

ダイジェスト版

改訂!

新
編

物理基礎

PHYSICS

数研出版

物基／104-902

物理／706



物理／707

物理／708



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
- 48 QR コンテンツ一覧
- 52 副教材（準拠ノート）
- 54 教授資料

- 115 副教材一覧
- 116 著作者・編集協力者／授業時間配分表
- 118 デジタル教科書／デジタル副教材
- 表 4 Studyaid D.B.

教科書『物理』『総合物理』（初版）

- 65 教科書の特長『物理』
- 66 教科書紙面の紹介『物理』
- 92 教科書の特長『総合物理』
- 94 教科書紙面の紹介『総合物理』
- 112 QR コンテンツ一覧
- 114 教授資料付属データ一覧



教科書の詳細は
こちら！

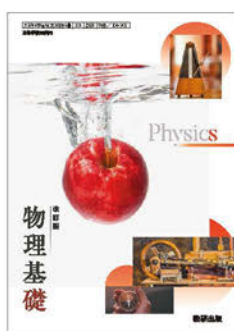


紹介動画は
こちら！

数研出版の物理教科書

物理基礎全点改訂しました！

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

初版
(高学年用)



	物理	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/706 A5判・456ページ	物理/707, 708 A5判・280ページ, 368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。

日常生活に関連した要素や、
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。
つまずき解消のための
工夫が充実。

「例題+類題」や「Zoom」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 3

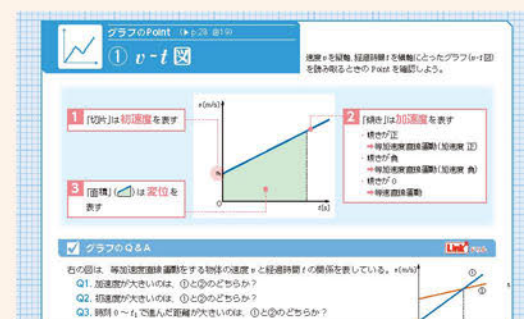
学習した内容を活用する
力を養い、学びを深める
ことができます。

「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

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。

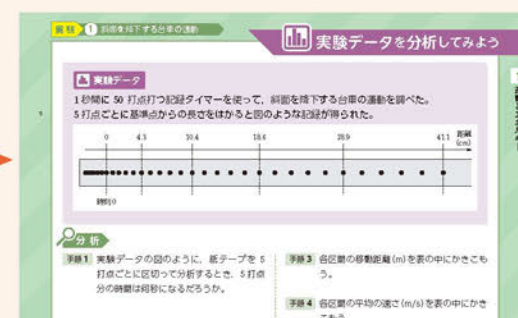


「わかりやすい」を
さらにアップデート

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

「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。



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

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QR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個の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。

卵が浮かぶ？

水と油を十分に混ぜた水(食塩水)に卵を入れる。
卵が浮かぶのはどちらだろうか。

ドライアイスはどう動く？

台車にドライアイスを入れて、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。

▶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
ある一瞬。

時間 ある時刻とほかの
時刻との間隔。

例 時刻 $t = 3.0\text{s}$

▼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。

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

▼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

2つの波が重なりあうときの合成波は、それぞれの波の定位置を足し合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。

step ① 次の①～③の場所を探し、合成波の定位置を点で示す。

① 3つの波の波位が同じ場所
② 合成波の波位は3つの波の波位の和
③ 一方の波の波位が0の場所
④ 合成波の波位は他方の波の波位
⑤ 3つの波の波位が逆相対で同じ大きさの場所
⑥ 合成波の波位は0

step ② step ①の各点を結んで合成波を作図する。

①～⑥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 例A

図中の2つの波A、Bの合成波の波形を作図せよ。

確認してみよう 例B

図のように、波長が等しい波AとBが、x軸上を反対向きに1秒間に1回ずつ通っている。このとき、
①の時刻での合成波の波形をかく。

▲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 (→p.19 例19)

① v-t図

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

1 「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
⇒等減速度直線運動(加速度: 負)
傾きが0
⇒等速直線運動

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
⇒等減速度直線運動(加速度: 負)
傾きが0
⇒等速直線運動

グラフのQ & A

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。v[m/s]

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0～4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② A2. 傾きが大きい① A3. 0～4の間の傾きが大きい②

グラフのPoint (→p.20 例20)

② v-t図 (加速度が負の場合)

加速度が負の場合のv-t図を読み取るためのPointを確認しよう。

1 「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
⇒等減速度直線運動(加速度: 負)
傾きが0
⇒等速直線運動

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
⇒等減速度直線運動(加速度: 負)
傾きが0
⇒等速直線運動

グラフのQ & A

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。v[m/s]

Q1. 運動の折り返し地点で速度が大きいのは、①と②のどちらか?

Q2. 時刻0～4で進んだ距離が大きいのは、①と②のどちらか?

A1. ①と②とも折り返し地点で速度が0になる。 A2. 時刻0～4の間の傾きが等しいので、両方とも同じ。

グラフのPoint (→p.21 例21)

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)を読み取るためのPointを確認しよう。

1 「傾き」は速度を表す

傾きが正
⇒等速直線運動(速度: 正)
傾きが負
⇒等速直線運動(速度: 負)
傾きが0
⇒静止

2 「傾き」は速度を表す

傾きが正
⇒等速直線運動(速度: 正)
傾きが負
⇒等速直線運動(速度: 負)
傾きが0
⇒静止

グラフのQ & A

右の図は、等速直線運動、または等減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。x[m]

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0～4で進んだ距離が大きいのは、①と②のどちらか?

A1. 傾きが1の① A2. 傾きが2の② A3. 傾きが2の②の傾きが大きいので、②の傾きが大きい。

グラフのPoint (→p.22 例22)

④ x-t図 (加速度が負の場合)

加速度が負の場合のx-t図を読み取るためのPointを確認しよう。

1 「傾き」は速度を表す

傾きが正
⇒等速直線運動(速度: 正)
傾きが負
⇒等速直線運動(速度: 負)
傾きが0
⇒静止

2 「傾き」は速度を表す

傾きが正
⇒等速直線運動(速度: 正)
傾きが負
⇒等速直線運動(速度: 負)
傾きが0
⇒静止

グラフのQ & A

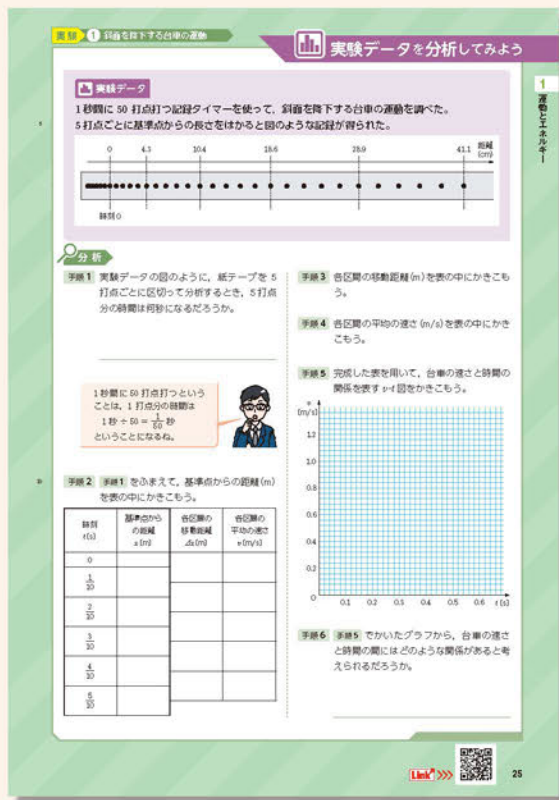
右の図は、等加速度直線運動をする物体の位置xと経過時間tの関係を表している。x[m]

Q1. 時刻4で運動の折り返し地点にいるのは、①と②のどちらか?

Q2. 4の半分の時刻での②の速度はいくらか?

A1. 時刻4でグラフの頂点になる。 A2. 4の半分の時刻において、②のグラフは傾きが0になる。よって、速度は0[m/s]。

▲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囲み要素を新設。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識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48～51

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54～64

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118～121 副教材 本冊子115

「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。

本書の構成

教科書『改訂版 新編 物理基礎』紙面紹介



物理の現象の規則性や法則性を見出し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と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。

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)。

Link 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。

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/qv/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48～51)。



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
31	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

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、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	14 横波と縦波の発生	122
	2 重力加速度の大きさ g の測定	33	15 音の波形	132
	3 力のつりあい	49	16 弦の振動と音階の関係	135
	4 作用反作用の法則	51	17 気柱の振動と音階の関係	136
	5 台車に力を加えるときの運動	56	18 おんさの振動数の測定	138
	6 静止摩擦力	67	19 振り子の共振	140
	7 浮力の測定	71	20 オームの法則	155
	8 重力による位置エネルギー	81	21 抵抗値の測定	160
	9 力学的エネルギー保存則	85	22 ジュールの法則	164
	10 力学的エネルギー保存則の検証	89	23 赤外線と紫外線の放射の観察	174
	11 ブラウン運動	96	24 手回し発電機	178
	12 比熱の測定	100	25 放射線の測定	182
	13 仕事による熱の発生	105		

コラム

他教科・他科目に関連する「コラム」を掲載。

	■ 新幹線の速さを求めてみよう	11	■ 熱機関の歴史	歴史	108
	■ 加速度の感知	20	■ 海の波はどのように起こるか	美術	123
	■ 花火の打ち上げと鉛直投射	37	■ 波を波で弱める！？		130
	■ 橋から学ぶ力のつりあい	51	■ ギターと音階	音楽	135
30	■ ストロークでジュースが飲めるのはなぜ？	70	■ 地震とビルの共振	地学	141
	■ 氷山の一角はどれくらい？	72	■ もう静電気は怖くない！？		148
	■ クロールで進むには	77	■ 電流と自由電子の移動の向きはどうして逆なの？		149
	■ 自動車が停止するまでに進む距離	79	■ 体脂肪計はどうやって体脂肪率を測定している？		151
33	■ デッドボールと力学的エネルギー	85	■ 電気の普及は電灯からはじまった？	歴史	155
	■ 海陸風	101	■ デジタル放送のメリットは高画質だけでない？		174
	■ フリーストライ	102	■ 謎の光？X線		175
	■ 注射の怖さでヒンヤリ？	103	■ エネルギーが保存されるなら「省エネルギー」は不要？		179
	■ 氷が水に浮くのは当たり前？	104			
	■ 飛行機で用いられるのは暖房？冷房？	107			

Zoom

つまづきやすい内容を解説する「Zoom」を拡充。

20	■ 相対速度	18	■ 力学的エネルギー保存則の式の立て方	86
	■ 速度と加速度の正負	22	■ 波のグラフ	120
	■ 等加速度直線運動の式	30	■ 重ねあわせの原理による作図	125
	■ 自由落下と鉛直投射	36	■ 反射波の作図	129
	■ 力の成分の求め方	46	■ 電気の測定器の使い方	156
26	■ 物体が受ける力の見つけ方	52	■ 電気回路の見方	158
	■ 運動方程式の立て方	60		

参考

17	■ 物理量と単位	13	■ 平面上の速度の合成・平面上の相対速度	19
	■ ベクトル	15	■ 斜方投射	38
	■ 瞬間の加速度	21	■ 水平投射の式・斜方投射の式	39
	■ 等加速度直線運動の $v-t$ 図と変位 x の関係	27	■ 第二種永久機関	109
	■ 記録用の紙テープを用いた加速度運動の分析	29	■ 弦を伝わる波の速さ	135
	■ 力の成分の表し方	45	■ 静電誘導	148
	■ 斜面上で物体がすべり始める角度	68	■ フレミングの左手の法則	168
	■ 仕事の一般式	75	■ レンツの法則	168
	■ 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

実験データを分析してみよう

23	■ 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

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のせて、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



インクの拡散が速いのは？

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



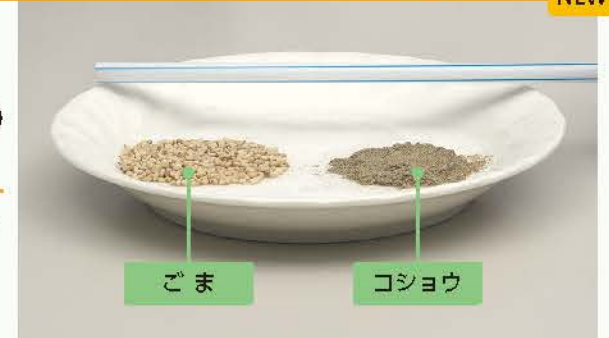
映像を見て択一式のクイズに答えるコンテンツ「映像クイズ」をQRコードからご覧いただけます(→詳しくは48)。

NEW!

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。

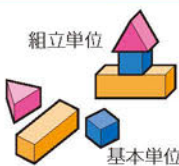


1 物理量の表し方

A 単位

→ p.13

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。速さなどの量は、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。

- 例: 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

- 160cmの身長は何mか。
- 500gの台車に1kgのおもりをのせた。質量はあわせて何kgか。
- お湯を入れて3分でカップ麺を作るには、何秒待てばよいか。
- 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

→ 巻末付録(ブックマーカー)

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。

電圧 = 抵抗 × 電流 $V = RI$

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。

- 距離 = 速さ × 時間
- 質量 × 加速度 = 力
- 仕事 = 力 × 距離
- 抵抗 = $\frac{\text{電圧}}{\text{電流}}$

C 次元

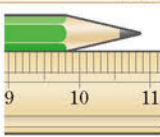
それぞれの物理量には固有の次元がある。物理量の次元は、長さの次元[L]、質量の次元[M]、時間の次元[T]などの組合せで表される。

例えば、速さ(=距離÷時間)の次元は[L]÷[T]=[LT⁻¹]、加速度(=速度の変化÷時間)の次元は[LT⁻¹]÷[T]=[LT⁻²]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(「誤差」というと、絶対誤差のことをいう)

絶対誤差(誤差) = 測定値 - 真の値

(b) 相対誤差(「誤差何%」というときに使う)

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



大阪

運動の
表し方
p.10

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)

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51)。

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

改訂版新編物理基礎(物基/104-902)

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)。

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

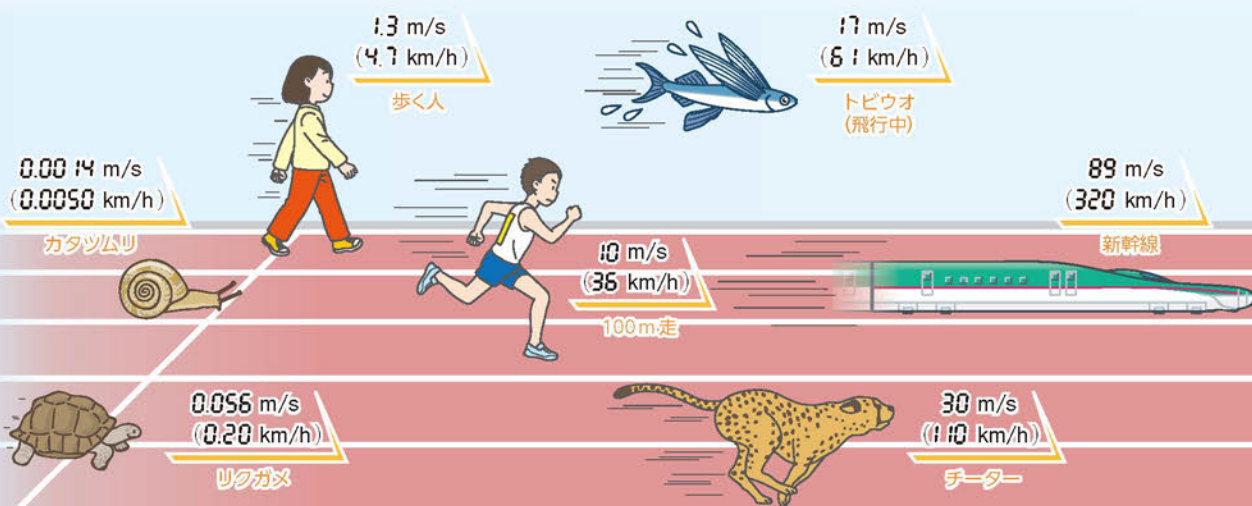
速さの単位は、距離と時間の単位のとり方によって異なる。距離の単位をメートル(m)とし、時間の単位を秒(s)としたときの速さの単位は、メートル毎秒(記号 m/s)である。

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)

①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 の中の「/」は、「毎」という文字に対応している。「/」の後に続く単位でわることを表している。

図1 いろいろな速さ(おおよその値)

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

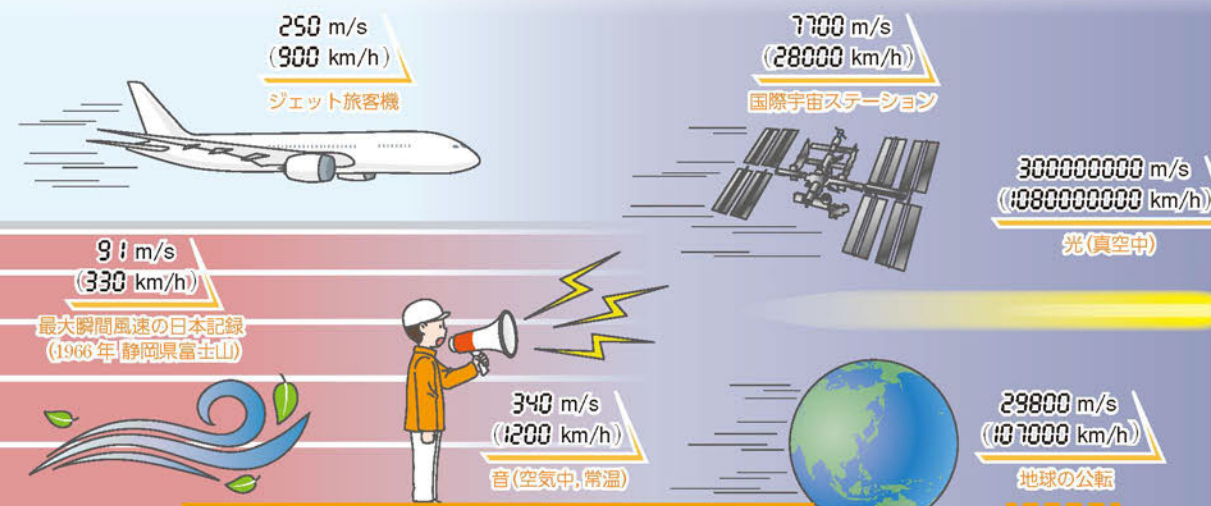
・長さの単位
m:メートル
km:キロメートル
(1km = 1000m)
・時間の単位
s:秒(second)
h:時間(hour)
(1h = 60×60s = 3600s)

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。

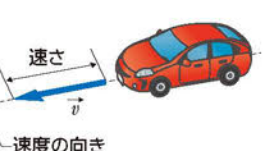


図5 速度の表し方
 矢印の向きで速度の向きを、長さで速さを表す。

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⑥と⑦では、⑦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ある。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)。

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。

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6③)。

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6⑥⑦)。一直線上の運動の場合では、位置 x_1 [m] から位置 x_2 [m] まで物体が移動したとき、物体の変位は $\Delta x = x_2 - x_1$ と表すことができる。

問6 図のように、 x 軸上において、物体が $O \rightarrow P \rightarrow Q$ 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。

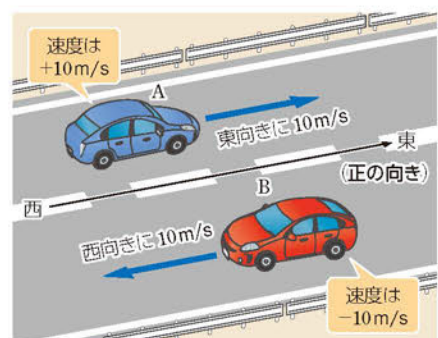


図4 運動の速さと向き 東向きを正の向きと定めると、自動車 A の速度は +10m/s、自動車 B の速度は -10m/s と表すことができる。

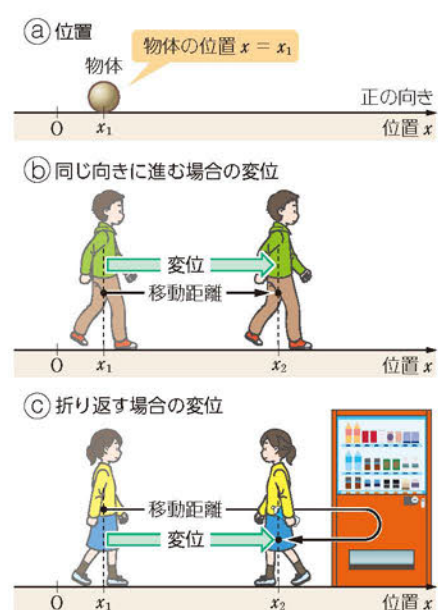
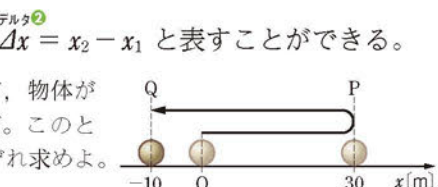


図6 位置と変位



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

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

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。

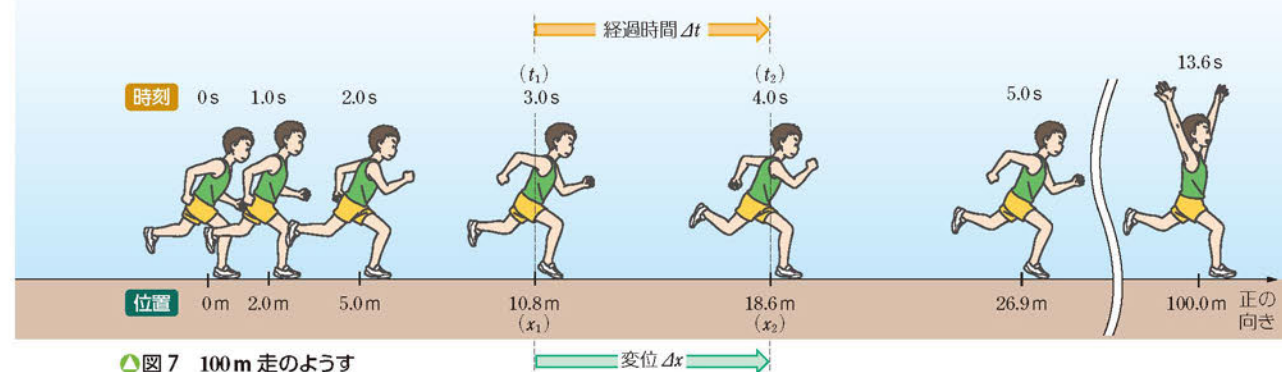


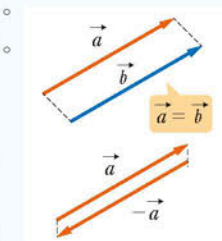
図7 100m 走のようす

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をもつ量を **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。

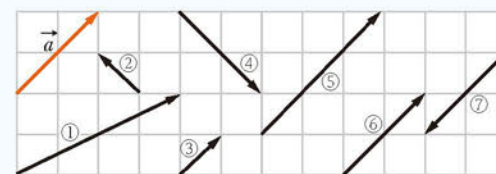
2つのベクトル $\vec{a}$ 、 $\vec{b}$ の向きが同じで大きさも等しいとき、これらは等しいといい、 $\vec{a} = \vec{b}$ と書く。また、 $\vec{a}$ と大きさが等しく向きが反対のベクトルを、 $\vec{a}$ の **逆ベクトル** といい、 $-\vec{a}$ で表す。大きさが0のベクトルを **零ベクトル** (またはゼロベクトル) といい、 $\vec{0}$ と表す。零ベクトルの向きは考えない。



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

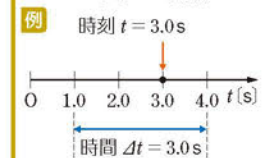


F 瞬間の速度

① $\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
(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。

NEW!

