再生可能エネルギーの特徴は、枯渇する心配が少なく、二酸化炭素を排出しない点にある。日本の発電電力量のうち、再生可能エネルギーの割合は、2013年度には10.9%だったが、2030年度までに36~38%まで引き上げることが目標とされている。

再生可能エネルギー →

再生可能エネルギーの割合を2030年までに大きく引き上げることがSDGsの目標とされている。日本では、二酸化炭素を排出する火力発電を減らし、再生可能エネルギーを増やすことで、発電の際に生じる二酸化炭素の排出量が2013年度に比べて62%減少することが見込まれている。



持続可能性(サステナビリティ)という用語はさまざまな分野で使われる。特に、環境やエネルギーの問題に関しては、現在の環境や人間活動が将来にわたって持続できるかどうか、という概念で用いられることが多い。

現在の人間活動におけるエネルギー消費は、化石燃料をはじめとした枯渇性エネルギー(→p.180)に依存しているが、これらの採掘量には限度がある。このため、風力発電や太陽光発電など、再生可能エネルギー(→p.180)の利用を促進する取り組みが世界的に進められている。

2015年の国際連合総会で「持続可能な開発目標(SDGs = Sustainable Development Goals)」が採択された。SDGsでは、持続可能な世界を目指すために2030年までに達成を目指す17の目標・169のターゲットがかかげられているが、エネルギー利用における再生可能エネルギーの割合を大幅に拡大させることも記載されている。

持続可能な開発目標(SDGs)の17の目標 →



<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>  
The content of this publication has not been approved by the United Nations and does not reflect the views of the United Nations or its officials or Member States.

SDGsのうち物理と関連の深い項目について詳しく紹介しています。

NEW!

## エネルギー効率の向上と新技術

エネルギーの需要量を抑え、二酸化炭素の排出量を減らすためには、「エネルギーをどのようにして効率的に使うか」が必須の課題である。例えば、最近の取り組みの一つとして、太陽光発電に有効なペロブスカイト系太陽電池の技術開発が進められている。この太陽電池は、ペロブスカイト構造という結晶構造をもつ材料を用いており、他の種類の太陽電池よりも低コストで高い発電効率となることが期待され、世界で注目を集めている。

ペロブスカイト系太陽電池 →

ペロブスカイト系太陽電池は軽く、柔らかいため、利用方法の可能性も広がる。また、曇天などの日差しが弱いときでも発電の効率がよく、次世代太陽電池として期待されている。

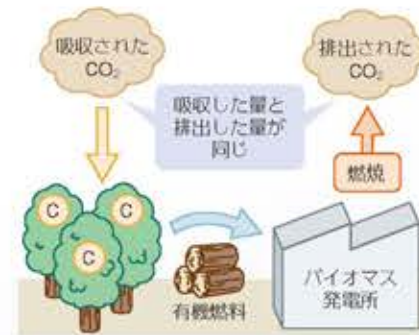


## カーボンニュートラルを目指して

エネルギーの効率化に加え、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出量と吸収量を同じにして、排出量を実質的にゼロにするカーボンニュートラル(脱炭素社会)や、排出量そのものをゼロにするゼロエミッションの実現に向けた取り組みも重要である。それらに向けたさまざまな技術開発の取り組みが世界中で行われている。

カーボンニュートラルのしくみの例 →

植物を燃料にバイオマス発電(→p.185)を行う場合、発電時の燃焼によって排出されるCO<sub>2</sub>は、もともと植物が光合成によって吸収したCO<sub>2</sub>なので、大気中のCO<sub>2</sub>の量は変化しないと考えられる。このような考え方をカーボンニュートラルという。



改訂版新編物理基礎(物基/104-902)

『改訂版 物理基礎』『改訂版 新編 物理基礎』教科書2点比較

		改訂版 物理基礎 (物基/104-901)	改訂版 新編 物理基礎 (物基/104-902)
仕様		A5判・312ページ+折込付録	B5判・224ページ+折込付録
特徴		学びやすく、「自ら考える力」を養える教科書	日常生活とのつながりを感じながら、無理なく基本が身につく教科書
問題数	問	175題	109題
	例題	32題	21題
	類題	32題	21題
	演習問題	42題	42題
発展	方針	物理基礎と関連のある内容をできるだけ扱いました	先取りの内容は必要最小限にとどめました
	平面上の速度の合成	○ (p.18~19) <span style="color:red">本文</span>	○ (p.19) <span style="color:green">囲み</span>
	平面上の相対速度	○ (p.24) <span style="color:red">本文</span>	
	平面運動の加速度	○ (p.28) <span style="color:red">本文</span>	
	水平投射の式	○ (p.52~53) <span style="color:red">本文</span>	○ (p.39) <span style="color:green">囲み</span>
	斜方投射	○ (p.54~57) <span style="color:red">本文</span>	○ (p.38) <span style="color:red">本文</span>
	斜方投射の式		○ (p.39) <span style="color:green">囲み</span>
	終端速度の式	○ (p.101) <span style="color:red">本文</span>	
	気体の法則と気体の状態変化	○ (p.148~151) <span style="color:green">囲み</span>	
	熱力学第二法則, 第二種永久機関	○ (p.152)	○ (p.109)
	正弦波における位相	○ (p.163)	
	波の強さの式	○ (p.173)	
	波の波面・波の干渉・波の反射と屈折・波の回折	○ (p.182~188) <span style="color:red">本文</span>	
	音の屈折・音の回折・音の干渉	○ (p.193~194) <span style="color:red">本文</span>	
	弦を伝わる波の速さの式	○ (p.199) <span style="color:red">本文</span>	○ (p.135)
	クーロンの法則	○ (p.211) <span style="color:green">囲み</span>	
	電気量保存の法則	○ (p.212)	
	静電誘導	○ (p.214) <span style="color:green">囲み</span>	○ (p.148) <span style="color:green">囲み</span>
	キルヒホッフの法則	○ (p.223) <span style="color:green">囲み</span>	
	抵抗率の温度変化	○ (p.232) <span style="color:red">本文</span>	
	電流のする仕事	○ (p.234)	
フレミングの左手の法則	○ (p.241) <span style="color:green">囲み</span>	○ (p.168)	
レンツの法則	○ (p.242) <span style="color:green">囲み</span>	○ (p.168)	
交流の実効値の式	○ (p.243)		
半減期の式	○ (p.257) <span style="color:red">本文</span>		
核反応により放出されるエネルギー	○ (p.258)		
剛体にはたらく力のつりあい	○ (p.268~276) <span style="color:blue">巻末</span>		
正弦波の式	○ (p.277~280) <span style="color:blue">巻末</span>		
音のドップラー効果	○ (p.281~283) <span style="color:blue">巻末</span>		

※発展の区分について(印がないものは、傍注などで扱われている内容)

本文 : 教科書本文中で扱われている内容 囲み : 教科書本文と切り離れた「囲み記事」として扱っている内容 巻末 : 教科書巻末の「本文補足」で扱っている内容

● 例題と類題の例

改訂版 物理基礎 (物基/104-901)

**例題 12 2物体の運動方程式②**

なめらかな水平面上に質量0.20kgの物体Aと質量0.30kgの物体Bを置いて、軽い糸1でつなぐ。図のようにBを2.1Nの力で水平に引いたところ、2つの物体は運動を始めた。

(1) A, Bの加速度の大きさ  $a$  (m/s<sup>2</sup>) を求めよ。  
(2) 糸1がAを引く力の大きさ  $T$  (N) を求めよ。

**方針** 糸1がAを引く力と、糸1がBを引く力は、同じ大きさ  $T$  (N) である。

**解** (1) **Step ①** A, Bが受ける水平方向の力はそれぞれ図のようになる。  
**Step ②** 右向きを正の向きとする。  
**Step ③** 各物体の運動方程式は  
A(0.20kg):  $0.20 \times a = T$  ……①  
B(0.30kg):  $0.30 \times a = 2.1 - T$  ……②  
①式+②式より  $0.50 \times a = 2.1$   
よって  $a = 4.2 \text{ m/s}^2$   
**Step ④** 2物体を一体とみなして、質量0.50kgの物体を2.1Nの力で引くと考えても、 $a$ は求められる。  
 $0.50 \times a = 2.1$ より  $a = 4.2 \text{ m/s}^2$   
(2) ①式より  $T = 0.20 \times 4.2 = 0.84 \text{ N}$

**類題 13** 図のように、質量が0.20kgと0.30kgの小球A, Bを軽い糸でつなぎ、Aを大きさ7.0Nの力で鉛直上向きに引き上げた。重力加速度の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$  とする。  
(1) A, Bの加速度の大きさ  $a$  (m/s<sup>2</sup>) を求めよ。  
(2) AとBをつなぐ糸がBを引く力の大きさ  $T$  (N) を求めよ。  
**ヒント** 糸が引く力は両端で同じ大きさである。

▲『物理基礎』p.88

特に注意が必要な箇所に対して、補足説明を入れています。

「類題」は、例題からさらにワンステップの発想が必要となる問題になっています。(「ヒント」を入れることで取り組みやすくしています)

改訂版 新編 物理基礎 (物基/104-902)

**例題 9 2物体の運動方程式②**

なめらかな水平面上に質量0.20kgの物体Aと質量0.30kgの物体Bを置いて、軽い糸1でつなぐ。図のようにBを2.1Nの力で水平に引いたところ、2つの物体は運動を始めた。

(1) A, Bの加速度の大きさ  $a$  (m/s<sup>2</sup>) を求めよ。  
(2) 糸1がAを引く力の大きさ  $T$  (N) を求めよ。

**方針** 糸1がAを引く力と、糸1がBを引く力は、同じ大きさ  $T$  (N) である。

**解** (1) **step ①** A, Bが受ける水平方向の力はそれぞれ図のようになる。  
**step ②** 右向きを正の向きとする。  
**step ③** 各物体の運動方程式は  
A(0.20kg):  $0.20 \times a = T$  ……①  
B(0.30kg):  $0.30 \times a = 2.1 - T$  ……②  
①式+②式より  $0.50 \times a = 2.1$   
よって  $a = 4.2 \text{ m/s}^2$   
(2) ①式より  $T = 0.20 \times 4.2 = 0.84 \text{ N}$

**類題 9** なめらかな水平面上に質量0.30kgの物体Aと質量0.90kgの物体Bを置いて、軽い糸1でつなぐ。図のようにBを3.0Nの力で水平に引いたところ、2つの物体は運動を始めた。  
(1) A, Bの加速度の大きさ  $a$  (m/s<sup>2</sup>) を求めよ。  
(2) 糸1がAを引く力の大きさ  $T$  (N) を求めよ。

▲『新編 物理基礎』p.64

広い紙面を活かし、補足説明が充実しています。基本から丁寧に解説しています。

「類題」は、例題の解法を理解していれば無理なく解けるシンプルな問題になっています。

# 「改訂版 物理」は、こんな教科書です！ /

## 特長 1

「興味・関心」を高める工夫が充実、「主体的な学び」を実現できます。

興味関心をひく要素や、単元冒頭の「身近な話題+目標」によって、生徒の学習意欲を高められます。

## 特長 3

思考力を養うしかけが充実、知識を活用する力を培うことができます。

「思考学習」や「実験データを分析してみよう」などを通じて、得た知識を活用する力を養うことができます。

## 特長 2

「わかりやすさ」に配慮、つまづき解消のための工夫を随所に盛りこんでいます。

「例題+類題」や「ドリル」など、つまづき解消のための工夫が充実。しっかり知識を定着できます。



## QRコンテンツ 本冊子 104~107

教科書紙面のQRコードからデジタルコンテンツがご利用いただけます。

## 教授資料 本冊子 110~120

従来の授業用スライド・プリントデータ、映像・アニメーションコンテンツなどに加え、新たに単元テストや小テスト、ルーブリック評価表も収録し、さらにデータが充実しています。

## デジタル教科書 本冊子 124~127 副教材 本冊子 裏表紙

「改訂版 物理」にぴったりの副教材を豊富なラインアップでご用意しています。

# 「改訂版 物理」の改訂ポイント

## 結果を予想してみよう

ここで取り上げた実験には、これから学習する物理の知識が関係している。それぞれどのような結果になるか予想してみよう！  
結果は右のQRコードから確認できます。

## 球はいくつはね上がる？



真鍮板の厚さを調節し、球が1つ、2つ、3つはね上がるように、真鍮板の厚さを調節する。どの厚さでいくつはね上がるのか。

## 生徒の興味をひきだす新コーナー

面白い物理の現象をクイズ形式で扱う「結果を予想してみよう」を前見返しに掲載。また、各編の冒頭では身のまわりの現象やものしくみについての問いかけを扱っています。

### グラフのPoint

変化の経路が時計回り  
⇒「面積」(①)が体積がした仕事

### サイクルのp-V図

変化の経路が反時計回り  
⇒「面積」(②)が体積がされた仕事

### 注目するポイント

【変化の経路に囲まれた面積】(①)は、1サイクルの間に気体が実際にした仕事(または、された仕事)を表す。

### グラフのQ&A

右のグラフを見て考えてみよう。

Q. 1サイクルの間に気体がする仕事大きいのは、①A→B→C→D→Aの経路と、②A→B→D→Aの経路のどちらか？

⇒ 経路の囲む面積が大きい①

## 「わかりやすい」をさらにアップデート

グラフの読み取り方をまとめた「グラフのPoint」を新設。また、「単振り子」や「気体分子運動論」などのつまづきやすい学習内容の説明を拡充しています。

## 「実験データを分析してみよう」を新たに掲載

与えられたデータから表やグラフをかいたり、結果から読み取れることを記述させたりする囲み要素「実験データを分析してみよう」を新設。

### 実験データ分析してみよう

#### 単振り子

単振り子の周期を調べるために、単振り子が最低点を通過するときを基準とし、10往復する時間を測定した。糸の長さをいくつか変えて測定を行ったところ、表のような記録が得られた。

糸の長さ (m)	0.20	0.50	0.75	1.00
10往復の時間 (s)	10.1	14.1	17.4	20.9

【分析】 測定した10往復の時間から、それぞれの糸の長さにおける周期を求めて、①周期と糸の長さの関係を調べよう、②周期の2乗と糸の長さの関係を調べよう。

## その他のPOINT

- 平賀源内の「エレキテル」を扱った記事を掲載(教科書 後見返し) (→本冊子 76)

目次

Contents

巻頭資料

結果を予想してみよう ..... A

第1編 力と運動

第1章 平面内の運動

- 1. 平面運動の速度・加速度 ..... 6
- 2. 落体の運動 ..... 14
- 演習問題 ..... 25

第2章 剛体

- 1. 剛体にはたらく力のつりあい ..... 26
- 2. 剛体にはたらく力の合力と重心 ..... 32
- 演習問題 ..... 41

第3章 運動量の保存

- 1. 運動量と力積 ..... 42
- 2. 運動量保存則 ..... 46
- 3. 反発係数 ..... 53
- 演習問題 ..... 62

第4章 円運動と万有引力

- 1. 等速円運動 ..... 64
- 2. 慣性力 ..... 72
- 3. 単振動 ..... 79
- 4. 万有引力 ..... 94
- 演習問題 ..... 107

第2編 熱と気体

第1章 気体のエネルギーと状態変化

- 1. 気体の法則 ..... 110
- 2. 気体分子の運動 ..... 118
- 3. 気体の状態変化 ..... 125
- 演習問題 ..... 143

第3編 波

第1章 波の伝わり方

- 1. 波と媒質の運動 ..... 146
- 2. 正弦波の式 ..... 150
- 3. 波の伝わり方 ..... 155
- 演習問題 ..... 165

※本文中、一部の用語には、英語による表記をそえた。  
なお、( )は省略してもよい部分、[ ]は別の英語表現を表している。

面白い物理の現象をクイズ形式で扱う記事を掲載。

第2章 音の伝わり方

- 1. 音の伝わり方 ..... 166
- 2. 音のドップラー効果 ..... 171
- 演習問題 ..... 179

第3章 光

- 1. 光の性質 ..... 180
- 2. レンズと鏡 ..... 192
- 3. 光の干渉と回折 ..... 206
- 演習問題 ..... 220

第4編 電気と磁気

第1章 電場

- 1. 静電気力 ..... 224
- 2. 電場 ..... 230
- 3. 電位 ..... 236
- 4. 物質と電場 ..... 246
- 5. コンデンサー ..... 249
- 演習問題 ..... 264

第2章 電流

- 1. オームの法則 ..... 266
- 2. 直流回路 ..... 274
- 3. 半導体 ..... 288
- 演習問題 ..... 294

第3章 電流と磁場

- 1. 磁場 ..... 296
- 2. 電流のつくる磁場 ..... 300
- 3. 電流が磁場から受ける力 ..... 304
- 4. ローレンツ力 ..... 311
- 演習問題 ..... 316

第4章 電磁誘導と電磁波

- 1. 電磁誘導の法則 ..... 318
- 2. 自己誘導と相互誘導 ..... 330
- 3. 交流の発生 ..... 336
- 4. 交流回路 ..... 341
- 5. 電磁波 ..... 358
- 演習問題 ..... 363

原子分野の章末で「一問一答」コーナーを扱いました(→72)。

第5編 原子

第1章 電子と光

- 1. 電子 ..... 366
- 2. 光の粒子性 ..... 374
- 3. X線 ..... 382
- 4. 粒子の波動性 ..... 388
- 演習問題 ..... 393

第2章 原子と原子核

- 1. 原子の構造とエネルギー準位 ..... 394
- 2. 原子核 ..... 403
- 3. 放射線とその性質 ..... 407
- 4. 核反応と核エネルギー ..... 415
- 5. 素粒子 ..... 423
- 演習問題 ..... 429

物理学が築く未来

- 宇宙とブラックホール ..... 430
- ナノテクノロジー ..... 432
- ロボット ..... 434

- 宇宙に開かれた2つの窓 ..... 436
- ニュートンで結ぶ学問の世界 ..... 438
- 物理学探究の歴史 ..... 440
- おもな物理量とその単位 ..... 442

物理のための数学

- 1. 微分・積分とその活用 ..... 444
- 2. ベクトル ..... 447
- 3. その他の数学の知識 ..... 448

本文資料

- 1. 表 ..... 452
- 2. 量の表し方 ..... 454
- 略解 ..... 455
- 索引 ..... 468
- 物理定数・ギリシャ文字 ..... 472

巻末資料

- 元素の周期表 ..... D
- エレキテル - 日本における電気の実験 - ..... E

平賀源内の「エレキテル」に関する特集記事を掲載(→76)。

A 実験

- 1. 水平投射 ..... 16
- 2. 棒のつりあい ..... 29
- 3. 重心の求め方 ..... 37
- 4. 斜面上の直方体 ..... 40
- 5. 運動量と力積 ..... 44
- 6. 2物体の衝突 ..... 50
- 7. 運動量保存則 ..... 51
- 8. 反発係数の測定 ..... 54
- 9. 等速円運動の向心力 ..... 71
- 10. 慣性力 ..... 73
- 11. 単振動の周期 ..... 84
- 12. ばね振り子の周期の測定 ..... 87
- 13. 単振り子 ..... 89
- 14. 単振り子の周期の測定 ..... 92
- 15. ケプラーの第二法則 ..... 96
- 16. 万有引力の法則(実習) ..... 98
- 17. ボイルの法則 ..... 112
- 18. 断熱変化 ..... 130
- 19. スターリングエンジンの製作 ..... 140
- 20. 水面波の干渉 ..... 159
- 21. 水面波の反射と屈折 ..... 161
- 22. 水面波の回折 ..... 164
- 23. 音の干渉 ..... 169
- 24. ドップラー効果 ..... 172
- 25. 屈折率の測定 ..... 184
- 26. 光の散乱 ..... 190
- 27. 凸レンズの焦点距離の測定 ..... 195
- 28. ヤングの実験 ..... 209
- 29. 回折格子による光の干渉実験 ..... 212
- 30. 箔検電器 ..... 229
- 31. 等電位線の作図 ..... 244
- 32. コンデンサーの電気容量 ..... 255
- 33. コンデンサーの電気容量の測定 ..... 262
- 34. 温度を変えたときの電気抵抗 ..... 271
- 35. 電池の起電力と内部抵抗の測定 ..... 281
- 36. メートルブリッジ ..... 284
- 37. 電流がつくる磁場 ..... 303
- 38. 電流が磁場から受ける力 ..... 306
- 39. 平行電流が及ぼしあう力 ..... 310
- 40. 電磁誘導 ..... 319
- 41. 渦電流 ..... 329
- 42. 紫外線の観察 ..... 361
- 43. ミリカンの実験(モデル実験) ..... 373
- 44. 光電効果 ..... 376
- 45. 光電効果によるプランク定数 $h$ の測定 ..... 380
- 46. スペクトルの観察 ..... 395
- 47. 放射線の観察 ..... 408
- 48. 半減期のモデル実験 ..... 412

すべての「実験」に映像をテロップ・音声付きで用意。該当紙面の右下のQRコードから、実際に映像をご覧いただけます。

各編の冒頭には、身近な現象などに関する問いかけを扱った記事を掲載(→55)。

他教科・他科目に関連するコラムを掲載(→69)。  
関連する教科・科目をアイコンで示しました。

グラフの読み取り方をまとめた  
要素を新たに掲載(→60)。

「Zoom」…つまずきやすい内容を丁寧に解説しています(→70)。  
「ドリル」…反復演習で基本を定着させることができます(→66)。

コラム

最も速くに投げるには	体育	21
猿はみかんをキャッチできる?		23
トンボとやじろべえ		40
メトロノームの周期	音楽	93
キャベンディッシュによる万有引力の測定		98
静止衛星		100
無重量状態の体験		103
スイングバイ	地学	105
富岡製糸場に導入された蒸気機関	歴史	139
ガリレイによる光の速さの測定		182
霧気楼(しんきろう)		185
光ファイバー		186
虹		189
人間の目	生物	193
CDやDVDの色		211
光の干渉の利用	化学	217
アースはなぜ必要?		248
コンデンサーの利用		255
ICとLSI		293

参考

内分・外分	数学	33
衝突における重心の運動		50
自由落下した小球のはねかえり		54
衝突における「運動量」と「運動エネルギー」		61
弧度法	数学	65
単振動の変位・速度・加速度の式		85
単振動のエネルギー		93
だ円	数学	95
対数目盛りの読み方		98
万有引力による位置エネルギーの計算		102
実在気体	化学	117
気体分子の速度の2乗の平均		121
気体分子の速さの分布		124
「熱力学第一法則」の別の表現		127
二原子分子理想気体の内部エネルギーとモル比熱		137
ホイヘンスの原理による反射の法則		162
・屈折の法則の説明		162
フーコーの光の速さの測定		182

地球の磁場(地磁気)	地学	299
リニアモーターカーのしくみ		322
電磁調理器	家庭	329
ワイヤレス充電		335
高温の物体からの放射	物理	361
電子レンジにおけるマイクロ波の発生		368
朝永振一郎「光子の裁判」	家庭	376
X線による物質の構造解析	生物	385
固有X線と元素分析	化学	402
ニホニウム(113番元素)の発見	化学	406
炭素の放射性同位体による年代測定		411
放射線の人体への影響の考え方		413
食品からの被曝の影響の考え方		414
宇宙線で火山を透視する技術		424
ミュオグラフィ	地学	424
ニュートリノ振動		426
ヒッグス粒子		427

虫めがね		199
顕微鏡と望遠鏡		200
球面鏡の焦点距離		204
平行板コンデンサーの電場の考え方		251
電池がする仕事		261
半導体ダイオードと太陽電池		291
直流モーターのしくみ		305
コイルとコンデンサーのリアクタンス		346
電場中の電子の運動		370
電子顕微鏡		390
フランク・ヘルツの実験		401
固有X線の発生原理		402
同位体の発見		405
いろいろな原子核と核図表		406
半減期と常用対数	数学	412
原子力発電の種類		421
反粒子		423
4つの力と物体にはたらく力		427

Zoom

慣性力を用いた式の立て方	77
気体分子の運動から圧力を求める手順	122
いろいろな場合のドップラー効果	176
光の干渉の考え方	218
電場と電位に関する公式のまとめ	245
コンデンサーのまとめ	263
交流回路のインピーダンス	351

グラフのPoint

単振動のxt図, vt図, at図	82
気体の状態変化のp-V図	131
サイクルのp-V図	139
電場の強さ・電位と距離の関係のグラフ	239
光電効果のグラフ	378

発展

並列回路のインピーダンス	352
--------------	-----

思考学習

糸巻きを転がり方	39
冥王星と衛星カロン	106
夜空に浮かぶランタン	114
簡易スピード測定	175

ドリル

相対速度	12
水平投射と斜方投射	21
運動量保存則と反発係数の式	58
気体の状態変化とp-V図	133
ドップラー効果	175
レンズと鏡	205
電磁誘導	325

問一答

電子と光	392
原子と原子核	428

実験データを分析してみよう

単振り子	91
ヤングの実験	209
電池の起電力と内部抵抗の測定	282

実験のデータの分析をさせる要素を新たに掲載(→63)。

「思考学習」…学習内容をもとに、思考力をはたらかせながら考察する問題を収録(→64)。

物理量と単位の表記について

一般に、物理量(物理で扱われる量)は、1.5m, 0.80m/sなど、「数値」と「単位」の積で表される。ただし本書では、表記を簡潔にするため、計算の過程などで単位を省略して数値のみで表すことがある。また、物理量を記号(時間tなど)で表す場合は、記号は数値と単位の積を表すとみなせるので、記号の後に単位をつける必要はない。ただし、その物理量もつ単位を明示したほうがわかりやすい場合、本書では、記号の後に[ ]で単位を示した(時間t[s]など)。

Link



この教科書に関連した参考資料、理解を助ける映像やアニメーションなどが利用できる目印。これらの資料は、下のアドレスまたは左の二次元コードからアクセスできるので、必要に応じて活用してほしい。

※インターネット接続に際し発生する通信料は、使用される方の負担となりますのでご注意ください。

<https://www.chart.co.jp/qr/26sp3/>

↑コンテンツ一覧もこちらから閲覧できます。

アニメーションや映像などのコンテンツを紙面のQRコードからご覧いただけます(→コンテンツの内容など詳しくは、本冊子104~107)。

## 本書の構成について

### 実験00

物理の現象の規則性や法則性を見出して理解するための実験や、学習内容と関連づけて理解を深めるための実験などを本文で扱った。

いずれの実験も、先生の指導を受けて安全に注意して行うことが重要である。けがをしたり、器具を壊すおそれのある実験については、右のマーク（または「注意」マーク）で注意を促した。



### 問00

学習したばかりの内容を復習し、確実な理解をはかる問題。思考力を要するものには「**問**」をつけた。

問・類題・演習問題の解答は巻末にまとめた(→ p.455)。

### 例題00

学習した法則や公式をしっかり理解するための問題。解としてその解き方も示した。

### 類題00

例題をもとにして、自力で考察する問題。

### 演習問題

学習の仕上げとして、学習内容をもとに考察する問題。思考力を要するものには「**演**」をつけた。また、学習内容を活用させる問題を「**考えてみよう!**」で扱った。

### Zoom

理解しづらいところや間違えやすいところを、重点的に説明した。

### ドリル 一問一答

学習内容の理解のための基本的な問題を、重点的に扱った。特に、第5編では一問一答形式で知識を確認できる問題を掲載した。

### グラフのPoint

グラフを読み取るうえでのポイントを、重点的に説明した。

### 実験データ分析してみよう

基本的な実験について、データを分析する方法や結果から考察できることを理解するための問題。巻末に解答をまとめて掲載した(→ p.464)。

### 思考学習

学習内容をもとに、思考力をはたかせながら考察する問題を扱った。巻末に解答をまとめて掲載した(→ p.463)。

コラム・参考については、関連する教科・科目をアイコンで示した。

### コラム

学習内容に関連した、身近な話題などを取り上げた。

### 参考

本文の記述をより深く理解するための内容を扱った。

### 発展

「物理」の学習指導要領に示されていない事項で、本文の理解を深める内容を扱った。必要に応じて取り組むとよい。

### 復習

「物理基礎」で学習した事項で、本文の理解の助けとなる内容を扱った。

### 関連

「物理基礎」の学習内容と関連性の深い内容を示した。  
※「物理基礎」(物基104-901)で「**発展**」として扱っている内容

### 0 学んだことを説明してみよう

学習内容を振り返るための問いかけを扱った。学んだことを自分の言葉で表現してみよう。巻末に解答例をまとめて掲載した(→ p.465)。

物理基礎の復習が多数掲載されていますので、スムーズに物理の学習を進められます(→詳しくは78)。

「編とびら」には、身近な現象やもののしくみについての問いかけを扱った記事を掲載しました。物理への興味・関心を高められます。

NEW!

## 第1編 力と運動

Link 写真解説



- 第1章 平面内の運動 ▶ p.6
- 第2章 剛体 ▶ p.26
- 第3章 運動量の保存 ▶ p.42

- 第4章 円運動と万有引力 ▶ p.64

身のまわりの現象やもののしくみを物理で考えてみよう。



QRコードから、問いかけに対する簡単な解説を確認できる写真解説をご利用いただけます(→詳しくは106)。

NEW!