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 $v_1[\text{m/s}]$ とし、流水の速度を $v_2[\text{m/s}]$ とすると、川岸で静止している人から見た船の速度 $v[\text{m/s}]$ 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** (ごうせいそくど) と言い、合成速度を求めることを **速度の合成** (そくどごうせい) 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 1.5m/s のまっすぐな川を静水時の速さが 5.0m/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、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 m/s か。

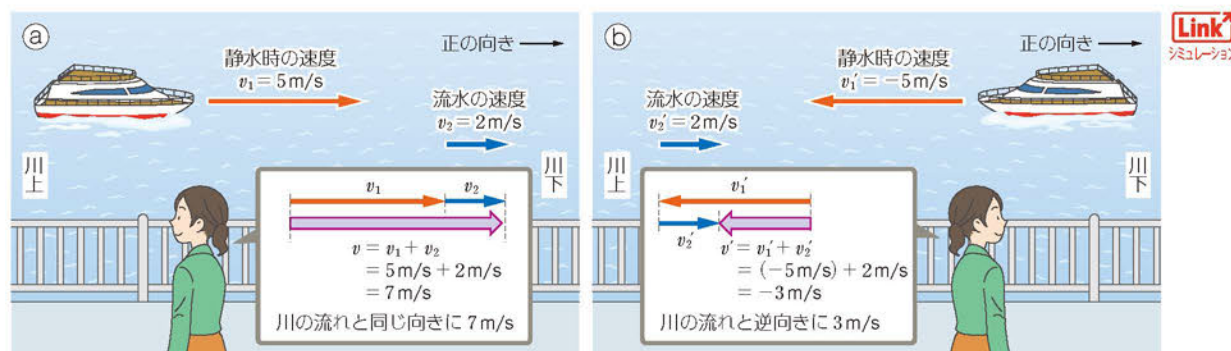


図9 川の流に対して平行に進む船の速度 初めに正の向きを決めてから、船と流水の速度を考える。

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10③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。

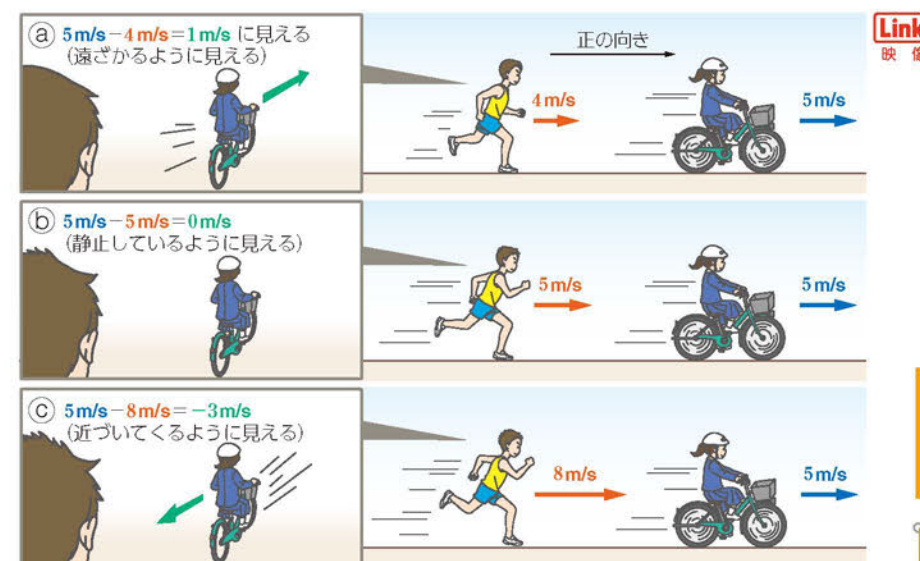


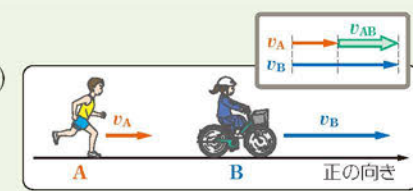
図10 直線上の相対速度

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** (そうたいそくど) 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。

相対速度

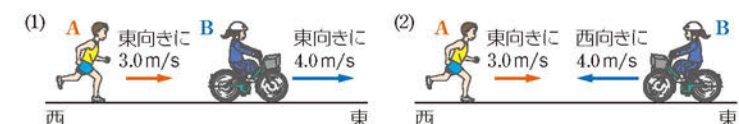
$$v_{AB} = v_B - v_A \quad (6)$$

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



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 m/s か。

- (1) Aは東向きに 3.0m/s の速さ、Bは東向きに 4.0m/s の速さ
(2) Aは東向きに 3.0m/s の速さ、Bは西向きに 4.0m/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に乗っている人とでは、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。

「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

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。

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 >>>



NEW!



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。

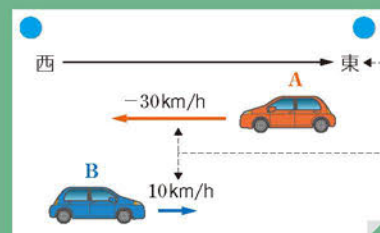
一直線上の相対速度

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。

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。

(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 を見たときの速さは何 km/h か。

まずは、どちら向きを正にとるか決めてから考えよう。

「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。

advanced
発展

平面上の速度の合成・平面上の相対速度 物理

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 $\vec{v}_1$ [m/s] とし、流水の速度を $\vec{v}_2$ [m/s] とする。

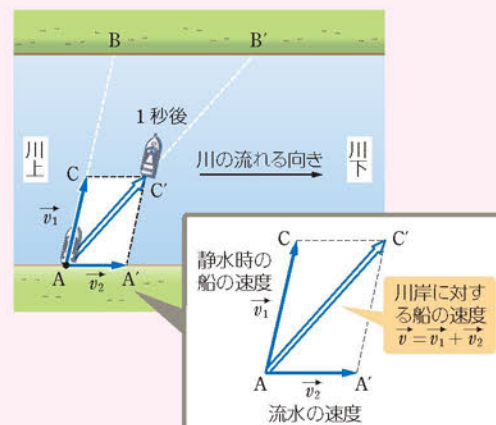


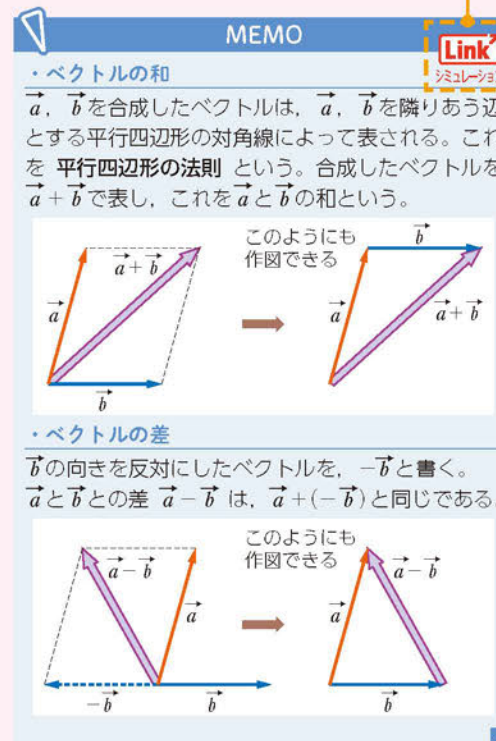
図 A 川を横切って進む船の速度

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。

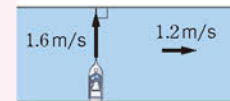
このとき、川岸で静止している人から見た船の速度 $\vec{v}$ [m/s] の大きさは線分 AC' の長さ、向きは A から C' に向かう向きで表される。この速度 $\vec{v}$ を、 $\vec{v}_1$ と $\vec{v}_2$ の合成速度という。図 A より $\vec{v}$ は、 $\vec{v}_1$ と $\vec{v}_2$ の和になるから、次の式が成り立つ。
$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

平面上の相対速度

速度 $\vec{v}_A$ で走行している自動車 A と、速度 $\vec{v}_B$ 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 $\vec{v}_{AB}$ は、次のようになる。



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]



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

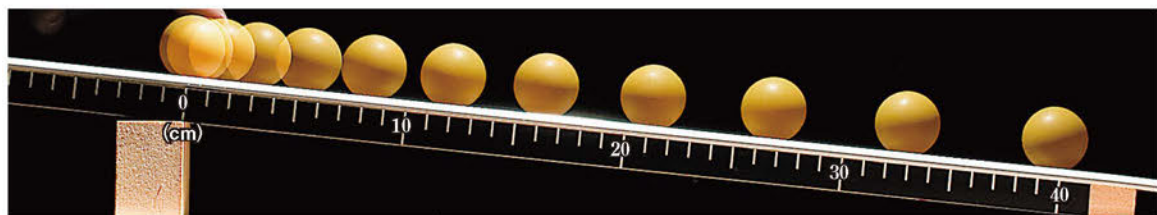


図 15 斜面を降下する小球の運動のストロボ写真(発光間隔 0.10 秒)

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 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。

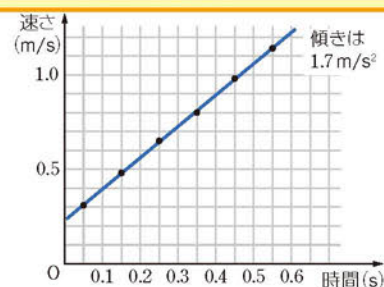


図 16 台車の速さと時間の関係

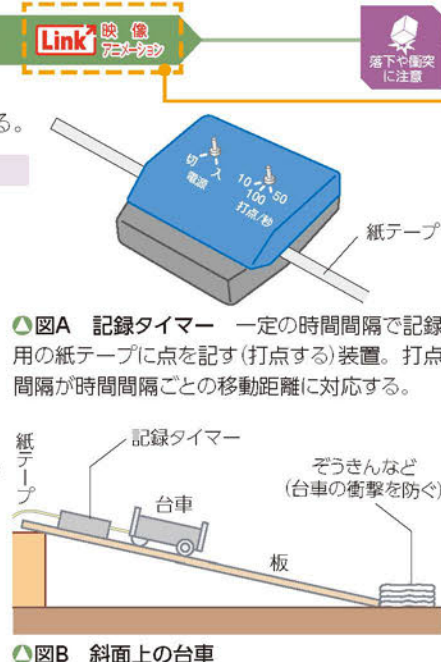


図 A 記録タイマー 一定の時間間隔で記録用の紙テープに点を記す(打点する)装置。打点間隔が時間間隔ごとの移動距離に対応する。

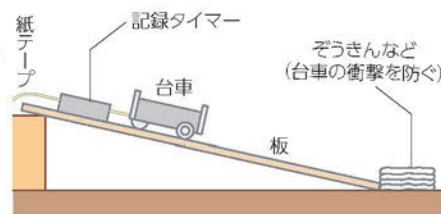


図 B 斜面上の台車

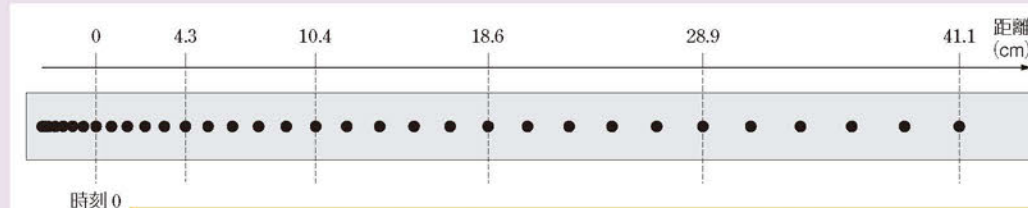
すべての「実験」に映像をテロップ・音声付きで用意(→詳しくは 48)。紙面の右下の QR コードから、ご利用いただけます。

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。



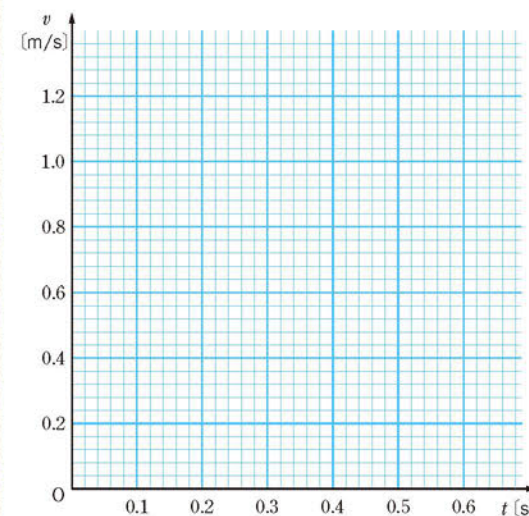
手順 2 手順 1 をふまえて、基準点からの距離(m)を表の中にかきこもう。

時刻 t (s)	基準点からの 距離 x (m)	各区間の 移動距離 Δx (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。



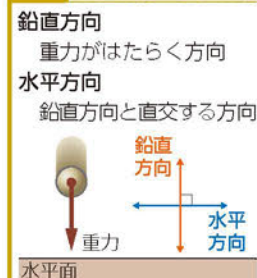
手順 6 手順 5 でかいたグラフから、台車の速さと時間の間にはどのような関係があると考えられるだろうか。

この QR コードから実験映像をご利用いただけます。

Link >>>



用語 鉛直方向と水平方向



「用語」に図を追加して、さらにわかりやすくしました。

自由落下との違いは初速度があるか、ないかだね。



① 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。

B 鉛直投射

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/s²] 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 軸を取り、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。

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

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

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

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/s² 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/s²] 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 軸を取り、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/s²] 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。

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

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

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

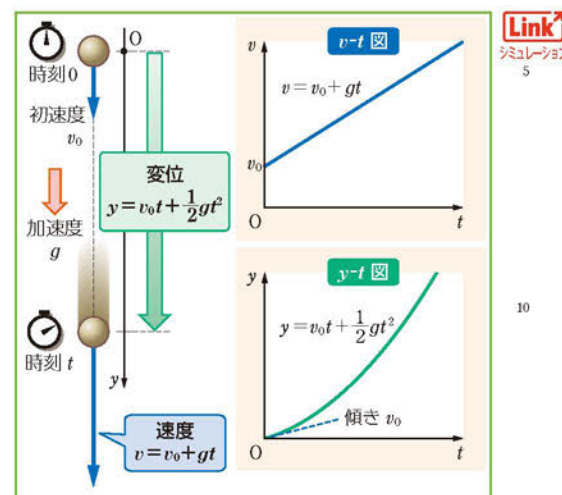


図 24 鉛直投げ下ろし

Link
シミュレーション

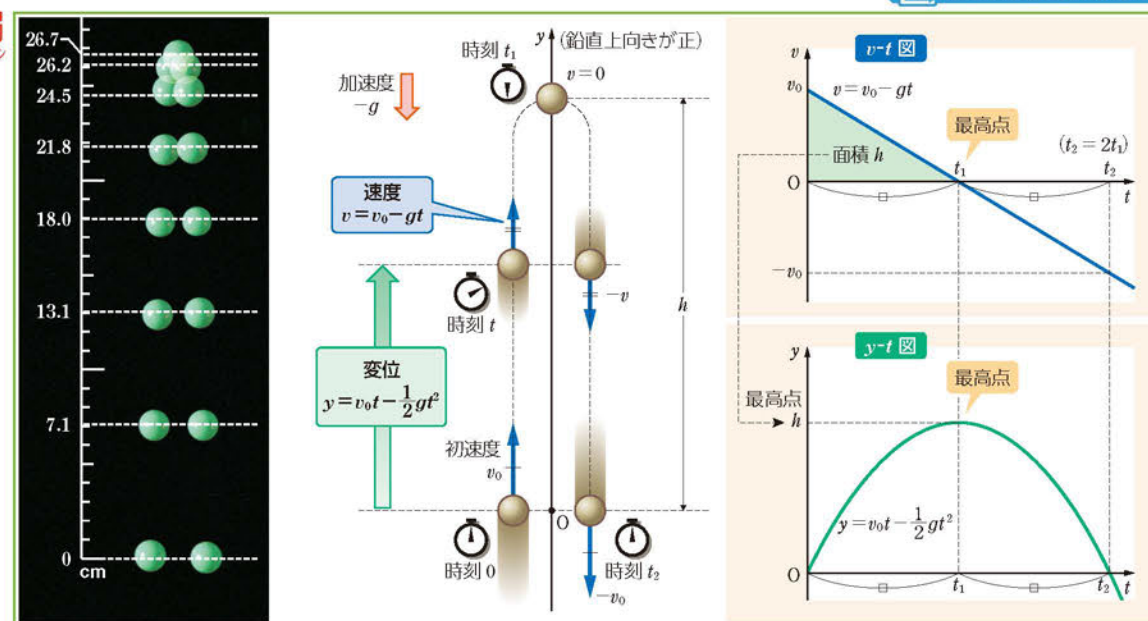


図 26 鉛直投げ上げ 写真は、発光間隔 $\frac{1}{30}$ 秒。見やすくするために鉛直上向きからわずかにずらした向きに投げている。

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。

NEW!

Link
解説動画
矢印・マーク

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/s² 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^2 の等加速度直線運動である。

解 (1) 最高点では速度が $v = 0 \text{ m/s}$ となる。「 $v = v_0 - gt$ 」(17) 式より

$$0 = 9.8 - 9.8 \times t_1$$

$$\text{よって } t_1 = 1.0 \text{ s}$$

$$[y = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2] \text{ (18) 式より}$$

$$h_1 = 9.8 \times 1.0 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1.0^2 = 4.9 \text{ m}$$

- (2) もとの位置にもどると、変位(高さ)は $y = 0 \text{ m}$ となる。

$$[y = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2] \text{ より}$$

$$0 = 9.8 \times t_2 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t_2^2$$

$$t_2 = 0 \text{ s} \text{ ではないので、両辺を } t_2 \text{ でわると}$$

$$0 = 9.8 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t_2 \quad \text{よって } t_2 = 2.0 \text{ s}$$

$$[v = v_0 - gt] \text{ より}$$

$$v_2 = 9.8 - 9.8 \times 2.0 = -9.8 \text{ m/s}$$

補足説明と対応箇所を線で結んで、対応をわかりやすくしました。

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/s² とする。

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 $v_0 \rightarrow 9.8 \text{ m/s}$
・重力加速度の大きさ $g \rightarrow 9.8 \text{ m/s}^2$

別解

$$[v^2 - v_0^2 = -2gy] \text{ より}$$

$$0^2 - 9.8^2 = -2 \times 9.8 \times h_1$$

$$\text{よって } h_1 = \frac{-9.8^2}{-2 \times 9.8} = 4.9 \text{ m}$$

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。





Zoom 運動方程式の立て方

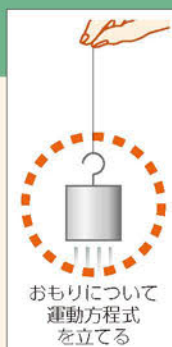
物体の運動を考えるには、運動方程式がよく利用される。ここでは、運動方程式を立てる手順を学び、いくつかのパターンで練習してみよう。

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。

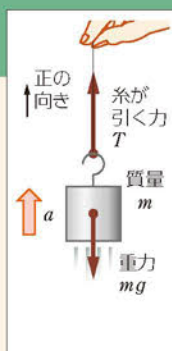


おもりについて運動方程式を立てる

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)

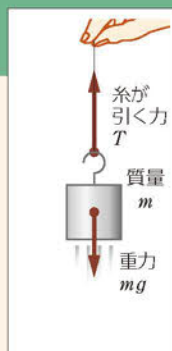


正の向き
糸が引く力 T
質量 m
重力 mg

step 1

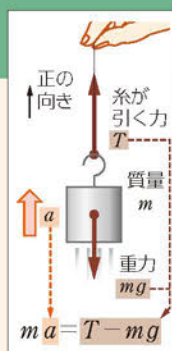
その物体が受けている力をかきこむ。このとき、重力を見落とさないように注意する。

→ 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。

Link 解説動画 矢張り物理

例題 5 1 物体の運動方程式①

なめらかな水平面上にある質量 2.0 kg の物体に、右向きに 8.0 N の力と、左向きに 5.0 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 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。

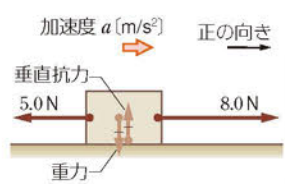
step 2 右向きを正とし、物体の加速度を $a[\text{m/s}^2]$ とする。

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

$$2.0 \times a = 3.0 \quad \text{よって} \quad a = 1.5\text{ m/s}^2$$

質量 加速度 力
加速度は 右向きに 1.5 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 kg の物体に、右向きに 6.0 N の力と、左向きに 4.0 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 m/s^2 か。



例題 6 1 物体の運動方程式②

質量 0.50 kg の小球をつるした軽い糸の上端を持って、 6.0 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 m/s^2 か。重力加速度の大きさを 9.8 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。

NEW!

Link 解説動画 矢張り物理

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 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。

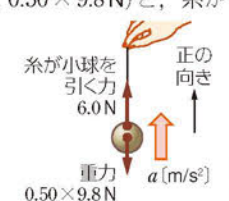
step 3 小球が受ける力の合力 $F[\text{N}]$ は $F = 6.0 - 0.50 \times 9.8$
 $= 6.0 - 4.9 = 1.1\text{ N}$

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

$$0.50 \times a = 1.1 \quad \text{よって} \quad a = 2.2\text{ m/s}^2$$

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 m/s^2



用語 軽い 質量が無視できるという意味。
例 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 kg の小球をつるした軽い糸の上端を持って、 8.0 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 m/s^2 か。重力加速度の大きさを 9.8 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。

Link >>>



どの物体について運動方程式を立てるかを決める。

その物体が受けている力をかきこむ。

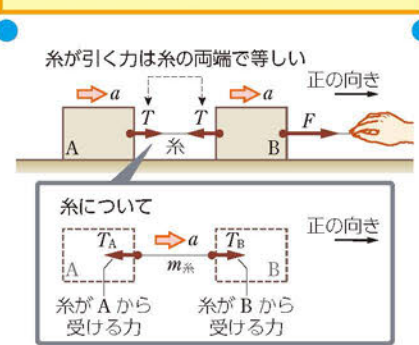
正の向きを定め、その向きの加速度を a とする。物体が受ける力について、運動の方向の成分の和を求め、運動方程式 $ma = F$ を適用する。

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 $T(\text{N})$ 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

$$m_{\text{糸}} a = T_B - T_A$$

質量の無視できる軽い糸では $m_{\text{糸}} = 0$ 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。

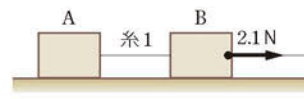


例題 9 2物体の運動方程式②

Link 解説動画 矢張りシキ

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

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

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

$$\text{①式} + \text{②式より} \quad 0.50 \times a = 2.1$$

$$\text{よって} \quad a = 4.2\text{m/s}^2$$

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

途中式

①式+②式より

$$0.20 \times a = T$$

$$+) \quad 0.30 \times a = 2.1 - T$$

$$(0.20 + 0.30) \times a = 2.1$$

$$\text{よって} \quad 0.50a = 2.1$$

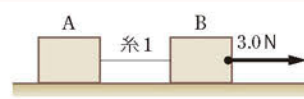
別解

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 2.1N 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 0.30kg 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 $a[\text{m/s}^2]$ を求めよ。
- (2) 糸 1 が A を引く力の大きさ $T(\text{N})$ を求めよ。



例題 10 2物体の運動方程式③

Link 解説動画 矢張りシキ

質量 1.9kg の物体 A をなめらかで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 3.0kg のおもり B をつるす。重力加速度の大きさを 9.8m/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 $T(\text{N})$ 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。

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

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

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

①式+②式より

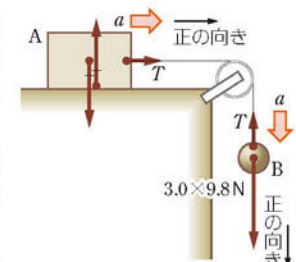
$$4.9 \times a = 3.0 \times 9.8$$

よって

$$a = 6.0\text{m/s}^2$$

(2) ①式より

$$T = 1.9 \times 6.0 = 11.4 \approx 11\text{N}$$

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。

途中式

①式+②式より

$$1.9 \times a = T$$

$$+) \quad 3.0 \times a = 3.0 \times 9.8 - T$$

$$(1.9 + 3.0) \times a = 3.0 \times 9.8$$

$$\text{よって} \quad 4.9a = 3.0 \times 9.8$$

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

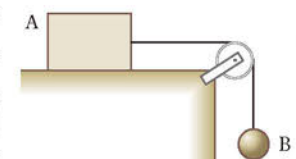
$$4.9 \times a = 3.0 \times 9.8$$

を解いても a を求められる。

類題 10

質量 $m[\text{kg}]$ の物体 A をなめらかで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 $M[\text{kg}]$ 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 $T(\text{N})$ 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。





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)。

⑤ 空気の抵抗

① 空気の抵抗を受ける運動

雨粒が1000m自由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53⑥)。

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)。

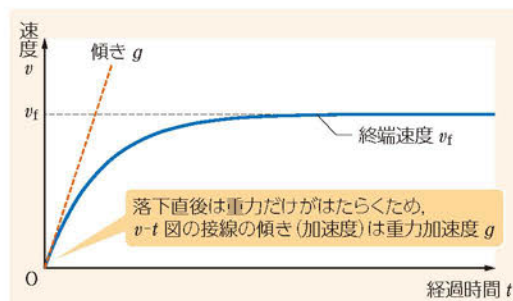


図54 空気の抵抗を受ける小球の速度変化

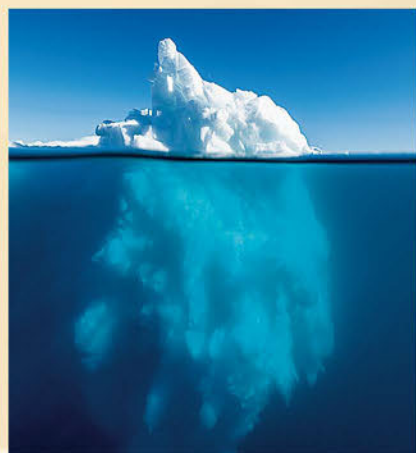
Link Webサイト

自由落下の式(p.33)
 $v^2 = 2gy$ (13)

コラム ひょうざん いっかく 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分だけである、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 920kg/m^3 、海水の密度を 1025kg/m^3 とし、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。

NEW!

学んだことを説明してみよう

⑤ 液体や気体から受ける力

「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。

第2章 演習問題

Link この章の要点的確認

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° , 60° 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。

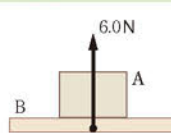


NEW! 演習問題に無理なく取り組めるように「ヒント」を新設しました。

② 2物体の運動方程式①

p.63 ~ 65

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



- (1) 物体Aの加速度の大きさ $a[\text{m/s}^2]$ を求めよ。
- (2) 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 5.0kg のおもりAと、質量 2.0kg 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 9.8m/s^2 とする。

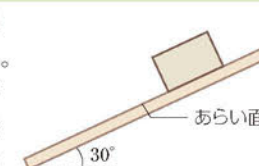
- (1) おもりの加速度の大きさ $a[\text{m/s}^2]$ を求めよ。
- (2) 糸がおもりを引く力の大きさ $T[\text{N}]$ を求めよ。

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出すかを考え、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° 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 μ を求めよ。

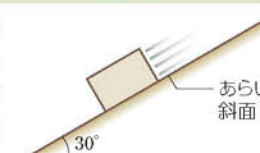


ヒント すべりだす直前の静止摩擦力は、最大摩擦力となることを用いる。

⑤ 動摩擦力

p.67 ~ 68

傾きの角が 30° のあらい斜面上を物体がすべり下るとき、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 9.8m/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 9.8m/s^2 とする。



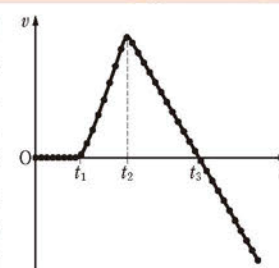
ヒント 浮力と重力のつりあいを考える。

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 >>>



12 比熱の測定

やけどに
注意機器の破損
に注意**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****1** 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。**2** 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。**3** 別の温度計で断熱容器中の水温 t_2 [°C] を読み取る。**4** 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。**5** 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。

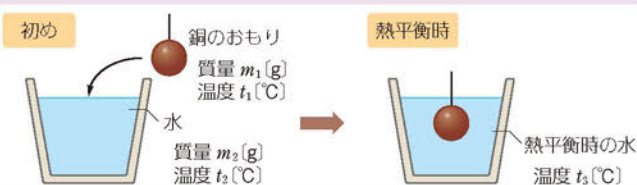
実験 12 比熱の測定



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。

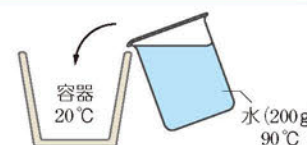
例題の解説を充実させました。

NEW!

例題1 熱量の保存

Link 解説動画
矢張り先生

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

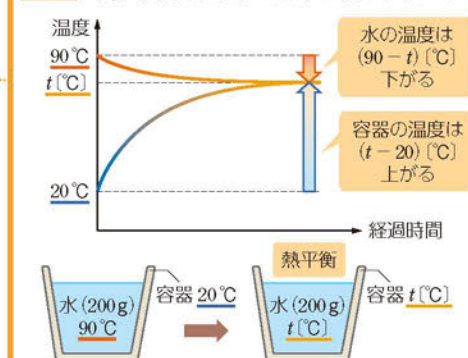
$$840(90 - t) = 210(t - 20)$$

これを整理すると

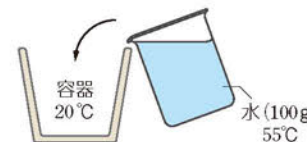
$$5t = 380$$

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。



column 海陸風

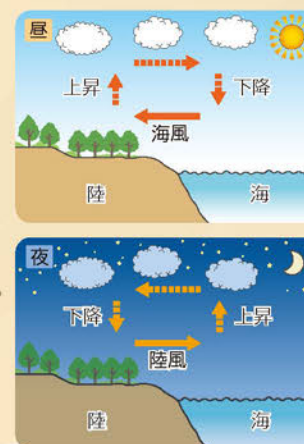
「教科横断」のコラムを充実させています。

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 >>>

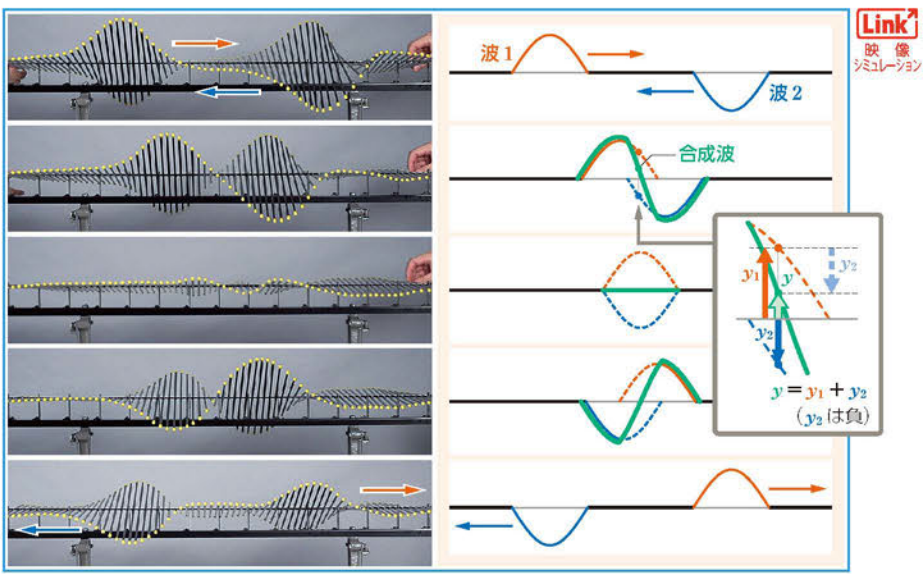


▲図12 ウェーブマシン
等間隔に並べた鉄棒の中央を薄い鉄片でつないだもの。鉄棒の一端を上下に振ると、鉄棒をつなぐ鉄片のねじれによって変位が徐々に伝わる。図13と図14では、この装置を用いている。

改訂版新編物理基礎(物基/104-902)

①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

波がすれ違った後は、もとの形にもどっているね。



2 重ねあわせの原理

2つの波が衝突するとどのようなようになるか。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** といい、重ねあわせによってできた波を **合成波** という。

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。



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。

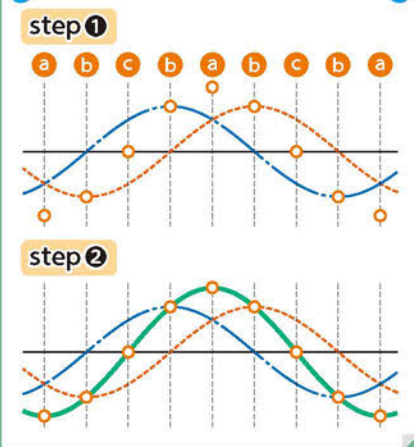
つまずきやすい内容を解説する特集「Zoom」に「重ねあわせの原理による作図」を追加。このほかにも「反射波の作図」のZoomを追加し、フォローを充実させました。

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

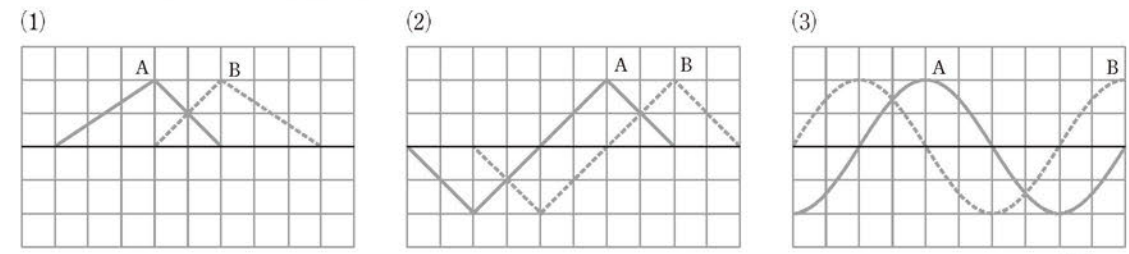
step ② step ①の各点を結んで合成波を作図する。

※ 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。

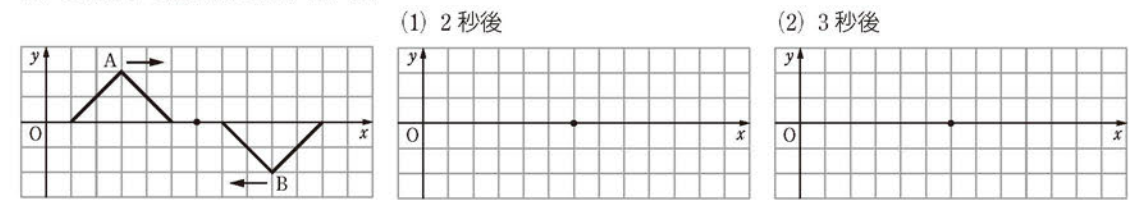


問Bでは、まず時間が経過したときの波AとBの波形をかいてみよう。



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。



改訂版新編物理基礎(物基/104-902)

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 といい、電波は電磁波の一種である。

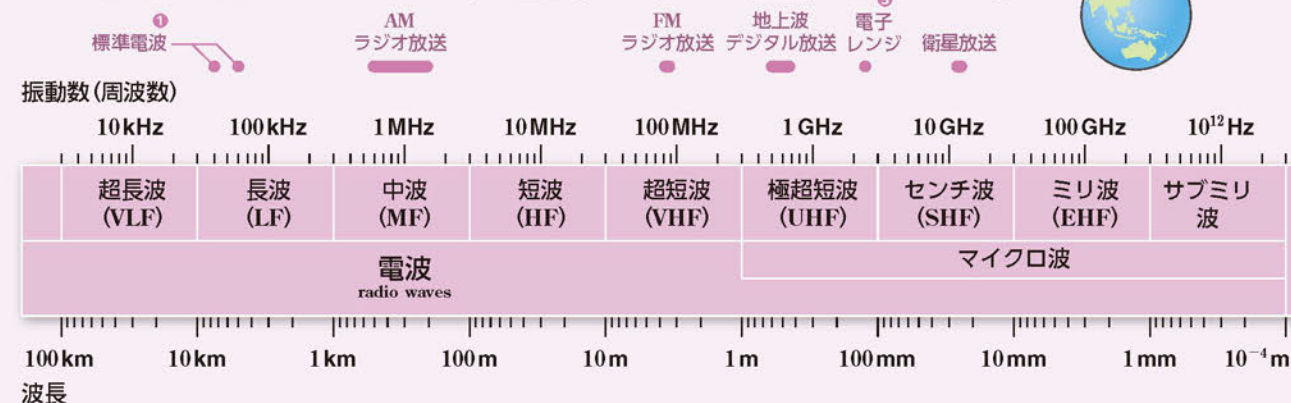
ある場所で電気的、あるいは磁気的な変化が生じると、その変化は周囲に電磁波として伝わる(図 33)。

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。

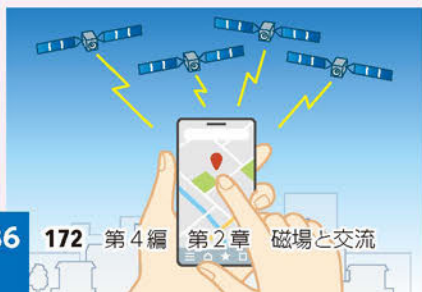
見開きをまたぐ大きな図で、電磁波の種類を視覚的に理解しやすくしています。



標準電波送信所 日本の正確な時刻は、福島県、ならびに佐賀県と福岡県の県境にある標準電波送信所から、電波(長波)として送信されている。電波時計は、この電波を受信して時刻をあわせている。この2つの送信所によって、日本全域で電波を受信できる。



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)。赤外線や紫外線の放射を実験で観察してみよう。

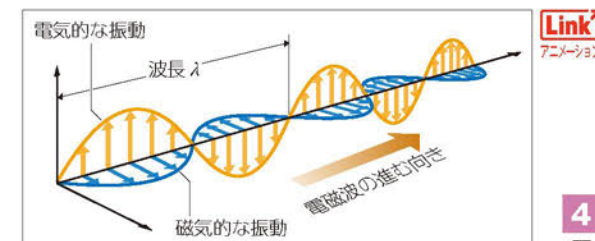
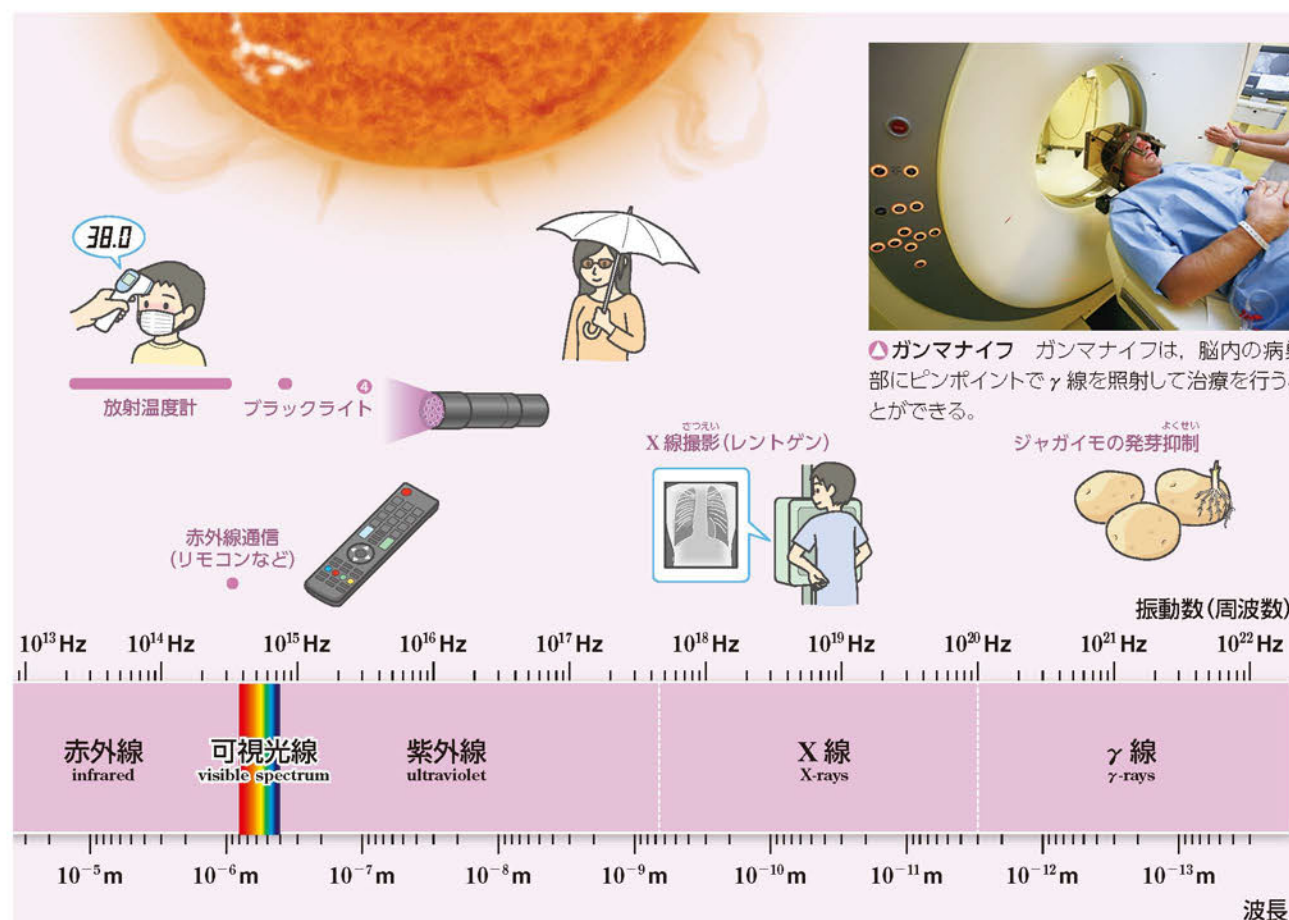