物理基礎の復習内容を点線でわかりやすく示しているのので、既習事項が確認しやすくなっています。「自由落下」など、「物理基礎」の教科書並みにていねいに扱っています。

単元冒頭に示した「学習目標」で、目的意識をもって主体的に学習が始められます。→単元末の「学んだことを説明してみよう」(→64)で、振り返りが可能です。

## 2 落体の運動

静止したサッカーボールをけるとき、どの角度で振り出せば飛距離が最大になるだろうか。この節では、投げ出された物体の運動について理解しよう。

### 復習 A 自由落下

物体が重力だけを受け、初速度0で鉛直下向き(重力がはたらく向き)に落下する運動を **自由落下** (free fall) という。図9のストロボ写真を分析すると、小球の運動について次のことがわかる。

- ①小球の質量の大小によらず、一定の加速度で落下する
- ②小球の加速度は鉛直下向きで、大きさは  $9.8\text{m/s}^2$  である

自由落下の加速度を **重力加速度** (gravitational acceleration [acceleration due to gravity]) といい、その大きさを  $g(\text{m/s}^2)$  で表す。自由落下は、初速度が0で、加速度が鉛直下向きに大きさ  $g(\text{m/s}^2)$  の等加速度直線運動である。

自由落下を始める点を原点として、鉛直下向きに  $y$  軸をとり、時間  $t(\text{s})$  後の位置を  $y(\text{m})$ 、速度を  $v(\text{m/s})$  とすると、次の式が成り立つ。

$$v = gt, \quad y = \frac{1}{2}gt^2, \quad v^2 = 2gy \quad (9)$$

▶ p.13 復習

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at \\ x &= v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (\text{A}) \\ v^2 - v_0^2 &= 2ax \end{aligned}$$

### B 鉛直投射

初速度が0ではない落下運動を考える。物体を鉛直下向き、あるいは鉛直上向きに投げたことを **鉛直投射** という。

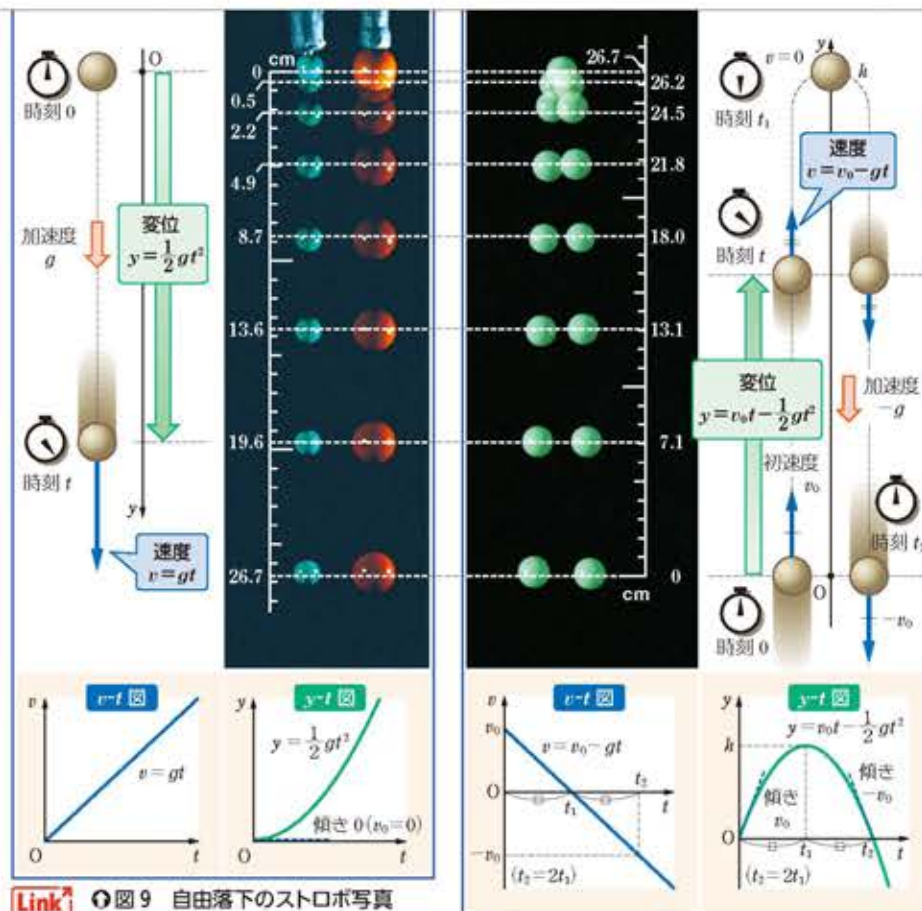
用語 鉛直方向と水平方向

鉛直方向 重力がはたらく方向  
水平方向 鉛直方向と直交する方向

①**鉛直投げ下ろし** 小球を鉛直下向きに初速度  $v_0(\text{m/s})$  で投げる。この場合にも小球は、加速度が鉛直下向きに大きさ  $g(\text{m/s}^2)$  の等加速度直線運動をしている。

投げた点を原点とし、自由落下と同じく、鉛直下向きに  $y$  軸をとり、時間  $t(\text{s})$  後の位置を  $y(\text{m})$ 、速度を  $v(\text{m/s})$  とすると、次の式が成り立つ。

$$v = v_0 + gt, \quad y = v_0t + \frac{1}{2}gt^2, \quad v^2 - v_0^2 = 2gy \quad (10)$$



Link 図9 自由落下のストロボ写真 (発光間隔  $\frac{1}{30}$  秒)

Link 図10 鉛直投げ上げのストロボ写真 (発光間隔  $\frac{1}{30}$  秒) 見やすくするために鉛直上向きからわずかにずらした向きに投げている。

(10)式と(11)式では、**注意**  $y$  軸の正の向きが異なることに注意。

②**鉛直投げ上げ** 小球を鉛直上向きに投げると、小球はしだいに遅くなり、ある高さで速度が0となって、その点から下向きの運動へと変わる(図10)。この場合にも小球は、加速度が鉛直下向きに大きさ  $g(\text{m/s}^2)$  の等加速度直線運動をしている。

投げた点を原点とし、初速度  $v_0(\text{m/s})$  の向き、すなわち鉛直上向きに  $y$  軸をとり、時間  $t(\text{s})$  後の位置を  $y(\text{m})$ 、速度を  $v(\text{m/s})$  とする。投げた後、上昇中も下降中も加速度は  $-g(\text{m/s}^2)$  なので、次の式が成り立つ。

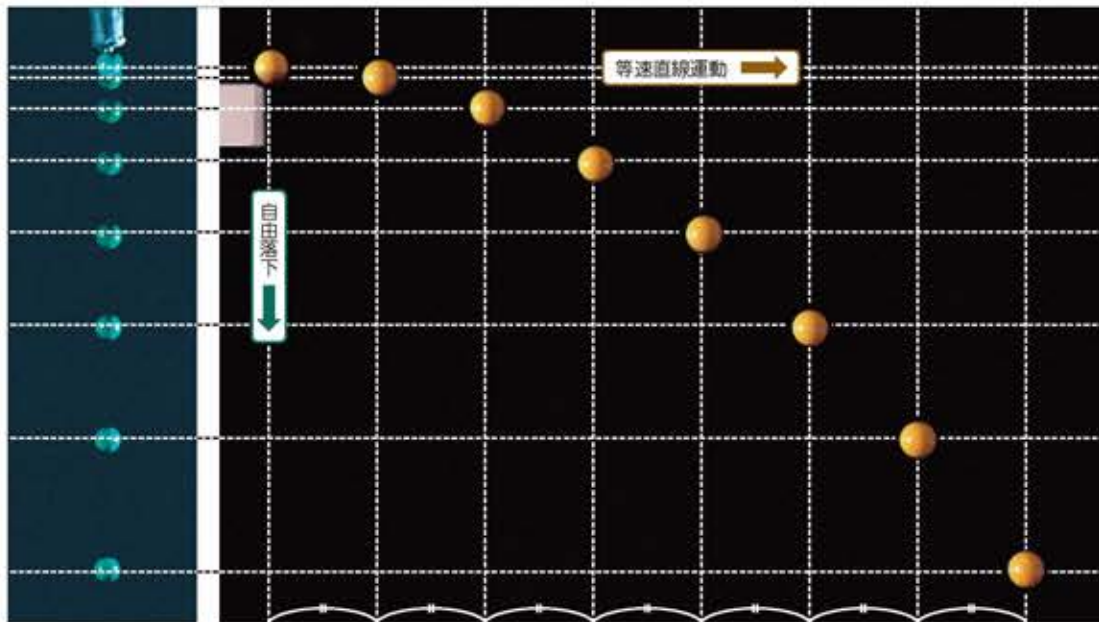
$$v = v_0 - gt, \quad y = v_0t - \frac{1}{2}gt^2, \quad v^2 - v_0^2 = -2gy \quad (11)$$

「注意」囲みで、生徒が誤解しやすい点を注意喚起しました。つまづきを防ぎ、「自学自習」をしっかりとサポートします。

Link >>>  15

紙面右下のQRコードから、自由落下の参考映像やシミュレーションコンテンツをご利用いただけます。

すべての「実験」に映像を完備。(→詳しくは104)  
紙面の右下のQRコードから、映像をご覧いただけます。



自由落下(p.15 図9) 図11 水平投射のストロボ写真(発光間隔  $\frac{1}{30}$  秒)



### 関連 C 水平投射

物体をある高さから水平方向に投げ出してみよう(水平投射)。物体は放物線を描いて飛んでいき、やがて地面に達する。

①水平投射の軌道 図11は、小球を水平投射したときのストロボ写真である。この写真を自由落下の写真と比較すると、水平投射された物体の運動について、次のことがわかる。

- ①鉛直方向には自由落下と同様の運動をしている
- ②水平方向には等速直線運動と同様の運動をしており、その速度は常に初速度に等しい

③水平投射の式 水平投射された小球の運動を式で表してみよう。小球を水平方向に  $v_0$ [m/s] の速さで投げたとき、図12のように  $x$  軸、 $y$  軸をとる。時間  $t$ [s] 後の、小球の速度  $\vec{v}$  の  $x$  成分を  $v_x$ [m/s]、 $y$  成分を  $v_y$ [m/s] とし、位置を  $(x, y)$  とする。

16 第1編 第1章 平面内の運動

#### 実験1 水平投射

水平な机の端から2つのコインを定規などで同時にはじき、異なる初速度で落下させてみよう。どちらが先に床に到達するだろうか。



Point 「鉛直方向の運動」と「水平方向の運動」は、別々に分けて考えることができる。

$x$  軸方向には等速直線運動と同様の運動をするから

$$v_x = v_0 \quad (12)$$

$$x = v_0 t \quad (13)$$

$y$  軸方向には自由落下と同様の運動をするから

$$v_y = gt \quad (14)$$

$$y = \frac{1}{2} gt^2 \quad (15)$$

(13)式と(15)式から  $t$  を消去すると

$$y = \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2 \quad (16)$$

が得られる。この式は、小球の運動の軌道を表し、放物線となることを示している。

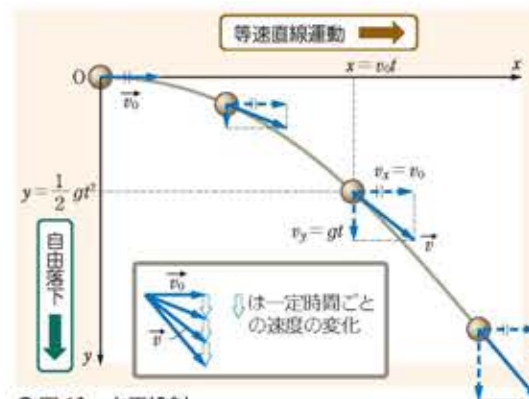


図12 水平投射

#### p.14 自由落下

$$v = gt$$

$$y = \frac{1}{2} gt^2 \quad (9)$$

(16)式を導く

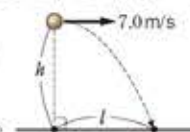
(13)式より  $t = \frac{x}{v_0}$   
これを(15)式に代入して  
 $y = \frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 = \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2$

#### 例題2 水平投射

ある高さの所から小球を速さ  $7.0$  m/s で水平に投げ出すと、 $2.0$  秒後に地面に達した。重力加速度の大きさを  $9.8$  m/s<sup>2</sup> とする。

(1) 投げ出した所の真下の地面上の点から、小球の落下地点までの距離  $l$  [m] を求めよ。

(2) 投げ出した所の、地面からの高さ  $h$  [m] を求めよ。



指針 水平投射では、水平方向は等速直線運動、鉛直方向は自由落下と同様の運動をする。

解 (1) 水平方向は、速さ  $7.0$  m/s の等速直線運動と同様の運動を行う。

$$[x = v_0 t] \text{ (13)式より } l = 7.0 \times 2.0 = 14 \text{ m}$$

(2) 鉛直方向は、自由落下と同様の運動を行う。

$$[y = \frac{1}{2} gt^2] \text{ (15)式より } h = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2 = 19.6 \approx 20 \text{ m}$$

有効数字は2桁なので、末位を四捨五入。

類題2 地面より  $9.8$  m の高さから、小球を速さ  $3.0$  m/s で水平に投げ出した。投げ出した所の真下の地面上の点から、小球の落下地点までの距離  $l$  [m] を求めよ。重力加速度の大きさを  $9.8$  m/s<sup>2</sup> とする。

ヒント 落下時間を求めるには、鉛直方向の運動に注目する。



紙面右下のQRコードから、実験映像がご覧いただけます。

「改訂版 物理基礎」(物基/104-901)で「発展」として掲載している内容については、項目タイトルの横に「関連マーク」をつけました。物理基礎で「発展」を学習している場合には、関連マークの項目を既習内容として扱うことにより、効率的な指導が可能となります。

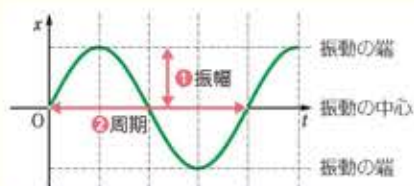
グラフの読み取り方をまとめた要素を新設。グラフを見る際の要点が確認できます。また、Q&A形式の簡単な問題で理解の確認もできます。

NEW!

グラフの Point

単振動の  $x-t$  図,  $v-t$  図,  $a-t$  図

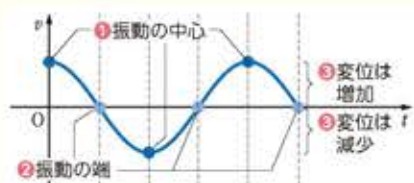
$x-t$  図 (変位の時間変化)



注目するポイント

- ① [振動の中心から端までの長さ] → 振幅
- ② [1回振動する時間] → 周期

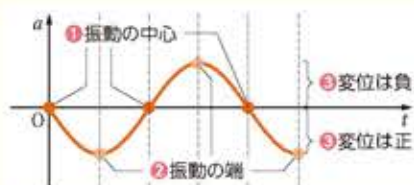
$v-t$  図 (速度の時間変化)



注目するポイント

- ① [速度が最大・最小の点] → 振動の中心
- ② [速度が0の点] → 振動の端
- ③ [速度が正] → 変位は増加  
[速度が負] → 変位は減少

$a-t$  図 (加速度の時間変化)



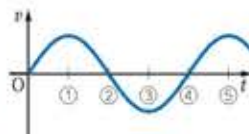
注目するポイント

- ① [加速度が0の点] → 振動の中心
- ② [加速度が最大・最小の点] → 振動の端
- ③ [加速度が正] → 変位は負  
[加速度が負] → 変位は正

グラフの Q & A Link ドリル

右の単振動の  $v-t$  図を見て考えてみよう。

- Q1. 振動の中心にあるのは?  
→ 速度が最大・最小となる点なので ①, ③, ⑤
- Q2. 振動の端のうち変位が大きいのは?  
→ 速度が0の点のうち、速度が正から負に変化する点なので ②
- Q3. 加速度が0となるのは?  
→ 振動の中心、つまり速度が最大・最小となる点なので ①, ③, ⑤



C 単振動に必要な力

質量  $m$  [kg] の物体が、 $x$  軸上を原点  $O$  を中心として角振動数  $\omega$  [rad/s] で単振動している。このとき、物体にはたっている力を  $F$  [N] とすると、運動方程式「 $ma = F$ 」と(73)式より、次の式が得られる。

▶ p.80  
 $a = -\omega^2 x$  (73)

$$F = ma = -m\omega^2 x \quad (74)$$

$m\omega^2$  は時間によって変化しない正の定数であるから、 $m\omega^2 = K$  とおくと、(74)式は次のように書くことができる。

$$F = -Kx \quad (K: \text{正の定数}) \quad (75)$$

(75)式より、 $F$  は変位  $x$  に比例することがわかる。また、 $F$  と  $x$  とは正負が反対であるから、 $F$  は常に振動の中心  $O$  に向く。単振動を起こすこのような力を **復元力** という。一般に、単振動の運動方程式は

$$ma = -Kx \quad (76)$$

となる。単振動の角振動数  $\omega$  [rad/s] は、 $m\omega^2 = K$  より

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} \quad (77)$$

と表される。また、単振動の周期  $T$  [s] は、(77)式と(70)式より次のようになる。

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} \quad (78)$$

▶ p.80  
 $\omega = \frac{2\pi}{T}$  (70)

**問 29** 一直線上を運動する質量  $0.30$  kg の物体が、変位  $x$  [m] のとき  $F = -30x$  で表される力  $F$  [N] を受けて単振動をしている。この単振動の角振動数  $\omega$  [rad/s] と周期  $T$  [s] を求めよ。

単振動の式

運動方程式  $ma = -Kx$  ( $K$ : 正の定数)

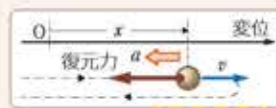
変位  $x = A \sin \omega t$

速度  $v = A\omega \cos \omega t$

加速度  $a = -A\omega^2 \sin \omega t = -\omega^2 x$

▶  $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$

$m$ [kg]	質量 (mass)	$t$ [s]	時間 (time)
$A$ [m]	振幅 (amplitude)	$x$ [m]	変位
		$v$ [m/s]	速度 (velocity)
$\omega$ [rad/s]	角振動数	$a$ [m/s <sup>2</sup> ]	加速度 (acceleration)



Link 解説動画



Link >>>

すべての公式に、公式の使い方を解説する解説動画を用意しました。紙面右下のQRコードからご利用いただけます。

NEW!

シミュレーションコンテンツが大幅に増加。(→詳しくは105)  
紙面の右下のQRコードから、映像をご覧ください。

NEW!

単振り子の周期を運動方程式から考えてみよう。糸の長さを  $l$  [m]、小球の質量を  $m$  [kg] とする。小球にはたらく力は、糸が引く力(大きさ  $S$  [N])と重力(大きさ  $mg$  [N])であり、糸が引く力は小球の運動方向に垂直である。

小球を最下点  $O$  へ引きもどすはたらきをするのは、重力の接線方向の成分  $F$  [N] である(図65)。糸が鉛直方向となす角を  $\theta$  [rad] (反時計回りを正とする)、小球の点  $O$  からの円弧にそった変位を  $x$  [m] (右向きを正とする)とする。振れが小さいとき、単振り子は一直線上を往復するとみなせるので、図65より、 $F$  は次のように表すことができる。

$$F = -mg \sin \theta \approx -\frac{mg}{l} x \quad (83)$$

したがって、小球は、 $F$  が復元力となって単振動をすると考えてよい。その振動の周期  $T$  [s] は、(78)式で  $K = \frac{mg}{l}$  とおけばよいから、次のようになる。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (84) \quad \text{p.83} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \quad (78)$$

振れが小さいとき、周期は振幅によらず、糸の長さ  $l$  と重力加速度の大きさ  $g$  だけで決まる。これを、振り子の **等時性** という。  
isochronism

**問32** 糸の長さが  $5.0$  m である単振り子の周期は何秒か。重力加速度の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$  とする。

**問33** 月面での重力加速度の大きさは、地球上のおよそ  $6$  分の  $1$  である。月面で単振り子を振らせたときの周期は、同じ単振り子を地球上で振らせたときの周期のおよそ何倍になるか。答えの根号はそのままよい。

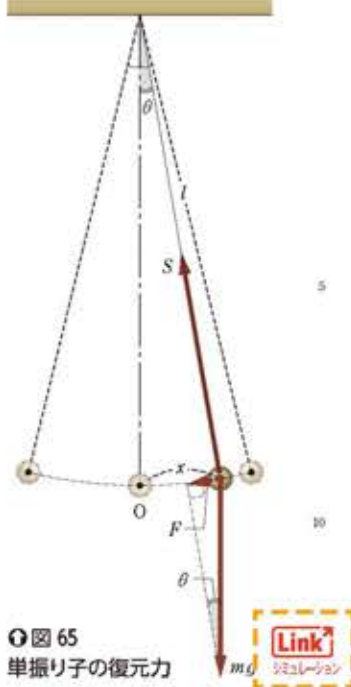


図65 単振り子の復元力

Link  
シミュレーション

(83)式を導く  
重力の、円弧に対する接線方向の成分  $F$  は  
 $F = -mg \sin \theta$   
 $x$  は、円弧にそっていることから、 $x = l\theta$  となるので  
 $F = -mg \sin \frac{x}{l} \dots \dots \textcircled{1}$   
 $\theta$  が十分小さい ( $l$  に比べて  $x$  が十分小さい) とき、 $\sin \theta \approx \theta$  が成り立つから (→ p.450)  
 $\sin \frac{x}{l} \approx \frac{x}{l} \dots \dots \textcircled{2}$   
 $\textcircled{1}, \textcircled{2}$ 式より  $F \approx -\frac{mg}{l} x$

教科書中の実験について、データから表やグラフをかいて分析させる要素を新設。大学入学共通テストで求められる探究的に知識を活用する力を培うことができます。

NEW!

実験データを分析してみよう

単振り子  
→ p.89 実験13

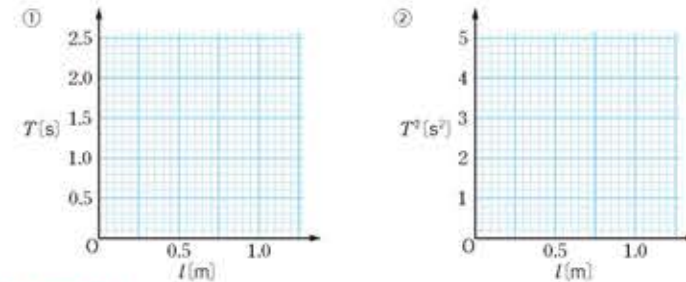
実験データ

単振り子の周期を調べるために、単振り子が最下点を通るときを基準とし、10往復する時間を測定した。糸の長さをいくつか変えて測定を行ったところ、表のような記録が得られた。

糸の長さ $l$ [m]	0.25	0.50	0.75	1.00
10往復の時間 $t$ [s]	10.1	14.1	17.4	19.9

分析

**手順1** 測定した10往復の時間から、それぞれの糸の長さにおける周期を求めて、①周期と糸の長さの関係を表す  $T-l$  図と、②周期の2乗と糸の長さの関係を表す  $T^2-l$  図をかこう。



**手順2** 手順1でかいたグラフから、周期と糸の長さの間にはどのような関係があると考えられるだろうか。

**手順3** 周期をより正確に測定するために、単振り子が最下点を通るときを1往復の基準としているが、振動の端を基準とするのがよくないのはなぜだろうか。

第1編  
力と運動

Link >>>



紙面右下のQRコードから、シミュレーションコンテンツがご覧いただけます。

NEW!

データや資料をもとに考察させる問題を掲載しました(全7か所)。  
**「思考力・判断力・表現力」の育成**に役立ちます(解答例は巻末に掲載)。

### 思考学習 冥王星と衛星カロンの運動

かつて冥王星は、太陽系における9番目の惑星とされていた(2006年ごろ惑星の定義が定められるとともに、太陽系外縁天体に区分された)。Pさんがこの冥王星に興味をもって調べていたところ、冥王星はカロンという衛星をもち、冥王星とカロンの重心間の距離  $r_0$  [m] は、約  $1.96 \times 10^7$  m であることがわかった。ここで、「カロンは、冥王星からの万有引力を向心力として、冥王星を中心に半径  $r_0$  の等速円運動をしている」と仮定し、運動方程式を用いて周期を求めたところ、周期は6.78日となった。しかし、文献で調べた値である6.39日とは、6%程度の誤差があった。以下では、他の天体の影響は考えないものとする。

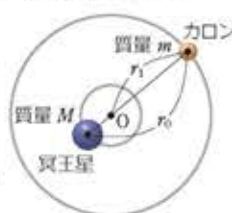


**【考察①】** Pさんは、誤差が生じたのは下線部の仮定が間違っていたからと考えた。次のうち、仮定が間違っていたと考えられる理由として最も適切なものを選び。

(選択肢)

- ① 等速円運動の半径は、 $r_0$  からカロンの半径を引いたものにしなければならないから
- ② 冥王星もカロンからの万有引力を受けて運動するから
- ③ カロンが運動するのではなく、冥王星がカロンを中心に等速円運動をするから

**【考察②】** 実際に、冥王星とカロンは互いを結んだ直線上の点Oを共通の中心として、同じ角速度で円運動することが知られている。冥王星の質量を  $M$  [kg]、カロンの質量を  $m$  [kg]、点Oからカロンの重心までの距離を  $r_1$  [m] として、 $r_1$  を  $M$ 、 $m$ 、 $r_0$  を用いて表せ。



**【考察③】** **【考察②】** で求めた式より、点Oはどのような点であるといえるか。理由とともに説明せよ。

**【考察④】** 冥王星を中心に等速円運動をすることを考えたときのカロンの周期  $T$  [s] を、点Oを中心に等速円運動をすることを考えたときの周期  $T$  [s] を用いて表せ。ただし、冥王星の質量はカロンの質量の7倍であるとする。答えの根号、分数はそのままよい。

### 4 学んだことを説明してみよう

万有引力

- (1) 太陽のまわりをだ円運動する惑星の速さはどのように変化するか。
- (2) 宇宙探査機のもつ万有引力による位置エネルギーは、地球から遠ざかるにつれてどのように変化するだろうか。ほかの天体の影響はないものとする。

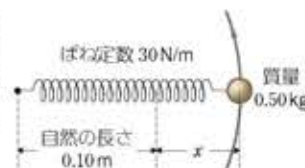
## 演習問題

Link  
この章の  
要点の確認

第1編  
力と運動

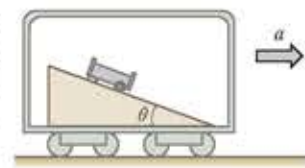
### 1 等速円運動 ▶p.64~70

自然の長さ0.10m、ばね定数30N/mの軽いばねの一端に質量0.50kgの小球を取りつけ、ばねの他端を中心にしてなめらかな水平面上で等速円運動をさせた。このときの角速度が6.0rad/sであったときの、ばねの伸び  $x$  [m] を求めよ。



### 2 慣性力 ▶p.72~75

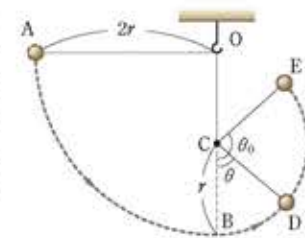
図のように、電車内の水平な床の上に傾きの角  $\theta$  のなめらかな斜面を固定して置き、その上に台車をのせる。地面に静止した人から見た電車の加速度を  $a$  [m/s<sup>2</sup>] (右向きを正とする)、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。



- (1) 車内の人から見たときの、台車の斜面方向の加速度  $a'$  [m/s<sup>2</sup>] を求めよ。斜面方向下向きを正の向きとする。
- (2) 電車の加速度  $a$  がある値  $a_0$  であったとき、車内の人から見て台車は静止しているように見えた。  $a_0$  [m/s<sup>2</sup>] を求めよ。

### 3 鉛直面内の円運動 ▶p.76~78

点Oに固定した長さ  $2r$  [m] の軽い糸に、質量  $m$  [kg] の小球をつける。糸がたるまないように小球を水平の位置Aまで持ち上げ、静かにはなす。小球が最下点Bを通る瞬間、糸はBの真上  $r$  [m] の距離の点Cにある釘に触れ、その後、小球は点Cを中心とする円運動を始める。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。



- (1) 小球が点Bを通る瞬間、小球の速さ  $v_B$  [m/s] を求めよ。
- (2) 小球が点Bを通る直前の糸が小球を引く力の大きさ  $T_{B1}$  [N] と、点Bを通った直後の糸が小球を引く力の大きさ  $T_{B2}$  [N] を求めよ。
- (3) 小球が点Dを通る瞬間、小球の速さ  $v_D$  [m/s] と糸が小球を引く力の大きさ  $T_D$  [N] を求めよ。鉛直方向とCDのなす角(図の  $\angle BCD$ ) を  $\theta$  とする。
- (4) 小球が点Eに達したとき、糸がたるんだとする。鉛直方向とCEのなす角(図の  $\angle BCE$ ) を  $\theta_0$  とするとき、  $\cos \theta_0$  を求めよ(分数で答えよ)。

Link >>>



単元末に、学んだことを**自分の言葉で説明**するコーナーを設けました(解答例は巻末に掲載)。  
 生徒どうしの「対話的な学び」を通じて、**表現力の育成**にもつながります。

このQRコードから、各章の要点確認コンテンツをご利用いただけます。

ドリル「気体の状態変化と  $p$ - $V$  図」では、状態変化に関する考え方を整理したうえで、反復演習により習熟できるようにしました。

## ドリル 気体の状態変化と $p$ - $V$ 図

気体の状態変化の  $p$ - $V$  図では次のことに注目するとよいでしょう。

●  $p$ - $V$  図の面積

→ 気体がした仕事  $W'$  (または、された仕事  $W$ ) を表す (→ p.131)。

● 状態変化前後での気体の温度変化  $\Delta T$

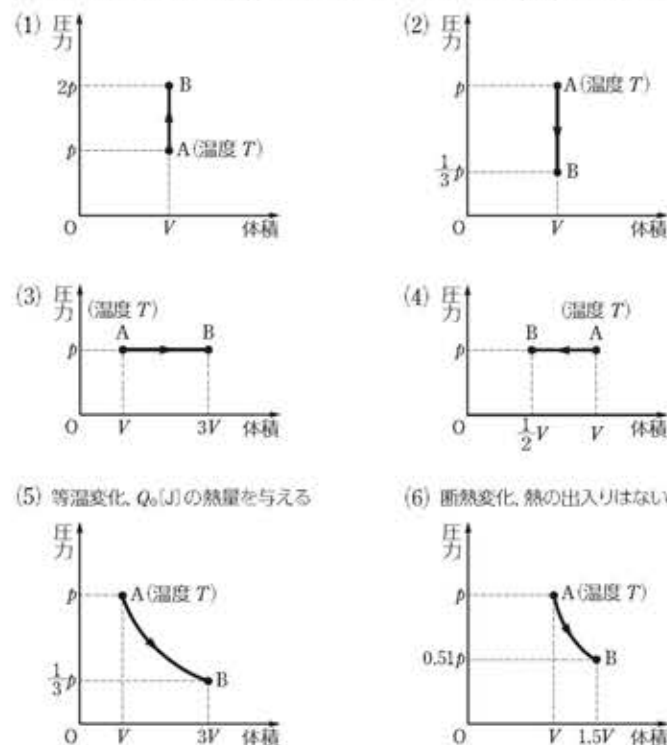
→ 気体の内部エネルギーの変化  $\Delta U$  が求められる ( $\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$ )。

$W$  と  $\Delta U$  がわかれば、熱力学第一法則 [ $\Delta U = Q + W$ ] から  $Q$  が求められます。それぞれの変化において特徴的な量 (定積変化 →  $W = 0$ , 等温変化 →  $\Delta U = 0$ , 断熱変化 →  $Q = 0$ ) もひまえて考えましょう。



定積変化	<p>圧力増加</p> <p>熱力学第一法則 <math>\Delta U = Q + W</math> ↓ ↓ ↓ 正 正 0</p>	<p>圧力減少</p> <p>熱力学第一法則 <math>\Delta U = Q + W</math> ↓ ↓ ↓ 負 負 0</p>
	<p>体積増加 (膨張)</p> <p>熱力学第一法則 <math>\Delta U = Q + W</math> ↓ ↓ ↓ 正 正 負</p> <p>気体がした仕事 <math>W' = p\Delta V</math> ※ <math>\Delta V &gt; 0</math></p>	<p>体積減少 (圧縮)</p> <p>熱力学第一法則 <math>\Delta U = Q + W</math> ↓ ↓ ↓ 負 負 正</p> <p>気体がされた仕事 <math>W = -W' = -p\Delta V</math> ※ <math>\Delta V &lt; 0</math></p>
等温変化	<p>体積増加 (膨張)</p> <p>熱力学第一法則 <math>\Delta U = Q + W</math> ↓ ↓ ↓ 0 正 負</p> <p>気体がした仕事 <math>W'</math></p>	<p>体積減少 (圧縮)</p> <p>熱力学第一法則 <math>\Delta U = Q + W</math> ↓ ↓ ↓ 0 負 正</p> <p>気体がされた仕事 <math>W = -W'</math></p>
断熱変化	<p>体積増加 (膨張)</p> <p>熱力学第一法則 <math>\Delta U = Q + W</math> ↓ ↓ ↓ 負 0 負</p> <p>気体がした仕事 <math>W'</math></p>	<p>体積減少 (圧縮)</p> <p>熱力学第一法則 <math>\Delta U = Q + W</math> ↓ ↓ ↓ 正 0 正</p> <p>気体がされた仕事 <math>W = -W'</math></p>

問 a  $n$  [mol] の単原子分子理想気体を、(1)~(6) の  $p$ - $V$  図のように状態変化させた。状態 A での気体の温度を  $T$  [K] とする。また、気体定数を  $R$  [J/(mol·K)] とする。 $n$ ,  $R$ ,  $T$ ,  $Q_0$  の文字を使って、気体の内部エネルギーの変化  $\Delta U$  [J], 気体がされた仕事  $W$  [J], 気体が受け取った熱量  $Q$  [J] をそれぞれ求めよ。



問 b 単原子分子理想気体に対して次のいずれかの操作を十分ゆっくりと行い、体積を 2 倍にしたい。

操作 1 圧力を一定に保ったまま膨張させる  
 操作 2 温度を一定に保ったまま膨張させる  
 操作 3 外部との熱のやりとりを遮断して膨張させる

(1) 操作後の理想気体の温度をそれぞれ  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  とするとき、これらの大小関係を求めよ。  
 (2) 操作中に理想気体がした仕事をそれぞれ  $W_1'$ ,  $W_2'$ ,  $W_3'$  とするとき、これらの大小関係を求めよ。  
 (3) 操作中に理想気体が吸収した熱量をそれぞれ  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  とするとき、これらの大小関係を求めよ。

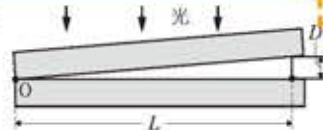
問 a でさまざまな状態変化を個別に確認した後で、問 b で複数の状態変化を比較し、定着がはかれるようにしています。

すべての「例題」に「解説動画」を用意。(→詳しくは105)  
紙面の右下のQRコードから、実際に解説動画をご覧いただけます。

NEW!

### 例題 11 くさび形空気層における光の干渉

2枚の平面ガラスを重ねて、ガラスが接している点Oからの距離L[m]の位置に厚さD[m]の薄い紙をはさむ。真上から波長λ[m]の光を当てて上から見ると、明暗の縞が見えた。このときの縞の間隔Δx[m]を求めよ。



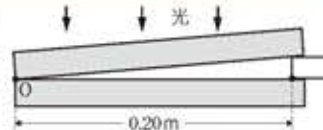
【指針】隣りあう明線の位置で空気層の厚さの差がΔd[m]のとき、経路差の違いは2Δd[m]となる。

【解】点P、Qを隣りあう明線の位置とする。これらの位置での空気層の厚さの差をΔd[m]とすると、2点間の経路差の違いは2Δdであり、これが1波長分に等しいので  $2\Delta d = \lambda$  ……①  
また、三角形の相似の関係より  $L : D = \Delta x : \Delta d$  ……②

$$\text{①, ②式より } \Delta x = \frac{L\Delta d}{D} = \frac{L\lambda}{2D} \text{ [m]}$$

### 類題 11

2枚の平面ガラスを重ねて、ガラスが接している点Oからの距離0.20mの位置に薄い紙をはさむ。真上から波長  $6.5 \times 10^{-7}$  mの光を当てて上から見ると、明暗の縞が見えた。このときの縞の間隔が1.3mmであったとすると、紙の厚さは何mか。



【ヒント】紙の厚さをD[m]とおいて、三角形の相似の関係を利用した式を立てる。

## E ニュートンリング

①ニュートンリング 球面と平面からできたレンズ(平凸レンズという)を球面を下にして平面ガラスの上ののせ、上から平面に垂直に単色光を当てると、レンズとガラス板との接点を中心とする同心円状の明暗の縞模様(明環、暗環)が見える(図75③)。これは、レンズの下面で反射する光①と、ガラスの上面で反射する光②の干渉によるものである(図76)。この模様は、ニュートンが詳しく調べたので、**ニュートンリング** Newton ring といわれる。



③図75 ニュートンリング ③は白色光を当てたもの。波長によって明環の位置が異なり、色づいて見える。

216 第3編 第3章 光

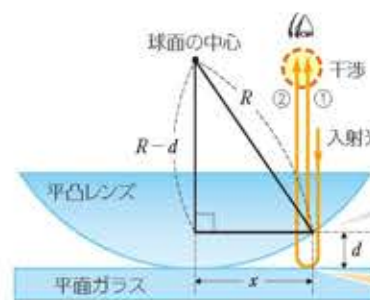
「教科横断」として、他教科・他科目に関連するコラムを掲載。アイコンで関連する教科・科目を示しています。

NEW!

②干渉の条件式 図76で、2つの光の経路差は、レンズの球面半径R、レンズの中心からの距離xを用いて、 $\frac{x^2}{R}$ と表される。また、光①は、屈折率の大きい媒質(レンズ)から入射し、屈折率の小さい媒質(空気)との境界面で反射するので、位相は変化しない。一方、光②は、屈折率の小さい媒質(空気)から入射し、屈折率の大きい媒質(ガラス)との境界面で反射するので、位相がπだけ(半波長分)変化する。以上より、単色光の波長をλとすると、干渉の条件式は次のようになる。

$$\text{明環: } \frac{x^2}{R} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (50)$$

$$\text{暗環: } \frac{x^2}{R} = m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (51)$$



④図76 ニュートンリングの経路差

三平方の定理より  $R^2 = (R-d)^2 + x^2$

$$\text{よって } R^2 = R^2 \left(1 - \frac{d}{R}\right)^2 + x^2$$

dはRに比べてきわめて小さいので、

$|a| < 1$ のときに成り立つ近似式

$$(1+a)^n \approx 1+na \text{ を用いて}$$

$$R^2 \approx R^2 \left(1 - \frac{2d}{R}\right) + x^2 \text{ より } 2d \approx \frac{x^2}{R}$$

となり、これが光①と光②の経路差となる。

### コラム 光の干渉の利用

図Aのコップは、光の干渉により鮮やかな色に見える。コップは金属のチタン製で、表面に酸化皮膜(酸化によりできた薄い膜)が形成されており、この膜の上面と下面で反射する光が干渉する。膜の厚さを調節することでさまざまな色を表現できる。



④図A チタン製のコップ コップ自体は着色されていない。

### 3 学んだことを説明してみよう

光の干渉と回折

- ⑤ (1) ヤングの実験(→p.206 図62)での、単スリットS<sub>0</sub>の役割を説明してみよう。  
⑥ (2) 媒質の屈折率が大きくなると、その媒質中を進む光の光路長はどうなるか。



Link &gt;&gt;&gt;

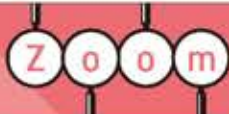
217

紙面右下のQRコードから、例題の解説動画がご覧いただけます。

NEW!

さまざまな光の干渉についてまとめ、学習内容を整理できるようにしました。

「薄膜」、「くさび形空気層」、「ニュートンリング」における、干渉する2つの光の位相のずれについて、まとめて確認できるようにしています。



## 光の干渉の考え方

ここまで、さまざまな状況における光の干渉を学んできました。干渉の条件式はそれぞれで異なりますが、式を立てる手順はどれも同じです。次の3つのステップで考えましょう。



### 光の干渉の考え方



- 干渉する2つの光の光路差を求める。
  - 真空中(または空气中) → 光路差 = 経路差
  - 屈折率  $n$  の媒質中 → 光路差 = 屈折率  $n$  × 経路差
- 反射による位相の変化をチェックする。
  - 「屈折率大 → 小」の反射 → 位相は変化しない
  - 「屈折率小 → 大」の反射 → 位相は  $\pi$  ずれる
- 干渉の条件式を立てる。
  - 強めあう: 光路差 =  $m\lambda$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ )
  - 弱めあう: 光路差 =  $(m + \frac{1}{2})\lambda$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ )
  - 2つの光の位相のずれが  $\pi$  のときは、干渉の条件式が逆になる。

### ヤングの実験 (→ p.206)

- 光路差 (= 経路差)  $\approx d \sin \theta \approx \frac{d}{l} x$
- 位相の変化なし
- 強めあう条件  $\frac{d}{l} x = m\lambda$

### 回折格子 (→ p.210)

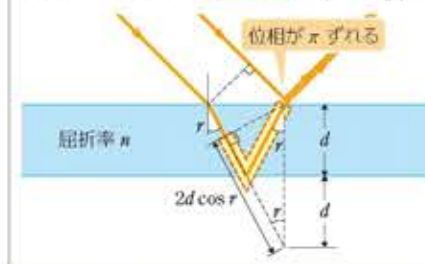
- 光路差 (= 経路差)  $\approx d \sin \theta$
- 位相の変化なし
- 強めあう条件  $d \sin \theta = m\lambda$

**問A** 光の干渉に関する次の①の観察実験を行った後、②のように条件を変えて、再度、観察実験を行った。このとき、光の干渉縞はどのように変化するか。空気の屈折率を1とする。

- ヤングの実験
  - ① 空気中で行う
  - ② 実験装置を屈折率 1.3 の水中に入れて行う
- 回折格子
  - ① 1cm 当たり 500 本の筋をもつ回折格子を用いる
  - ② 1cm 当たり 1000 本の筋をもつ回折格子を用いる

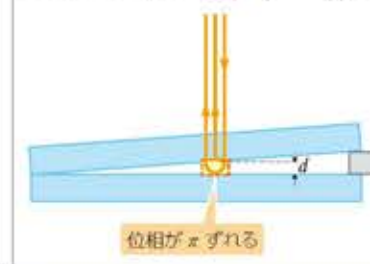
### 薄膜 (→ p.213)

- 光路差 (=  $n$  × 経路差) =  $2nd \cos r$
- 位相が  $\pi$  ずれる
- 強めあう条件  $2nd \cos r = (m + \frac{1}{2})\lambda$



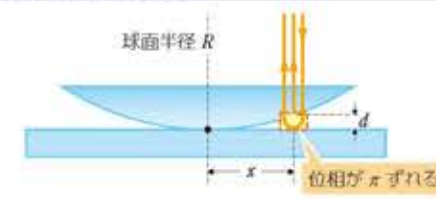
### くさび形空気層 (→ p.215)

- 光路差 (= 経路差) =  $2d$
- 位相が  $\pi$  ずれる
- 強めあう条件  $2d = (m + \frac{1}{2})\lambda$



### ニュートンリング (→ p.216)

- 光路差 (= 経路差) =  $2d \approx \frac{x^2}{R}$
- 位相が  $\pi$  ずれる
- 強めあう条件  $\frac{x^2}{R} = (m + \frac{1}{2})\lambda$



上方から見る場合と下方から見る場合で干渉の条件が異なることもあります。下図は空気中で薄膜に光を垂直に入射した場合の例です。⑥では、反射による位相の変化がないので、干渉の条件が④と異なります。



④

強めあう条件  $2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda$

⑥

強めあう条件  $2nd = m\lambda$

**問B** ニュートンリングの平凸レンズに対して垂直に光を当て、①光源側から観察した場合と、②光源と反対側から観察した場合は、光の干渉縞はどのように変化するか。



## 一問一答 電子と光



- 陰極線は、何とよばれる粒子の流れか。
- 電気素量を  $e$ 、電子の質量を  $m$  とすると、電子の比電荷はどのように表されるか。
- ミリカンが、帯電した油滴の電気量をもとに測定を行った。電気量の最小単位を何とよぶか。
- 振動数が  $\nu$  の光の光子 1 個がもつエネルギーはいくらか。プランク定数を  $h$  とする。
- 波長が  $\lambda$  の光の光子 1 個がもつエネルギーはいくらか。真空中の光の速さを  $c$ 、プランク定数を  $h$  とする。
- 光電効果は、「光の粒子性」、「光の波動性」のどちらと関連の深い現象か。
- 仕事関数が  $W$  の金属に、光子のエネルギーが  $h\nu$  ( $h$ : プランク定数、 $\nu$ : 光の振動数) の光を当てると、飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値はいくらか。ただし、 $h\nu > W$  とする。
- 仕事関数が大きい金属ほど、限界振動数は大きいか、小さいか。
- 光電効果の実験で、光電管に当てる光の強さを弱くした場合、阻止電圧の値はどうなるか。
- 1eV は何 J か。電気素量を  $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$  とする。
- X 線管に加える電圧を大きくしたとき、連続 X 線の最短波長はどうなるか。
- X 線管に加える電圧を大きくしたとき、固有 X 線の波長はどうなるか。
- ラウエ斑点は、「X 線の粒子性」、「X 線の波動性」のどちらと関連の深い現象か。
- コンプトン効果は、「X 線の粒子性」、「X 線の波動性」のどちらと関連の深い現象か。
- コンプトン効果で、散乱された X 線に含まれていたのは、もとの波長より長い波長の X 線か、短い波長の X 線か。
- 振動数が  $\nu$  の光について、光子 1 個がもつ運動量はいくらか。真空中の光の速さを  $c$ 、プランク定数を  $h$  とする。
- 波長が  $\lambda$  の光について、光子 1 個がもつ運動量はいくらか。プランク定数を  $h$  とする。
- 運動量が  $p$  の電子について、電子波の波長はいくらか。プランク定数を  $h$  とする。
- 電子線回折は、「電子の粒子性」、「電子の波動性」のどちらと関連の深い現象か。

答え

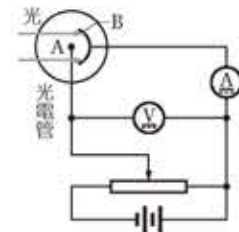
- 電子
- $\frac{e}{m}$
- 電気素量
- $h\nu$
- $\frac{hc}{\lambda}$
- 光の粒子性
- $h\nu - W$
- 大きい
- 変わらない
- $1.6 \times 10^{-19} \text{J}$
- 短くなる
- 変わらない
- X 線の波動性
- X 線の粒子性
- 長い波長の X 線
- $\frac{h\nu}{c}$
- $\frac{h}{\lambda}$
- $\frac{h}{p}$
- 電子の波動性

## 演習問題



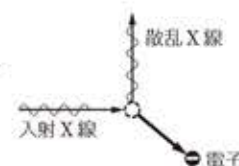
### 1 光電効果 ▶p.374 ~ 381

光電管で図の回路をつくった。波長  $2.5 \times 10^{-7} \text{m}$  の紫外線を当てながら B の電位が A よりも高くなるように電圧を増していくと、AB 間の電圧が 2.8V になったとき回路の電流が 0 になった。また、波長  $4.5 \times 10^{-7} \text{m}$  の可視光線で同様の実験をすると、0.6V のときに電流が 0 になった。プランク定数  $h$  (J·s) を求めよ。電気素量を  $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 、真空中の光の速さを  $3.0 \times 10^8 \text{m/s}$  とし、A と B は同じ金属であるとする。



### 2 コンプトン効果 ▶p.386 ~ 387

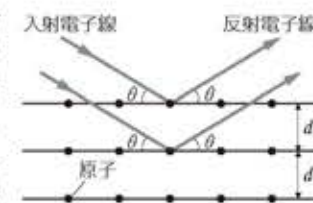
波長  $\lambda$  (m) の X 線光子が、静止している質量  $m$  (kg) の電子に衝突して、角  $90^\circ$  の方向に散乱し、波長が  $\lambda'$  (m) となり、電子は速さ  $v$  (m/s) ではね飛ばされた。真空中の光の速さを  $c$  (m/s)、プランク定数を  $h$  (J·s) とする。



- 衝突前後のエネルギー保存則の式を書け。
- 衝突前後の運動量ベクトルの関係を考えることにより、 $(mv)^2$  を式で表せ。
- 近似式  $\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} \approx 2$  を用いて、 $\lambda' - \lambda$  を  $v$  を用いない式で表せ。

### 3 電子線の回折 ▶p.389

図のように、規則正しく配列された原子がつくる面の間隔が  $d$  (m) の結晶に、運動エネルギー  $E$  (J) の電子を用いた電子線を原子の配列面と  $\theta$  の角をなす方向に入射させる。 $\theta$  を  $0^\circ$  から増加させながら反射電子線の強度を測定したところ、 $\theta = 30^\circ$  のとき、4 回目の極大を示した。原子の配列面の間隔  $d$  (m) を求めよ。電子の質量を  $m$  (kg)、プランク定数を  $h$  (J·s) とする。



### 4 考えてみよう!

人の肌が屋外で日焼けをするのは、太陽光線によって皮膚組織にエネルギーが与えられ、皮膚が炎症を起こすためである。日焼けの原因となるのは、可視光線よりも紫外線であるといわれているが、これはなぜだろうか。光の粒子性に着目して説明してみよう。



近年、注目されつつある「教科横断」をテーマに、物理がさまざまな教科(学問分野)と関連していることを紹介しています。

ニュートンの主著である「プリンキピア」を、数学や英語の学習に関連させて扱いました。

## 教科横断 ニュートンで結ぶ学問の世界

学問にはさまざまな分野があり、それぞれが有機的につながっている。ここでは、Isaac Newton(アイザック・ニュートン：イギリス、1643～1727)を「横糸」にして、いくつかの教科を結んでみよう。

**国語** 夏目漱石が生きた時代、物理界はニュートンなどにより構築された古典物理学からアインシュタインなどにより始まった現代物理学への移行期であった。漱石の作品「三四郎」(1908)には、ガリレオやニュートンについて言及する場面や、光の放射圧を測定する実験の記述もある。この放射圧については、アインシュタインの光子量子仮説(1905)のち、光の粒子性によって解釈されるようになる。なお、作中の物理学者の野々宮は、漱石の門下生であった物理学者、寺田寅彦がモデルであるといわれている。

### 夏目漱石著「三四郎」より

それから改まって、野々宮さんに、光線に圧力があるものか、あれば、どうして試験するかと聞き出した。野々宮さんの答は面白かった。――

雲母か何かで、十六武蔵ぐらいの大きさの薄い円盤を作って、水晶の糸で釣して、真空の中に置いて、この円盤の面へ弧光燈の光を直角にあてると、この円盤が光に圧されて動く、というのである。

(中略)

広田先生が、こんな事をいう。

「どうも物理学者は自然派じゃ駄目のようだね」

物理学者と、自然派の二字は少なからず満場の興味を刺激した。

「それはどういう意味ですか」と本人の野々宮さんが聞き出した。広田先生は説明しなければならなくなった。

「だって、光線の圧力を試験するために、眼だけあけて、自然を観察してはいて、駄目だからさ。自然の敵立のうちに、光線の圧力という事実は印刷されていないようじゃないか。だから人巧的に、水晶の糸だの、真空だの、雲母だのという装置をして、その圧力が物理学者の眼に見えるように仕掛けるのだから。だから自然派じゃないよ」

(中略)

今度は博士がまた口を利いた。

「物理学者でも、ガリレオが寺院の、釣り洋燈の、一振動の時間が、振動の大小にかかわらず同じである事に気が付いたり、ニュートンが林檎が引力で落ちるのを発見したりするのは、始めから自然派ですね」

※十六武蔵は、石と盤を用いた室内遊戯

- 課題**
- (1) 下線部アについて、自然派の研究手法とは、ここではどのようなものか。
  - (2) 下線部イの性質を何というか。



**数学** 1665～1666年にかけて、ニュートンが学んでいたケンブリッジのトリニティ・カレッジはペストの流行によって閉鎖された。このとき、故郷の村ウールズソープにもどったニュートンは、物理や数学分野で主要な成果となるものの着想を得る。数学では幾何学的方法(図形を用いての論証)を中心に、現在の微分・積分法にあたる流率法や方程式による曲線や曲面の分類などである。例えば「一部が曲線で囲まれている図形の面積の求め方」は、ニュートンの主著「プリンキピア」には、次のように記されている。

### 補助定理2

直線  $Aa$ ,  $AE$ 、および曲線  $abcde$  によって囲まれた図形  $AabcdE$  (図1)において、一定の幅 ( $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$  など)をもつ長方形に分け、その幅を限りなく小さくしていくと、内接図形  $AKbLcMdD$ 、外接図形  $AalbmcdnoE$ 、および曲線図形  $AabcdE$  が相互に対してとるべき究極の比は等しくなる。

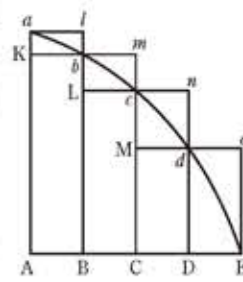


図1

**【証明】** 内接図形と外接図形との差は長方形  $aKbl$ ,  $bLcm$ ,  $cMdn$ ,  $dDeo$  の和、長方形  $ABla$  に等しい。ところが、この長方形は幅  $AB$  が限りなく減少するものと仮定されているので内接図形と外接図形は最終的に互いに等しくなる。さらに両者の中間にある曲線図形は、最終的に上のそれぞれに等しくなる。よって証明された。

(図の示し方や一部の用語は現代の形式に直し、加筆や削除を行った。)

- 課題**
- (1) 長方形  $aKbl$ ,  $bLcm$ ,  $cMdn$ ,  $dDeo$  の面積の和は、長方形  $ABla$  の面積に等しいことを証明せよ。
  - (2) 数学の発展に対するニュートンの寄与について調べてみよう。

**英語** ニュートンの運動の3法則は、「プリンキピア」に記述されている。原文はラテン語であるので、英訳をもとに、これらが英文でどのように表現されているのかを見てみよう。

**LAW I** Every body perseveres in its state of rest, or of uniform motion in a right line, unless it is compelled to change that state by forces impressed thereon.

**LAW II** The alteration of motion is ever proportional to the motive force impressed; and is made in the direction of the right line in which that force is impressed.

**LAW III** To every action there is always opposed an equal reaction: or the mutual actions of two bodies upon each other are always equal, and directed to contrary parts.  
(\*The Mathematical Principles of Natural Philosophy\* by Isaac Newton, translated by Andrew Motte, 1846)

- 課題**
- (1) 次の用語は、英文中でどのように表現されているか。  
(a) 静止 (b) 等速直線運動 (c) 物体 (d) 力 (e) 作用 (f) 反作用
  - (2) 運動の3法則のほかに、物理法則が英語でどのように表現されているかを調べてみよう。

平賀源内が製作した「エレキテル」を扱った特集記事を掲載しました。教科を横断した学びや、工学的な学びにつなげられる要素です。

NEW!

このQRコードから、実際の実験のようすを映像で確認できます。

NEW!