図 33 電磁波が伝わるようす 電気的な振動と磁気的な振動が対になって伝わる。

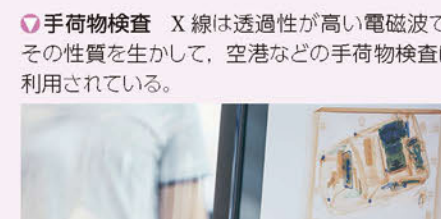
図に関連したアニメーション・シミュレーションコンテンツを大幅に増加させました。



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。

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付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付着する(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

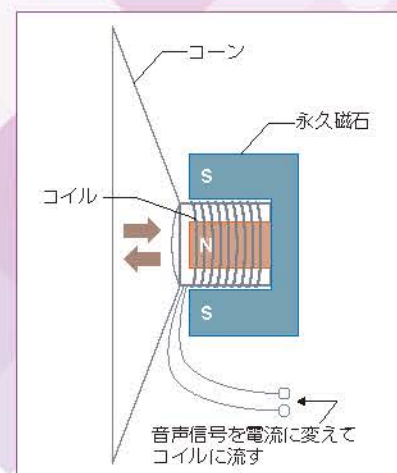
スピーカー(電流が磁場から受ける力)

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。

- 5 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。

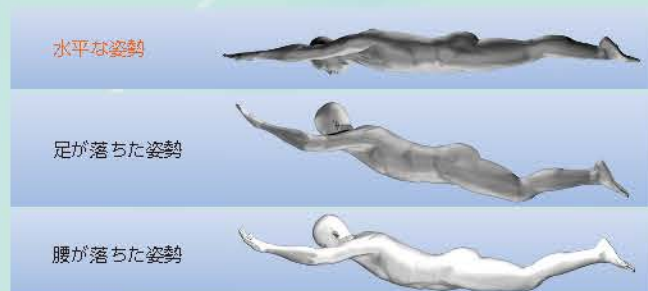
スポーツと物理学

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れば、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ずれが生じ、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



▲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。



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。





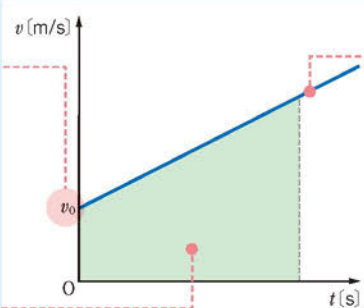
グラフのPoint (▶ p.28 図19)

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

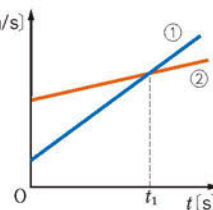
Link ドリル

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。 v [m/s]

- 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。

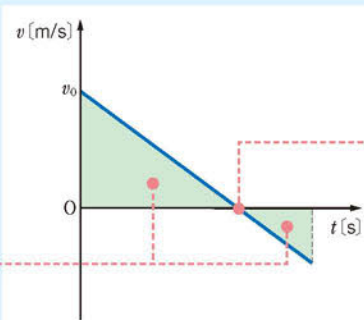


グラフのPoint (▶ p.28 図20)

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)
→ 正の向きへの移動距離
- 面積 (負)
→ 負の向きへの移動距離

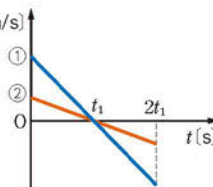
2 「 $v=0$ 」となる点は, 運動の折り返し地点を表す

✓ グラフのQ&A

Link ドリル

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。 v [m/s]

- 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?

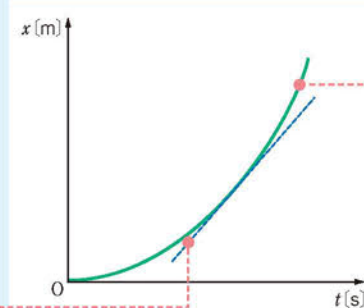
A1. ①, ②とも時刻 t_1 が運動の折り返し地点なので, 時刻 $0 \sim t_1$ の面積が大きい ①
A2. 時刻 $0 \sim t_1$ の面積と, 時刻 $t_1 \sim 2t_1$ の面積が等しいので, 変位は 0m

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

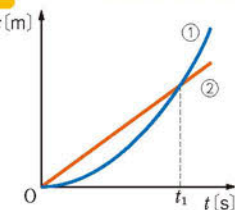
紙面右下のQRコードから「グラフのQ&A」の追加問題(ドリル)にも取り組めます。

NEW!

Link ドリル

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。

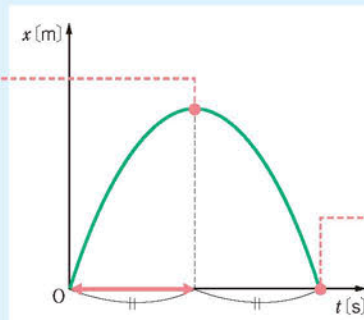
- Q1. 等速直線運動をしているのは, ①と②のどちらか?
Q2. 時刻 t_1 での速度が大きいのは, ①と②のどちらか?

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 0m/s となる。

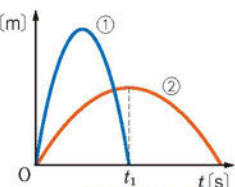
2 「折り返し地点に達する時間 (←→)」の2倍でもとの地点にもどる

✓ グラフのQ&A

Link ドリル

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。 x [m]

- 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 0m/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!



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%まで引き上げるの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。

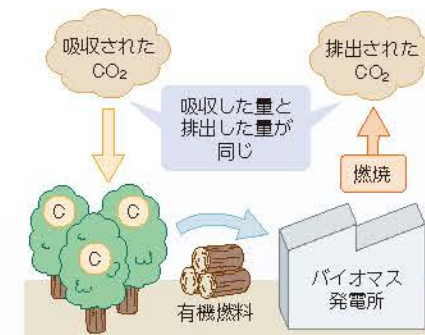


カーボンニュートラルを目指して

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CO₂は、もともと植物が光合成によって吸収したCO₂なので、大気中のCO₂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 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) 本文	○ (p.19) 囲み
	平面上の相対速度	○ (p.24) 本文	
	平面運動の加速度	○ (p.28) 本文	—
	水平投射の式	○ (p.52 ~ 53) 本文	○ (p.39) 囲み
	斜方投射	○ (p.54 ~ 57) 本文	○ (p.38) 本文
	斜方投射の式		○ (p.39) 囲み
	終端速度の式	○ (p.101) 本文	—
	気体の法則と気体の状態変化	○ (p.148 ~ 151) 囲み	—
	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) 本文	—
	音の屈折・音の回折・音の干渉	○ (p.193 ~ 194) 本文	—
	弦を伝わる波の速さの式	○ (p.199) 本文	○ (p.135)
	クーロンの法則	○ (p.211) 囲み	—
	電気量保存の法則	○ (p.212)	—
	静電誘導	○ (p.214) 囲み	○ (p.148) 囲み
	キルヒホッフの法則	○ (p.223) 囲み	—
	抵抗率の温度変化	○ (p.232) 本文	—
	電流のする仕事	○ (p.234)	—
	フレミングの左手の法則	○ (p.241) 囲み	○ (p.168)
	レンツの法則	○ (p.242) 囲み	○ (p.168)
	交流の実効値の式	○ (p.243)	—
	半減期の式	○ (p.257) 本文	—
	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) 巻末	—
	正弦波の式	○ (p.277 ~ 280) 巻末	—
	音のドップラー効果	○ (p.281 ~ 283) 巻末	—

※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 13 2物体の運動方程式②

なめらかな水平面上に質量 0.20 kg の物体 A と質量 0.30 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 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 $T[\text{N}]$ を求めよ。

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 $T[\text{N}]$ 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

$$\begin{aligned} \text{A}(0.20\text{ kg}) : 0.20 \times a &= T \quad \cdots \cdots \text{①} \\ \text{B}(0.30\text{ kg}) : 0.30 \times a &= 2.1 - T \quad \cdots \cdots \text{②} \end{aligned}$$
 ①式+②式より $0.50 \times a = 2.1$
 よって $a = 4.2\text{ m/s}^2$
別解 2物体を一体とみなして、質量 0.50 kg の物体を 2.1 N 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 0.20 kg と 0.30 kg の小球 A, B を軽い糸でつなぎ、A を大きさ 7.0 N 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 m/s^2 とする。
 (1) A, B の加速度の大きさ $a[\text{m/s}^2]$ を求めよ。
 (2) A と B をつなぐ糸が B を引く力の大きさ $T[\text{N}]$ を求めよ。
ヒント 糸が引く力は両端で同じ大きさである。

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)

▲『物理基礎』p.88

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 0.20 kg の物体 A と質量 0.30 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 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 $T[\text{N}]$ を求めよ。

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 $T[\text{N}]$ 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

$$\begin{aligned} \text{A}(0.20\text{ kg}) : 0.20 \times a &= T \quad \cdots \cdots \text{①} \\ \text{B}(0.30\text{ kg}) : 0.30 \times a &= 2.1 - T \quad \cdots \cdots \text{②} \end{aligned}$$
 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 $T = 0.20 \times 4.2 = 0.84\text{ N}$

速中式 ①式+②式より

$$\begin{aligned} 0.20 \times a &= T \\ +) \quad 0.30 \times a &= 2.1 - T \\ \hline (0.20 + 0.30) \times a &= 2.1 \\ \text{よって } 0.50a &= 2.1 \end{aligned}$$

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 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 kg の物体 A と質量 0.90 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 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 $T[\text{N}]$ を求めよ。

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。

▲『新編 物理基礎』p.64

学びをもっと! 深める! 広げる! 数研のQRコンテンツ

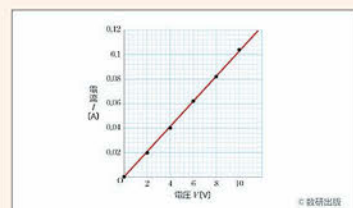
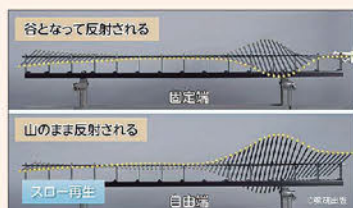
改訂で
コンテンツ数
が大幅増!



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
- 台車に力を加えるときの運動
- 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
- 赤外線観測
- 紫外線観測
- 放射線の測定

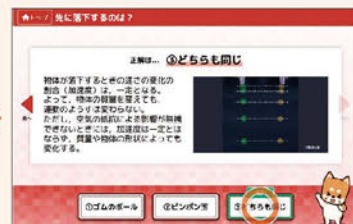
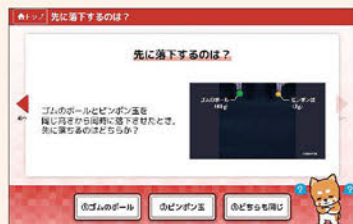
参考映像

- 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。



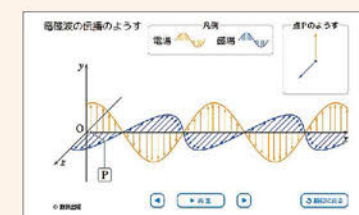
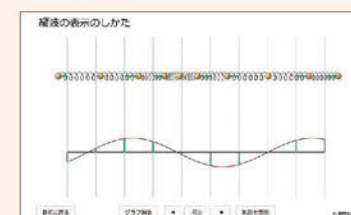
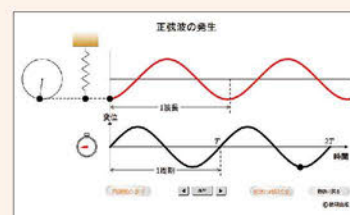
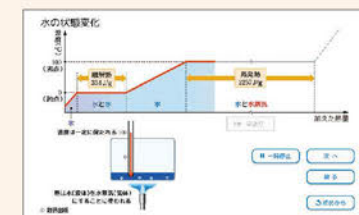
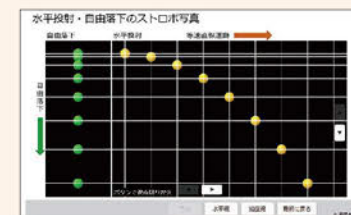
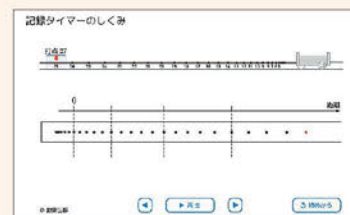
- 先に落下するのは?
- ドライアイスはどこに動く?
- 卵が浮かぶのは?
- インクの拡散が速いのは?

- 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。



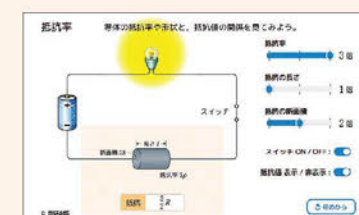
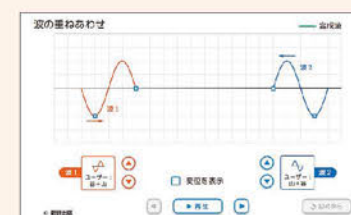
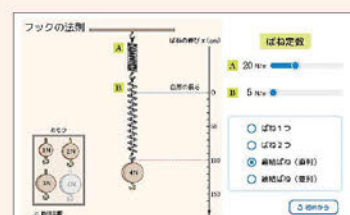
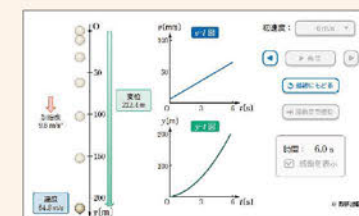
- 記録タイマーのしくみ
- 水平投射と自由落下
- 斜方投射と鉛直投げ上げ
- 温度と熱運動

- 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

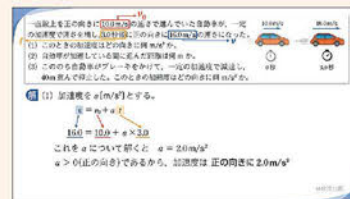
教科書中のすべての公式と例題に解説動画を用意しました。「公式解説動画」は、公式について簡単に説明した後、実際の問題でどのように適用すればよいかを解説しています。「例題解説動画」は、教科書の解説にそってわかりやすい解説をしています。いずれもアニメーションを活用して物体の動きなどを表現しており、視覚的にもわかりやすい動画となっています。自学自習に役立つコンテンツです。

- 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)

【公式】



【例題】



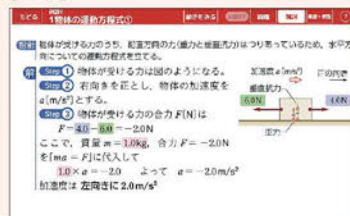
◆例題シミュレーション

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がることができます。

【問題】



【解説】



【シミュレーション】



- 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)

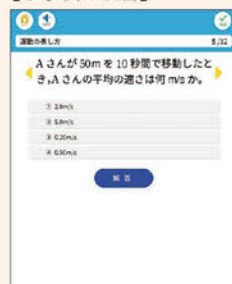
◆ドリルコンテンツ

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。

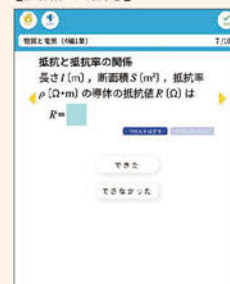
- 中学校の復習(各節)
- 要点の確認(各章)
- グラフの Point
- 物理のための数学
- 反復ドリル

：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

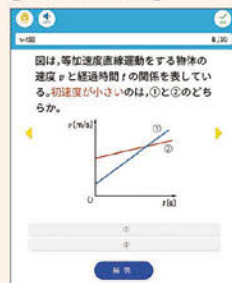
【中学校の復習】



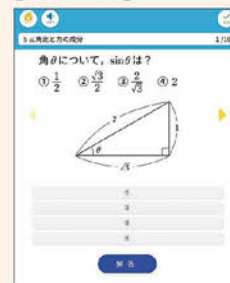
【要点の確認】



【グラフの Point】



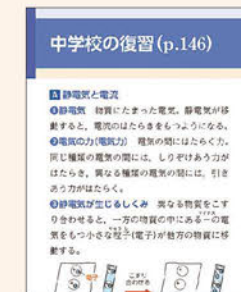
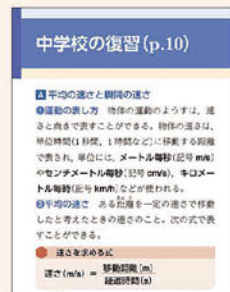
【反復ドリル】



◆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。

- 編とびら(全 4 個)



◆資料

QR 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。

- QR 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)
- リングは動きたくない！？－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 10000 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る
／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)
- 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)
- 音を比べると？(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。

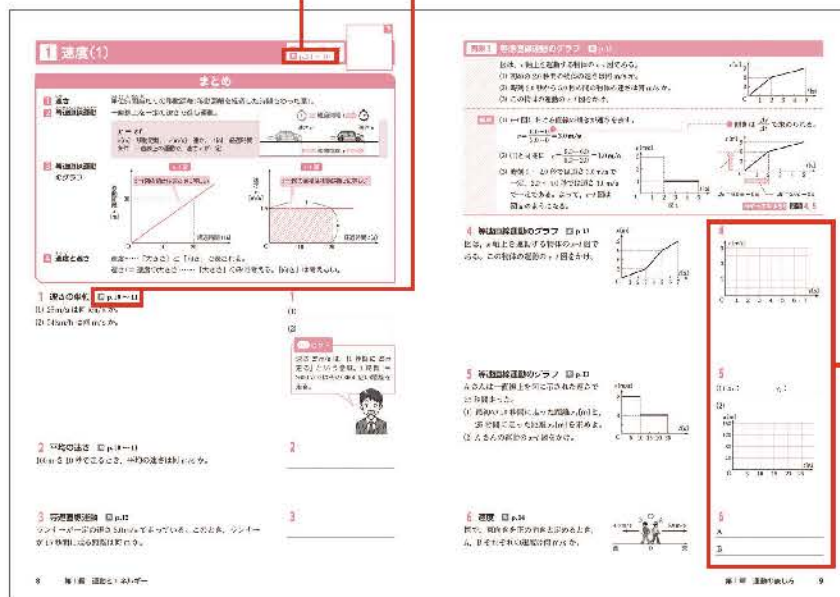


『改訂版 新編 物理基礎 準拠 サポートノート』

B5判／本冊96頁（2色）＋別冊解答48頁（2色）／定価682円（税込）

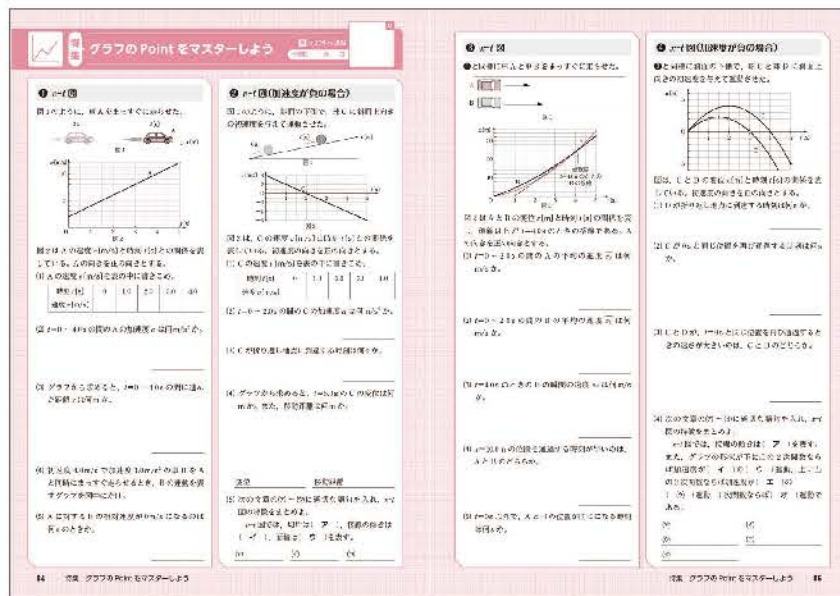
「まとめ」で教科書の内容を整理し、「例題」「問題」で基本事項の定着をはかる、完全準拠の書き込み式問題集です。

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**

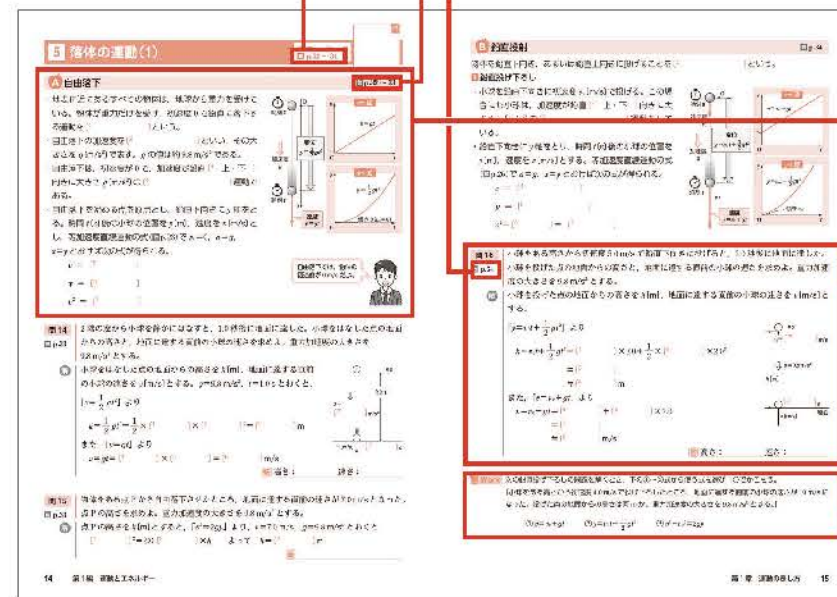


『改訂版 新編 物理基礎 準拠 整理ノート』

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。

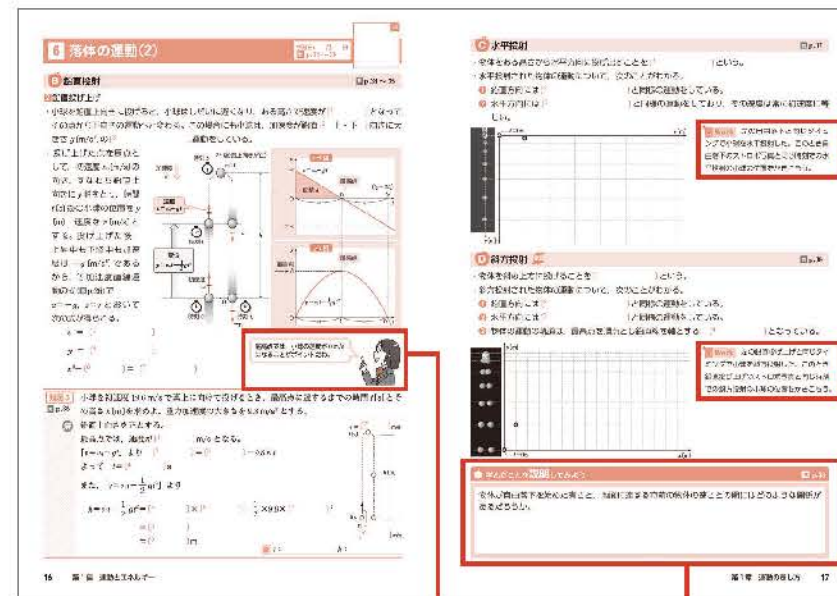
教科書の参照ページを示しています。



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。

教授資料のご案内 (改訂版 新編 物理基礎)

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



・DVD-ROMに収録されているすべてのデータをチャート×ラボ(▶本冊115)からダウンロードできるようになりました(NEW!)。
・DVD-ROM収録外のデータや、追加・修正が生じた場合の最新データもチャート×ラボにご覧いただけます。

改訂版 新編 物理基礎 教授資料 B5判+DVD-ROM/価格未定

「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。

単元冒頭の「目標」について、指導の留意点をまとめました。



▲単元冒頭の「目標」の解説

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。

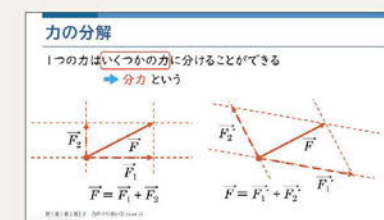
ご利用のイメージ



※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提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です)。

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
各単元の解説動画	41本	40本
例題の解説動画	32本	21本

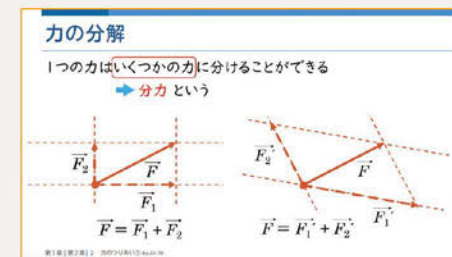
- 教科書の各単元の学習内容を解説する動画と教科書中の例題の解き方を解説する動画の2種類の動画をご用意。

※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一ものです。

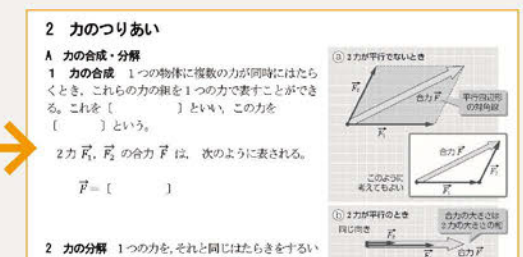


授業用スライドデータ・授業用プリントデータ

◆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



▲授業用プリントデータ

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『改訂版 新編 物理基礎』

すべてチャート×ラボ(▶本冊子 115) 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
◆授業でそのまま使える ▶本冊子 58 ~ 59		
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!)。
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 フォーム形式でご用意しています。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。
◆テストやプリントの作成に使える ▶本冊子 59		
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。

※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おりません。

コンテンツ名	形式	内 容
◆主体的な学びに役立つ ▶本冊子 60		
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。
◆演習に使える充実の問題データ ▶本冊子 61		
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 でもご用意します。
問題の解答・解説	Word PDF	教科書中の問、類題、演習問題、思考学習の解答・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	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。
◆実験に役立つ ▶本冊子 62		
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。
◆その他 ▶本冊子 63 ~ 64		
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にまとめたものです。
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56のQRコードからご覧になれます。 [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① (教科書p.12~14)

1 速度

A 速さ

単位時間当たりの移動距離を「**速さ**」という。

$$\text{速さ} = \frac{\text{移動距離}}{\text{経過時間}}$$

速さの単位は

読み方: [メートル毎秒 (メートル・秒の逆)]

読み方: [キロメートル毎時 (キロメートル・時の逆)]

▲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。



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。

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)

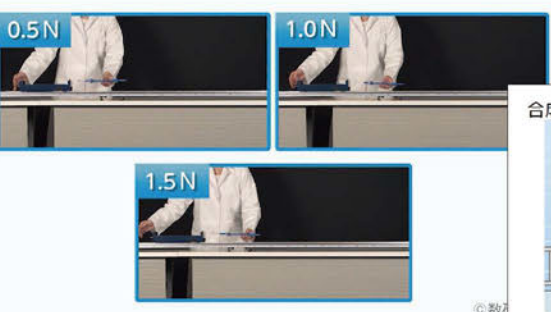
[条件] 一直線上の運動で、速さ v が一定



第1章 第1章 1. 速度①→p.12-14

● 映像・アニメーション

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48~51)。





● 授業用プリントデータ ▶サンプルは56のQRコードからご覧になれます。 [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、好みの形に編集していただけます。

2 力のつりあい

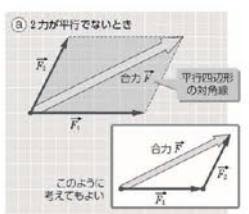
A 力の合成・分解

1 力の合成

1つの物体に複数の力が同時に作用するとき、これらの力の組を1つの力で表すことができる。これを「**合力**」といい、この力を「**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。

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$



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!

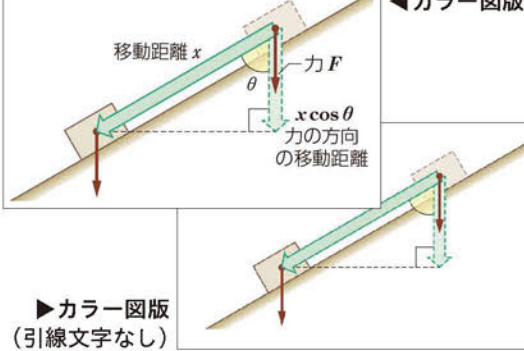
● 教科書紙面データ・テキストデータ [Word](#) [PDF](#)

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](#)

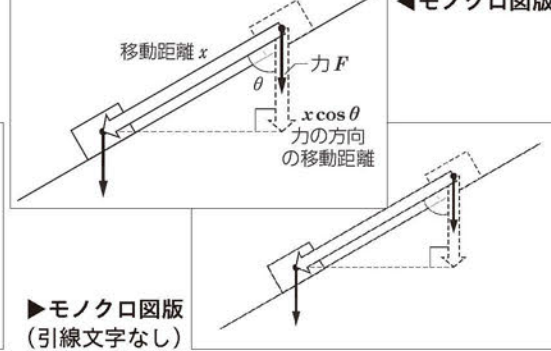
教科書に掲載されている図版のデータです。カラー図版のほか、モノクロ化した図版や引線文字をなくした図版データも収録していますので、目的に合わせてご使用いただけます。

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



詳細はこちら▶

物理基礎 小テスト - 第1編 第1章 速度①

次の (1) ~ (5) の問いに答えよ。

(1) 75mの距離を15秒間で移動したとき、平均の速さは何 m/s か。 2ポイント

☐ 4.0 m/s

☐ 5.0 m/s

☐ 300 m/s

☐ 400 m/s

(2) 144km/hは、何 m/s か。 2ポイント

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。

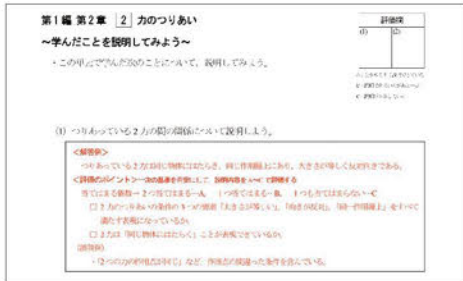
※ Microsoft Forms のご使用にあたっては、Microsoft アカウントが必要となります。Microsoft Forms は Microsoft の登録商標です。

主体的な学びに役立つ

● 節末チェック用ワークシート ▶ サンプルは56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56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。

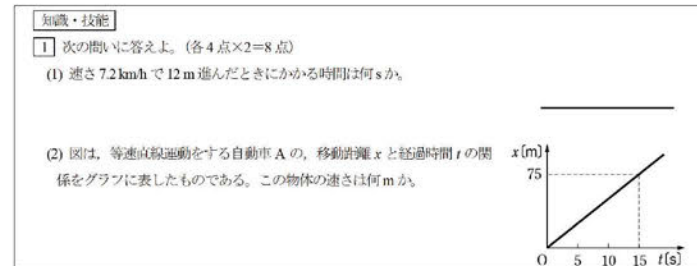
演習に使える充実の問題データ

● 単元テスト NEW! ▶ サンプルは56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！

● 小テスト NEW! ▶ サンプルは56のQRコードからご覧になれます。

Word

PDF

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。



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。

● 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

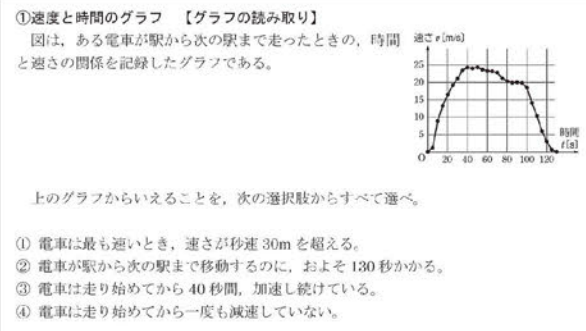
PDF

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56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。



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。

実験に役立つ

● 実験レポート ▶ サンプルは56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。

● 仮説の設定

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

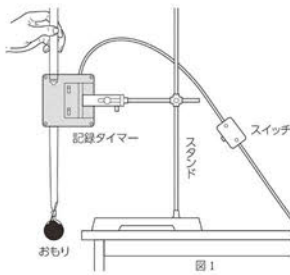
記録タイマーを用いて、落下物体につけた紙テープの打点を分析する。

● 準備

記録タイマー、記録用の紙テープ、おもり（質量300g以上の鉄製または鉛製のものがよい。そのほかにも質量の異なるものを数種類）、力学スタンド、方眼紙、クッション（ぞうきんなど）

● 手順

- 記録タイマーを図1のように力学スタンドに取り付け、おもりが落下する地点に、クッションとしてぞうきんなどを置く。
- 約1mの長さの切った紙テープの一端をおもりに取り付け、他端をタイマーに通し、紙テープを手で支える。
- タイマーの電源スイッチを入れ、手を静かに離し、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。
- 打点された紙テープについて、動き始めたほうのはっきりとした打点を基準点に定めて一定の打点間隔（例えば2打点）で基準点からの長さをはかる。
- 各区間の平均の速さを求める。
- おもりの速さと時間の関係をグラフに表し、その直線の傾きから重力加速度の大きさ g [m/s²] を求める。



◀ 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、各区間の平均の速さを求めよ。また、グラフに縦軸、横軸に目盛りを書き入れて、各区間の平均の速さをプロットして、グラフを完成させよ。

時刻 (s)	基準点からの距離 (m)	各区間の移動距離 (m)	各区間の平均の速さ (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

時刻 (s)	落下距離 (m)	各区間の移動距離 (m)	各区間の平均の速さ (m/s)
0	0		
2 50	0.0172		
4 50	0.0495		
6 50	0.0974		
8 50	0.1612		
10 50	0.2404		

各区間の移動距離、平均の速さを求める

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。



◀ サンプル
はこちら！

Excel

● 観点別評価規準例・観点別評価集計例

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。

単元	章	節	評価の観点	評価の内容	評価の方法		
第2章	運動の法則	1.力とその他はたらき	知識・技能	・重力、垂直抗力、摩擦力、糸が引く力、弾性力について、理解できている。	p.55 問25 p.57 問26		
			思考・判断・表現	・フックの法則とばね定数の意味を理解し、グラフからばね定数を読み取ることができる。 ・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。 ・力の差し方を理解し、「1N」はどのような力か説明できる。	p.57 問27 p.57 学んだことを説明してみよう p.95 演習問題9(1)		
			主体的に学習に取り組む態度	・「見る」と「触る」が「わかる」こと、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。	・授業中の発問(p.54 冒頭の問いかけなど)に対する生徒のようすを観察する。		
	2.力のつりあい		知識・技能	・力がベクトル量であることを認識し、力の合成や分解ができる。 ・注目する物体にはたらく力が指摘でき、つりあいの式が立てられる。 ・作用・反作用の2力とつりあいの2力を区別して考えることができる。	p.59 問28, 29, 30, 31 p.63 演習7 p.64 演習8 p.66 問32 p.67 問A p.68 ドリル p.94 演習問題1		
				思考・判断・表現	・3つの力がはたらいてつりあうときの力の関係を確認でき、理解できている。 ・ばねにつながれた棒を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。	p.63 実験4 p.65 実験5	
			主体的に学習に取り組む態度	・作用・反作用の2力とつりあいの2力の違いを理解し、力のつりあいの式を考えたり、それぞれの2力の関係について説明できる。 ・力が合成・分解して表されることに興味をもち、「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力との違いについて、考えようとしている。	p.66 問33 p.66 学んだことを説明してみよう ・授業中の発問(p.58 冒頭の問いかけなど)に対する生徒のようすを観察する。 p.66 学んだことを説明してみよう について生徒どうしに話しあわせ、生徒のようすを観察する。		
						・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る。	・実験(p.63 実験4, p.65 実験5)に取り組む生徒のようすを観察する。

▲ 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。

年度末		総括評価			
評定ごとの人数		5	4	3	2
		2	10	20	7

集計付け	試験評価		活動評価	
	知識・技能		1	2
	思考・判断・表現		1	2

～試験評価と活動評価～

試験評価		活動評価		総合評価（計算値）				評定 （計算値）	総合評価（最終）			
知識・技能	思考・判断・ 表現	知識・技能	主体的に学習に 取り組む態度	知識・技能	思考・判断・ 表現	主体的に学習に 取り組む態度	知識・技能		思考・判断・ 表現	主体的に学習に 取り組む態度	評定 （最終）	
1生徒 01	A	A	B	B	B	B	B	3	B	B	B	3
2生徒 02	C	B	B	B	B	B	B	3	B	B	B	3
3生徒 03	B	A	A	A	A	A	A	5	A	A	A	5
4生徒 04	B	B	C	A	B	C	A	3	B	C	A	3
5生徒 05	C	A	B	B	B	B	B	3	B	B	B	3
6生徒 06	C	B	C	C	C	C	C	1	C	C	C	1
7生徒 07	B	C	B	B	B	B	B	3	B	B	B	3
8生徒 08	B	B	C	A	B	C	A	3	C	A	B	3
9生徒 09	A	B	A	A	B	A	A	4	A	A	B	4
10生徒 10	B	A	B	C	B	B	B	3	B	B	B	3

その他データ類

● ルーブリック評価表 **NEW!** ▶サンプルは56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、ルーブ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(→63)。

評価項目	評価の観点	評価の項目	A(十分) B(要)	評価基準の例	C(要) D(十分)
知識・技能	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。
思考・判断・表現	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。
主体的に学習に取り組む態度	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。	物体の運動の式を用いて、速度・加速度・変位を求めたり、グラフから速度・加速度・変位を読み取ったりできる。

● 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。

教科書：数研出版『改訂版 新編 物理基礎』

頁	重要用語	英語
41	ニュートン (N)	newton
42	重力	gravitational force
42	重さ	weight
42	質量	mass
42	張力	tension
42	垂直抗力	normal force
42	あらい	-
42	なめらか	-
42	摩擦力	frictional force
43	自然の長さ	-
43	弾性力	elastic force

● 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。

「物理」は、こんな教科書です！

特長 1

「主体的・対話的で深い学び」を実現 (本冊子 70, 76)

特長 3

実験を通じて学びを深めます (本冊子 72)

特長 2

つまづき解消のための工夫が充実 (本冊子 74, 86)

特長 4

知識を活用する「力」を養います (本冊子 76, 87)

◆ QRコンテンツ

紙面のQRコードからアクセス可能なQRコンテンツが合計163点

QRコンテンツの場所には Linkアイコンを配置

紙面右下のQRコードからタブレットやスマートフォンで手軽にアクセス!

→コンテンツの内容など詳しくは、本冊子 112~113

◆ 教科書の解説動画

- 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。

各単元の解説動画 77本
例題の解説動画 59本

教科書の解説動画のイメージ画面

剛体にはたらく力の合力と重心

剛体の転倒

重力と垂直抗力の作用線が一致するところを境界として、重力の作用線が垂直抗力の作用線をこえない場合は回転してもとに戻るが、重力の作用線が垂直抗線をこえると剛体は転倒する

目次

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 90
- 演習問題 103

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 106
2. 気体分子の運動 114
3. 気体の状態変化 120
- 演習問題 137

第3編 波

第1章 波の伝わり方

1. 波と媒質の運動 140
2. 正弦波の式 144
3. 波の伝わり方 149
- 演習問題 159

第2章 音の伝わり方

1. 音の伝わり方 160
2. 音のドップラー効果 165
- 演習問題 173

第3章 光

1. 光の性質 174
2. レンズと鏡 186
3. 光の干渉と回折 200
- 演習問題 212

第4編 電気と磁気

第1章 電場

1. 静電気力 216
2. 電場 222
3. 電位 227
4. 物質と電場 236
5. コンデンサー 239
- 演習問題 254

第2章 電流

1. オームの法則 256
2. 直流回路 264
3. 半導体 278
- 演習問題 284

第3章 電流と磁場

1. 磁場 286
2. 電流のつくる磁場 290
3. 電流が磁場から受ける力 294
4. ローレンツ力 301
- 演習問題 306

第4章 電磁誘導と電磁波

1. 電磁誘導の法則 308
2. 自己誘導と相互誘導 320
3. 交流の発生 326
4. 交流回路 331
5. 電磁波 348
- 演習問題 353

原子分野の章末で「一問一答」コーナーを扱いました(→86)。

第5編 原子

第1章 電子と光

1. 電子 356
2. 光の粒子性 364
3. X線 370
4. 粒子の波動性 376
- 演習問題 381

第2章 原子と原子核

1. 原子の構造とエネルギー準位 382
2. 原子核 391
3. 放射線とその性質 395
4. 核反応と核エネルギー 403
5. 素粒子 411
- 演習問題 411

△実験

72

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 52
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 83
12. ばね振り子の周期の測定 85
13. 単振り子 87
14. 単振り子の周期の測定 89
15. ケプラーの第二法則 92
16. 万有引力の法則(実習) 94
17. ボイルの法則 108
18. 断熱変化 126
19. スターリングエンジンの製作 134
20. 水面波の干渉 153
21. 水面波の反射と回折 155
22. 水面波の回折 158
23. 音の干渉 163
24. ドップラー効果 166

- 物理学が築く未来 418 ⁸⁸
- 宇宙に開かれた2つの窓 424
- ニュートンで結ぶ学問の世界 426 ⁹⁰

物理のための数学

1. 微分・積分とその活用 **発展** 428
2. ベクトル 431
3. その他の数学の知識 432

本文資料

1. 表 436
2. 量の表し方 439
- 略解 440

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。

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)。

※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。

最先端の物理学を写真とともに掲載。研究者のインタビュー記事もあわせて紹介しています(→89)。

「Zoom」…つまづきやすい内容を丁寧に解説しています(→79, 82)。
「ドリル」…反復演習で基本を定着させることができます(→74, 80, 84)。



79	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	117
	か- ν 図の見方	123
	いろいろな場合のドップラー効果	170
82	光の干渉の考え方	210
	電場と電位に関する公式のまとめ	235
	コンデンサーのまとめ	253
	交流回路のインピーダンス	341

コラム

打ち上げ花火と放物運動	21
猿はみかんをキャッチできる?	23
トンボとやじるべ	40
キャベンディッシュによる万有引力の測定	94
静止衛星	96
無重量状態の体験	99
スイングバイ	101
ガリレイによる光の速さの測定	176
赤方偏移	176
気流(しんきう)	179
光ファイバー	181
虹のできるしくみ	183
人間の目	187
CDやDVDの色	204
アースはなぜ必要?	238
コンデンサーの利用	245
ICとLSI	283

参考

内分・外分	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	65
単振動のエネルギー	88
だ円	91
対数目盛りの読み方	94
万有引力による位置エネルギーの計算	98
実在気体	113
気体分子の速さの分布	119
「熱力学第一法則」の別の表現	122
二原子分子理想気体の内部エネルギーとモル比熱	132
ホイヘンスの原理による反射の法則・屈折の法則の説明	156
顕微鏡と望遠鏡	194

発展

並列回路のインピーダンス	342
--------------	-----

思考学習

76	糸巻き車の転がり方	39
	人工衛星の公転周期と地上からの高さ	102
	夜空に浮かぶランタン	110
	簡易スピード測定	169



74	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 ν - ν 図	128
80	ドップラー効果	169
84	レンズと鏡	199
	キルヒホッフの法則	270
	電磁誘導	315

地球の磁場(地磁気)	289
実験科学者ファラデー	312
電磁調理器	319
高温の物体からの放射	351
蛍光灯のしくみ	358
X線による物質の構造解析	373
朝永振一郎「光子の裁判」	379
固有X線と元素分析	390
二ホニウム(113番元素)の発見	394
炭素の放射性同位体による年代測定	399
放射線の人体への影響の考え方	401
食品からの被曝の影響の考え方	402
宇宙線で火山を透視する技術	
ミュオグラフィ	412
CP対称性の破れ	413
ヒッグス粒子	415
ニュートリノ振動	415