# エレキテル

日本における電気の黎明

紀元前 600 年ごろのギリシャで静電気現象が発見されてから、電気の技術は発展を遂げ、現在では私たちの生活に欠かせないものとなっている。電気が日本に伝わってきたのは江戸時代である。このときに、日本に入ってきた「エレキテル」について見てみよう。

平賀源内が製作したエレキテル→オランダ語(ラテン語)で電気を意味する「elektricitit」が変化して「エレキテル」という語ができた。



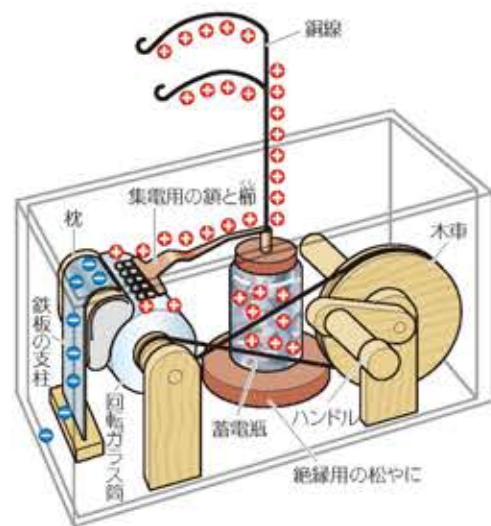
## 平賀源内によるエレキテルの修理・復元

1660 年ごろ、電気の研究が行われていく中で、「摩擦起電機(エレキテル)」という大量の電気を容易につくりだす装置が、ドイツのゲーリックによって発明された。それからおよそ 100 年がたったころ、日本にも伝来し、1770 年に平賀源内が長崎に行った際に壊れた摩擦起電機を手に入れ、これを江戸に持ち帰り、1776 年にエレキテルの復元に成功した。その後も同様のエレキテルをいくつか自作している。



↑平賀源内(1728-1779)

エレキテルのほかにも寒暖計を自作したり、火洗布(かかんぶ、石綿の布のこと)を開発したりした。戯作者(げさくしゃ)としても知られている。



E

## エレキテルのしくみ

平賀源内が製作したエレキテルの1つは、縦 26cm、横 45cm、高さ 28cm の箱型である。箱から出ているハンドルを回すと、内部にあるガラスの円筒と金箔を張った枕とがこすれあい、それぞれに正負の電気が生じるので、それを中央に置かれている鉄くずを詰めた蓄電瓶(コンデンサー)に蓄えるというしくみになっている。

## エレキテルの模型をつくってみよう

実際に、エレキテルの模型をつくって、放電することを確認してみよう。

Link >>>  
映像



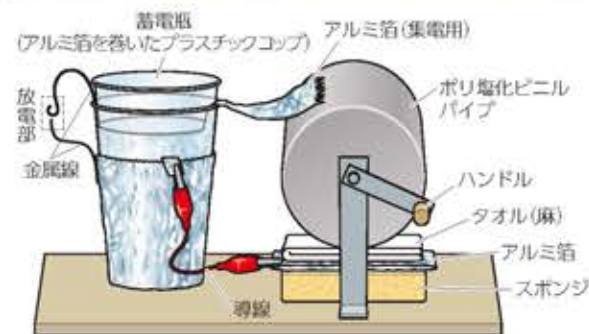
### 材料

- ・金具(パイプ固定用、ハンドル用)
- ・ポリ塩化ビニルパイプ
- ・ネジ、ナットなど
- ・木板
- ・金属線(写真では、アルミニウム線を使用)
- ・プラスチックコップ
- ・導線
- ・アルミ箔
- ・タオル(麻)
- ・スポンジ



放電のようす→

## 模型の模式図



↑模型の回路図



↑蓄電瓶

アルミ箔を巻いたプラスチックコップを2つ重ねてつくっている。集電用のアルミ箔は先をギザギザにすると、集電しやすくなる。

ハンドルを回すと、タオルとポリ塩化ビニルパイプがこすれあい、ポリ塩化ビニルパイプは負に、タオルは正に帯電する。負の電荷は、集電用のアルミ箔を通して上側のプラスチックコップへ、正の電荷は導線を通して下側のプラスチックコップへ蓄えられる。蓄電瓶に電荷が蓄えられると電圧が大きくなっていき、放電が起こる。

## さらに工夫するには?

この装置で放電をしやすくするためには、どのように工夫すればよいか考えてみよう。

- ・タオルの素材を変更してみる
- ・集電用のアルミ箔の形状を変更してみる、など

F

# 物理基礎と物理のつながり

改訂版 物理(物理/104-901)は、物理基礎とのつながりを意識し、高校物理の学習をスムーズに行えるように工夫しています。



## ①物理基礎の力学分野の復習囲みを掲載!

物理基礎の力学分野の重要事項をまとめた復習囲みを掲載しています。関連する箇所でも振り返りながら学習できます。

### 復習 等加速度直線運動

一直線上を一定の加速度で進む運動を **等加速度直線運動** という。  
 $x$  軸上を一定の加速度  $a$  [m/s<sup>2</sup>] で等加速度直線運動する物体が、時刻  $0$  のとき原点を初速度  $v_0$  [m/s] で通過したとする。この物体の時刻  $t$  [s] での速度、変位をそれぞれ  $v$  [m/s]、 $x$  [m] とするとき、次の3つの式が成り立つ。

$$v = v_0 + at, \quad x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2, \quad v^2 - v_0^2 = 2ax \quad (A)$$



▲改訂版 物理 p.13

### 復習 ニュートンの運動の3法則

#### 運動の第一法則(慣性の法則)

外部から力を受けないか、あるいは外部から受ける力が釣り合っている(合力が  $\vec{0}$ ) 場合には、静止している物体はいつまでも静止を続け、運動している物体は等速度直線運動を続ける。

#### 運動の第二法則(運動の法則)

物体にいくつかの力がはたらくとき、物体にはそれらの合力  $\vec{F}$  の向きに加速度  $\vec{a}$  が生じる。その加速度の大きさは合力の大きさに比例し、物体の質量  $m$  に反比例する。質量に kg、力に N、加速度に m/s<sup>2</sup> などの適切な単位を用いると、次の式が成り立つ。

$$m\vec{a} = \vec{F}$$

この式を **運動方程式** という。

#### 運動の第三法則(作用反作用の法則)

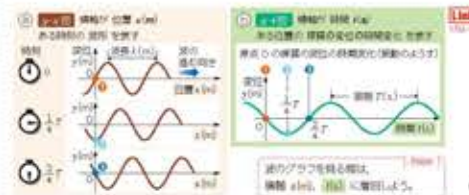
物体 A から物体 B に力をはたらかせているときには、物体 B から物体 A に、同じ作用線上で、大きさが等しく、向きが反対の力がはたらいている。



▲改訂版 物理 p.22

## ②物理基礎の復習を随所に掲載!

①波のグラフ 位置  $x$  と変位  $y$  の関係を表すグラフ(図4③)を  $y-x$  図という。これは、ある時刻の波形を表す。一方、ある位置での、時間  $t$  と変位  $y$  の関係を表すグラフ(図4②)を  $y-t$  図という。



▲改訂版 物理 p.148

物理基礎の教科書で扱われている内容には「復習」マークをつけています。他にも、自由落下(p.14)、波の伝わり方(p.155)、抵抗の接続(p.274)など多数の「復習」があります。

物理基礎で学習した内容のうち、物理を学習する前におさえておきたい内容を「復習」として掲載しています。過去に学習したことを思いだしながら、物理の学習をスムーズに行うことができます。

### 電流

電子やイオンなどが移動することによって電荷(または電流)の流れが生じる。これを **電流** といい、一定の向きに流れる電流を **直線電流** という。

図40のように、電流の向きは、正の電荷が移動する向きと定められ、導線を流れる電流の大きさは、単位時間当たりに導線の断面を通過する電荷量の大きさで定義される。その単位には **アンペア**(記号 A) を用いる(A = 1C/s)。I[s] 間に Q[C] の電荷量が通過するときの電流の大きさを  $I$  [A] とすると、次の式が成り立つ。

$$I = \frac{Q}{t}, \quad Q = It \quad (31)$$

①A 電流 ②Q 電流の大きさ ③I 電流の向き

▲改訂版 物理 p.266

# 「改訂版 総合物理」は、こんな教科書です!



### 特長 1

「興味・関心」を高める工夫が充実、「主体的な学び」を実現できます。

興味関心をひく要素や、単元冒頭の「身近な話題+目標」によって、生徒の学習意欲を高められます。

### 特長 3

思考力を養うしかけが充実、知識を活用する力を培うことができます。

「思考学習」や「実験データを分析してみよう」などを通じて、得た知識を活用する力を養うことができます。

### 特長 2

「わかりやすさ」に配慮、つまずき解消のための工夫を随所に盛りこんでいます。

「例題+類題」や「ドリル」など、つまずき解消のための工夫が充実。しっかり知識を定着できます。

### 特長 4

「物理基礎」と「物理」の全ての内容を網羅、高校物理を系統的に学べます。

「物理基礎」と「物理」の内容を融合し、分野別に再構成することによって、学びやすくなっています。

## QRコンテンツ 本冊子 107

教科書紙面のQRコードからデジタルコンテンツがご利用いただけます。

## 教授資料 本冊子 110~120

従来の授業用スライド・プリントデータ、映像・アニメーションコンテンツなどに加え、新たに単元テストや小テスト、ルーブリック評価表も収録し、さらにデータが充実しています。

## デジタル教科書 本冊子 124~127 副教材 本冊子 裏表紙

「改訂版 総合物理」にぴったりの副教材を豊富なラインアップでご用意しています。

目次

Contents

※本文中、一部の用語には、英語による表記をそえた。  
なお、( )は省略してもよい部分、[ ]は別の英語表現を表している。

巻頭資料

結果を予想してみよう	A	物理で何を学ぶか	6
おもな物理量とその単位	C	物理量の扱い方	12

第1編 力と運動

第1章 運動の表し方

1. 速度	18
2. 加速度	34
3. 落体の運動	51
演習問題	67

第4章 運動量の保存

1. 運動量と力積	156
2. 運動量保存則	160
3. 反発係数	167
演習問題	176

第2章 運動の法則

1. 力とのはたらき	70
2. 力のつりあい	74
3. 運動の法則	86
4. 摩擦を受ける運動	100
5. 液体や気体から受ける力	105
6. 剛体にはたらく力のつりあい	112
演習問題	127

第5章 円運動と万有引力

1. 等速円運動	178
2. 慣性力	186
3. 単振動	193
4. 万有引力	208
演習問題	221

第3章 仕事と力学的エネルギー

1. 仕事	130
2. 運動エネルギー	138
3. 位置エネルギー	141
4. 力学的エネルギーの保存	145
演習問題	155

第1巻には、力学・熱分野を収録。  
「力学」を軸にしたまとまりを重視しています。  
「改訂版 物理基礎(物基 /104-901)」と「改訂版 物理(物理 /104-901)」を融合し、系統的に配列。物理基礎の内容を「復習」(→84)としてほぼすべて収録していますので、第2巻(→92)とあわせて高校物理の学習内容をすべてカバーできます。

第2編 熱と気体

第1章 熱と物質

1. 熱と物質の状態	224
2. 熱と仕事	236
演習問題	237

第2章 気体のエネルギーと状態変化

1. 気体の法則	238
2. 気体分子の運動	246
3. 気体の状態変化	253
4. エネルギーの移り変わり	272
演習問題	274

物理のための数学

1. 三角比と三角関数	276
2. ベクトル	280
3. 微分・積分とその活用 <b>箱</b>	282
4. その他の数学の知識	285

本文資料

1. 表	288
略解	290
索引	301
物理定数・ギリシャ文字	304

巻末資料

元素の周期表	D
持続可能な世界を目指して	E

物理量と単位の表記について

一般に、物理量(物理で扱われる量)は、1.5m、0.80m/sなど、「数値」と「単位」の積で表される。ただし本書では、表記を簡潔にするため、計算の過程などで単位を省略して数値のみで表すことがある。また、物理量を記号(時間*t*など)で表す場合は、記号は数値と単位の積を表すとみなせるので、記号の後に単位をつける必要はない。ただし、その物理量をもつ単位を明示したほうがわかりやすい場合、本書では、記号の後に[ ]で単位を示した(時間*t*[s]など)。



この教科書に関連した参考資料、理解を助ける映像やアニメーションなどが利用できる目印。これらの資料は、下のアドレスまたは左の二次元コードからアクセスできるので、必要に応じて活用してほしい。

**注意** インターネット接続に際し発生する通信料は、使用される方の負担となりますのでご注意ください。

<https://www.chart.co.jp/qr/26sp4/>

↑コンテンツ一覧もこちらから閲覧できます。

アニメーションや映像などのコンテンツを紙面のQRコードからご覧いただけます(→コンテンツの内容など詳しくは、本冊子107)。

第1巻の冒頭に、**高校物理で学ぶ主な内容を一覧できる特集**を掲載しました。見通しをもって学習する姿勢を養うことができます。

NEW!

# 物理で何を学ぶか

本書(総合物理1, 総合物理2)で学ぶ主な内容をまとめました。  
総合物理1には第1~2編, 総合物理2には第3~5編を掲載しています。

## 第1編 力と運動



### 第1章 運動の表し方

(→総合物理1 p.18)

物体の基本的な運動を数式を用いて表す方法を学ぶ。一定の速度での運動だけでなく、加速や減速をする運動についても扱う。また、重力を受けて落下する物体の運動についても扱う。

**Key word**

等速直線運動 (→p.20)  
相対速度 (→p.30)  
等加速度直線運動 (→p.37)  
自由落下 (→p.51)  
鉛直投射 (→p.54)  
水平投射 (→p.60)  
斜方投射 (→p.62)



### 第2章 運動の法則

(→総合物理1 p.70)

さまざまな力について学び、静止している物体や運動している物体にどのような力がはたらいているのかを理解する。また、大きさのある物体(剛体)にはたらく力のつりあいについても学ぶ。

**Key word**

フックの法則 (→p.73)  
力のつりあい (→p.74)  
作用反作用の法則 (→p.81)  
慣性の法則 (→p.86)  
運動方程式 (→p.91)  
静止摩擦力・動摩擦力 (→p.100)  
水圧・浮力 (→p.106, 108)  
空気の抵抗 (→p.110)  
力のモーメント (→p.112)  
剛体のつりあいの条件 (→p.116)  
重心 (→p.120)

QRコードから、紙面の「Key word」についての理解を確認できる**学習ロードマップ**をご利用いただけます。クイズ形式で理解度の確認もでき、楽しみながら学べるようになっています(→詳しくは107)。

NEW!

Link >>>  
ロードマップ



### 第3章 仕事と力学的エネルギー

(→総合物理1 p.130)

物体に加えられた力がどのように仕事をし、力学的エネルギーに影響を与えるかを学ぶ。力学的エネルギーが保存する場合と、保存しない場合の違いについても理解する。

**Key word**

仕事・仕事率 (→p.130)  
運動エネルギー (→p.138)  
重力による位置エネルギー (→p.141)  
弾性力による位置エネルギー (→p.142)  
力学的エネルギー保存則 (→p.145)



### 第4章 運動量の保存

(→総合物理1 p.156)

物体の運動の勢いを表す量である「運動量」について学ぶ。物体が衝突や分裂をするときに運動量がどのように変化するかを学び、運動量が保存する条件についても理解する。

**Key word**

運動量 (→p.156)  
力積 (→p.157)  
運動量保存則 (→p.160)  
反発係数 (→p.167)



### 第5章 円運動と万有引力

(→総合物理1 p.178)

円運動や振り子の運動のような周期的な運動について学ぶ。また、加速する電車の中などで感じる慣性力や、すべての物体間ではたらく万有引力、惑星の運動に成り立つ法則についても学ぶ。

**Key word**

等速円運動 (→p.178)  
慣性力 (→p.186)  
遠心力 (→p.190)  
単振動 (→p.193)  
ケプラーの法則 (→p.208)  
万有引力 (→p.210)

物理基礎の復習内容を点線でわかりやすく示しているため、既習事項が確認しやすくなっています。この見開きは『改訂版 物理基礎(物基/104-901)』と同じ紙面構成にしています。

# 第1章

## 運動の表し方

Expression of motion

私たちは、ボールを投げたときに、どのあたりに落ちるかを予想することができる。これは、ボールがある法則に従って運動するためである。それでは、その法則とはどのようなものだろうか。それを理解するための準備として、この章ではまず、運動を表す方法について学んでいこう。

**物理基礎での学習内容** 等速直線運動、速度の合成・相対速度、等加速度直線運動、自由落下・鉛直投射

### 1 速度

100メートル走で世界記録を出した選手は1秒間に何メートル進んだのだろうか。この節では、物体の運動を表すときに基本となる量「速度」について理解しよう。

#### A 速さ

①速さ 運動する物体の「速い」、「遅い」を比較するには、同じ時間内でどれだけ移動したかを調べるとよい。そこで、単位時間当たりの移動距離(移動距離を経過時間でわった量)を考え、これを **速さ** という。図1のような運動の場合、速さは

$$\text{速さ} = \frac{\text{移動距離}}{\text{経過時間}} \quad (1)$$

と表される。

距離の単位をメートル(m)、時間の単位を秒(s)とすると、速さの単位は **メートル毎秒**(記号 **m/s**)となる。日常生活では、**キロメートル毎時**(記号 **km/h**)もよく用いられる。



図1 自動車の運動

**用語** 単位時間当たり  
1秒当たり、1時間当たり、など、「決められた時間当たり」という意味。

**長さの単位**  
m:メートル(meter) 1km=1000m  
km:キロメートル

**時間の単位**  
s:秒(second) 1h=60×60s=3600s  
h:時間(hour)

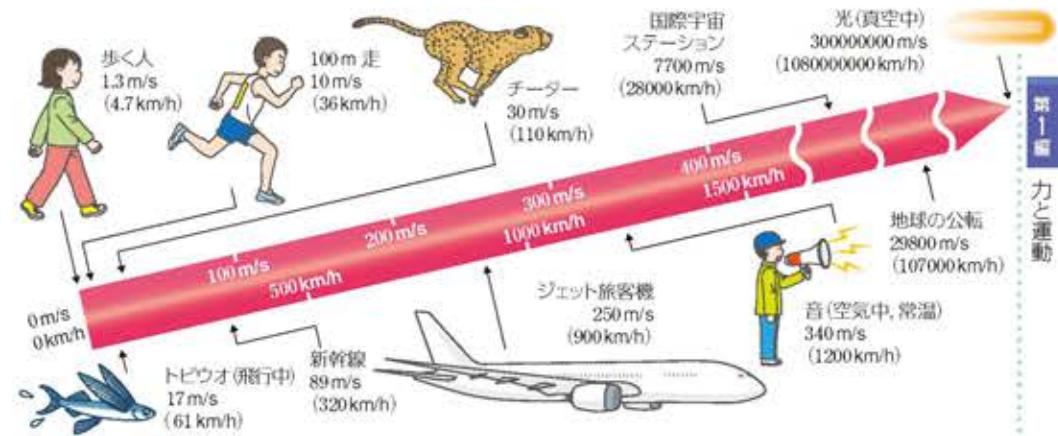


図2 いろいろな速さ(おおよその値)

②瞬間の速さと平均の速さ ジェット旅客機の最高の速さは約900km/hに達する。しかし、ジェット旅客機は常にこの速さで飛行しているわけではなく、速さは時間とともに変化している。そこで、ある時刻における速さのことを、瞬間の速さという。ふつう、速さというときは、瞬間の速さをさすことが多い。自動車のスピードメーターは、瞬間の速さを表示している。

一方、(1)式のように、移動距離を経過時間でわって得られる速さのことを平均の速さという。

問① 30秒間に歩いた距離が36mであったとき、平均の速さは何m/sか。

問② 72km/hは何m/sか。また、15m/sは何km/hか。

#### 参考 速さの単位の換算

##### ● m/s → km/h の換算例

「台風の中心付近の風速 30m/s」  
(1秒間に30m進む速さ)

1時間に、 $30\text{m} \times 3600 = 108000\text{m}$   
進むから、速さは108km/h

単位間の関係を用いる。  
1km=1000m  
1h=60×60s=3600s

##### ● km/h → m/s の換算例

「テニスのサーブの球速 240km/h」  
(1時間に240km進む速さ)

$$\begin{aligned} \text{速さ} &= \frac{240\text{km}}{1\text{h}} \\ &= \frac{240000\text{m}}{3600\text{s}} \\ &\approx 67\text{m/s} \end{aligned}$$

1秒間に  
約67m進む速さ!

図2B

「Point」囲みで、基礎知識をこまめに補足しました。つまづきを防ぎ、「自学自習」もしっかりとサポートします。

**復習 E 平均の速度・瞬間の速度**

①平均の速度 図9のような、一直線上の100m走を考える。時刻 $t_1$ [s]での走者の位置を $x_1$ [m]とし、時刻 $t_2$ [s]での位置を $x_2$ [m]とする。この2点間の変位 $\Delta x$ ( $\Rightarrow$ )は位置の変化であるから $x_2 - x_1$ となり、経過時間 $\Delta t$ ( $\Rightarrow$ )は時刻の変化であるから $t_2 - t_1$ で表される。このとき

$$\bar{v} = \frac{\text{変位(位置の変化)}}{\text{経過時間}} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (5)$$

は、この区間における単位時間当たりの変位を表す。このようにして求められる速度を、時刻 $t_1$ から時刻 $t_2$ の間の**平均の速度**という。

問8 図9で、時刻3.0秒から時刻4.0秒の間の平均の速度は何m/sか。また、時刻5.0秒からゴールするまでの間の平均の速度は何m/sか。

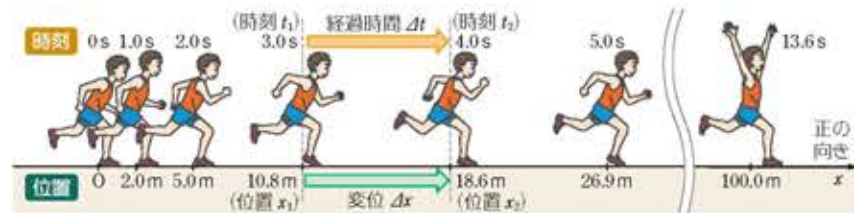


図9 100m走の様子

②瞬間の速度 (5)式で、 $t_2$ を $t_1$ に限りなく近づける、つまり $\Delta t$ をきわめて小さくしていくと、平均の速度 $\bar{v}$ は時刻 $t_1$ における**瞬間の速度**を表すようになる。ふつう速度というときは、瞬間の速度をさす。

図10のような、横軸に時刻 $t$ 、縦軸に位置 $x$ をとった $x-t$ 図を考える。

【注意】「時刻」はある瞬間における時。「時間(経過時間)」は基準となる時刻からある時刻までの間隔を表す。

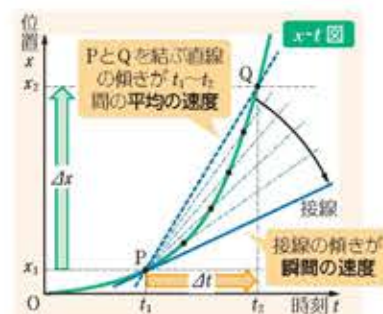
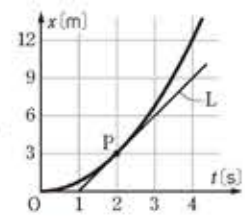


図10  $x-t$ 図と平均の速度・瞬間の速度

1  $\bar{v}$ のように、文字の上に横棒(バー)をつけたときは、その値の平均値を表すことが多い。

このとき、 $t_1 \sim t_2$ 間の平均の速度 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ は、点Pと点Qを結ぶ直線の傾きで表される。ここで、 $t_2$ を $t_1$ に近づけていくと、この直線は、グラフと点Pで接する直線に近づいていく。このような直線を点Pにおける接線という。つまり、ある時刻における瞬間の速度 $v$ は、 $x-t$ 図上でその時刻の点に引いた接線の傾きとして表される。

問9 図は、 $x$ 軸上を運動する物体の位置 $x$ と時刻 $t$ の関係をグラフに表したものである( $x-t$ 図)。図の直線Lは、点Pにおける接線である。  
(1) 時刻2.0～4.0秒の間の平均の速度は何m/sか。  
(2) 時刻2.0秒における瞬間の速度は何m/sか。



問10 ある選手の100m走の記録が10秒であった。この選手が走っている最中に、瞬間の速さは10m/sをこえることはあるだろうか。

③平面運動における平均の速度・瞬間の速度 図11のように、船が曲線的に運動する場合を考えてみよう。このとき、船の速度は次のように考えることができる。

時間 $\Delta t$ [s]の間に、船が点P(位置ベクトル $\vec{r}_1$ [m])から点Q(位置ベクトル $\vec{r}_2$ [m])まで進んだとする。この間の平均の速度を $\bar{v}$ [m/s]とすると、変位を $\Delta \vec{r}$ [m]( $= \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ )として次のように表される。

$$\bar{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad (6)$$

この式で $\Delta t$ をきわめて小さくしていくときの極限の値が点Pでの船の瞬間の速度である。このとき点Qは運動の経路にそって限りなく点Pに近づいていくので、点Pでの瞬間の速度の方向は、運動の経路の点Pにおける接線方向である。

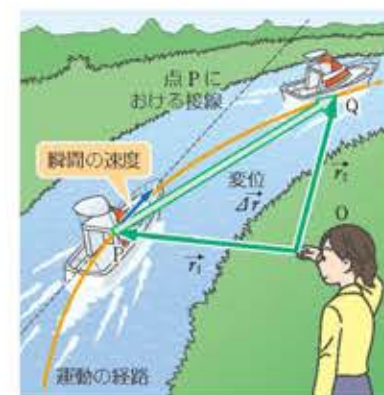


図11 曲線運動をする物体の速度

**C 気体の状態変化**

①定積変化 体積を一定に保って行う状態の変化を **定積変化** (または **等積変化**) という。

図 23 のように、ピストンを固定した円筒内の気体に熱量  $Q$  [J] を与える定積変化では、気体は仕事をされないから、与えた熱量だけ気体の内部エネルギーが増加する。つまり

$$W = 0 \quad (33)$$

$$\Delta U = Q \quad (34)$$

この結果、気体の温度は上昇し、圧力も大きくなる。

問 13 気体に対し、体積を一定に保った状態で 75 J の熱量を与えた。このとき、気体がされた仕事  $W$  [J] と、内部エネルギーの変化  $\Delta U$  [J] を求めよ。

②定圧変化 圧力を一定に保って行う状態の変化を **定圧変化** (または **等圧変化**) という。

図 24 のように、ピストンが自由に動ける状態の円筒内の気体に熱量  $Q$  [J] を与えると、気体は定圧膨張するので、外部に仕事をす。気体の圧力を  $p$  [Pa]、ピストンの断面積を  $S$  [m<sup>2</sup>] とすると、気体は一定の大きさの力  $pS$  [N] でピストンを押す。このとき、ピストンが  $\Delta l$  [m] 移動し、気体が  $\Delta V = S\Delta l$  [m<sup>3</sup>] 膨張したとすると、気体が外部にした仕事  $W'$  [J] は

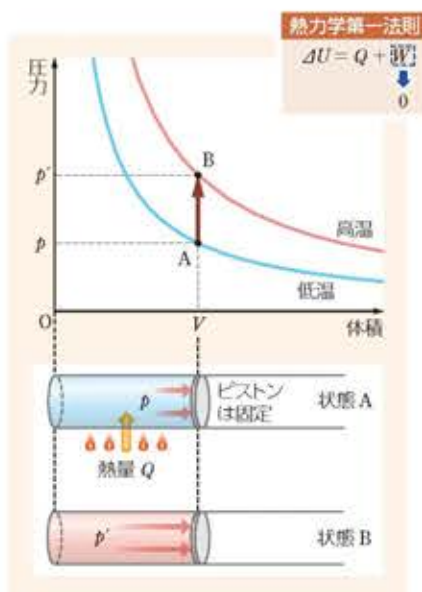


図 23 定積変化

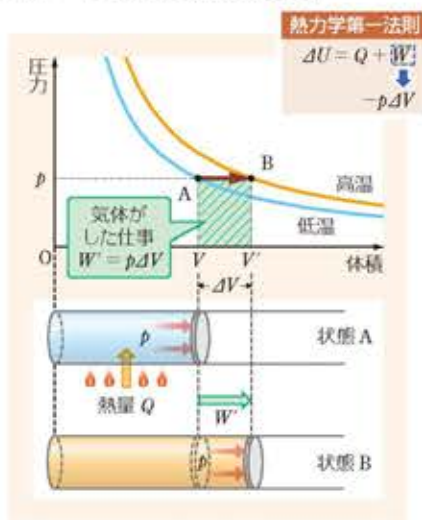


図 24 定圧変化(定圧膨張)

$$W' = pS \cdot \Delta l = p\Delta V \quad (35)$$

であり、これは同図の斜線で示した面積(緑)に等しい。気体がされた仕事は  $W = -W'$  であるから、次の式が成り立つ。

$$W = -p\Delta V \quad (36)$$

$$\Delta U = Q + W = Q - p\Delta V \quad (37)$$

(34)、(37)式から、同じ熱量を加えたときの気体の温度上昇は、定積変化の場合より定圧変化の場合のほうが小さいことがわかる。

問 14 気体に対し、一定の圧力  $1.0 \times 10^5$  Pa のまま、75 J の熱量を与えたところ、気体は  $3.0 \times 10^{-4}$  m<sup>3</sup> だけ膨張した。このとき、気体がされた仕事  $W$  [J] と、内部エネルギーの変化  $\Delta U$  [J] を求めよ。

③等温変化 温度を一定に保って行う状態の変化を **等温変化** という。理想気体をゆっくり等温変化させる場合(図 25)、気体の圧力は体積に反比例する(ボイルの法則)。

理想気体の等温変化では、外部と熱のやりとりをしても気体の内部エネルギーは変化しないので、次の式が成り立つ。

$$\Delta U = 0 \quad (38)$$

$$Q = -W (= W') \quad (39)$$

理想気体の等温膨張では、吸収した熱量をすべて膨張の際の仕事に使い、等温圧縮では、圧縮の際にされた仕事をすべて熱量として外部に放出する。

問 15 理想気体に対し、温度一定のまま 75 J の熱量を与えた。このとき、気体がされた仕事  $W$  [J] と、内部エネルギーの変化  $\Delta U$  [J] を求めよ。

1  $n$  [mol] の理想気体を一定の圧力  $p$  [Pa] で定圧変化させたときの体積変化を  $\Delta V$  [m<sup>3</sup>]、温度変化を  $\Delta T$  [K] とすると、理想気体の状態方程式  $[pV = nRT]$  (→ p.244(14)式) より  $p\Delta V = nR\Delta T$  が成り立つ。これを用いると、(35)式の気体が外部にした仕事  $W'$  [J] は  $W' = nR\Delta T$  のように表すこともできる。

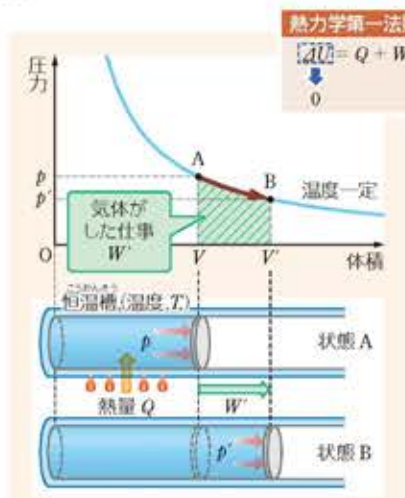


図 25 等温変化(等温膨張)

図 25 のように、圧力  $p$  が変化する場合は  $W' = p\Delta V$  は成り立たない。

「改訂版 物理基礎」(物基 / 104-901) で「発展」として掲載している内容については、項目タイトルの横に「関連マーク」をつけました。物理基礎で「発展」を学習している場合には、関連マークの項目を既習内容として扱うことにより、効率的な指導が可能となります。

[Point] 囲みで、要点を簡潔にまとめました。理解に役立ち、[自学自習] もしっかりとサポートします。

④断熱変化 熱の出入りがないようにして行う状態の変化を断熱変化という。このときは次の式が成り立つ。

$$Q = 0 \quad (40)$$

$$\Delta U = W \quad (41)$$

図 26 のように、気体を断熱膨張させたとき、気体がされた仕事  $W$  は負であるから、 $\Delta U < 0$  である。つまり、内部エネルギーが減少するので、温度が下がる。反対に、気体を断熱圧縮したとき、気体がされた仕事  $W$  は正であるから、 $\Delta U > 0$  である。つまり、内部エネルギーが増加するので、温度が上がる。

実験により、断熱膨張や断熱圧縮のようすを確認してみよう。

問 16 断熱容器に気体を入れ、気体を膨張させた。気体がした仕事が 65 J のとき、内部エネルギーの変化は何 J か。

### 実験 31 断熱変化

- 断熱膨張による水蒸気の凝縮(☉) 少量の線香の煙を入れ、内側に水滴をつけたフラスコと、太い注射器をチューブで結び、注射器のピストンを急激に引く。このとき、断熱膨張によって空気の温度が下がり、水蒸気が凝縮する(雲の発生の原理)。
- 断熱圧縮による発火(☉) 肉厚のガラス管の底に綿くずを少量入れ、ピストンを急激に押しこむ。このとき、断熱圧縮によって管内の空気の温度がきわめて高くなり、綿くずが発火するようすを確認することができる。

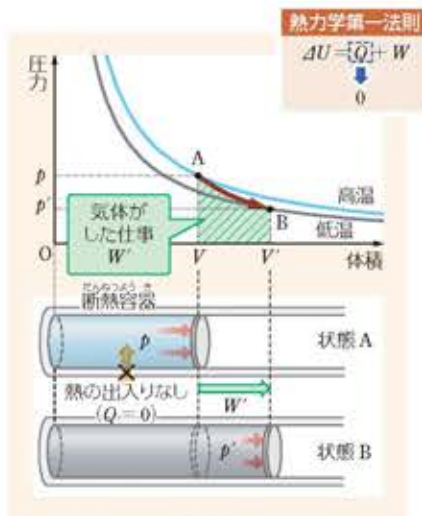


図 26 断熱変化(断熱膨張)

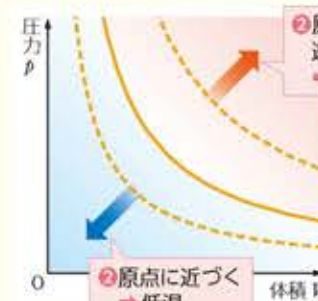
断熱膨張( $W < 0$ )は、温度が下降( $\Delta U < 0$ )  
断熱圧縮( $W > 0$ )は、温度が上昇( $\Delta U > 0$ )

グラフの読み取り方をまとめた要素を新設。グラフを見る際の要点が確認できます。また、Q&A形式の簡単な問題で理解の確認もできます。

NEW!