球面鏡の焦点距離	198
平行板コンデンサーの電場の考え方	241
電池がする仕事	251
太陽電池と発光ダイオード	281
直流モーターのしくみ	295
コイルとコンデンサーのリアクタンス	336
電場中の電子の運動	360
電子顕微鏡	378
プランク・ヘルツの実験	389
固有X線の発生原理	390
同位体の発見	393
いろいろな原子核と核図表	394
半減期と常用対数	400
中性子の発見	404
原子力発電の種類	409
反粒子	411

微分・積分とその活用	428
------------	-----

主虹と副虹	183
クリップモーター	300
スピーカーと交流回路	343

「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(→76)。

編の冒頭では、日常生活や社会に関連したキーワードを設け、それを踏まえた写真で興味づけを行いました。

第1編 力と運動

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

未来を予測する—位置と運動—



ニュートン

夜空に尾を引く彗星

ビリヤード

国際宇宙ステーション

ニュートンの偉大な功績の一つは、「力と運動」の関係を明らかにし、運動の法則としてまとめあげたことである。これにより、身近なものから彗星のような天体に至るまで、位置と運動を予測することが可能となった。現在、この予測技術は、自動車・鉄道・人工衛星などの設計や制御にも生かされており、現代の私たちの暮らしを支えている。

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。「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」(→76)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、どの角度でけ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。

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** 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 m/s^2 である

自由落下の加速度を **重力加速度** 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 $t[\text{s}]$ 後の座標を $y[\text{m}]$ 、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

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

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ることを **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。

自由落下と同じく、鉛直下向きに y 軸をとり、時間 $t[\text{s}]$ 後の座標を $y[\text{m}]$ 、速度を $v[\text{m/s}]$ とすると、次の式が成り立つ。

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

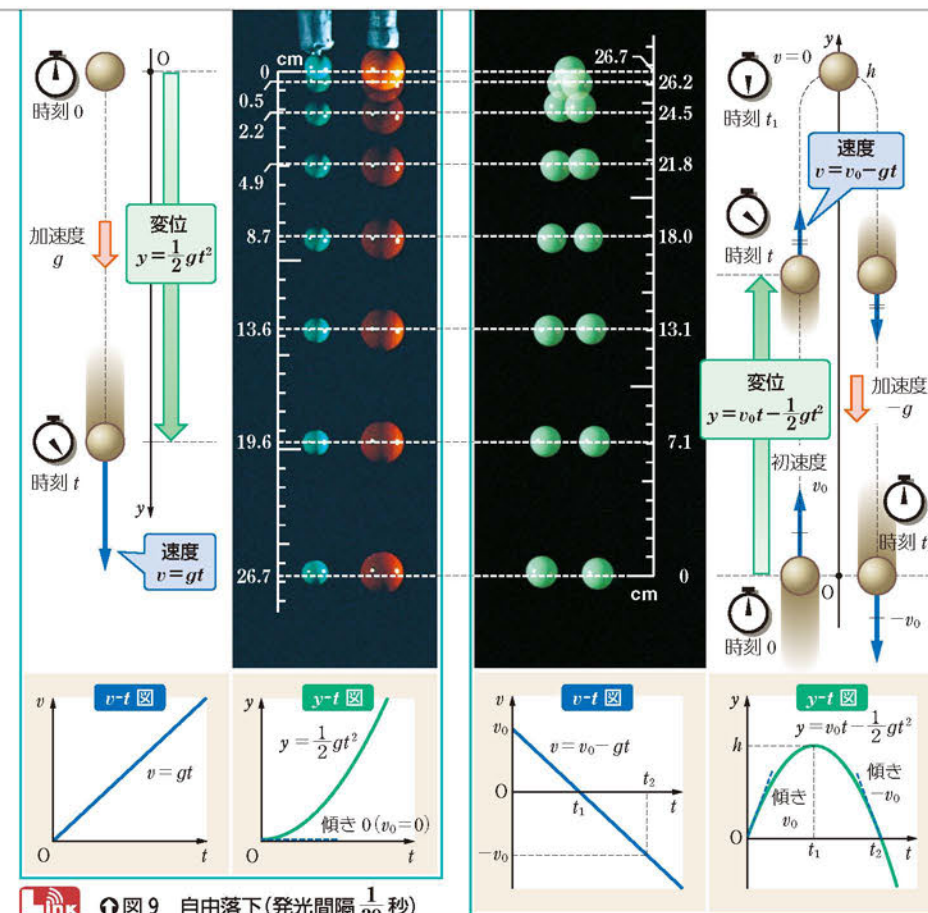


図 9 自由落下(発光間隔 $\frac{1}{30}$ 秒)

(10) 式と (11) 式では、
 y 軸の正の向きが異なることに注意。

図 10 鉛直投げ上げ(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。

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 $t[\text{s}]$ 後の座標を $y[\text{m}]$ 、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。

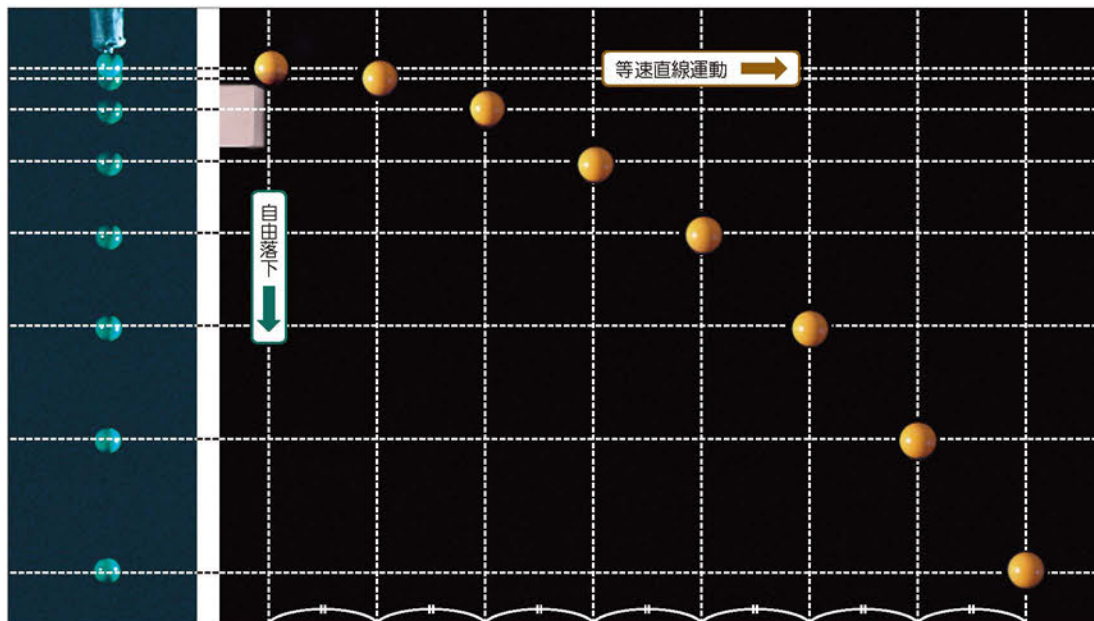
$$v = v_0 - gt, \quad y = v_0t - \frac{1}{2}gt^2, \quad v^2 - v_0^2 = -2gy \quad (11)$$

「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。



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112)
紙面の右下のQRコードから、映像をご覧ください。



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

②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ところがポイント。

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。
→ p.435

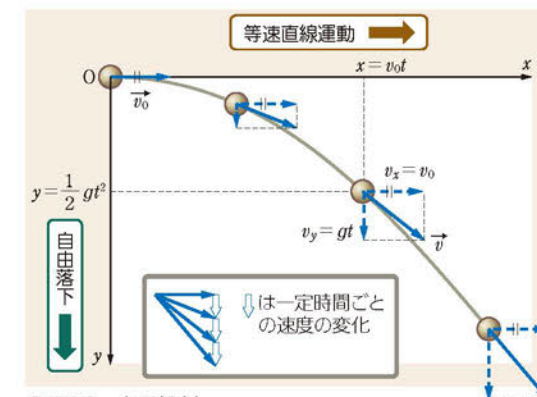


図12 水平投射

p.14 自由落下

$$\begin{aligned} v &= gt \\ y &= \frac{1}{2} gt^2 \end{aligned} \quad (9)$$

(16)式を導く

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

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/s² 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。

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

(2) 鉛直方向は、自由落下と同様の運動を行う。

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

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/s² 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、実験映像をご覧ください。

『物理基礎』(物基/707)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。

ドリル 運動量保存則と反発係数の式

2物体が衝突や合体、分裂をする場合、2物体の運動量の和は保存します。次の運動量保存則の式を用いて、物体の運動について調べてみましょう。

直線上の運動量保存則(→ p.46)

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$



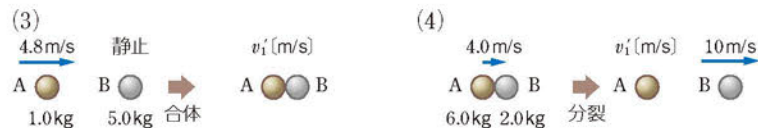
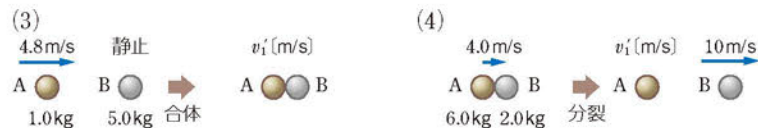
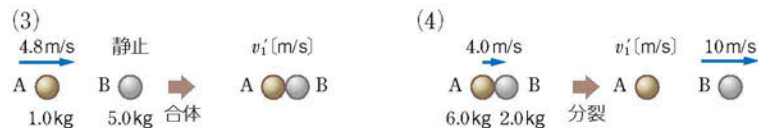
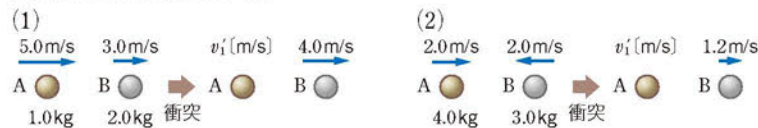
平面上の運動量保存則(→ p.49)

2物体の速度をx成分、y成分に分解して式を立てるとよい。

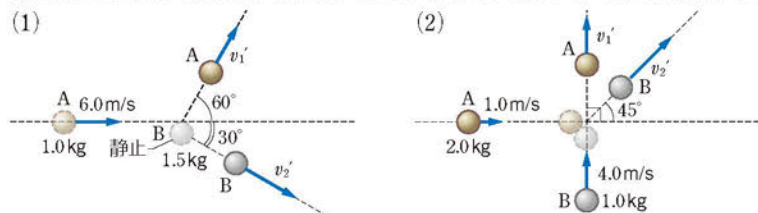
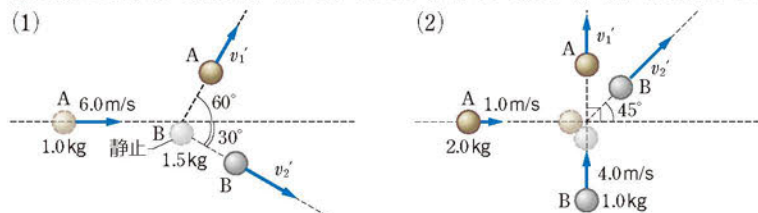
$$x \text{ 成分: } m_1v_{1x} + m_2v_{2x} = m_1v_{1x}' + m_2v_{2x}'$$

$$y \text{ 成分: } m_1v_{1y} + m_2v_{2y} = m_1v_{1y}' + m_2v_{2y}'$$

問 a 一直線上を運動する小球 A, B が衝突、または合体、分裂する。次の各場合について、衝突、合体、分裂後の小球 A の速度 v_1' [m/s] を求めよ。なお、右向きを正の向きとする。



問 b なめらかな水平面上を運動する小球 A, B が衝突する。次の各場合について、衝突後の小球 A の速さ v_1' [m/s]、および小球 B の速さ v_2' [m/s] を求めよ。



2物体の間の反発係数がわかっている場合は、反発係数の式を用いても、物体の運動を調べることができます。

反発係数 e は $0 \leq e \leq 1$ の値をとることに注意しましょう。

反発係数の式(床との衝突)(→ p.53)

$$e = -\frac{v'}{v}$$

反発係数の式(2物体の衝突)(→ p.55)

$$e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2}$$

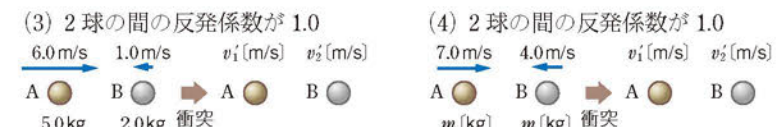
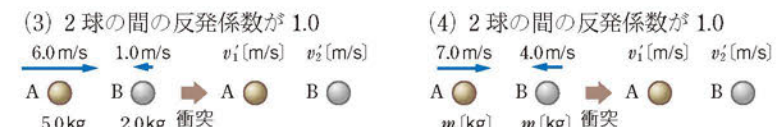
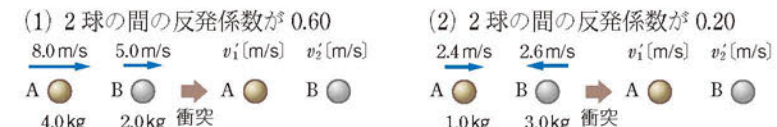
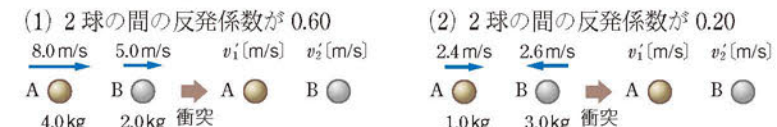


問 c 一直線上を運動する小球 A が小球 B、あるいは床に衝突する。次の各場合について、2物体の間の反発係数を求めよ。



反発係数がわかっている2物体の衝突は、運動量保存則の式と反発係数の式を立て、2式を連立して求めましょう。

問 d 一直線上を運動する小球 A, B が衝突する。次の各場合について、衝突後の小球 A の速度 v_1' [m/s]、および小球 B の速度 v_2' [m/s] を求めよ。なお、右向きを正の向きとする。



運動量保存に関するさまざまなパターンについて、計算演習をすることで学習内容の定着がはかれます。

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 人工衛星の公転周期と地上からの高さ

次の表は、Sさんが地球の周囲を回る人工衛星のデータを調べてまとめたものである。Sさんは、「人工衛星は地球を中心とした等速円運動をしている」と仮定して、人工衛星の運動について考察した。



人工衛星	質量(kg)	地上からの高さ(km)	公転周期(分)
A	1.7×10^3	5.5×10^2	96
B	1.5×10^3	2.0×10^4	720
C	2.4×10^3	3.6×10^4	1440

考察1 地上から見て静止しているように見える人工衛星を静止衛星という。静止衛星はA～Cのうちどれと考えられるか。理由とともに答えよ。

考察2 Sさんは、運動方程式を立てて、人工衛星の運動を考察しようと考えた。人工衛星の運動方程式を書け。ただし、人工衛星の質量を m [kg]、地上からの高さを h [m]、公転周期を T [s] とし、地球の質量を M [kg]、半径を R [m]、また、万有引力定数を G [$\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$]、円周率を π とする。

また、運動方程式を整理すると、次の式が得られる。空欄(ア)～(ウ)を式または数値で埋めよ。

$$\frac{T^2}{(h+R)^3} = \text{ア} \sim \text{ウ}$$

考察3 考察2の運動方程式を整理して得られた式より、Sさんは人工衛星の周期 T について考察した。次のうち、適切な考察を選べ。

(選択肢)

- ①地上からの高さ h だけで決まり、高さ h が大きいほど周期 T は短くなる
- ②地上からの高さ h だけで決まり、高さ h が小さいほど周期 T は短くなる
- ③人工衛星の質量 m と地上からの高さ h によって決まり、質量 m が小さいほど、また、高さ h が小さいほど周期 T は短くなる

考察4 考察3と表より、静止衛星の地上からの高さについてどのようなことがいえるか。理由とともに説明せよ。

学んだことを説明してみよう

4 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) 無限遠を基準点とした、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。

演習問題

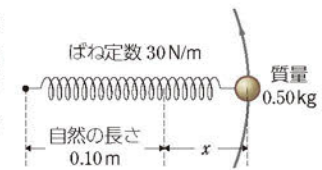


第1編

力と運動

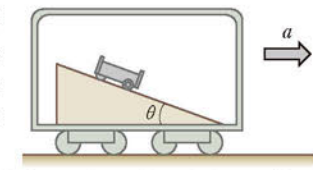
1 等速円運動 (p.64～69)

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)

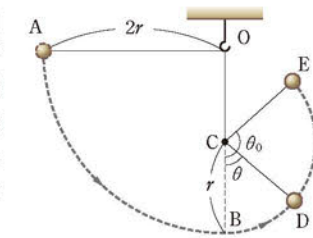
図のように、電車内の水平な床の上に傾きの角 θ のなめらかな斜面を固定して置き、その上に台車をのせる。地面に静止した人から見た電車の加速度を a [m/s^2] (右向きを正とする)、重力加速度の大きさを g [m/s^2] とする。



- (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^2] 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^2] 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^2] とする。



- (1) 小球が点Bを通るときの、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を通るときの、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 θ 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 θ_0 とするとき、 $\cos \theta_0$ を求めよ(分数で答えてよい)。

「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。

復習 B 熱力学第一法則

一般に物体の内部エネルギーが増加するのは、次の2つの場合である。

- ①外部から熱量を受け取る ②外部から仕事をされる

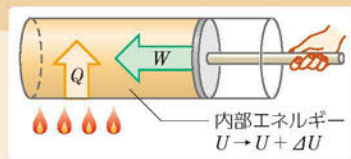
このとき、次の関係が成り立つ。これを **熱力学第一法則** という。

物体の内部エネルギーの変化 ΔU [J] は、物体が受け取った熱量 Q [J] と、物体がされた仕事 W [J] の和に等しい

熱力学第一法則

$$\Delta U = Q + W \quad (25)$$

ΔU [J] 内部エネルギーの変化
 Q [J] 物体が受け取った熱量 (quantity of heat)
 W [J] 物体がされた仕事 (work)



熱量 Q と仕事 W の正負に注意。気体の場合は…

Q { 気体が熱を吸収 (吸熱) $\rightarrow Q > 0$
気体が熱を放出 (放熱) $\rightarrow Q < 0$ } W { 気体が圧縮されて体積が減少 $\rightarrow W > 0$
気体が膨張して体積が増加 $\rightarrow W < 0$ } **注意**

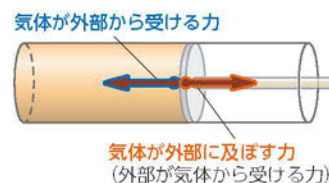
参考 「熱力学第一法則」の別の表現

気体が外部から受ける力と、気体が外部に及ぼす力は、作用・反作用の関係にある。したがって、気体が外部からされた仕事 W と、気体が外部にした仕事 W' は、大きさが同じで符号が異なる。

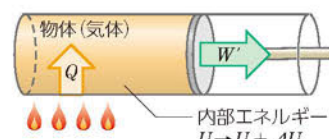
$$W = -W'$$

この関係を用いると、熱力学第一法則 ((25)式) は、気体がした仕事 W' を用いて $\Delta U = Q - W'$ と表される。さらに、気体が受け取った熱量 Q を次のように表現することができる。

$$Q = \Delta U + W'$$



図A 気体が外部から受ける力と気体が外部に及ぼす力



図B 熱力学第一法則の別の表現

- 1 ここでは、物体の力学的エネルギーを変化させるような仕事は除外して考える。
2 p.121 類題2のように、気体が周囲と熱のやりとりをせずに真空中に対して膨張する場合、気体がされた仕事は0となる (断熱自由膨張)。これは、状態変化がきわめて急激に起こる例外的な場合である。断熱自由膨張以外では、熱平衡を保ったまま、気体の状態を十分ゆっくり変化させると考えてよい (準静的過程という)。

復習 3 以降、本書では、気体がされた仕事を W 、気体がした仕事を W' と表記する。

「Zoom」では、つまづきやすい内容を重点的に説明しました (全8か所)。



p - V 図の見方

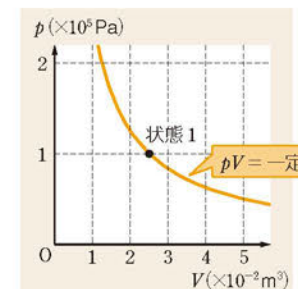
気体の状態変化を考える上で役立つ p - V 図の見方をていねいに解説。

気体の内部エネルギーや、気体がされた仕事を求めるには、圧力 p 、体積 V 、温度 T の3つがどのように変化しているかを把握することが大切である。気体の状態変化を表すためには p - V 図がよく用いられる。ここでは、グラフの見方について学習し、 p 、 V 、 T の変化を正しく読み取れるようになる。

● p - V 図と温度①：等温曲線

温度が一定のとき、一定質量の理想気体の圧力 p と体積 V の間にはボイルの法則 $pV = \text{一定}$ が成り立つ。この関係は、 p - V 図上で図Aのような反比例のグラフとして表される。これを等温曲線という。

図Aの反比例のグラフ上にある点は、すべて状態1と同じ温度になっています。

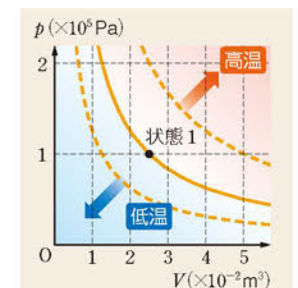


図A p - V 図と等温曲線

● p - V 図と温度②：温度の高低を比べる

ボイル・シャルルの法則より、一定質量の理想気体の圧力 p と体積 V の積 pV は、温度 T に比例する。したがって、等温曲線は、温度が高くなると右上へ、温度が低くなると左下へ移動する。図Bでは、グラフをはさんで右上の点は状態1より高温、左下の点は状態1より低温である。

p - V 図上で2つの状態を見比べることによって、温度の高低の関係を読み取ることができます。



図B p - V 図と温度の高低

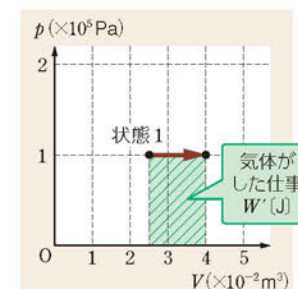
● p - V 図と気体がした仕事

・気体を膨張させる場合

気体がした仕事 W' は、 p - V 図上で気体の状態変化を表すグラフが V 軸との間につくる面積に等しくなる (圧力が一定の状態変化では p.125 (28) 式が成り立つ)。