### グラフの Point 気体の状態変化の p-V 図

#### p-V 図と温度



ボイルの法則 [ $pV = \text{一定}$ ] を  $p$ - $V$  図上に表すと、反比例の曲線となる。これを等温曲線という。

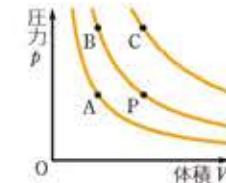
#### 注目するポイント

- 1つの等温曲線上の点は、すべて同じ温度
- $p$ - $V$  図上で原点から遠ざかるほど温度が高くなる

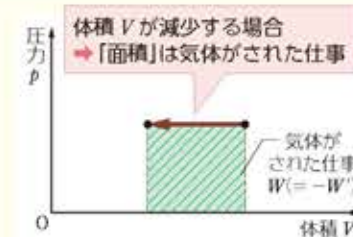
#### グラフの Q&A Link ドリル

右の等温変化のグラフを見て考えてみよう。

- Q1. 点 A ~ C のうち、点 P と温度が同じ点はどれか?  
→ 点 P と同じ等温曲線上にある B
- Q2. 点 A ~ C のうち、最も温度が高い点はどれか?  
→ 最も原点から遠ざかった等温曲線上にある C



#### p-V 図と仕事



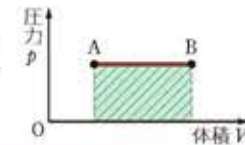
#### 注目するポイント

「面積」(緑)は気体がした仕事(または、された仕事)を表す

#### グラフの Q&A Link ドリル

右のグラフを見て考えてみよう。

- Q. 気体が正の仕事されるのは、① A → B の過程と② B → A の過程のどちらか?  
→ 気体の体積が増加する ①



Link >>>

グラフの Point は、第1巻:7か所、第2巻:5か所に掲載しています。

NEW!

目次

Contents

巻頭資料

結果を予想してみよう	A
おもな物理量とその単位	C

※本文中、一部の用語には、英語による表記をそえた。なお、( )は省略してもよい部分、[ ]は別の英語表現を表している。

第3編 波

第1章 波の性質

1. 波と媒質の運動	8
2. 正弦波の式	25
3. 波の伝わり方	32
演習問題	47

第2章 音

1. 音の伝わり方	49
2. 発音体の振動と共振・共鳴	56
3. 音のドップラー効果	68
演習問題	76

第3章 光

1. 光の性質	78
2. レンズと鏡	90
3. 光の干渉と回折	104
演習問題	118

第4編 電気と磁気

第1章 電場

1. 静電気力	122
2. 電場	128
3. 電位	134
4. 物質と電場	144
5. コンデンサー	147
演習問題	162

第2章 電流

1. オームの法則	164
2. 直流回路	174
3. 半導体	190
演習問題	196

第3章 電流と磁場

1. 磁場	198
2. 電流のつくる磁場	202
3. 電流が磁場から受ける力	206
4. ローレンツ力	213
演習問題	218

第4章 電磁誘導と電磁波

1. 電磁誘導の法則	220
2. 自己誘導と相互誘導	232
3. 交流の発生	238
4. 交流回路	243
5. 電磁波	260
演習問題	265

第5編 原子

第1章 電子と光

1. 電子	268
2. 光の粒子性	276
3. X線	284
4. 粒子の波動性	290
演習問題	295

第2章 原子と原子核

1. 原子の構造とエネルギー準位	296
2. 原子核	305
3. 放射線とその性質	309
4. 核反応と核エネルギー	317
5. 素粒子	325
演習問題	331

物理学が築く未来

宇宙とブラックホール	332
ナノテクノロジー	334
ロボット	336

物理量と単位の表記について

一般に、物理量(物理で扱われる量)は、1.5m、0.80m/sなど、「数値」と「単位」の積で表される。ただし本書では、表記を簡潔にするため、計算の過程などで単位を省略して数値のみで表すことがある。また、物理量を記号(時間tなど)で表す場合は、記号は数値と単位の積を表すとみなせるので、記号の後に単位をつける必要はない。ただし、その物理量があつた単位を明示したほうがわかりやすい場合、本書では、記号の後に[ ]で単位を示した(時間t[s]など)。

宇宙に開かれた2つの窓	338
ニュートンで結ぶ学問の世界	340
物理学探究の歴史	342

物理のための数学

1. 三角比と三角関数	344
2. ベクトル	348
3. 微分・積分とその活用 <b>発展</b>	350
4. その他の数学の知識	353

本文資料

1. 表	357
2. 量の表し方	359

略解	361
索引	372
物理定数・ギリシャ文字	376

巻末資料

元素の周期表	F
エレクトロニクス -日本における電気の発展-	G

第2巻には、波・電磁気・原子分野を収録。電磁気・原子分野において、波動としての「光」の性質を参照できます。「改訂版 物理基礎(物基/104-901)」と「改訂版 物理(物理/104-901)」を融合し、系統的に配列。物理基礎の内容を「復習」(→94)としてほぼすべて収録していますので、第1巻(→80)とあわせて高校物理の学習内容をすべてカバーできます。

この教科書に関連した参考資料、理解を助ける映像やアニメーションなどが利用できる目印。これらの資料は、下のアドレスまたは左の二次元コードからアクセスできるので、必要に応じて活用してほしい。

**注意** インターネット接続に際し発生する通信料は、使用される方の負担となりますのでご注意ください。

<https://www.chart.co.jp/qr/26sp5/>  
↑コンテンツ一覧はこちらから閲覧できます。

アニメーションや映像などのコンテンツを紙面のQRコードからご覧いただけます(→コンテンツの内容など詳しくは、本冊子107)。

参考で、入試でも出題されることがある浅水波の波の速さの式を扱いました。

復習

### 参考 水面を伝わる波

Link  
アニメーション

水面を伝わる波は、横波でも縦波でもない。表面付近の水の各点は図のような回転運動をしている。

波長が水深に比べて十分に小さい場合は、回転運動の半径は水深とともに急激に減少していき、水底ではほとんど動きがなくなる。このため、深い海で海面に激しい波が生じていても、海底は静かである。このように、媒質の表面部分だけで起こる波を **表面波** という。



一方、波長が水深に比べて十分に大きい場合は、水底の水にも動きが及ぶため、波の速さが水深に影響される。この場合の波の速さ  $v$  [m/s] は、水深を  $h$  [m]、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とすると

$$v = \sqrt{gh}$$

と表されることが知られている。

地震で発生する津波の波長は、数 km ~ 数百 km と非常に長い。太平洋の平均水深は約 4 km なので、上の式を用いて波の速さを計算すると、約 710 km/h という値になる。これはジェット旅客機並みの速さである。水深の浅い海岸付近では、波の速さが遅くなるが、それでも自動車程度の速さである。

### E 波のエネルギー

静止したばねの横に物体を置き、ばねの端を振動させると、生じた波は物体をはじきとばす(図13)。このように、波はエネルギーを運ぶ。

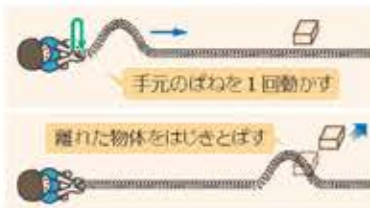


図13 波のエネルギー

波の進む向きに垂直な単位面積を、単位時間に通過する波のエネルギーを **波の強さ** という。

### 1 学んだことを説明してみよう

波と媒質の運動

- (1) 正弦波における振動数は、どのような量が説明しよう。
- (2) 横波と縦波は、それぞれどのような波のことか。

復習

24 第3編 第1章 波の性質

「波の性質」では、物理基礎と物理で分かれている分野をまとめて学習できるように構成しています。物理基礎の復習内容を点線でわかりやすく示しているので、既習事項が確認しやすくなっています。

「改訂版 物理基礎」(物基/104-901)で「発展」として掲載している内容については、項目タイトルの横に「関連マーク」をつけました。物理基礎で「発展」を学習している場合には、関連マークの項目を既習内容として扱うことにより、効率的な指導が可能となります。

関連

### 2 正弦波の式

正弦波の各点の変位を、時間や位置の関数として表すことはできるだろうか。この節では、正弦波を数式を用いて表す方法について理解しよう。

#### A 正弦波の式

- ① 正の向きに進む正弦波 単振動をする波源から、 $x$  軸の正の向きに速さ  $v$  [m/s] で伝わる正弦波を考える。正弦波の振幅を  $A$  [m]、周期を  $T$  [s]、波長を  $\lambda$  [m] とし、原点 ( $x = 0$ ) にある波源の時刻  $t$  [s] での変位  $y$  [m] が単振動の式

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (4)$$

▶ p.29 単振動の式

$$x = A \sin \omega t \quad (D)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (F)$$

- で表されるとする(図14②)。時刻  $t = 0$  では、原点の媒質は  $y = 0$  の位置を  $y$  軸の正の向きに通過するので、このときの波形 ( $y-x$  図) は同図②の実線( ) のようになる。

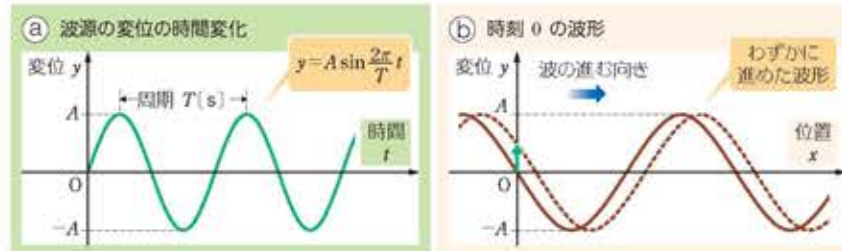
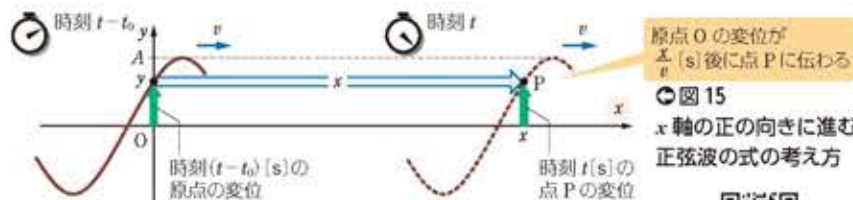


図14 媒質が振動するようす

- ここで、位置  $x$  [m] にある媒質の点  $P$  の時刻  $t$  [s] における変位  $y$  [m] を考える。点  $P$  に原点の振動が伝わるのにかかる時間  $t_0$  [s] は  $t_0 = \frac{x}{v}$  [s] である。したがって、時刻  $t$  [s] での点  $P$  の変位  $y$  [m] は、時刻  $(t - t_0)$  [s] での原点の変位と同じである(図15)。よって、(4)式の  $t$  を、 $t - t_0$  で置きかえて



原点  $O$  の変位が  $x/v$  [s] 後に点  $P$  に伝わる

図15  $x$  軸の正の向きに進む正弦波の式の考え方

Link >>>



25

第3編  
波

正弦波の式の理解を補うため、単振動の要点をまとめた「参考」を見開きで掲載しました。

参考 単振動の変位の式

単振動をする波源からは、正弦波が発生します(→ p.10)。ここでは、等速円運動や単振動について学んだことを復習して、単振動の変位がどのような式で表されるか理解しましょう。



等速円運動の周期

物体が円周上を一定の速さで回る運動を等速円運動といい、円運動する物体の単位時間当たりの回転角を角速度という(単位はrad/s(ラジアン毎秒))。

半径  $r$ [m] の円周上を角速度  $\omega$ [rad/s] で等速円運動する物体がある(図A)。この物体が円周上を  $t$ [s] 間に進む距離は、中心角  $\theta = \omega t$ [rad] に対する円弧の長さ  $r\theta = r\omega t$ [m] に等しく、速さ  $v$ [m/s] は

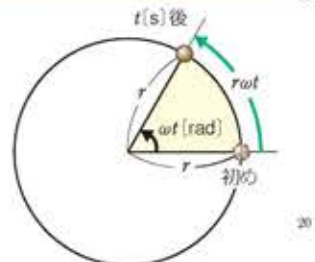
$$v = \frac{r\omega t}{t} = r\omega \quad (A)$$

となる。等速円運動する物体が1回転する時間を周期という。1回転の移動距離は  $2\pi r$ [m] であるから、周期を  $T$ [s] とすると、次の式が成り立つ。

$$T = \frac{2\pi r}{v} \quad (B)$$

これに(A)式を代入すると、次の式が成り立つ。

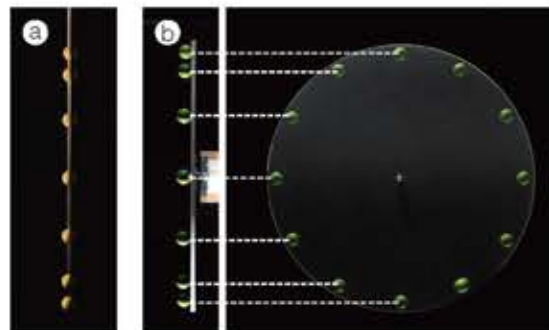
$$T = \frac{2\pi r}{r\omega} = \frac{2\pi}{\omega} \quad (C)$$



図A 等速円運動

等速円運動と単振動

ばねにつけたおもりの往復運動(図B③)と、等速円運動する物体の運動面を真横から見たときの運動(同図④)は、同じ運動のように見える。このような一直線上の振動を単振動という。



図B ばねにつけたおもりの往復運動(③)と等速円運動する物体(④)のストロボ写真

単振動の変位の式

図C③のように、半径  $A$ [m]、角速度  $\omega$ [rad/s] の等速円運動をしている物体  $P$  を考え、 $P$  から  $y$  軸に下ろした垂線の交点(正射影)を  $Q$  とする。 $Q$  は、時刻  $0$  に原点  $O$  を  $y$  軸の正の向きに出発したとすると、 $t$ [s] 後における  $Q$  の変位(座標)  $y$ [m] は次のように表される。

$$y = A \sin \omega t \quad (D)$$

この式は、単振動の変位を表し、 $A$ [m] を振幅、 $\omega$ [rad/s] を角振動数、角を表す部分  $\omega t$ [rad] を位相という。また、1回の振動に必要な時間  $T$ [s] を周期、1秒当たりの振動回数  $f$ [Hz] を振動数という。周期  $T$  と振動数  $f$  には、次の関係が成り立つ。

$$f = \frac{1}{T} \quad (E)$$

横軸に時間  $t$ 、縦軸に変位  $y$  をとって、(D)式を表すと、同図⑤のような  $y-t$  図が得られる。このような曲線を正弦曲線という。(C)、(E)式より、角振動数  $\omega$  と、周期  $T$  および振動数  $f$  の間には次の関係が成り立つ。

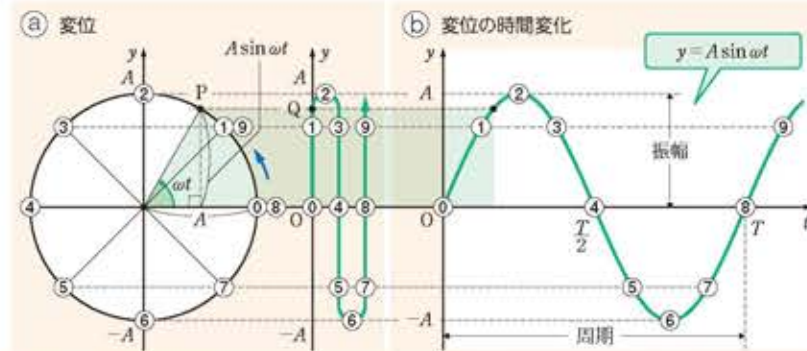
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (F)$$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$  を(D)式に代入すると、次の式が得られる。

単振動の変位の式

$$y = A \sin \omega t = A \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (G)$$

$y$ [m]	変位	$T$ [s]	周期	$\omega$ [rad/s]	角振動数
$A$ [m]	振幅(amplitude)	$t$ [s]	時間(time)		



図C 単振動の変位

図Bと図Cを対比しながら、円運動との関係から単振動の理解をはかれるように工夫しました。

教科書中の実験について、データから表やグラフをかいて分析させる要素を新設。大学入学共通テストで求められる探究的に知識を活用する力を培うことができます。

NEW!

実験データを分析してみようは、第1巻：4か所、第2巻：3か所に掲載しています。

NEW!

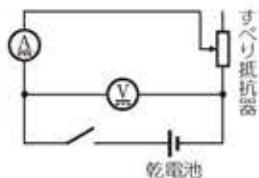
△ 実験データを分析してみよう

電池の起電力と内部抵抗の測定

→ p.183 実験55

実験データ

図のように、乾電池、すべり抵抗器、電流計と電圧計をつないだ回路を組み、抵抗値を変えながら、50mAごとに電流値と電圧値を測定した。新しい電池で測定したものが表1、古い電池で測定したものが表2である。



○表1 新しい電池の場合

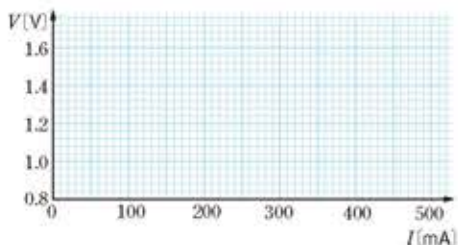
電流 (mA)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
電圧 (V)	1.57	1.53	1.50	1.46	1.43	1.39	1.36	1.32	1.29	1.25

○表2 古い電池の場合

電流 (mA)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
電圧 (V)	1.33	1.28	1.24	1.19	1.15	1.10	1.06	1.01	0.97	0.92

分析

手順1 表1のデータを用いて、新しい電池の電流と電圧の関係のグラフを実線でかこう。



手順2 表2のデータを用いて、古い電池の電流と電圧の関係のグラフを破線でかこう。

手順3 新しい電池と古い電池の起電力と内部抵抗を求めよう。また、起電力と内部抵抗は電池が古くなるとどうなるだろうか。

新しい電池 起電力 \_\_\_\_\_ V 内部抵抗 \_\_\_\_\_ Ω  
古い電池 起電力 \_\_\_\_\_ V 内部抵抗 \_\_\_\_\_ Ω

◎最大消費電力 図59③の回路の可変抵抗器での消費電力  $P[W]$  は、その抵抗値  $R[\Omega]$  に応じて変化する(図60)。 $R[\Omega]$  が電池の内部抵抗  $r[\Omega]$  と等しくなると、電池を用いた消費電力  $P[W]$  を最大にできる。

◎図60 最大消費電力 可変抵抗器(抵抗値  $R[\Omega]$ )と  $r[\Omega]$  の内部抵抗に、 $E(V)$  の電圧が加わるので

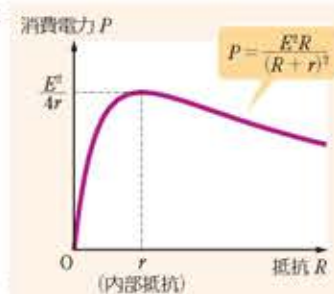
$$E = RI + rI \quad \text{よって} \quad I = \frac{E}{R+r}$$

可変抵抗器での消費電力  $P[W]$  は

$$P = I^2 R = \left(\frac{E}{R+r}\right)^2 R = \frac{E^2 R}{(R+r)^2}$$

$$= \frac{E^2}{\left(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}}\right)^2} = \frac{E^2}{\left(\sqrt{R} - \frac{r}{\sqrt{R}}\right)^2 + 4r}$$

この分母を最小にすると、 $P$  は最大になる。よって、 $\sqrt{R} - \frac{r}{\sqrt{R}} = 0$ 、つまり  $R=r$  のとき、 $P$  は最大になる。



E 抵抗の測定

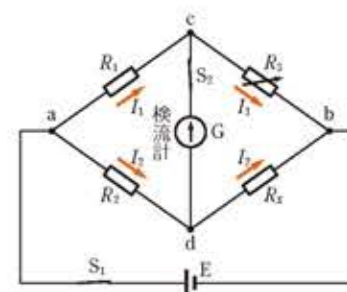
未知の抵抗値  $R_x[\Omega]$  を精密に測定する場合には、ホイートストンブリッジという回路がよく用いられる(図61)。

抵抗値  $R_1, R_2, R_3, R_x[\Omega]$  の抵抗器、検流計(感度のよい電流計)  $G$ 、電池  $E$  を同図のように接続する。 $R_3[\Omega]$  の値を調節し、検流計  $G$  に電流が流れなくなったとき、次の関係が成り立つ。

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_x} \quad (50)$$

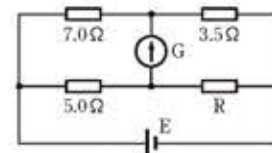
したがって、 $R_1, R_2, R_3$  の値から、 $R_x$  の値を求めることができる。ホイートストンブリッジは、検流計に流れる電流を0にして測定を行うので、検流

計の内部抵抗の影響を受けず、抵抗値を精密に求めることができる。ホイートストンブリッジを応用した回路で、未知の抵抗値を調べよう。



◎図61 ホイートストンブリッジ  $R_1, R_2[\Omega]$  の抵抗器に流れる電流をそれぞれ  $I_1, I_2(A)$  とする。検流計に流れる電流が0のときには、 $R_3, R_x[\Omega]$  の抵抗器に流れる電流もそれぞれ  $I_1, I_2(A)$  となる。cとdは等電位であるから ac, ad の電圧について  $R_1 I_1 = R_2 I_2$  cb, db の電圧について  $R_3 I_1 = R_x I_2$  ゆえに  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_x}$

問35 図のように、抵抗を組み合わせた回路がある。検流計  $G$  に電流が流れていないとき、抵抗  $R$  の抵抗値は何  $\Omega$  か。



# 『改訂版 新編 物理基礎』の QR コンテンツ



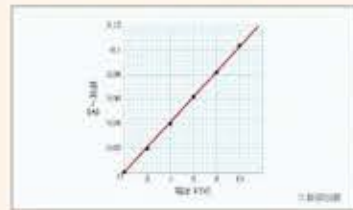
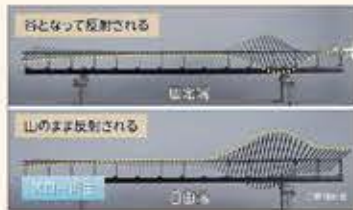
改訂で  
コンテンツ数  
が大幅増!



サンプル  
はこちら

## ◆映像

実験の手順や分析方法、図版の参考映像などを動画で見ることができます。すべてテロップ・音声つき。



### 実験映像

- 斜面を降下する台車の運動
- 記録タイマーの使い方
- 重力加速度の大きさ  $g$  の測定
- 力のつりあい
- 作用反作用の法則
- 台車に力を加えときの運動
- 静止摩擦力
- 静止摩擦力(斜面)
- 浮力の測定
- 重力による位置エネルギー
- 力学的エネルギー保存則の検証
- ブラウン運動
- 比熱の測定
- 仕事による熱の発生
- 横波と縦波の発生
- 音の波形
- 弦の振動と音階の関係
- 気柱の振動と音階の関係
- おんさの振動数の測定
- 振り子の共振

- オームの法則
- 抵抗値の測定
- ジュールの法則
- 赤外線を観察
- 紫外線を観察
- 放射線の測定

### 参考映像

- 長さや質量の測り方
- 相対速度(追い抜かれる場合)
- 相対速度(追いつく場合)
- 相対速度(すれ違う場合)
- 相対速度(相手が別の方向へ進む場合)
- 斜面を降下する小球
- 質量の異なる球の自由落下
- 慣性の例
- 運動の法則(同じ質量の台車を力を変えて引く運動)
- 運動の法則(一定の力で台車の質量を変えて引く運動)
- 深さによる水圧の違い

- インクの拡散
- 摩擦熱の発生
- 水面に生じる波紋
- 波の重ねあわせ(山と山)
- 波の重ねあわせ(山と谷)
- ウェーブマシンによる定在波の発生
- 自由端による反射と固定端による反射
- 振動するスピーカーの表面
- 真空中の音
- 弦の固有振動
- ストローで水道水を引き付ける
- 電流計・電圧計の使い方
- オシロスコープの使い方
- ジュール熱の発生
- 電流が磁場から受ける力
- 電磁誘導

## ◆映像クイズ

実験映像の途中で出題されるクイズで結果を予想したうえで、解説の映像を見ることができるコンテンツです。予想を裏切られるような結果になる実験を多く扱っており、楽しみながら学ぶことができます。



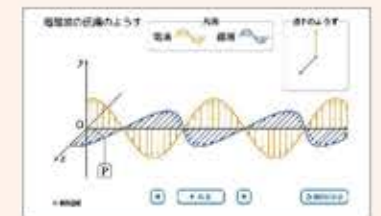
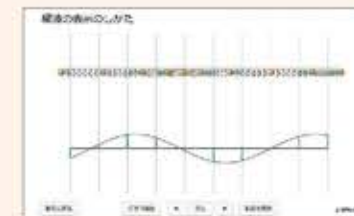
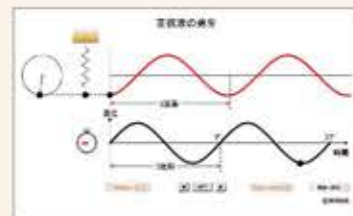
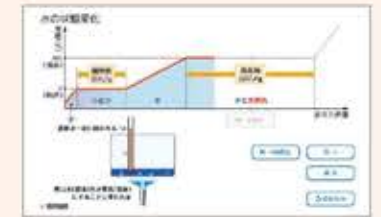
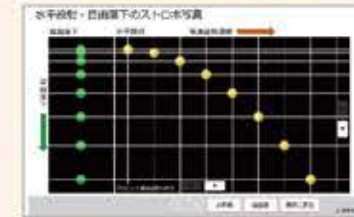
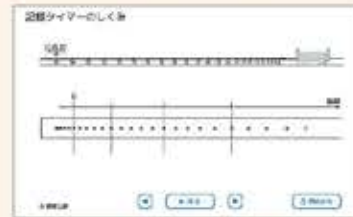
- 先に落下するのは?
- ドライアイスはどこに動く?
- 卵が浮かぶのは?
- インクの拡散が速いのは?