・気体を圧縮する場合

気体がした仕事 W' は負になる。この場合、グラフが V 軸との間につくる面積に負の符号をつけたものが、気体がした仕事になる。



図C p - V 図と気体がした仕事

ドリル 気体の状態変化と p - V 図

理想気体の状態変化について、 p - V 図との対応を整理しましょう。

Step 1 圧力・体積・温度の変化を把握する (p - V 図に示す)。

… p, V, T はボイル・シャルルの法則や状態方程式で関係している。

Step 2 熱力学第一法則 [$\Delta U = Q + W$] をもとに、それぞれの状態変化において特徴的な量を整理する。

定積変化 → $W = 0$

等温変化 → $\Delta U = 0$

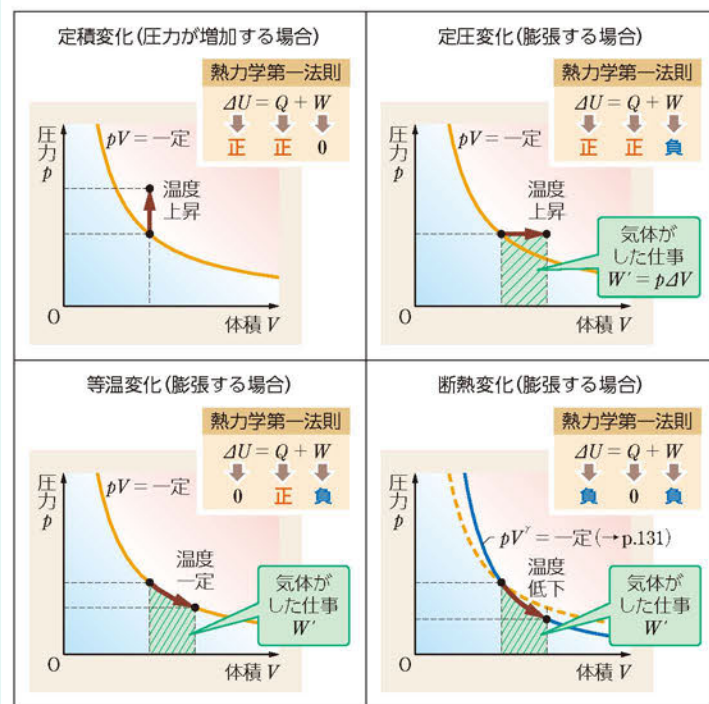
断熱変化 → $Q = 0$

Step 3 気体がされた仕事 W やその正負を p - V 図から読み取る。

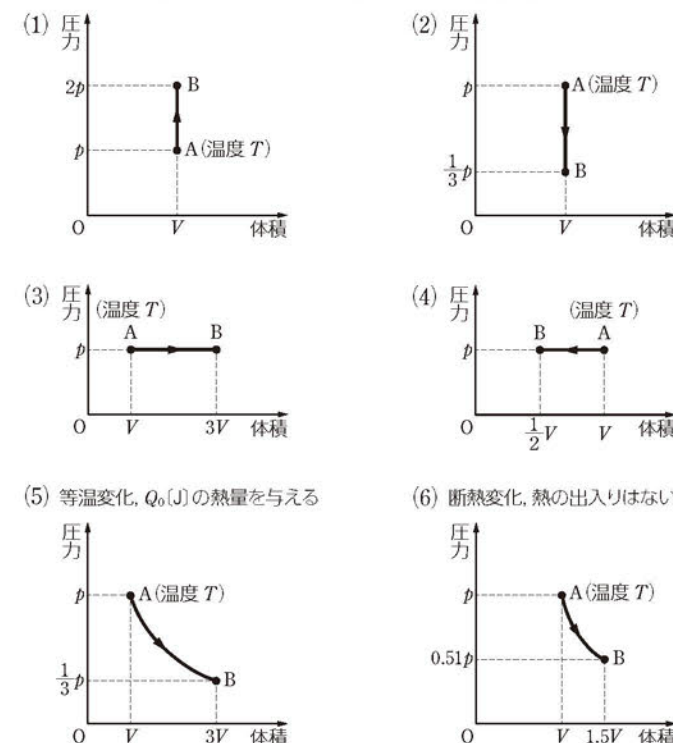
… p - V 図上で、変化の道筋と V 軸で囲まれる面積は、気体がした仕事 W' を表す。気体がされた仕事は $W = -W'$ 。

Step 4 気体の温度変化から、内部エネルギーの変化 ΔU を求める。

Step 5 Step 2 ~ 4 で得られた情報を用いて、気体の状態変化について、熱力学第一法則の式を立てる。



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 ΔU [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。

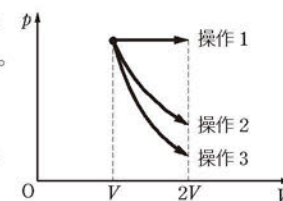


問 b 単原子分子理想気体に対して次のいずれかの操作を十分ゆっくりと行い、体積を 2 倍にしたい。

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



- 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。
- 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。
- 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。

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た。
干渉の条件式はそれぞれで異なるが、式を立てる手順はどれも同じである。
ここでは、光の干渉の考え方について整理しよう。

● 光の干渉の条件式

ヤングの実験、回折格子、薄膜、くさび形空気層、ニュートンリング、それぞれで光の干渉の式が出てきましたね。これらについて整理はできているでしょうか？ それぞれで条件は異なりますが、いずれも、次の3つのステップをふんで考えれば大丈夫です。

■ 光の干渉の考え方

- ① 干渉する2つの光の光路差を求める。
・ 真空中(または空気中)では、光路差 = 経路差
・ 屈折率 n の媒質中では、光路差 = 屈折率 $n \times$ 経路差
- ② 反射による位相の変化をチェックする。
・ 「屈折率大 $\rightarrow$ 小」の反射では、位相は変化しない。
・ 「屈折率小 $\rightarrow$ 大」の反射では、位相が π ずれる。
- ③ 干渉の条件式を立てる。
強めあう：光路差 = $m\lambda$ 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 π のときは、条件式が逆になる。

それでは、これまでに学んできた光の干渉について、3つのステップにそってまとめてみましょう。ただし、これは p.200 ~ 209 で述べられている条件で観察した場合です。観察の条件が異なる場合は干渉の条件も変わってくるので、十分に注意しましょう。

ヤングの実験 (→ p.200)

- ① 光路差 (= 経路差) $\div d \sin \theta \div \frac{d}{l} x$
- ② 位相の変化なし
- ③ 強めあう条件 $\frac{d}{l} x = m\lambda$

回折格子 (→ p.203)

- ① 光路差 (= 経路差) $\div d \sin \theta$
- ② 位相の変化なし
- ③ 強めあう条件 $d \sin \theta = m\lambda$

薄膜 (→ p.206)

- ① 光路差 (= $n \times$ 経路差) $= 2nd \cos r$
- ② 位相が π ずれる
- ③ 強めあう条件 $2nd \cos r = (m + \frac{1}{2})\lambda$

くさび形空気層 (→ p.207)

- ① 光路差 (= 経路差) $= 2d$
- ② 位相が π ずれる
- ③ 強めあう条件 $2d = (m + \frac{1}{2})\lambda$

ニュートンリング (→ p.209)

- ① 光路差 (= 経路差) $= 2d \div \frac{x^2}{R}$
- ② 位相が π ずれる
- ③ 強めあう条件 $\frac{x^2}{R} = (m + \frac{1}{2})\lambda$

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。

- (1) 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
- (2) 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
- (3) 薄膜 (屈折率を 1.3 とし、膜の厚さは①, ②で変わらないとする)
① 空気中に浮いた薄膜を上からながめる
② 屈折率 1.5 のガラスの表面に密着した薄膜を上(空気中)からながめる
- (4) くさび形空気層 (平面ガラスに対して垂直に光を当てる)
① 光源側からながめる ② 光源と反対側からながめる
- (5) ニュートンリング (平凸レンズに対して垂直に光を当てる)
① 光源側からながめる ② 光源と反対側からながめる

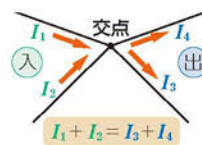
ドリル キルヒホッフの法則

キルヒホッフの法則ⅠとⅡの式の立て方について確認しましょう。

●キルヒホッフの法則Ⅰ

Step 1 回路中の交点に着目する。

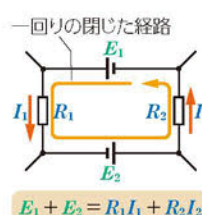
Step 2 電流の流れる向きを仮定する。流れこむ電流の和を左辺、流れ出る電流の和を右辺とした式を立てる。



●キルヒホッフの法則Ⅱ

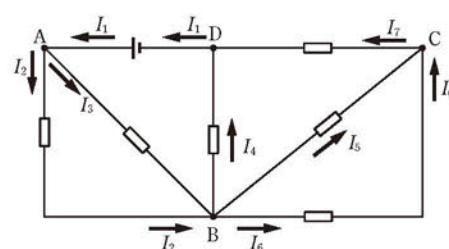
Step 1 回路中の一回りの閉じた経路に着目する。電流の流れる向きは、キルヒホッフの法則Ⅰと同様に仮定する。

Step 2 左辺には電源の起電力の和を、右辺には抵抗の電圧降下の和とした式を立てる。

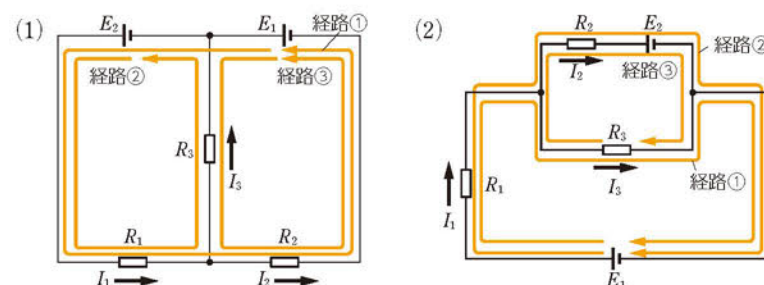


*電圧降下は、抵抗の抵抗値と抵抗に流れる電流値から求める。

問 a 次の回路図の点A～Dに着目して、キルヒホッフの法則Ⅰの式を立てよ。



問 b (1)、(2)のそれぞれの回路図について、閉じた経路①～③に着目して、キルヒホッフの法則Ⅱの式を立てよ。



D 電池の起電力と内部抵抗

①電池の起電力 ポンプが動力を用いて水位の差をつくりだすのと同様に、電池は化学反応により電極間に電位差をつくりだす。電流が流れていない状態での、電池の電極間の電位差を電池の **起電力** という。

electromotive force

②電池の内部抵抗 電池から流れる電流 I と電池の電極間の電圧 (端子電圧) V の間関係をみてみよう。電池を図 59 ①のように接続し、可変抵抗器の抵抗値を変えながら端子電圧 V をはかると、 V は電流 I が増えると小さくなる (同図 ②)。これは、電池が起電力 E をつくりだすとともに、内部に抵抗 (内部抵抗) をもつと考えるとうまく説明することができる。このグラフは、内部抵抗の抵抗値を r とすると、次の式で表される。

$$V = E - rI \quad (49)$$

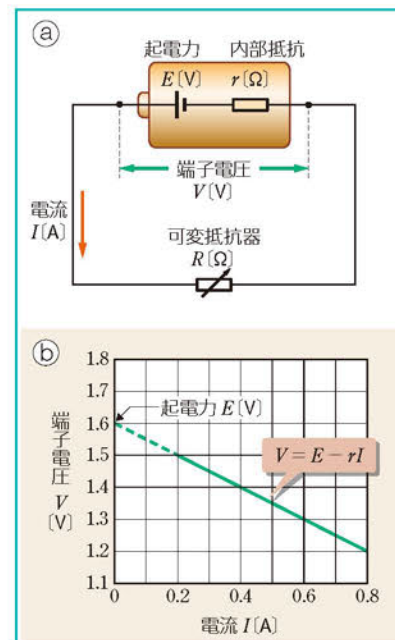
つまり、電池の端子電圧 V は電池の起電力 E から内部抵抗による電圧降下 rI を引いた値になる。また、 $I = 0$ のとき $V = E$ となるので、起電力は電流が流れていないときの端子電圧であることがわかる。

電池の起電力と内部抵抗を実験から求めてみよう。

→次ページ 実験 35

問 32 起電力が 1.5V、内部抵抗が 0.50Ω の電池に可変抵抗器を接続し、抵抗値を調整したところ、電流が 0.60A 流れた。このときの、電池の端子電圧 V [V] と可変抵抗器の抵抗値 R [Ω] を求めよ。

「電池の起電力と内部抵抗」の実験の理解がはかれるような確認問題を扱っています。



①図 59 電池の内部抵抗 直列につながれた R [Ω] の可変抵抗器と r [Ω] の内部抵抗に、 E [V] の電圧が加わるので

$$E = RI + rI$$

RI は電池の端子電圧 V と等しいので

$$E = V + rI$$

よって

$$V = E - rI$$

($V-I$ 図は V 軸での切片 E 、傾き $-r$ のグラフ)

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いうか。
- 振動数が ν 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 λ 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、 ν : 光の振動数) の光を当てるとき、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、小さいか。
- 光電効果の実験で、光電管に当てる光の強さを変えた場合、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 ν 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 λ 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

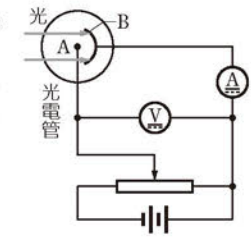
- 電子
- $\frac{e}{m}$
- 電気素量
- $h\nu$
- $\frac{hc}{\lambda}$
- 光の粒子性
- $h\nu - W$
- 大きい
- 変わらない
- $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
- 短くなる
- 変わらない
- X 線の波動性
- X 線の粒子性
- 長い波長の X 線
- $\frac{h\nu}{c}$
- $\frac{h}{\lambda}$
- $\frac{h}{p}$
- 電子の波動性

演習問題



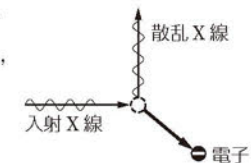
1 光電効果 (p.365 ~ 369)

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 2.8 V 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、 0.6 V のときに電流が 0 になった。プランク定数 $h [\text{J} \cdot \text{s}]$ 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 $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ とする。



2 コンプトン効果 (p.374 ~ 375)

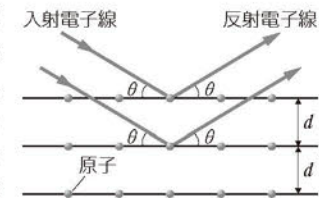
波長 $\lambda [\text{m}]$ の X 線光子が、静止している質量 $m [\text{kg}]$ の電子に衝突して、角 90° の方向に散乱し、波長が $\lambda' [\text{m}]$ となり、電子は速さ $v [\text{m/s}]$ ではね飛ばされた。真空中の光の速さを $c [\text{m/s}]$ 、プランク定数を $h [\text{J} \cdot \text{s}]$ とする。



- 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.377)

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 $d [\text{m}]$ の結晶に、運動エネルギー $E [\text{J}]$ の電子を用いた電子線を原子の配列面と θ の角をなす方向に入射させる。 θ を 0° 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 $d [\text{m}]$ を求めよ。電子の質量を $m [\text{kg}]$ 、プランク定数を $h [\text{J} \cdot \text{s}]$ とする。



考 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。



物理学が築く未来

Universe and Black holes

■ 宇宙とブラックホール

A 相対性理論とブラックホール

星が縮み、その半径が小さくなっていくと、星の質量は不変でも、表面での重力加速度の大きさは 95 ページの (93) 式に従ってどんどん大きくなる。そのようなたいへん強い重力の存在する環境では、運動する物体の速さが光の速さに近づくため、もはやニュートンの運動の法則は正確ではなくなり、アインシュタインが 20 世紀の初めに提唱した一般相対性理論の方程式 (アインシュタイン方程式) を用いる必要がある。この方程式によれば、もし星を極度に押し縮め、その質量に比例したある半径 R_s より小さくすると、物質や光は半径 R_s の球面を横切って外から中へと伝わることはできるが、逆に R_s の内部から外部へは光さえも逃げ出せなくなる。この半径 R_s の球面を事象の地平面とよび、それと内部にある縮んだ星とを合わせた概念が、ブラックホールである。しかし R_s は、太陽では約 3km、地球では約 1cm ときわめて小さい (地球の中心に半径 1cm のブラックホールがあるわけではない)。このため、一般相対性理論が登場した当初は、ブラックホールは空想の産物と考えられていた。

B 空想から実在へ

1930 年代、星が進化すると中心部が高密度になり、最後にブラックホールができる可能性が指摘された。さらに 1962 年にロケットを用い、宇宙からの X 線が初めて検出されると、ブラックホールに隣の星からガスが落ちこむ際、事象の地平面より外側で X 線が放射される可能性が浮上した。小田総らは 1971 年、はくちょう座にある X 線星「はくちょう座 X-1」を科学衛星で観測した結果、この天体はブラックホールであろうと提唱した。その後の研究により、「はくちょう座 X-1」をはじめ、銀河系にある数十個の

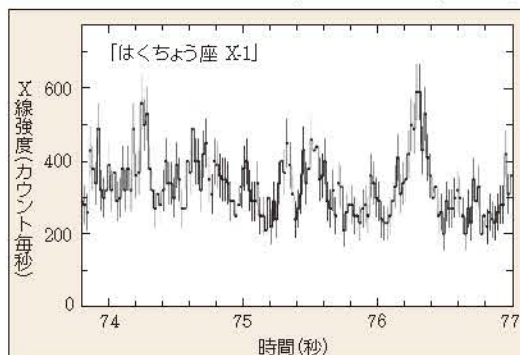


図1 日本の X 線衛星「すざく」で観測された、「はくちょう座 X-1」からの X 線強度の時間変化。ブラックホールに落ちこむガスの流量がゆらぐため、1 秒より短い時間で X 線が激しく変動する。

X 線星が、太陽の 10 倍程度の質量のブラックホールであることが明らかになった。図 1 は、「はくちょう座 X-1」の最近の観測結果である。さらに宇宙に無数に存在する銀河の中心には、太陽の数百万倍から数十億倍の質量をもつ巨大ブラックホールが存在することが多く、それらが X 線、可視光線、電波などの電磁波を出すこともわかってきた。

C ブラックホールの新しい観測：重力波望遠鏡

一般相対性理論では、質量が大きな物体が速く運動すると、時間・空間のゆがみが波動として光の速さで伝わることを予言されていた。これを重力波という。2015 年 9 月、アメリカの重力波望遠鏡 LIGO などが、世界で初めて重力波の検出に成功した。この重力波は、遠方の銀河で太陽の 30 倍程度の質量をもつ 2 つのブラックホールが合体した際に放出されたものと判明した。その後、2019 年末までに、10 例に近い同様な事象が報告されており、日本の重力波望遠鏡 KAGRA (図 2) でも重力波検出を目指している。合体の際、ブラックホールの質量の一部が重力波のエネルギーに変わるため、生じるブラックホールの質量は、もとの 2 つの質量の和より少し小さくなる。



図2 重力波望遠鏡 KAGRA のイメージ図。岐阜県と富山県の県境の地下にある。L 字型に伸びる腕は長さそれぞれ 3km で、ここを通るレーザー光線どうしが干渉縞をつくり、重力波が到来すると、そのようすがわずかに変化する。

D ブラックホールを撮像する

世界中にある複数の電波望遠鏡を組み合わせて宇宙の電波源を観測すると、光の干渉の原理を利用することで、地球規模の大きさをもつ仮想的な 1 台の望遠鏡と同等な性能が実現され、非常に高解像度の撮影をすることができる。日本を含む世界の天文学者たちは、2019 年、世界各地の 8 台の電波望遠鏡を組み合わせ、「おとめ」座の M87 銀河の中心にある巨大ブラックホールを撮影した結果を公表した。図 3 のように、ブラックホールの周辺は落下するガスで明るく輝くが、中心部は暗い穴になっていることが、世界で初めて検証された。このように物理学に基づく最先端の技術を用いることで、ブラックホールの姿が次々に明らかになりつつある。



図3 M87 銀河の中心にある、太陽の 65 億倍の質量をもつ巨大ブラックホールを、電波干渉計で撮像した結果。電波干渉計は、異なる電波望遠鏡で受けた電波どうしを重ね合わせ、波の干渉の原理を用い、高い解像度を実現するしくみである。
※この結果が確かであることを検証するために、各国の研究者たちが別々にデータを解析し、この最先端の研究課題に取り組んでいる。

Career Column

ブラックホールの宇宙における役割を探っています。また、世界的なブラックホールの撮像プロジェクトにも関わっています。ブラックホールが銀河にもたらすエネルギーの量をエネルギー保存則から考えたり、吸いこまれようとしているガスの速度を万有引力の法則から求めたり、高校物理の知識を今も使っています。



国立天文台 特別客員研究員
山崎 文恵 さん

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、十六武蔵ぐらゐ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かった。

「だって、光線の圧力を試験するために、眼だけあけて、自然を観察してはたって、駄目だからさ。自然の献立のうちに、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」

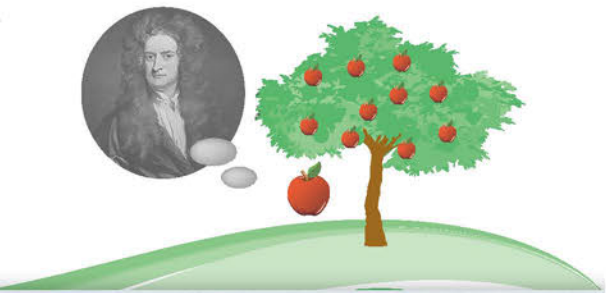
(中略)

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A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B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、故郷の村ウールス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Aabce(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Aabceが相互に対してとるべき究極の比は等しくなる。

【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。)

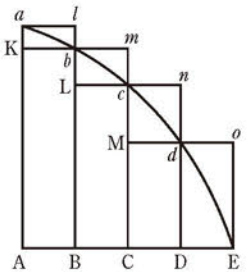


図1

- 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。

「総合物理」は、こんな教科書です！

※1～4は、「物理」，「総合物理」共通，5は「総合物理」独自の特長です。

特長 1

「主体的・対話的で深い学び」を実現

(本冊子 70, 76)

特長 2

つまづき解消のための工夫が充実

(本冊子 74, 86)

特長 3

実験を通じて学びを深めます

(本冊子 72)

特長 4

知識を活用する「力」を養います

(本冊子 76, 87)

特長 5

「物理基礎」と「物理」の内容を網羅

(本冊子 98 ~ 99)

POINT!