- 風船は膨らむ?
- 高い音が鳴るのは?
- ストローに付着するのは?
- 力学的エネルギー保存則(振り子の実験)

- 力学的エネルギー保存則(すべり台の実験)
- 手回し発電機

## ◆アニメーション

画面上のボタンを押すことでアニメーションが再生されるコンテンツです。図版(静止画)だけでは理解しにくい内容も、アニメーションとして見ることで内容の理解が深まります。



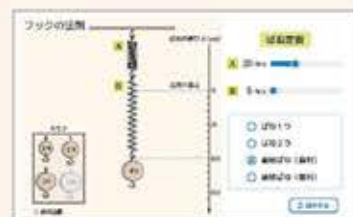
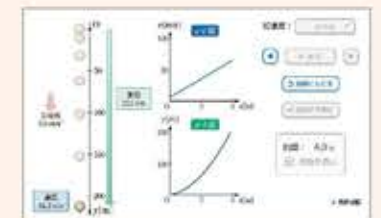
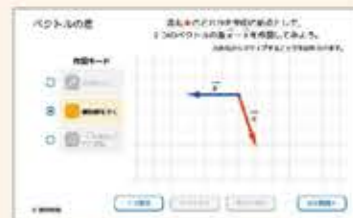
- 記録タイマーのしくみ
- 水平投射と自由落下
- 斜方投射と鉛直投げ上げ
- 温度と熱運動

- 水の状態変化
- 正弦波の発生
- 波の立体模型をつくってみよう!
- 縦波の発生と縦波の表示のしかた

- 電磁波の伝播のようす

## ◆シミュレーション

手で触って動かすことができるシミュレーションコンテンツを数多く用意しています。物体の運動や力のはたらき、波の重ねあわせなどについて、数値を替えてさまざまなパターンを試すことができます。自分で操作しながら現象への理解を深められます。



- 合成速度
- ベクトルの和
- ベクトルの差
- ベクトルの分解
- ベクトルの成分
- さまざまな加速度で物体を運動させてみよう
- 自由落下と鉛直投げ下ろし
- 鉛直投げ上げ
- 斜方投射で小球をかごに入れてみよう
- フックの法則

- 力を合成してみよう
- 力を分解してみよう
- 3力をつりあわせてみよう
- 物体が受ける力を見つけよう
- 力や質量と加速度の関係
- 摩擦力の向き
- 摩擦角
- 力学的エネルギー保存則
- 物質の温まりやすさ
- 熱量の保存
- 波を動かしてみよう

- $y-x$  図と  $y-t$  図
- 波の重ねあわせ
- 定在波をつくってみよう
- 波の反射
- 音の重ねあわせ・うなりのシミュレーター
- 弦の振動
- 気柱の振動
- 抵抗の接続
- 抵抗率

## ◆解説動画

教科書中のすべての公式と例題に解説動画を用意しました。「公式解説動画」は、公式について簡単に説明した後、実際の問題でどのように適用すればよいかを解説しています。「例題解説動画」は、教科書の解説にそってわかりやすい解説をしています。いずれもアニメーションを活用して物体の動きなどを表現しており、視覚的にもわかりやすい動画となっています。自学自習に役立つコンテンツです。

- 公式解説動画
  - ：教科書中のすべての公式(全34個)
- 例題解説動画
  - ：教科書中のすべての例題(全21個)



## ◆例題シミュレーション

一部の例題には、問題の数値を替えることができるシミュレーションを用意しました。数値を替えて取り組むことで例題の理解を確認できます。また、数値を替えたときの図版の動きをシミュレーションで確認できるものもあり、より深い理解につなげることができます。

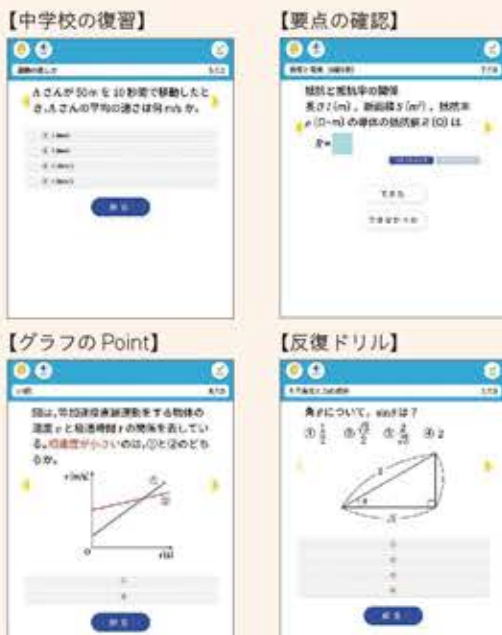


- 等加速度直線運動の式 (1編 例題1)
- 鉛直投射 (1編 例題3)
- 力のつりあい (1編 例題4)
- 1物体の運動方程式① (1編 例題5)
- 1物体の運動方程式② (1編 例題6)
- 1物体の運動方程式③ (1編 例題7)
- 2物体の運動方程式① (1編 例題8)
- 2物体の運動方程式② (1編 例題9)
- 2物体の運動方程式③ (1編 例題10)
- 力学的エネルギー保存則① (1編 例題12)
- 力学的エネルギー保存則② (1編 例題14)
- 熱量の保存 (2編 例題1)
- 気柱の振動 (3編 例題5)
- 直流回路 (4編 例題1)

## ◆ドリルコンテンツ

学習内容を一問一答のドリル形式で確認することができるコンテンツです。中学校の復習、各章の要点の確認、グラフのPoint、物理のための数学のドリルを用意しました。ほかにも本編やZoomで反復練習が有効な問題には、反復ドリルを用意しています。手軽に使うことができ理解の定着につながるコンテンツです。

- 中学校の復習(各節)
- 要点の確認(各章)
- グラフのPoint
- 物理のための数学
- 反復ドリル
  - ：単位の換算、有効数字、指数、等加速度直線運動の式、三角比と力の成分、力のつりあいと作用・反作用、力の見つけ方、エネルギーの見つけ方、波と媒質の運動、抵抗・電流・電圧、電流のつくる磁場の向き



## ◆中学校の復習

中学校の学習内容の要点をまとめたPDFを用意しました。ドリルコンテンツの問題とセットで活用することができます。

- 中学校の復習
  - ：各節の冒頭(全20個)



## ◆ホワイトボードコンテンツ

考えたことを、画面上に自由に書きこむことができるコンテンツです。画面のスクリーンショットを保存することも可能です。

- ホワイトボードコンテンツ：編とびら(全4個)



## ◆資料

コンテンツの一覧表や数学の基礎チェック問題のPDFなどを用意しました。数学の基礎チェック問題はドリルコンテンツ(物理のための数学)とセットで活用することができます。

- コンテンツ一覧表
- 数学の基礎チェック問題のPDF
- 教科書「物理」の紙面PDF
- 平方・立方・平方根・立方根の表

## ◆Webサイト

学習内容の参考になるWebサイトにアクセスすることができます。

- 高速で止まるボール!? -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- 動く歩道で運動の観察-中学 (NHK for School)
- ボールは戻ってくる?-小実験 /大科学実験(NHK for School)
- すべて当たるはず? /大科学実験(NHK for School)
- 力を合わせると(NHK for School)
- 降りると進む満員列車 /大科学実験(NHK for School)
- リンゴは動きたくない!? -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- 本は力持ち -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- 圧力が大きいのは?(NHK for School)
- 卵の上に立つラクダ -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- コップは力持ち -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- コップは力持ち -小実験 /大科学実験(NHK for School)
- 大気圧でおし上げられる水 (NHK for School)
- 水深1000メートル!? -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- ピンに大きなボールを入れる実験-中学 (NHK for School)
- 象の重さは? -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- 力がつり合っていると運動は? (NHK for School)
- 時速100キロメートルの振り子 -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- クーリングに水を凍らせろ /大科学実験(NHK for School)
- 液体が固体になった時の体積変化-中学 (NHK for School)
- 音の速さを見てみよう -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- コップは力持ち -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- 音が遅れて聞こえるのは? (NHK for School)
- 固体を伝える音-中学 (NHK for School)
- 車で走ると音楽が流れるのは? (NHK for School)
- 音を比べよう? (NHK for School)
- ひとつだけ動かして! /大科学実験(NHK for School)
- 声でコップが割れる?-小実験 /大科学実験(NHK for School)
- 音の高低と物の振動-中学 (NHK for School)
- 静電気でお絵かき -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- 抵抗とは?(NHK for School)
- 電流と抵抗-中学 (NHK for School)
- 高速磁石列車 /大科学実験(NHK for School)
- 人力発電メリーゴーラウンド -ダイジェスト /大科学実験(NHK for School)
- エネルギーの源は?(NHK for School)
- 重さが違う物の自由落下-中学 (NHK for School)

## ◆問題の解説

問、類題、演習問題、実験データを分析してみようの解答例を確認することができます。

- 解答例(全問)

コンテンツ  
総数

改訂版 新編 物理基礎 (物基104-902) …合計758点\*

\*ドリルコンテンツについては、問題の数をカウントしています。

# 『改訂版 物理』の QRコンテンツ



改訂で  
コンテンツ数  
が大幅増!

サンプル  
はこちら



## ◆映像

実験の手順や分析方法、図版の参考映像などを動画で見ることができます。すべてテロップ・音声つき。

### 実験映像

- 水平投射
- 棒のつりあい
- 重心の求め方
- 斜面上の直方体
- 運動量と力積
- 運動量保存則
- 反発係数の測定
- 等速円運動の向心力
- 単振動の周期
- ばね振り子の周期の測定
- 単振り子
- 単振り子の周期の測定
- ケプラーの第二法則
- ボイルの法則
- 断熱膨張
- 断熱圧縮
- スターリングエンジンの製作
- 水面波の干渉
- 水面波の反射と屈折
- 水面波の回折
- 音の干渉
- ドップラー効果
- 屈折率の測定
- 光の散乱
- 凸レンズの焦点距離の測定
- ヤングの実験
- 回折格子による光の干渉実験
- 箔検電器
- 等電位線の作図
- コンデンサーの電気容量
- コンデンサーの電気容量の測定

- 温度を変えたときの電気抵抗
- 電流計・電圧計の使い方
- 電池の起電力と内部抵抗の測定
- メートルブリッジ
- 電流が流れる磁場
- 電流が磁場から受ける力
- 平行電流が及ぼす力
- 電磁誘導
- 渦電流(アルミニウムの管と磁石)
- 渦電流(銅ぶたと磁石)
- 紫外線の観察
- 赤外線の実験
- ミリカンの実験(モデル実験)
- 光電効果
- 光電効果によるプランク定数  $h$  の測定
- スペクトルの観察
- 放射線の観察
- 放射線の測定
- 半減期のモデル実験

### 参考映像

- 相対速度(追い抜かれる場合)
- 相対速度(追いつく場合)
- 相対速度(すれ違う場合)
- 相対速度(相手が別の方向へ進む場合)
- 質量の異なる球の自由落下
- 重力加速度の大きさ  $g$  の測定
- てこのつりあい
- 水にはたらく慣性力
- 等速円運動と単振動
- 横波と縦波の発生
- 波の重ねあわせ(山と山)

- 波の重ねあわせ(山と谷)
- ウェーブマシンによる定在波の発生
- 自由端による反射と固定端による反射
- 水面波の干渉
- 波の反射
- 波の屈折
- 波の回折
- 振動するスピーカーの表面
- 真空中の音
- 音の波形
- 水面波のドップラー効果
- 光の屈折率と見え方
- 凸レンズを動かしたときのスクリーンに映った実像
- ニュートンリング
- 観察の向きによるニュートンリングの変化
- お玉杓子(おたま)による反射
- ストローで水道水を引き付ける
- オームの法則
- 抵抗値の測定
- 超伝導
- ジュールの法則
- ジュール熱の発生
- 電気ブランコ
- ローレンツ力の向き
- 磁場中での荷電粒子の運動
- 磁場中に入出力するコイル
- 相互誘導で浮遊するコイル
- 陰極線
- エレキテル

## ◆映像クイズ

実験映像の途中で出題されるクイズで結果を予想したうえで、解説の映像を見ることができるコンテンツです。予想を裏切られるような結果になる実験を多く扱っており、楽しみながら学ぶことができます。



- 球はいつはね上がる?
- 硬貨が飛び出す向きは?
- ベットボトル内の空気はどうなる?

- 矢印はどう見える?
- クリップは静止を続ける?
- 紫外線を当てると発光するのは?

- 2球の衝突
- 慣性力

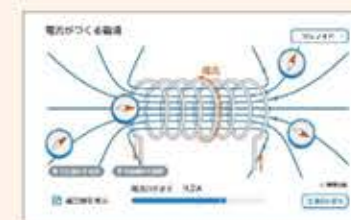
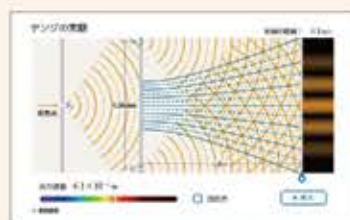
## ◆アニメーション

画面上のボタンを押すことでアニメーションが再生されるコンテンツです。図版(静止画)だけでは理解しにくい内容も、アニメーションとして見ることで内容の理解が深まります。

- 水平投射と自由落下
- 斜方投射と鉛直投げ上げ
- 剛体の傾き
- 単振動の変位・速度・加速度
- 気体の分子運動と圧力
- 定積変化と定圧変化からなるサイクル
- 正弦波の発生
- 縦波の発生と縦波の表示のしかた
- 波の立体模型をつくってみよう!
- 波の干渉
- ホイヘンスの原理を用いた反射の法則の説明
- ホイヘンスの原理を用いた屈折の法則の説明
- キルヒホッフの法則
- 半導体ダイオードの性質
- 交流電圧と交流電流
- 交流回路のインピーダンス
- 電磁波の伝播のようす

## ◆シミュレーション

手で触って動かすことができるシミュレーションコンテンツを数多く用意しています。物体の衝突や光の屈折、磁場中での荷電粒子の運動などについて、さまざまなパターンを試すことができます。自分で操作しながら現象への理解を深められます。



- ベクトルの和
- ベクトルの差
- ベクトルの分解
- ベクトルの成分
- 合成速度
- さまざまな加速度で物体を運動させてみよう
- 自由落下と鉛直投げ下ろし
- 鉛直投げ上げ
- 斜方投射で小球をかごに入れてみよう
- 重心の運動
- 直線上の2物体の衝突
- 等速円運動
- 電車内の慣性力

- 回転板上での遠心力
- 水平ばね振り子
- 鉛直ばね振り子
- 単振り子
- 人工衛星の高度と速さ
- 人工衛星の軌道
- 波を動かしてみよう
- $y-x$  図と  $y-t$  図
- 波の重ねあわせ
- 定在波をつくってみよう
- 波の反射
- 音の重ねあわせ・うなりのシミュレーター
- 光の屈折

- 光の分散
- 凸レンズ・凹レンズでできる像
- 凹面鏡・凸面鏡でできる像
- ヤングの実験
- 電荷による電位のようす
- コンデンサーの接続
- 抵抗率
- 抵抗の接続
- 電流が流れる磁場
- 一様な磁場中の荷電粒子の運動(ローレンツ力)
- 光電効果

## ◆解説動画

教科書中のすべての公式と例題に解説動画を用意しました。「公式解説動画」は、公式について簡単に説明した後、実際の問題でどのように適用すればよいかを解説しています。「例題解説動画」は、教科書の解説にそってわかりやすい解説をしています。いずれもアニメーションを活用して物体の動きなどを表現しており、視覚的にもわかりやすい動画となっています。自学自習に役立つコンテンツです。

- 公式解説動画  
: 教科書中のすべての公式(全 59 個)
- 例題解説動画  
: 教科書中のすべての例題(全 59 個)

## ◆例題シミュレーション

一部の例題には、問題の数値を替えることができるシミュレーションを用意しました。数値を替えて取り組むことで例題の理解を確認できます。また、数値を替えたときの図版の動きをシミュレーションで確認できるものもあり、より深い理解につなげることができます。



- |                         |                              |                            |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------|
| ● 相対速度 (1編 例題 1)        | ● 理想気体の内部エネルギー (2編 例題 2)     | ● キルヒホッフの法則 (4編 例題 8)      |
| ● 剛体のつりあい (1編 例題 4)     | ● 波の屈折 (3編 例題 2)             | ● コンデンサーを含む直流回路 (4編 例題 10) |
| ● 物体が傾く条件 (1編 例題 5)     | ● 音の干渉 (3編 例題 3)             | ● 電流が磁場から受ける力 (4編 例題 12)   |
| ● 直線上の運動量保存則 (1編 例題 7)  | ● 音の干渉 (3編 例題 4)             | ● 電磁誘導 (4編 例題 14)          |
| ● 平面上の運動量保存則 (1編 例題 8)  | ● 反射板がある場合のドップラー効果 (3編 例題 5) | ● コイルを含む直流回路 (4編 例題 16)    |
| ● 物体の分裂 (1編 例題 9)       | ● 斜め方向のドップラー効果 (3編 例題 6)     | ● 交流回路 (4編 例題 17)          |
| ● 反発係数① (1編 例題 10)      | ● レンズによる像 (4編 例題 9)          | ● 光電効果 (5編 例題 3)           |
| ● 反発係数② (1編 例題 11)      | ● クーロンの法則 (4編 例題 1)          | ● 放射性崩壊 (5編 例題 6)          |
| ● 等速円運動 (1編 例題 12)      | ● 平行板コンデンサー (4編 例題 5)        | ● 半減期 (5編 例題 7)            |
| ● 慣性力① (1編 例題 14)       |                              |                            |
| ● 鉛直ばね振り子 (1編 例題 17)    |                              |                            |
| ● ボイル・シャルルの法則 (2編 例題 1) |                              |                            |

## ◆ドリルコンテンツ

学習内容を一問一答のドリル形式で確認することができるコンテンツです。中学校の復習、各章の要点の確認、グラフのPoint、物理のための数学のドリルを用意しました。ほかにも本編やZoomで反復練習が有効な問題には、反復ドリルを用意しています。手軽に使うことができ理解の定着につながるコンテンツです。

- 要点の確認(各章)
- グラフのPoint
- 物理のための数学
- 反復ドリル：等加速度直線運動の式、光の屈折、抵抗・電流・電圧、電流のつくる磁場の向き、電子と光、原子と原子核

## ◆写真解説

各編のとびらに掲載されている写真を一覧することができ、問いかけに対する簡単な解説も確認することができるコンテンツです。解説はコラムのように気軽に読むことができ、学習内容への興味を高められるものとなっています。

- 写真解説：各編の冒頭(全5個)



## ◆資料

「物理基礎」の教科書の紙面PDF(復習用)や、数学の基礎チェック問題のPDFを用意しました。数学の基礎チェック問題はドリルコンテンツ(物理のための数学)とセットで活用することができます。また、レンズや鏡の図版については、表示する要素を自由に選択できるレイヤー図版を用意しました。

- |                   |                   |                            |
|-------------------|-------------------|----------------------------|
| ● コンテンツ一覧表        | ● 数学の基礎チェック問題のPDF | ● 凸レンズ・凹レンズ、凹面鏡・凸面鏡のレイヤー図版 |
| ● 教科書「物理基礎」の紙面PDF | ● 平方・立方・平方根・立方根の表 |                            |

## ◆Web サイト

学習内容の参考になるWebサイトにアクセスすることができます。

- |  |   |   |
|--|---|---|
| ● 高速で止まるボール!? - ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School) | ● 落下でダイエット? / 大科学実験(NHK for School)           | ● 人間巨大ビジョン / 大科学実験(NHK for School)          |
| ● 動く歩道で運動の観察 - 中学(NHK for School)              | ● 高速スピンの謎 - ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)    | ● 光の速さをはかってみよう / 大科学実験(NHK for School)      |
| ● ボールは戻ってくる? - 小実験 / 大科学実験(NHK for School)     | ● 万有引力の法則(実習)                                 | ● 空っぽの虹 / 大科学実験(NHK for School)             |
| ● すべて当たるはず? / 大科学実験(NHK for School)            | ● 車で走ると音楽が流れるのは?(NHK for School)              | ● 水でたき火 - ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)    |
| ● 力がつり合っていると運動は?(NHK for School)               | ● 音の速さを見てみよう - ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School) | ● 顕微鏡のしくみ - 中学(NHK for School)              |
| ● アリと巨大な壁 / 大科学実験(NHK for School)              | ● 音が遅れて聞こえるのは?(NHK for School)                | ● 望遠鏡のしくみ - 中学(NHK for School)              |
| ● 立て!トラック / 大科学実験(NHK for School)              | ● 固体を伝わる音 - 中学(NHK for School)                | ● 静電気でお絵かき - ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School) |
| ● さわらずに球を動かせ - ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)  | ● 音の特等車 / 大科学実験(NHK for School)               | ● 抵抗とは?(NHK for School)                     |
|  | ● 教急車の音の変化(NHK for School)                    | ● 電流と抵抗 - 中学(NHK for School)                |
|  |   | ● 高速磁石列車 / 大科学実験(NHK for School)            |

## ◆問題の解説

問、類題、演習問題、思考学習、実験データを分析してみようの解答例を確認することができます。

- 解答例(全問)

# 『改訂版 総合物理』の QRコンテンツ

改訂で  
コンテンツ数  
が大幅増!



サンプル  
はこちら



総合物理では、「改訂版 新編 物理基礎(物基104-902)」、「改訂版 物理(物理104-901)」に収録されているコンテンツを利用できます\*。また、以下のように総合物理のみで利用できるコンテンツもあります。

\*ホワイトボードコンテンツなど、一部のコンテンツを除く。

## ◆学習ロードマップ

巻頭特集「物理で何を学ぶか」に対応したコンテンツです。学習内容のまとめを見ることができ、クイズ形式の問題でそれらについての理解も確認できるようになっています。



コンテンツ  
総数

改訂版 物理(物理104-901) …合計749点\*

改訂版 総合物理(物理104-902・物理104-903) …合計1221点\*

\*ドリルコンテンツについては、問題の数をカウントしています。

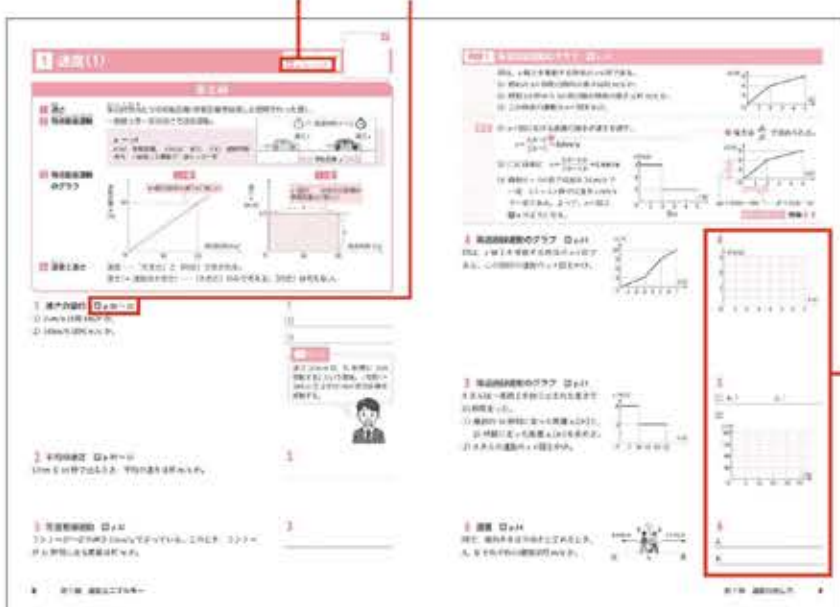


# 『改訂版 新編 物理基礎 準拠 サポートノート』

B5判／本冊96頁（2色）＋別冊解答48頁（2色）／定価682円（税込）

「まとめ」で教科書の内容を整理し、「例題」「問題」で基本事項の定着をはかる、完全準拠の書き込み式問題集です。

教科書の参照ページを示しています。



「まとめ」で教科書の内容をしっかりと確認し、「例題」「問題」で教科書での学習にそった問題の演習を行うことができます。

グラフをかく問題や作図の問題を含め、すべての問題に解答欄を完備しています。

巻末特集として、「グラフのPointをマスターしよう」を掲載しました。教科書の「グラフのPoint」を見ながら、グラフの読み取り方について反復練習ができます。

ご採用校には、以下のデータをご用意しています（チャート×ラボからダウンロードできます）。

- ・本冊・別冊のWord
- ・紙面PDF
- ・自己評価表 **NEW**

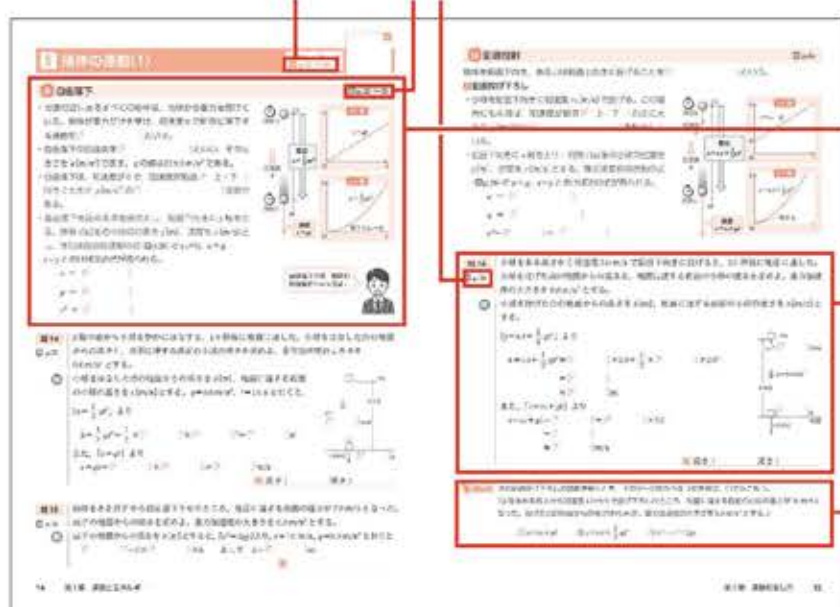


# 『改訂版 新編 物理基礎 準拠 整理ノート』

B5判／本冊96頁（2色）＋別冊解答52頁（2色）／定価682円（税込）

授業用プリントを本にしたような構成です。配列は教科書に完全準拠しているため、授業では教科書と合わせてお使いいただけます。予習や復習にも最適です。

教科書の参照ページを示しています。



要点のまとめでは、「空欄補充」で教科書の内容をしっかりと理解・定着させることができます。

問・類題では解答部分を「空欄補充」にすることで、解答のポイントを意識しながら演習できます。

作図などの作業的な要素には、「Work」を掲載しています。

ご採用校には、以下のデータをご用意しています（チャート×ラボからダウンロードできます）。

- ・本冊・別冊のWord
- ・紙面PDF
- ・自己評価表 **NEW**
- ・授業用スライド **NEW** (PowerPoint, Google スライド)

適宜「ヒント」や「ポイント」を掲載しています。節末の「学んだことを説明してみよう」では、自分の言葉で説明することで、表現力を養うことができます。

副教材(改訂版新編物理基礎)

副教材(改訂版新編物理基礎)

# 教授資料のご案内

POINT

1 主体的&探究的な学びに役立つ情報を掲載

POINT

2 授業で役立つ付属データが充実

POINT

3 教科書の解説動画で自学自習をサポート

## 教授資料の構成



※[指導者用デジタル教科書(教材)](▶本冊子124~127)とのセット版もございます。詳しくは弊社ホームページをご覧ください。

## 「教授資料本冊」の特色

- 「各編の解説」+「実験の解説」+「問題の解答・解説」で構成。
- 「各編の解説」では、教科書で解説した内容の、物理的、歴史的背景の解説や、補充実験などを盛り込んでいます。
- 「実験の解説」では、教科書に掲載されている実験を行う上で必要な情報である、実験の手順、注意点、結果例などの情報が充実しています。
- 「問題の解答・解説」では、教科書に掲載されている問、類題、演習問題、思考学習、実験データを分析してみようの解答・解説を掲載しています。
- 単元冒頭の「目標」の解説や、単元末の「学んだことを説明してみよう」の評価についても掲載しています。主体的な学びをサポートします。
- 理解を深める発問とその指導例を掲載しています。生徒同士で議論を行うこともでき、アクティブ・ラーニング型授業の手助けとなります。

※教授資料の発行予定や内容は予告なく変更される可能性があります。

書名	仕様	価格(税込)
改訂版 物理基礎 教授資料	B5判+ DVD-ROM	25,300円
改訂版 新編 物理基礎 教授資料	B5判+ DVD-ROM	25,300円
改訂版 物理 教授資料	B5判+ DVD-ROM	未定
改訂版 総合物理 教授資料	B5判+ DVD-ROM	未定

# 教科書の解説動画をご用意しています!

教科書の解説動画は、「教授資料」「指導者用デジタル教科書(教材)」「学習者用デジタル教科書・教材」のいずれかをご購入いただいた場合に、追加費用なしでご視聴いただけます。

- 自学自習をサポートします。
- 反転学習にも活用できます。
- 対面授業が難しい状況下でも学習が進められます。



サンプルはこちら!▲

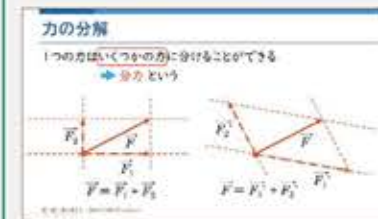
ご利用のイメージ



※ご利用までの具体的な手順については、教授資料本冊に記載しております。

※「指導者用デジタル教科書(教材)」では、授業中に解説動画を拡大表示することができます。また、「学習者用デジタル教科書・教材」では、画面より解説動画にダイレクトにアクセスして視聴することができます(ただし、商品ライセンスを所持している生徒に限ります)。

## 教科書の解説動画のイメージ画面



## 解説動画数

内容	改訂版 物理基礎	改訂版 新編 物理基礎	改訂版 物理	改訂版 総合物理
各単元の解説動画	41本	40本	77本	100本
例題の解説動画	32本	21本	59本	83本

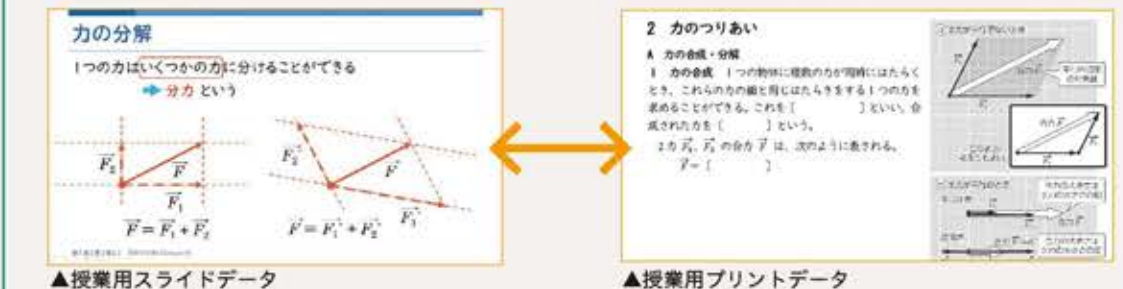
- 教科書の各単元の学習内容を解説する動画と教科書中の例題の解き方を解説する動画の2種類の動画をご用意。

※例題の解説動画は、教科書紙面のQRコードから見られるものと同じものです。



# 授業用スライドデータ・授業用プリントデータ

◆教科書解説動画は、教授資料付属の授業用スライドデータ、授業用プリントデータと連動しています。



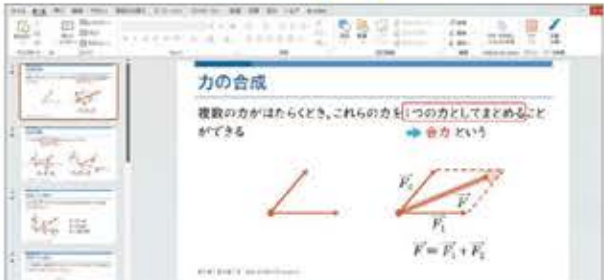

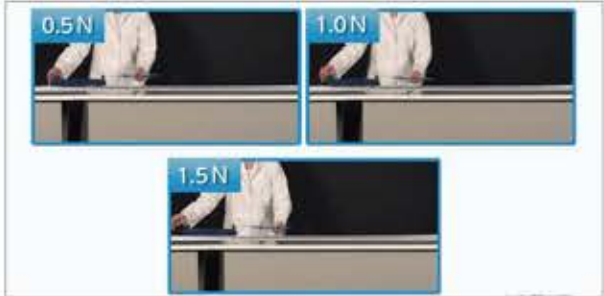
授業用スライドデータはPowerPointとGoogleスライドの両方をご用意!!

## 教授資料付属データ一覧

すべてチャート×ラボ(▶本冊子129)からダウンロードできます。



サンプルはこちら!▲

コンテンツ名	形式	内容
<b>◆授業でそのまま使える</b> ▶本冊子114~115		
授業用スライドデータ サンプル	Power Point Google スライド	板書代わりに使える演示用のスライドデータです。シンプルな穴埋めタイプのものや、教科書解説動画に対応した解説タイプなどをご用意しています。教科書中の問題も掲載(NEW!)。 ※ Google スライドは© 
授業用プリントデータ サンプル	Word	教科書の内容に対応した授業用プリントのデータです。授業用スライドとリンクしています。 
映像	MP4	教科書紙面のQRコンテンツなどの映像・アニメーションです。QRコンテンツはQRコードを介さずご覧いただけます。 
アニメーション	HTML	
教科書紙面データ	PDF	教科書紙面のPDFデータです。
◎ 回答フォーム	Google フォーム Microsoft Forms	「学んだことを説明してみよう」の回答フォームや小テストなどをGoogle フォーム形式およびMicrosoft フォーム形式をご用意しています。端末にデータ配信したり、回答を集約したりすることができます。
<b>◆テストやプリントの作成に使える</b> ▶本冊子115		
教科書テキストデータ	Word	プリント作成などに便利な、教科書本文のテキストデータです。
教科書図版データ	JPEG	教科書に掲載の図版データです。カラー版のほか、白黒印刷でも見やすいモノクロ版、引線文字なしの図版もご用意しています。

※教授資料の発行予定や内容は予告なく変更される可能性があります。

※◎マークがついているデータは、指導用DVD-ROMに収録しておらず、ダウンロードのみでのご用意となります。

※教授資料付属データに追加や修正が生じた際は、弊社Webサイト「チャート×ラボ」にご用意する場合もございます。

※「映像」および「図版データ」について、数研出版株式会社が著作権を所有していない一部のデータは収録されていません。

コンテンツ名	形式	内容
<b>◆主体的な学びに役立つ</b> ▶本冊子116		
節末チェック用ワークシート サンプル	Word	「学んだことを説明してみよう」に使えるワークシートです。グループ学習にも使えます。
「例題+類題」ワークシート サンプル	Word	教科書の例題を穴埋め形式にしたものと、類題をセットにしたワークシートです。
振り返りシート	Word	授業の理解度の確認、疑問に思ったことを書き出すなど、学習内容の振り返りにお使いいただけるプリントデータです。
問題についての自己評価表	Excel	教科書の問題を一覧化したものに、チェック欄、理解度についての自己評価欄を設けたものです。
理解を深める発問とその指導例	Word	授業で扱える発問とその指導例を掲載したテキストデータです。
◎ AL 実用プリント	PDF	教科書の例題を用いたアクティブラーニング型の授業用のプリントを収録。
<b>◆演習に使える充実の問題データ</b> ▶本冊子116~117		
NEW! 単元テスト サンプル	Word PDF	単元ごとのテスト形式のプリントです。観点別評価にも対応しています。
NEW! 小テスト サンプル	Word PDF Google フォーム Microsoft Forms	短時間で知識の確認ができる問題プリントです。 ※ Google フォームおよび Microsoft Forms は©
問題の解答・解説	Word PDF	教科書中の問、類題、演習問題、実験データを分析してみようの解答・解説のデータを、WordとPDFでご用意しています。
準拠問題集データ(物理基礎のみ)	Word PDF	教科書の準拠問題集(『改訂版 新編 物理基礎 準拠 サポートノート』、『改訂版 新編 物理基礎 準拠 整理ノート』)のデータです。本冊・別冊のWordデータと紙面PDFデータを収録。
読解力養成プリント サンプル	Word	基本的な文章の読み取りから、会話文やグラフ・表の読み取り問題まで、読解力養成に使える小テスト形式のプリントです。
<b>◆実験に役立つ</b> ▶本冊子118		
実験レポート サンプル	Word	教科書の実験で使えるレポート用紙です。実験方法や結果欄なども掲載していますので、教科書を開かずにレポート用紙だけで実験を進められます。また、データ処理に役立つExcelツールも収録します。
<b>◆その他</b> ▶本冊子119~120		
重要用語一覧	Excel	教科書の重要用語を日本語と英語でリストアップした一覧表です。
学習指導計画(シラバス)例	Excel	学習指導計画案の標準的な一例を示しています。
観点別評価規準例	Excel	「知識・技能」、「思考・判断・表現」、「主体的に学習に取り組む態度」の3つの観点について、評価方法をまとめています。
観点別評価集計例	Excel	生徒1人1人の3観点に基づく評価を入力・集計できるファイルです。
NEW! ルーブリック評価表 サンプル	Excel	3観点について、ルーブリック評価ができるように基準例を表をまとめたものです。
◎ 教授資料紙面データ	PDF	教授資料の紙面データです。
AL 型授業の進め方	Power Point	KJ法やジグソー法など、さまざまな言語活動の手法を紹介しています。

## 授業でそのまま使える・テストやプリント作成に使える

### ● 授業用スライドデータ ▶サンプルは112のQRコードからご覧いただけます。 Google スライド PowerPoint

板書代わりにお使いいただけるスライドデータです。シンプルな穴埋めタイプのものや、教科書解説動画に対応した解説タイプなどをご用意しています。教科書中の問題も掲載 (NEW!)

第1編 第1章 1. 速度 (教科書p.10~14)

#### 1 速度

##### A 速さ

単位時間当たりの移動距離を「**速さ**」という。

$$\text{速さ} = \frac{\text{移動距離}}{\text{経過時間}}$$


速さの単位... [4] m/s [5] km/h

#### 等速直線運動

一直線上を一定の速さで進む運動のことを **等速直線運動** という

$x = vt$

$x$ [m]	移動距離
$v$ [m/s]	速さ
$t$ [s]	経過時間 (time)



[条件] 一直線上の運動で、速さ  $v$  が一定

第1編 第1章 1. 速度

◀穴埋めタイプ  
教科書にそって、要点を穴埋めで確認することができます。シンプルなので、好みの形に編集しやすくなっています。新編 物理基礎の穴埋めの番号は「整理ノート」と対応しています。

▶解説タイプ  
教科書にそって要点がまとまっています。教科書解説動画とも連動!

※ Google スライドのご使用にあたっては、Google アカウントが必要となります。

### ● 映像・アニメーション MP4 HTML

教科書紙面のQRコンテンツなどの映像・アニメーションのデータを収録しています。QRコンテンツの一覧は本冊子のQRコンテンツのページをご覧ください (▶本冊子100-107)。



合成速度



静水時の船の速度: 5 m/s

流木の速度: 1.5 m/s

合成速度を表示

### ● 授業用プリントデータ ▶サンプルは112のQRコードからご覧いただけます。 Word

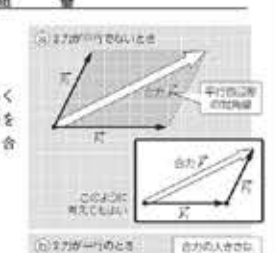
授業の際に配布してノート代わりにお使いいただけるプリントデータです。Wordで作成していますので、授業で取り上げる内容や進度に合わせて、好みの形に編集いただけます。

#### 2 力のつりあい

##### A 力の合成・分解

1 力の合成 一つの物体に複数の力が同時にはたらくとき、これらの力の総とっしはたらきをする一つの力を求めることができる。これを「**合力**」といい、合成された力を「**合力**」という。

2 力  $F_1$ ,  $F_2$  の合力  $F$  は、次のように表される。  
 $F = \dots$



プリントの内容は教科書解説動画・授業用スライドデータとリンクしています!

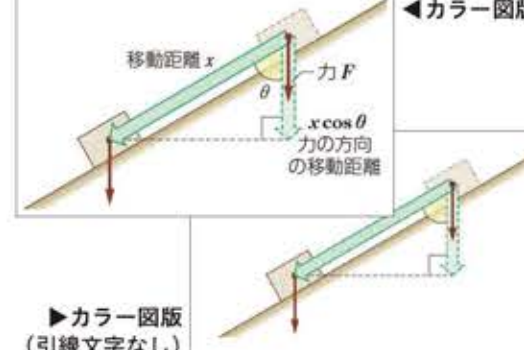
### ● 教科書紙面データ・テキストデータ Word PDF

教科書紙面のPDFデータと本文のテキストデータです。スクリーンへの紙面の投影、授業用プリントや定期テストの作成など、授業を補助するデータとしてお使いいただけます。

### ● 教科書図版データ JPEG

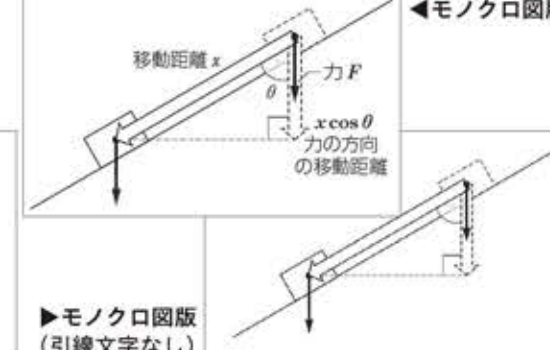
教科書に掲載されている図版のデータです。カラー図版のほか、モノクロ化した図版や引線文字をなくした図版データも収録していますので、目的に合わせてご使用いただけます。

◀カラー図版



▶カラー図版 (引線文字なし)

◀モノクロ図版



▶モノクロ図版 (引線文字なし)

### ● 回答フォーム Google フォーム Microsoft Forms

Google フォームやMicrosoft Formsを活用した回答フォームをいくつかご用意します。

- ・小テスト (NEW!)
- ・「学んだことを説明してみよう」
- ・反復ドリル

141 km/h は、何 m/s か。

[選択肢] ① 24 m/s    ② 40 m/s  
③ 240 m/s    ④ 400 m/s

最も適切な答えを選択肢より1つ選べ。

A

B

C

D

先生が作成したフォームを、生徒それぞれの端末に簡単に配信できます。生徒から返送された回答を瞬時に集約できます。

※ Google フォームのご使用にあたっては、Google アカウントが必要となります。

※ Microsoft Formsのご使用にあたっては、Microsoft アカウントが必要となります。Microsoft FormsはMicrosoftの登録商標です。



詳細はこちら▶

## 主体的な学びに役立つ・演習に使える充実の問題データ

● **節末チェック用ワークシート** ▶ サンプルは112のQRコードからご覧になれます。 **Word**

教科書の「学んだことを説明してみよう」に使えるワークシートです。  
グループ学習にも使えます。指導者用のプリントには、解答例・評価規準例を掲載しています。

● **「例題＋類題」ワークシート** ▶ サンプルは112のQRコードからご覧になれます。 **Word**

教科書の「例題」を穴埋めにしたものと、類題をセットにしたワークシートです。  
グループ学習にも使えます。

● **振り返りシート** **Word**

生徒に配布することで、授業の理解度の確認、疑問に思ったことを書き出すなど、学習内容の振り返りにお使いいただけるプリントデータです。

● **問題についての自己評価表** **Excel**

教科書の問題を一覧化したものに、チェック欄、理解度についての自己評価欄を設けたものです。生徒に配布することで、学習進度や理解度の管理が行えます。

● **理解を深める発問とその指導例** **Word**

物理に関連した発問例とその指導例を収録しております。

● **AL実用プリント** **PDF**

教科書の例題を用いたアクティブラーニング型の授業用のプリントを収録しております。「学習内容の説明（例題を穴埋め形式にしたもの）」＋「練習問題」＋「確認テスト」で構成されています。また、このプリントの使い方も合わせて収録しています。

● **問題の解答・解説** **Word** **PDF**

教科書に掲載されている問、類題、演習問題、思考学習、実験データを分析してみようの解答・解説データをご用意しています。生徒にそのまま配布したり、お好みの形に編集できたりします。

● **準拠問題集データ** **Word** **PDF**

教科書の準拠問題集（『改訂版 新編 物理基礎 準拠 サポートノート』、『改訂版 新編 物理基礎 準拠 整理ノート』）の本冊・別冊のデータを収録します。

● **読解力養成プリント** ▶ サンプルは112のQRコードからご覧になれます。 **Word**

基本的な文章の読み取りから、会話文やグラフ・表の読み取り問題まで、読解力養成に使える小テスト形式のプリントです。

1. 速さと時間のグラフ 【グラフの読み取り】  
図は、ある電車が始発駅を発車し、次の停車駅まで走ったときの、時間と速さの関係を示したグラフである。

このグラフからいえることを、次の選択肢からすべて選べ。

- ① 電車の最も速いとき、速さが秒速 20 m をこえる。
- ② 電車が始発駅から次の停車駅まで移動するのに、およそ 130 秒かかる。
- ③ 電車は走り始めてから 40 秒間、加速している。
- ④ 電車は走り始めてから一度も減速していない。

知識がなくても文章を読めば正解できる問題です。問題文を正確に読み取る読解力を高めることができます。

● **単元テスト** **NEW!** ▶ サンプルは112のQRコードからご覧になれます。 **Word** **PDF**

教科書の学習内容ごとに小分けにした「単元テスト」のデータをご用意。それぞれの問題には「知識・技能」または「思考・判断・表現」のマークを設定していますので、テストを通じて観点別評価を行うことも可能です。

指導者用のプリントには、解答・解説を掲載しています！

▲『改訂版 物理基礎』対応（標準レベル）

「物理基礎」では、それぞれの教科書に対応した2つのタイプをご用意しています。レベルに応じて使い分けていただくことも可能です。

▲『改訂版 新編 物理基礎』対応（基本レベル）

● **小テスト** **NEW!** ▶ サンプルは112のQRコードからご覧になれます。 **Google フォーム** **Microsoft Forms**

短時間で知識が確認できる「小テスト」のデータをご用意。授業の冒頭や最後に知識の確認が行えます。

の  
144 km/h は、何 m/s か。

【選択肢】 ① 24 m/s ② 40 m/s  
③ 240 m/s ④ 400 m/s

最も適切な答えを選択肢より1つ選べ。

①  
 ②  
 ③  
 ④

Word、PDFだけでなく、Googleフォーム、Microsoft Forms形式のものもご用意。端末への配信や、回答の集約が簡単にできます。

# 実験に役立つ

● **実験レポート** ▶ サンプルは112のQRコードからご覧になれます。

Word

教科書の「実験」で使えるレポート用紙です。出力してそのまま生徒に配布することができます。

**実験2 重力加速度の大きさ  $g$  の測定**

● **目的**  
記録タイマーを用いて重力加速度の大きさを測定する。

<見方・考え方> 重力加速度の大きさを測定し、文献値などの値と比較する。

● **装置の設定**  
物体を落下させて  $v-t$  図を作成し、直線のグラフが得られたとき、直線の傾きから重力加速度の大きさ  $g$  を求めることができると考えられる。

● **実験の計画**  
紙テープを落下物体につけて記録タイマーで打点し、その打点間隔を分析する。

● **準備**  
記録タイマー、記録用の紙テープ、おもり（質量300g以上の鉄製または銅製のものがよい。そのほかにも質量の異なるものを数種類）、スタンド、方眼紙、クッション（そうきんなど）、ものさし。

● **手順**  
(1) 記録タイマーを図1のように方眼スタンドに取りつける。おもりが落下する地点に、クッションとしてそうきんなどを置く。  
(2) 約1mの長さで切った紙テープの一端をおもりに取りつけ、他端をタイマーに通し、紙テープを手で支える。  
(3) タイマーの電源スイッチを入れ、手を静かにはなし、おもりを自由落下させる。  
(注) 記録用の紙テープで手を切らないように、また、落下したおもりが足にぶつからないように注意する。  
(4) 打点された紙テープについて、動き始めのはっきりした基準点からの長さを量る。  
(5) 各区分間の平均の速さを求める。  
(6) おもりの速さと時間の関係をグラフに表し、その直線の傾きを求める。  
(7) 質量の異なるおもりで同様の測定を行う。



● **実験レポート**

「準備」・「方法」から「考察」まで掲載！「結果」や「考察」には記入欄を設けていますので、レポート1つで実験を行います。

● **結果**  
次の表に書き入れて、各区分間の平均の速さを求めよ。また、グラフに縦軸、横軸に自盛りを書き入れて、各区分間の平均の速さをプロットして、グラフを作成せよ。

(a) おもりの質量 300g

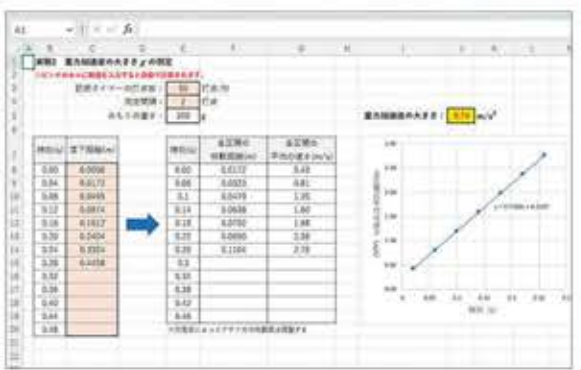
時刻 (s)	基準点からの距離 (m)	各区分間の移動距離 (m)	各区分間の平均の速さ (m/s)
0	0		
2/50	0.0172		
4/50	0.0495		
6/50	0.0974		
8/50	0.1612		
10/50	0.2404		
12/50	0.3354		
14/50	0.4458		



▶ **実験データの例**

実験データの例も掲載。実験映像と連動させることで、データの分析の練習をさせることができるものもあります。

▲ **実験映像**



◀ **データ処理ツール (Excel)**

実験から測定した結果を入力して、求めたい値やグラフをすぐに表示できるデータ処理用のツールをご用意しました。

# その他データ類

● **学習指導計画 (シラバス) 例**

Excel

学習指導計画案の標準的な一例をまとめたデータです。授業計画を立てるときの参考としてお使いいただけます。



● **観点別評価規準例・観点別評価集計例**

Excel

学習指導要領では、観点別学習状況の評価の観点が「知識・技能」、「思考・判断・表現」、「主体的に学習に取り組む態度」の3観点に整理されました。この3観点について、『観点別評価規準例』以外に、教科書やシラバスとあわせてご利用いただける『観点別評価集計例ファイル』をExcel形式でご用意しております。

▶ サンプルは上部にあるQRコードからご覧になれます。

項目	評価の観点	評価の内容	評価の方法
第2章 運動の法則	知識・技能	・重力、垂直抗力、弾力、力が引く力、弾性力について、理解できている。 ・フックの法則とはね定数の意味を理解し、グラフからはね定数を求めることができる。 ・重力の大きさは物体の質量と重力加速度の大きさとの積であり、運動の状態によらないことを説明できる。 ・力の向き、方を理解し、「1Nはどのような力か」を説明できる。	p.55 例25 p.57 例26 p.57 例27 p.57 例28 p.95 演習問題9(1)
	主体的に学習に取り組む態度	・「見る」と「知る」ことができない「力」に対して、どのようにして力の存在がわかるのか、また力にはどのような種類があるのかについて考えようとしている。	・授業中の疑問(p.54 習題の問い47など)に対する主体的な取り組みを観察する。
	思考・判断・表現	・力の合成・分解であることを理解し、力の合成や分解ができる。 ・ばねにつながれた棒が取り付けられた台車を用いて、作用反作用の法則が成り立つことを確認できる。 ・作用・反作用の2力がつりあうときの力の違いを理解し、力のつりあいの式を導き出し、それぞれの力の関係について説明できる。 ・力の合成・分解して表されることに興味をもり、「力がつりあう」とはどういうことを理解しようとしている。 ・「作用・反作用」と「つりあいの2力の違い」について、考えようとしている。	p.59 例28, 29, 30, 31 p.63 例29 p.64 例30 p.66 例31 p.67 例32 p.65 トリプル p.94 演習問題1 p.63 実験4 p.65 実験5
2力のつりあい	知識・技能	・3つの力がはたらくてつりあうときの力の関係を理解でき、理解できている。 ・ばねにつながれた棒が取り付けられた台車を用いて、作用反作用の法則が成り立つことを確認できる。	
	主体的に学習に取り組む態度	・力のつりあいや作用反作用の法則を確かめる実験に主体的に取り組んでいく。	p.66 例33 p.66 例34 p.66 例35 p.66 例36 p.66 例37 p.66 例38 p.66 例39 p.66 例40 p.66 例41 p.66 例42 p.66 例43 p.66 例44 p.66 例45 p.66 例46 p.66 例47 p.66 例48 p.66 例49 p.66 例50 p.66 例51 p.66 例52 p.66 例53 p.66 例54 p.66 例55 p.66 例56 p.66 例57 p.66 例58 p.66 例59 p.66 例60 p.66 例61 p.66 例62 p.66 例63 p.66 例64 p.66 例65 p.66 例66 p.66 例67 p.66 例68 p.66 例69 p.66 例70 p.66 例71 p.66 例72 p.66 例73 p.66 例74 p.66 例75 p.66 例76 p.66 例77 p.66 例78 p.66 例79 p.66 例80 p.66 例81 p.66 例82 p.66 例83 p.66 例84 p.66 例85 p.66 例86 p.66 例87 p.66 例88 p.66 例89 p.66 例90 p.66 例91 p.66 例92 p.66 例93 p.66 例94 p.66 例95 p.66 例96 p.66 例97 p.66 例98 p.66 例99 p.66 例100

▲ 観点別評価の方法と評価の規準例

▼ **観点別評価集計例ファイル**

生徒1人1人の3観点に基づく評価を入力・集計できるファイルです。

※ファイルの画像はイメージです。

学年	学期	観点別評価											
		知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度	総合評価	総合評価	総合評価	総合評価	総合評価	総合評価	総合評価		
1	1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1	2	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2	1	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2	2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
3	1	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
3	2	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
4	1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
4	2	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
5	1	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
5	2	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
6	1	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
6	2	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
7	1	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
7	2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
8	1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
8	2	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
9	1	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
9	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
10	1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
10	2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

## その他データ類

● ループリック評価表 **NEW!** ▶サンプルは112のQRコードからご覧になれます。 **Excel**

「知識・技能」、「思考・判断・表現」、「主体的に学習に取り組む態度」の3つの観点について、ループリック評価ができるように基準例を表にまとめたものです。『観点別評価集計例ファイル』などとともに、観点別評価の際にお使いいただけます(→119)。

観点	評価項目	評価基準	評価項目	評価基準	評価項目	評価基準	評価項目	評価基準
知識・技能	基礎的知識	教科書や資料から必要な知識を正確に理解している。	教科書や資料から必要な知識を正確に理解している。	教科書や資料から必要な知識を正確に理解している。	教科書や資料から必要な知識を正確に理解している。	教科書や資料から必要な知識を正確に理解している。	教科書や資料から必要な知識を正確に理解している。	教科書や資料から必要な知識を正確に理解している。
	応用的知識	基礎的知識を応用して、新しい知識や技能を習得している。	基礎的知識を応用して、新しい知識や技能を習得している。	基礎的知識を応用して、新しい知識や技能を習得している。	基礎的知識を応用して、新しい知識や技能を習得している。	基礎的知識を応用して、新しい知識や技能を習得している。	基礎的知識を応用して、新しい知識や技能を習得している。	基礎的知識を応用して、新しい知識や技能を習得している。
	問題解決力	問題解決に必要な知識や技能を正確に理解している。	問題解決に必要な知識や技能を正確に理解している。	問題解決に必要な知識や技能を正確に理解している。	問題解決に必要な知識や技能を正確に理解している。	問題解決に必要な知識や技能を正確に理解している。	問題解決に必要な知識や技能を正確に理解している。	問題解決に必要な知識や技能を正確に理解している。
	学習態度	学習活動に積極的に参加し、学習成果を向上させている。	学習活動に積極的に参加し、学習成果を向上させている。	学習活動に積極的に参加し、学習成果を向上させている。	学習活動に積極的に参加し、学習成果を向上させている。	学習活動に積極的に参加し、学習成果を向上させている。	学習活動に積極的に参加し、学習成果を向上させている。	学習活動に積極的に参加し、学習成果を向上させている。

## ● 重要用語一覧

**Excel**

教科書本文で太字語句になっている重要用語を一覧でまとめたデータです。日本語表記だけでなく、英語表記も掲載しています。

ページ	重要用語	英語
6	国際単位系	--
6	基本単位	--
6	組立単位	--
6	物理量	--
7	誤差	--
8	有効数字	--
9	指数	--
12	速さ	speed
12	メートル毎秒 (m/s)	--
12	キロメートル毎時 (km/h)	--
12	単位時間当たり	--
14	等速直線運動	--
15	速度	velocity

## ● 教授資料紙面データ

**PDF**

教授資料紙面のPDFデータです。授業を補助するデータとしてお使いいただけます。

## ● AL型授業の進め方

**PowerPoint**

KJ法やジグソー法など、さまざまな言語活動の手法を紹介しています。

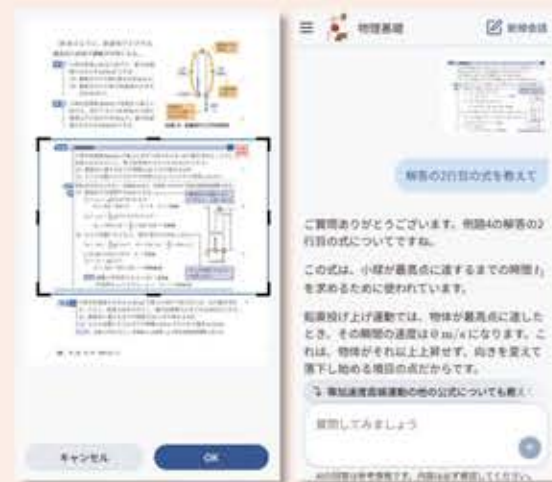
# Suken AIナビ

教科書に対する生徒一人一人の疑問を解決!  
AIを活用した「新しい学習サポート」



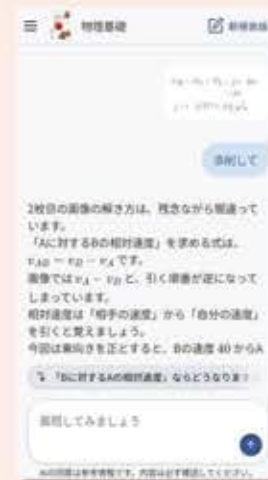
特長  
1

“説明して”



特長  
2

“添削して”



簡単に「ここ」を指定

ページ全体、または一部の範囲を指定して質問すると、その内容を詳しく教えてくれます。知りたい箇所をそのままAIに伝えられるため、スムーズに質問できます。

写真・ファイルをアップロード

写真やファイルをアップロードすると、その答案を添削してくれます。自分の考えのどこが違うか、すぐに把握できます。

「Suken AI ナビ」は教授資料付属! (追加費用なし)



※令和8年度発行教科書より対応。  
商品の写真は最新バージョンのものの一部異なる場合があります。掲載されている仕様は予告なしに変更することがあります。

## 著作者・編集協力者

### 著作者・編集協力者

#### ●著作者

(教科書全点共通)

神戸大学名誉教授

**河本 敏郎**

東北大学教授

**井上 邦雄**

神戸大学名誉教授

**國友 正和**

京都大学教授

**萩野 浩一**

東京大学名誉教授

**深津 晋**

東京大学名誉教授

**牧島 一夫**

広島大学附属中学校・高等学校教諭

**稲垣 貴也**

筑波大学附属駒場中・高等学校教諭

**今和泉 卓也**

元東京学芸大学附属高等学校教諭

**小林 雅之**

元東京都立城東高等学校教諭

**田原 輝夫**

元東京都立日比谷高等学校教諭

**橋本 道雄**

学習院女子中・高等科教諭

**増淵 哲夫**

#### ●編集協力者

(教科書全点共通)

市川学園市川中学校・高等学校教諭

**野原 大輝**

山梨県立富士河口湖高等学校教諭

**米山 史洋**

サイエンスライター

**漆原 次郎**

(改訂版 新編 物理基礎)

北海道札幌南高等学校教諭

**小山 祐介**

開新高等学校教諭

**野田 禎智**

島根県立江津工業高等学校教頭

**花岡 和彦**

北海道札幌西高等学校教諭

**花田 浩光**

(改訂版 物理・改訂版 総合物理)

東京都立立川高等学校教諭

**橋本 直哉**

## 授業時間配分表

### ■授業時間配分表 改訂版 新編 物理基礎(物基/104-902)

編	章	配当時間
物理量の扱い方		1
第1編 運動とエネルギー	第1章 運動の表し方	8
	第2章 運動の法則	14
	第3章 仕事と力学的エネルギー	9
第2編 熱	第1章 熱とエネルギー	7
第3編 波	第1章 波の性質	6
	第2章 音	5
第4編 電気	第1章 物質と電気	4
	第2章 磁場と交流	2
第5編 物理学と社会	第1章 エネルギーの利用	2
物理学が拓く世界		2
合計		60

※物理基礎は、標準2単位で年間授業時間数の合計は70時間ですが、この表では学校行事のことも考慮して、60時間で計算しています。

### ■授業時間配分表 改訂版 物理(物理/104-901)

編	章	配当時間
第1編 力と運動	第1章 平面内の運動	4
	第2章 剛体	5
	第3章 運動量の保存	8
	第4章 円運動と万有引力	13
第2編 熱と気体	第1章 気体のエネルギーと状態変化	9
第3編 波	第1章 波の伝わり方	7
	第2章 音	6
	第3章 光	12
第4編 電気と磁気	第1章 電場	11
	第2章 電流	9
	第3章 電流と磁場	7
	第4章 電磁誘導と電磁波	12
第5編 原子	第1章 電子と光	8
	第2章 原子と原子核	7
物理学が築く未来		2
合計		120

※物理は、標準4単位で年間授業時間数の合計は140時間ですが、この表では学校行事のことも考慮して、120時間で計算しています。

### ■授業時間配分表 改訂版 総合物理(物理/104-902, 104-903)

編	章	配当時間
物理量の扱い方		1
第1編 力と運動	第1章 運動の表し方	6
	第2章 運動の法則	9
	第3章 運動量の保存	6
	第4章 仕事と力学的エネルギー	6
	第5章 円運動と万有引力	12
第2編 熱と気体	第1章 熱と物質	3
	第2章 気体のエネルギーと状態変化	7
第3編 波	第1章 波の性質	6
	第2章 音	6
	第3章 光	11
第4編 電気と磁気	第1章 電場	10
	第2章 電流	7
	第3章 電流と磁場	6
	第4章 電磁誘導と電磁波	11
第5編 原子	第1章 電子と光	6
	第2章 原子と原子核	5
物理学が築く未来		2
合計		120

※物理は、標準4単位で年間授業時間数の合計は140時間ですが、この表では学校行事のことも考慮して、120時間で計算しています。

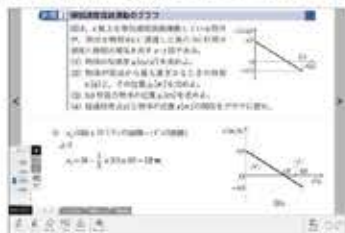
**機能向上** **スライドビュー**

投影用スライドビュー



紙面の問題を大きく投影することに対応したスライドビューです。

また、小間ごとに答・解説を表示することもできます。



※指導者用デジタル教科書(教材)では、図のスライドビュー機能はなくなり、p.125掲載のデジタルコンテンツ「図版ビュー」に移行します。

学習用スライドビュー



問題演習に適したスライドビューです。問題と答・解説を同時に表示できます。

また、「学習の記録」を保存することもできます。



**新機能** **演習モード**



問題演習に特化した機能です。条件を指定して問題を検索し、学習することができます。間違えた問題や苦手な問題を効率的に復習することもできます。



**新機能** **Studyaid<sup>ON</sup> オンラインの問題検索<sup>※1</sup>**

『オリジナル教材<sup>※2</sup>』や『宿題管理』において、エスビューア上から **Studyaid<sup>ON</sup> オンライン** の問題を直接検索し<sup>※3</sup>、その場で選択できるようになりました。よりスムーズに問題表示や宿題配信を行うことができます。

※1 学校の先生・教育委員会の方向向けの機能です。

※2 『オリジナル教材』は、Studyaid<sup>ON</sup> で作成したプリントファイル、PDF、画像などの先生オリジナルの教材を開くことができる機能です。

※3 検索できるのは、お持ちの Studyaid<sup>ON</sup> オンライン 商品の問題のみです。Studyaid<sup>ON</sup> (DVD-ROM 版) 商品の問題は検索できません。

**さらに充実** **デジタルコンテンツ**

図版ビュー

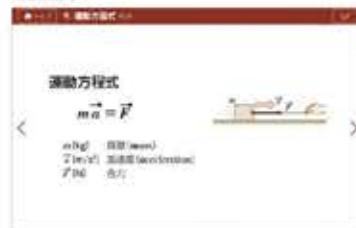
教科書の図や写真などを拡大表示できます。教科書紙面からもワンクリックで拡大表示が可能です。また、お気に入り登録やコピー機能も搭載しておりますので、授業での投影だけでなく、プリントの作成などにも便利です。



その他のコンテンツ

各分野で学ぶ内容をコンパクトに紹介した導入動画や、公式集、選択問題、ドリルなど、生徒の予習・復習に役立つコンテンツを収録しています。また、映像やアニメーション、レイヤー図版、板書サポートツールなど、授業に役立つコンテンツも豊富に収録しています。板書での説明が難しい内容もわかりやすく解説でき、直感的な理解につなげることができます。

▼公式集



▼選択問題



▼アニメーション



※教材ごとに含まれるコンテンツの種類が異なります。

**その他の充実の機能**

教材連携

購入済のデジタル教科書／デジタル副教材の間で、スムーズな連携ができます。別教材の該当ページや疑問などをすくに表示できます。

学習の記録

生徒は、問題を解いて得た気づきを、ノートの写真やコメントと合わせて学習の記録として残すことができます。



宿題管理

先生は、生徒のエスビューアへ宿題を配信することができます。宿題の進捗状況や、生徒が提出した宿題の結果・ノートの写真をいつでも確認することができます。

表示制御

先生は、生徒の学習者用デジタル教科書・教材／デジタル副教材に収録されている「答」「解説」「コンテンツ」について、要素ごとに[見せる/見せない]を設定できます。

体験版はこちら!



## 物理 デジタル教科書／デジタル副教材 ラインアップ

【補足：利用期間（教科書使用期間・書籍使用期間）について】  
「デジタル教科書／デジタル副教材」は販売終了後、一定の利用期間の後に配信を停止いたします。  
配信停止後はオンラインでの利用が不可となりますのでご注意ください。  
各商品の利用期間（配信期間）の最新情報は、弊社ホームページ（<https://www.chart.co.jp/software/lineup/expiry/>）をご覧ください。

デジタル教科書／デジタル副教材は「エスビューア」にてご利用いただけます。

### 指導者用デジタル教科書（教材） Studyaプリント作成システムが付属しています！DVD-ROM版／オンライン版のどちらも利用可能。

電子黒板などで教科書紙面やコンテンツを拡大して提示する、先生用の教材です。

Studyaプリント作成システムには、教科書掲載問題のデータを搭載。

商品名	収録書籍	No.	価格(税込)	データサイズ	発売日
指導者用デジタル教科書（教材）改訂版 物理基礎	「改訂版 物理基礎」「改訂版 新編 物理基礎」	55305	40,700 円	約 5.5GB	販売中
指導者用デジタル教科書（教材）改訂版 物理	「改訂版 物理」「改訂版 総合物理1ー力と運動・熱ー」「改訂版 総合物理2ー波・電気と磁気・原子ー」	55330	未定	未定	2027年3月発売予定

■利用期間：教科書使用期間 ■ライセンス：校内フリーライセンス ■購入方法：教科書取扱書店様へ ■納品物：アプリ版インストール用DVD-ROM ■搭載機能：下表参照

	基本機能	スライドビュー	デジタルコンテンツ	教材連携	学習の記録	演習モード	先生向け機能	
							宿題管理	表示制御
物理基礎	○	○※1	○	○	○	○	○※2	○※2
物理	○	○※1	○	○	○	○	○※2	○※2

※1「投影用スライドビュー」「学習用スライドビュー」を自由に切り替えてご利用いただけます。  
※2「学習者用デジタル教科書・教材」または「学習者用デジタル副教材」ご採用時に利用可能な機能です。  
①② 教員資料とのセット版もございます。詳しくは弊社ホームページをご覧ください。

### 学習者用デジタル教科書・教材

制度化された「学習者用デジタル教科書」と、各種「デジタルコンテンツ」がセットになった商品です。

科目	商品名	No.	価格(税込)	データサイズ	発売日
物理基礎	学習者用デジタル教科書・教材 改訂版 物理基礎	4381222D01	各 935 円	未定	販売中
	学習者用デジタル教科書・教材 改訂版 新編 物理基礎	4381227D01			
物理	学習者用デジタル教科書・教材 改訂版 物理	4381282D01	未定	未定	2027年3月発売予定
	学習者用デジタル教科書・教材 改訂版 総合物理1	4381205D01			
	学習者用デジタル教科書・教材 改訂版 総合物理2	4381215D01			

■利用期間：教科書使用期間 ■ライセンス：生徒1人につき1ライセンス必要 ■購入方法：直接数研出版へ ■納品物：ライセンス証明書 ■搭載機能：下表参照

	基本機能	スライドビュー	デジタルコンテンツ	教材連携	学習の記録	演習モード	先生向け機能	
							宿題管理	表示制御
物理基礎	○	○	○	○	○	○	○※	○※
物理	○	○	○	○	○	○	○※	○※

※ 先生は「エスビューア 先生用サイト」より設定する必要があります。

### 学習者用デジタル副教材

生徒一人一人または先生用の端末で使用する、デジタル副教材です。

シリーズ	商品名	No.	価格(税込)		データサイズ	発売日
			書籍購入なし	書籍購入あり		
図録	学習者用デジタル版 フォトサイエンス物理図録	4326314D01	891 円	440 円	約 2GB	販売中
問題集	学習者用デジタル版 三訂版 リードα 物理基礎	4326164D01	814 円	330 円	未定	
	学習者用デジタル版 三訂版 リードα 物理	4326185D01	未定	未定	未定	販売中
	学習者用デジタル版 改訂版 リードα 物理	4326184D01	979 円	440 円	約 0.5GB	販売中
	学習者用デジタル版 三訂版 リードα 物理基礎・物理	4326280D01	未定	未定	未定	2027年3月発売予定
	学習者用デジタル版 改訂版 リードα 物理基礎・物理	4326279D01	1,089 円	440 円	約 1GB	販売中
	学習者用デジタル版 三訂版 リード Light ノート 物理基礎	4326105D01	836 円	330 円	未定	

■利用期間：書籍使用期間 ■ライセンス：生徒1人につき1ライセンス必要 ■購入方法：直接数研出版へ ■納品物：ライセンス証明書 ■搭載機能：下表参照

	基本機能	スライドビュー	デジタルコンテンツ	教材連携	学習の記録	演習モード	先生向け機能	
							宿題管理	表示制御
図録	○※1	—	○	○	—	—	○※3	—
問題集(改訂版)	○※1	○	—※2	○	○	—	○※3	○※3
問題集(三訂版)	○※1	○	—※2	○	○	○	○※3	○※3

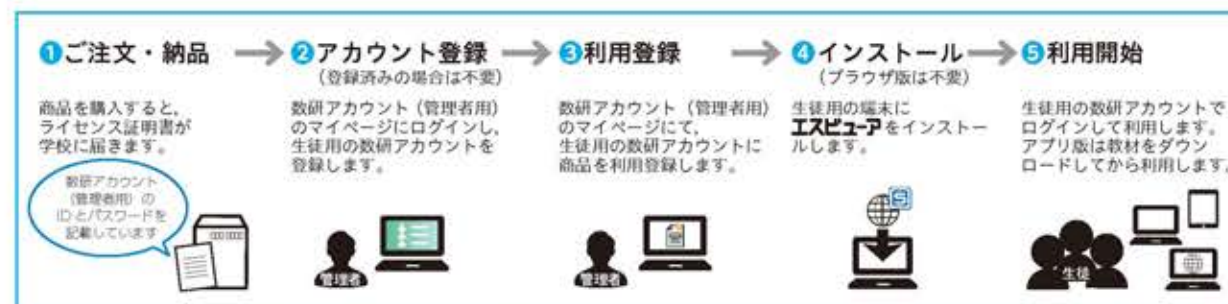
※1 特別支援機能は含まれません。 ※2 例題などの解説動画およびドリルコンテンツへのリンクを配置しています。  
※3 先生は「エスビューア 先生用サイト」より設定する必要があります。  
① 学習者用デジタル副教材をご採用の場合でも、紙の書籍ご採用時と同様にご採用専用データをチャートメテオからダウンロードできます。数研アカウントをご利用ください。  
② 学校採用にて書籍をご購入の場合は、「書籍購入あり」価格で販売いたします（学習者用デジタル副教材のみ）。  
ただし、該当校で採用された書籍と、学習者用デジタル副教材の使用量が同じ場合に限りです。

### 一学習者用デジタル副教材を先生が拡大提示する場合について

- 授業を受ける生徒全員が、該当する紙の書籍または学習者用デジタル副教材を所有している場合は、先生による拡大提示用途としてご利用いただけます。
- 授業を受ける生徒全員が、該当する紙の書籍または学習者用デジタル副教材を所有していない状況（または一部生徒しか所有していない場合）で、先生による拡大提示用途としてご利用いただく場合は、ユーザーライセンスに加えて「提示用オプション」をご購入いただく必要があります。
- 「提示用オプション」について、詳しくは弊社ホームページをご確認ください。発売予定の商品については、決まり次第お知らせいたします。

### ご利用までの流れ（学習者用デジタル教科書・教材、学習者用デジタル副教材）

※ 先生が学習者用商品を利用する場合は、下記①～⑤の「生徒用」を「先生用」と読み替えてください。



(注) 指導者用デジタル教科書（教材）のご利用までの流れは、弊社ホームページ（<https://www.chart.co.jp/software/digital/s/flow/>）をご覧ください。

### 動作環境

- 動作環境の詳細は弊社ホームページをご覧ください。
- 1ライセンスでアプリ版とブラウザ版の両方をご利用いただけます。

#### アプリ版

Windows 11  
iPadOS 17/18/26  
※Windows 11のSモードには非対応です。

#### ブラウザ版

OS：Windows 11  
OS：Chrome OS 最新版  
OS：iPadOS 17/18/26

ブラウザ：Google Chrome/Microsoft Edge  
ブラウザ：Google Chrome  
ブラウザ：Safari

2026年 Studyaid D.B. は、おかげさまで30周年を迎えます。



## 『30周年』のその先へ、ひとつの船に乗って。

2026年 Studyaid D.B. は1996年の発行から30周年を迎えました。  
 学ぶこと、教えることに寄り添い続けたい一心で歩んできた30年、  
 ここまで歴史をつなぐことができたのは、ひとえに皆さまからのご支援のおかげです。  
 誠にありがとうございます。



### 特設サイト公開中!

## Studyaid D.B. 30周年記念

各種イベントのご案内など、新しい情報を追加していきます。  
 今後の情報公開にぜひご期待ください!

- これまでのあゆみ
- ユーザーインタビュー
- Studyaid D.B. クイズ
- イベント情報
- 開発者インタビュー
- Studyaid D.B. 機能投票
- 30周年記念商品
- 操作解説動画

その他...

スタディエイド30周年



<https://www.chart.co.jp/stdb/30th/>



## ブラウザ版新機能

先生からのご要望にお応えするため、進化を続けています。

### 01 ルビ機能

簡単操作で  
一気にルビ振り

化学平衡の法則という。  
  
 化学平衡の法則という。

### 02 予測変換機能

数式を予測変換で  
サクッと入力!

$\lambda$     lambda  
 $\alpha$     alpha  
 $\sigma$   
 $\pi$   
 $\mu$

## Studyaid D.B. 物理シリーズラインアップ

令和9年度発行の物理。総合物理に対応した商品のラインアップについては、検討中です。

商品名	収録内容	収録数 <sup>※1</sup>	Studyaid オンライン		Studyaid (DVD-ROM 版)		購入方法
			税込価格【教育機関向け】 1ライセンス版	税込価格【教育機関向け】 構内フリーライセンス版	税込価格【教育機関向け】 標準価格	税込価格【教育機関向け】 アップグレード価格	
No.99643 物理入試 2025 データベース	●1992～2020年センター試験問題・2021～2025年共通テスト問題 ●1992～2025年「物理入試問題集」 ●2005～2025年「物理重要問題集」 ●思考力・判断力・表現力を養う物理重要問題集	約5,400問	10,450円	25,300円	23,100円	11,000円	○
No.55516 物理統合版 2026	発行課程：●教科書「改訂版 物理基礎、改訂版 新編 物理基礎、物理、総合物理」 ●リードα「物理基礎（三訂版）、物理（改訂版）、物理基礎・物理（改訂版）」 ●三訂版 リード Light 物理基礎 ●リード Light ノート「物理基礎（三訂版）、物理（改訂版）」 ●改訂版 新編 物理基礎 準拠「サポートノート、整理ノート」 ●フォローアップドリル物理基礎「運動の表し方・力・運動方程式、仕事とエネルギー・熱、波・電気、実験データの分析」 ●フォローアップドリル物理「力と運動・熱と気体、波、電気と磁気、原子」 ●改訂版 チェッカー 演習「物理基礎、物理」 ●高校物理の基礎 ●物理基礎学習ノート 田課程：●教科書・問題集	約10,500問	13,200円	27,500円	31,900円	14,740円	○

※1 記載されている問題数はオンライン版の問題数です。DVD-ROM版は問題数異なる場合があります。

※2 Studyaid オンラインをご利用いただける商品です。詳しくは弊社ホームページをご覧ください。 <https://www.chart.co.jp/stdb/online/support/dvd.html>

### 【Studyaid オンライン】

●動作環境 最新の動作環境については、弊社ホームページをご覧ください。

#### デスクトップアプリ版

OS	Windows 11 ※日本語版のみに対応。※ Windows 11の5-7-14は未対応。
ストレージ	システムドライブに20GB以上の空き容量

#### ブラウザ版

OS	Windows 11/iPadOS 17以降 / macOS 14以降 / ChromeOS 最新バージョン
ブラウザ	Windows : Google Chrome, Microsoft Edge iPadOS, macOS : Safari / ChromeOS : Google Chrome
メモリ	4GB以上

- デスクトップアプリ版、ブラウザ版ともに、インターネット接続が必要です。インターネット接続に際し発生する通信料はお客様のご負担となります。
  - Studyaid オンラインには7年間の有効期限があります。ただし、有効期限内に新たに別商品を購入された場合、その商品の有効期限まで延長してお使いいただけます。
  - Studyaid オンラインはユーザーライセンスの商品です。1ライセンスにつき1アカウント(1名)がご利用いただけます。構内フリーライセンス版では、同一構内に勤務される方であれば、人数に制限なくご利用いただけます。
- また、少人数でご利用の場合にお求めやすい「追加ライセンス」もあります。1ライセンス版に「追加ライセンス」を組み合わせることで、必要な人数に応じたライセンスを購入できます。

追加ライセンス	税込価格
1ライセンス	3,850円

### 【Studyaid (DVD-ROM 版)】

●動作環境 弊社ホームページをご覧ください。▶ <https://www.chart.co.jp/stdb/setting.html>

#### アップグレード価格

Studyaid 理科シリーズ商品をお持ちの場合は、標準価格の商品と同一のものをアップグレード価格でご購入いただけます。詳しくは弊社ホームページをご覧ください。▶ <https://www.chart.co.jp/stdb/upgrade/>  
 ※アップグレード価格でのご注文の際は、お持ちの商品のシリアルナンバーが必要です。  
 ※物理・化学・生物・地学は、すべて同一教科(理科シリーズ商品)とみなします。

#### ライセンス

Studyaid は1台のパソコンにのみインストールし、使用することができます。1つの商品を同一構内の複数台のパソコンで使用の場合は、商品の他に追加ライセンス(サイトライセンス)が必要です。

追加ライセンス	税込価格
1ライセンス	4,180円
フリーライセンス	16,500円

＼指導に役立つ情報や教材データをお届け！

## 先生のための会員制サイト チャート×ラボ

### 「チャート×ラボ」で何ができるの？

- ご採用の教材に関連したデータのダウンロードや、数研出版が作成したプリントデータを生徒のタブレットやスマートフォンに配信することができます。
- 指導者用デジタル教科書(教材)、学習者用デジタル副教材の体験版をお試しいただけます。
- 数研出版主催のセミナーにお申込みいただけます。

会員限定の情報も  
お届けするよ

くわしくはこちら <https://lab.chart.co.jp/>

※「チャート×ラボ」のご利用は、教育機関関係者(小学校・中学校・高等学校・大学などの学校に勤務されている方、教育委員会・教育センターなど教育関係職員の方)に限定しております。



# 教科書をサポートする充実の副教材

## 令和9年度用 副教材 (予定)

※副教材の発行予定や内容は予告なく変更される可能性があります。

副教材の  
詳細は  
こちら▶



書名	内容
改訂版 新編 物理基礎 準拠サポートノート	B5判/96頁(2色) + 別冊解答 48頁(2色) / 定価 682円(税込) ・教科書の問や例題の種類によって、定着度を確認しやすくなっています。
改訂版 新編 物理基礎 準拠整理ノート	B5判/96頁(2色) + 別冊解答 52頁(2色) / 定価 682円(税込) ・重要語句の穴埋めや教科書の問題で学習内容をしっかり理解できます。 ・授業用スライドを「チャート×ラボ」より配信。
①リードα 物理基礎 ②リードα 物理 ③リードα 物理基礎・物理	① A5判/144頁(2色) + 別冊解答 144頁(2色) / 定価 814円(税込) ② A5判/224頁(2色) + 別冊解答 216頁(2色) / 定価 979円(税込) ③ A5判/320頁(2色) + 別冊解答 304頁(2色) / 定価 1,089円(税込) ・日常学習から受験準備まで、段階的にレベルアップ。
①リード Light 物理基礎 ②リード Light ノート 物理基礎 ③リード Light ノート 物理 (②は①を書き込み式にしたノート判)	① B5 変型判/120頁(2色) + 別冊解答 104頁(2色) / 定価 825円(税込) ② B5判/128頁(2色) + 別冊解答 80頁(2色) / 定価 836円(税込) ③ B5判/168頁(2色) + 別冊解答 88頁(2色) / 定価 979円(税込) ・日常学習を徹底サポート! 基本事項の習得に最適な問題集。
物理基礎学習ノート	B5判/96頁(2色) + 別冊解答 40頁(1色) / 定価 660円(税込) ・要項 + 問題演習の構成で物理基礎の学習をていねいにサポートします。
高校物理の基礎	B5判/48頁(2色) + 別冊解答 24頁(1色) / 定価 418円(税込) ・「運動の表し方」～「運動の法則」の内容をわかりやすく解説した問題集。
フォローアップドリル 物理基礎 / 物理 ①数学の基礎 ①運動の表し方・力・運動方程式 ②仕事とエネルギー・熱 ③波・電気 ④実験データの分析 ⑤力と運動・熱と気体 ⑥波 ⑦電気と磁気 ⑧原子	①～④は B5判, 本冊 2色, 解答 1色 ⑤, ⑥～⑧は B5判, 本冊・解答 1色 ① 24頁+解答 8頁 / 定価 253円(税込) ① 40頁+解答 20頁 / 定価 341円(税込) ② 20頁+解答 8頁 / 定価 297円(税込) ③ 32頁+解答 16頁 / 定価 330円(税込) ④ 32頁+解答 16頁 / 定価 330円(税込) ⑤ 40頁+解答 20頁 / 定価 352円(税込) ⑥ 32頁+解答 16頁 / 定価 330円(税込) ⑦ 40頁+解答 20頁 / 定価 352円(税込) ⑧ 16頁+解答 8頁 / 定価 297円(税込) ・ドリル演習で基本をマスターできます。
フォトサイエンス 物理図録	AB判/192頁(4色) / 定価 891円(税込) ・実験や身のまわりの現象の写真をふんだんに掲載した物理図録。 ・QRコードから映像・アニメーションが見られます。
チャート式シリーズ 新物理基礎 / 新物理	新物理基礎: A5判/256頁(4色) / 定価 1,606円(税込) 新物理: A5判/512頁(4色) / 定価 2,508円(税込) ・伝統的な正統派参考書。実験や読解問題などの留意点を特集しました。
①チェック & 演習 物理基礎 ②チェック & 演習 物理	① B5判/96頁(1色) + 別冊解答 64頁(2色) / 定価 847円(税込) ② B5判/184頁(1色) + 別冊解答 112頁(1色) / 定価 1,012円(税込) ・入試を徹底分析した共通テスト対策問題集。
物理重要問題集	A5判/144頁(1色) + 別冊解答 176頁(2色) / 定価 924円(税込) ・最新傾向の問題を網羅した入試対策問題集。
物理入試問題集	A5判/96頁(1色) + 別冊解答 72頁(1色) / 定価 891円(税込) ・最新の大学入試問題を精選した問題集。

数研出版コールセンター TEL: 075-231-0162 FAX: 075-256-2936



東京本社 〒101-0052  
東京都千代田区神田小川町 2-3-3  
関西本社 〒604-0861  
京都市中京区烏丸通竹屋町上る大倉町 205  
関東支社 〒120-0042  
東京都足立区千住龍田町 4-17  
支店…札幌・仙台・横浜・名古屋・広島・福岡

本カタログに記載されている会社名、製品名はそれぞれ各社の登録商標または商標です。  
QRコードは株式会社デンソーウェブの登録商標です。  
本カタログで使用されている商品の写真は出荷時のものと一部異なる場合がございます。  
本カタログに掲載されている仕様及び価格等は予告なく変更することがあります。  
本カタログの内容は2026年4月現在のものです。  
本カタログの有効期限: 2027年3月31日  
返品に関する特約: 商品に欠陥のある場合を除き、お客様のご都合による商品の返品・交換はお受けできません。

151583