「復習」マークで「物理基礎」範囲の判別が簡単！

「復習」マークの詳しい説明は 96 をご覧ください。

学びやすいスムーズな配列！ (右ページ参照)

第1巻…力学・熱分野（「力学」を軸にした構成）→ 94

第2巻…波・電磁気・原子分野（「光」について学びやすい構成）→ 104

◆QRコンテンツ

紙面のQRコードからアクセス可能な

QRコンテンツが合計**237**点

→教科書「物理基礎」「物理」のQRコンテンツ収録の映像、アニメーションなどが使用可能。詳しくは、本冊子 112 ~ 113

◆教科書の解説動画

- 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。

→各単元の解説動画 100 本
例題の解説動画 83 本



サンプルはこちら！▲



サンプルはこちら！▲

第1巻

一力と運動・熱一

物理量の扱い方	■
第1編 力と運動	
第1章 運動の表し方	
1 速度	■
2 加速度	■
3 落体の運動	■
第2章 運動の法則	
1 力とそのはたらき	■
2 力のつりあい	■
3 運動の法則	■
4 摩擦を受ける運動	■
5 液体や気体から受ける力	■
6 剛体にはたらく力のつりあい	■
第3章 仕事と力学的エネルギー	
1 仕事	■
2 運動エネルギー	■
3 位置エネルギー	■
4 力学的エネルギーの保存	■
第4章 運動量の保存	
1 運動量と力積	■
2 運動量保存則	■
3 反発係数	■
第5章 円運動と万有引力	
1 等速円運動	■
2 慣性力	■
3 単振動	■
4 万有引力	■
第2編 熱と気体	
第1章 熱と物質	
1 熱と物質の状態	■
2 熱と仕事	■
第2章 気体のエネルギーと状態変化	
1 気体の法則	■
2 気体分子の運動	■
3 気体の状態変化	■
4 エネルギーの移り変わり	■

■ …『物理基礎』の内容より構成
■ …『物理』の内容より構成
■ …『物理基礎』『物理』の内容より構成

第2巻

一波・電気と磁気・原子一

第3編 波	
第1章 波の性質	
1 波と媒質の運動	■
2 正弦波の式	■
3 波の伝わり方	■
第2章 音	
1 音の伝わり方	■
2 発音体の振動と共振・共鳴	■
3 音のドップラー効果	■
第3章 光	
1 光の性質	■
2 レンズと鏡	■
3 光の干渉と回折	■
第4編 電気と磁気	
第1章 電場	
1 静電気力	■
2 電場	■
3 電位	■
4 物質と電場	■
5 コンデンサー	■
第2章 電流	
1 オームの法則	■
2 直流回路	■
3 半導体	■
第3章 電流と磁場	
1 磁場	■
2 電流のつくる磁場	■
3 電流が磁場から受ける力	■
4 ローレンツ力	■
第4章 電磁誘導と電磁波	
1 電磁誘導の法則	■
2 自己誘導と相互誘導	■
3 交流の発生	■
4 交流回路	■
5 電磁波	■
第5編 原子	
第1章 電子と光	
1 電子	■
2 光の粒子性	■
3 X線	■
4 粒子の波動性	■
第2章 原子と原子核	
1 原子の構造とエネルギー準位	■
2 原子核	■
3 放射線とその性質	■
4 核反応と核エネルギー	■
5 素粒子	■
物理学が築く未来	■

目次

物理量の扱い方 6

第1編 力と運動

第1章 運動の表し方

1. 速度	12
2. 加速度	27
3. 落体の運動	40
演習問題	55

第2章 運動の法則

1. 力とのはたらき	58
2. 力のつりあい	62
3. 運動の法則	74
4. 摩擦を受ける運動	86
5. 液体や気体から受ける力	91
6. 剛体にはたらく力のつりあい	98
演習問題	113

第3章 仕事と力学的エネルギー

1. 仕事	116
2. 運動エネルギー	122
3. 位置エネルギー	125
4. 力学的エネルギーの保存	129
演習問題	139

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)。

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。

『物理基礎(物基/707)』と『物理(物理/706)』を融合し、系統的に配列。
物理基礎の内容を「復習」(→96)としてほぼすべて収録していますので、
第2巻(→104)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	204
2. 熱と仕事	214
演習問題	215

第2章 気体のエネルギーと状態変化

1. 気体の法則	216
2. 気体分子の運動	224
3. 気体の状態変化	230
4. エネルギーの移り変わり	248
演習問題	250

物理のための数学

1. 三角比と三角関数	252
2. ベクトル	256
3. その他の数学の知識	258

本文資料

1. 量の表し方	263
2. 表	265

略解	268
索引	277

※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。

実験

1. 斜面を降下する台車の運動	30	17. 2物体の衝突	148
2. 重力加速度の大きさ g の測定	42	18. 運動量保存則	150
3. 水平投射	48	19. 反発係数の測定	152
4. 動く発射台からの投射	54	20. 等速円運動の向心力	169
5. 力のつりあい	67	21. 慣性力	171
6. 作用反作用の法則	69	22. 単振動の周期	181
7. 台車に力を加えるときの運動	75	23. ばね振り子の周期の測定	183
8. 静止摩擦力	88	24. 単振り子	185
9. 浮力の測定	95	25. 単振り子の周期の測定	187
10. 棒のつりあい	101	26. ケプラーの第二法則	190
11. 重心の求め方	109	27. 万有引力の法則(実習)	192
12. 斜面上の直方体	112	28. ブラウン運動	204
13. 重力による位置エネルギー	126	29. 比熱の測定	210
14. 力学的エネルギー保存則	131	30. ボイルの法則	218
15. 力学的エネルギー保存則の検証	135	31. 断熱変化	236
16. 運動量と力積	142	32. スターリングエンジンの製作	246
		33. 手回し発電機	248

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、既習事項が確認しやすくなっています。この見開きは『物理基礎(物基/707)』と同じ紙面構成にしています。

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

第1章

運動の表し方

Expression of motion



東北新幹線

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

復習

1 速度

普段のペースで1分間歩くとき、あなたは何m進むだろうか。
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)

Point

参考 速さの単位の換算

● km/h → m/s の換算例

「ピッチャーの球速 150 km/h」
(1時間に150km進む速さ)

$$\text{速さ} = \frac{150 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{150000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \div 42 \text{ m/s}$$

1秒間に
約42m進む速さ!



● m/s → km/h の換算例

「台風の中心付近の風速 30 m/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 108 km/h

単位間の関係を用いる。
1km=1000m
1h=60×60s=3600s

Point

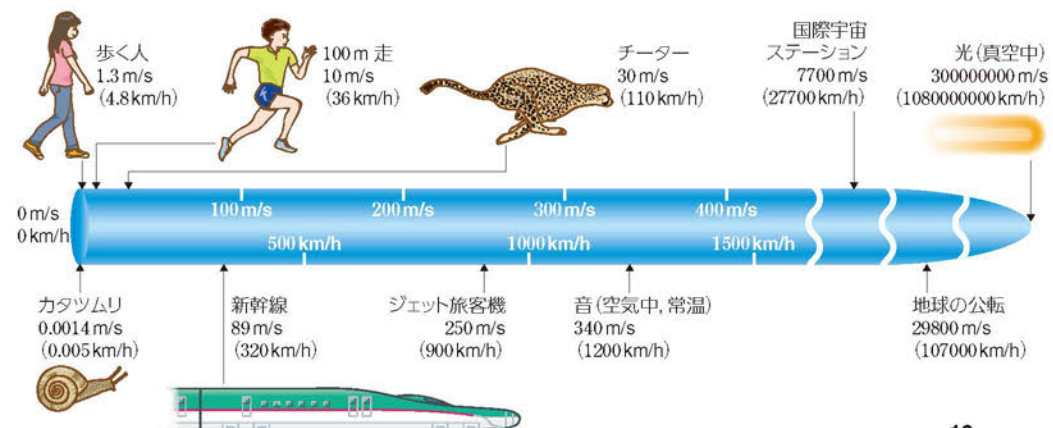
②瞬間の速さと平均の速さ 東北新幹線の速さは最高320km/hに達する。しかし、新幹線は常にこの速さで走行しているわけではなく、速さは時間とともに変化している。そこで、ある時刻における速さのことを、瞬間の速さという。ふつう、速さというときは、瞬間の速さをさすことが多い。自動車のスピードメーターは、瞬間の速さを表示している。

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。

図2 いろいろな速さの例(おおよその値)



復習

【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 Δx ($\Rightarrow$)は位置の変化であるから $x_2 - x_1$ となり、経過時間 Δt ($\Rightarrow$)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。

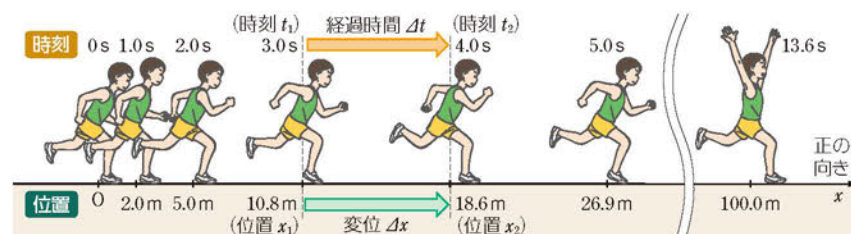


図9 100m走のようす

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 Δt 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、横軸に時間 t 、縦軸に位置 x をとった $x-t$ 図を考える。

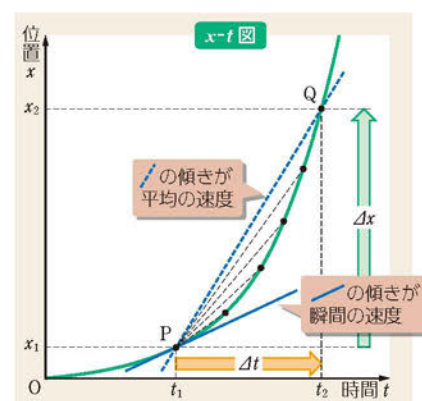
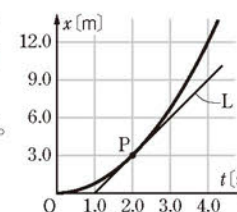


図10 $x-t$ 図と平均の速度・瞬間の速度

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 と経過時間 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 Δt [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 $\vec{v}$ [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。

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

この式で Δt を限りなく短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。

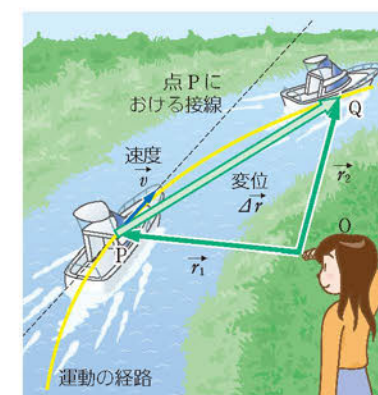


図11 曲線運動をする物体の速度

【復習】

【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。

復習 B 熱力学第一法則

一般に物体の内部エネルギーが増加するのは、次の2つの場合である。

- ①外部から熱量を受け取る ②外部から仕事をされる

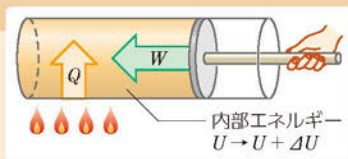
このとき、次の関係が成り立つ。これを **熱力学第一法則** という。

物体の内部エネルギーの変化 ΔU [J] は、物体が受け取った熱量 Q [J] と、物体がされた仕事 W [J] の和に等しい

熱力学第一法則

$$\Delta U = Q + W \quad (30)$$

ΔU [J] 内部エネルギーの変化
 Q [J] 物体が受け取った熱量 (quantity of heat)
 W [J] 物体がされた仕事 (work)



熱量 Q と仕事 W の正負に注意。気体の場合は…

Q { 気体が熱を吸収 (吸熱) $\rightarrow Q > 0$
気体が熱を放出 (放熱) $\rightarrow Q < 0$ } W { 気体が圧縮されて体積が減少 $\rightarrow W > 0$
気体が膨張して体積が増加 $\rightarrow W < 0$ } 【注意】

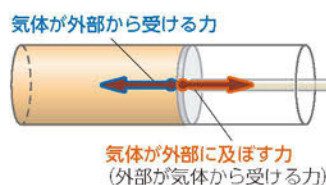
参考 「熱力学第一法則」の別の表現

気体が外部から受ける力と、気体が外部に及ぼす力は、作用・反作用の関係にある。したがって、気体が外部からされた仕事 W と、気体が外部にした仕事 W' は、大きさが同じで符号が異なる。

$$W = -W'$$

この関係を用いると、熱力学第一法則 ((30)式) は、気体がした仕事 W' を用いて $\Delta U = Q - W'$ と表される。さらに、気体が受け取った熱量 Q を次のように表現することができる。

$$Q = \Delta U + W'$$



図A 気体が外部から受ける力と気体が外部に及ぼす力



図B 熱力学第一法則の別の表現

- 1 ここでは、物体の力学的エネルギーを変化させるような仕事は除外して考える。
2 p.231 類題3のように、気体が周囲と熱のやりとりをせずに真空中に対して膨張する場合、気体がされた仕事は0となる(断熱自由膨張)。これは、状態変化がきわめて急激に起こる例外的な場合である。断熱自由膨張以外では、熱平衡を保ったまま、気体の状態を十分ゆっくり変化させると考えてよい(準静的過程という)。

復習 3 以降、本書では、気体がされた仕事を W 、気体がした仕事を W' と表記する。

【Zoom】では、つまづきやすい内容を重点的に説明しました
(1巻…6か所、2巻…6か所)。



p - V 図の見方

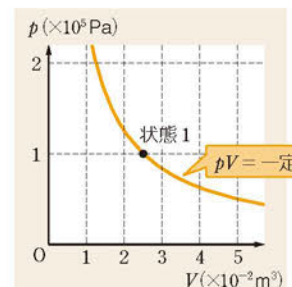
気体の状態変化を考えるうえで役立つ
 p - V 図の見方をていねいに解説。

気体の内部エネルギーや、気体がされた仕事を求めるには、圧力 p 、体積 V 、温度 T の3つがどのように変化しているかを把握することが大切である。気体の状態変化を表すためには p - V 図がよく用いられる。ここでは、グラフの見方について学習し、 p 、 V 、 T の変化を正しく読み取れるようになる。

● p - V 図と温度①：等温曲線

温度が一定のとき、一定質量の理想気体の圧力 p と体積 V の間にはボイルの法則 $pV = \text{一定}$ が成り立つ。この関係は、 p - V 図上で図Aのような反比例のグラフとして表される。これを等温曲線という。

図Aの反比例のグラフ上にある点は、すべて状態1と同じ温度になっています。

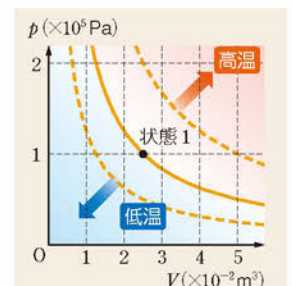


図A p - V 図と等温曲線

● p - V 図と温度②：温度の高低を比べる

ボイル・シャルルの法則より、一定質量の理想気体の圧力 p と体積 V の積 pV は、温度 T に比例する。したがって、等温曲線は、温度が高くなると右上へ、温度が低くなると左下へ移動する。図Bでは、グラフをはさんで右上の点は状態1より高温、左下の点は状態1より低温である。

p - V 図上で2つの状態を見比べることによって、温度の高低の関係を読み取ることができます。



図B p - V 図と温度の高低

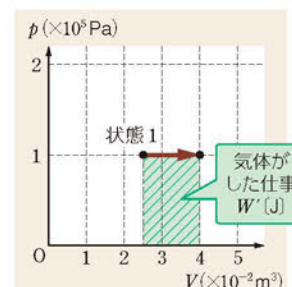
● p - V 図と気体がした仕事

・気体を膨張させる場合

気体がした仕事 W' は、 p - V 図上で気体の状態変化を表すグラフが V 軸との間につくる面積に等しくなる(圧力が一定の状態変化では p.235 (33) 式が成り立つ)。

・気体を圧縮する場合

気体がした仕事 W' は負になる。この場合、グラフが V 軸との間につくる面積に負の符号をつけたものが、気体がした仕事になる。



図C p - V 図と気体がした仕事

●関連 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 21 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

$$W = 0 \quad (31)$$

$$\Delta U = Q \quad (32)$$

この結果、気体の温度は上昇し、圧力も大きくなる。

問 14 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 ΔU [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 22 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 [m²] 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。ここで、ピストンが Δl [m] 移動し、気体が $\Delta V = S\Delta l$ [m³] 膨張したとすると、気体が外部にした仕事 W' [J] は

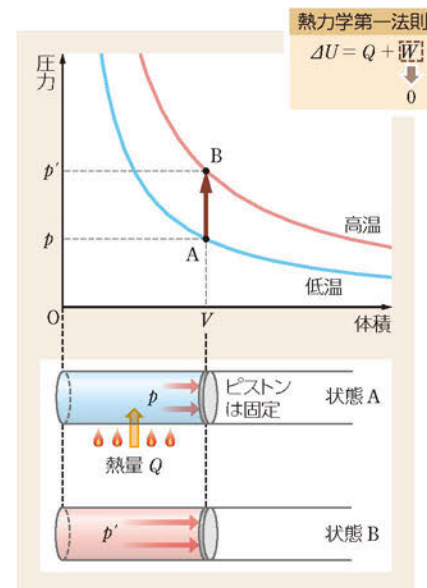


図 21 定積変化

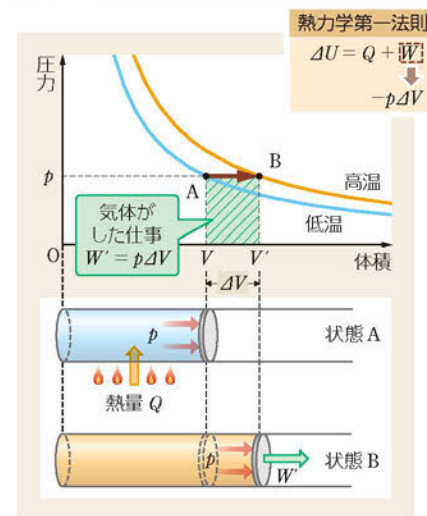


図 22 定圧変化(定圧膨張)

$$W' = pS \cdot \Delta l = p\Delta V \quad (33)$$

であり、これは図の斜線で示した面積()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。

$$W = -p\Delta V \quad (34)$$

$$\Delta U = Q + W = Q - p\Delta V \quad (35)$$

(32), (35) 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 15 気体に対し、一定の圧力 1.0×10^5 Pa のまま、75 J の熱量を与えたところ、気体は 3.0×10^{-4} m³ 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 ΔU [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 23)、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。

$$\Delta U = 0 \quad (36)$$

$$Q = -W (= W') \quad (37)$$

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 16 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 ΔU [J] を求めよ。

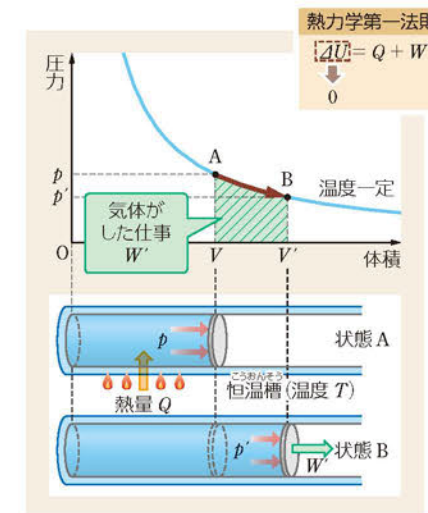


図 23 等温変化(等温膨張)

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 ΔV [m³]、温度変化を ΔT [K] とすると、理想気体の状態方程式 $pV = nRT$ (→ p.222(13) 式) より $p\Delta V = nR\Delta T$ が成り立つ。これを用いると、(33) 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。

目次

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	23
3. 波の伝わり方	30
演習問題	43

第2章 音

1. 音の伝わり方	45
2. 発音体の振動と共振・共鳴	52
3. 音のドップラー効果	64
演習問題	72

第3章 光

1. 光の性質	74
2. レンズと鏡	86
3. 光の干渉と回折	100
演習問題	112

第4編 電気と磁気

第1章 電場

1. 静電気力	116
2. 電場	122
3. 電位	127
4. 物質と電場	136
5. コンデンサー	139
演習問題	154

第2章 電流

1. オームの法則	156
2. 直流回路	166
3. 半導体	182
演習問題	188

第3章 電流と磁場

1. 磁場	190
2. 電流のつくる磁場	194
3. 電流が磁場から受ける力	198
4. ローレンツ力	205
演習問題	210

第4章 電磁誘導と電磁波

1. 電磁誘導の法則	212
2. 自己誘導と相互誘導	224
3. 交流の発生	230
4. 交流回路	235
5. 電磁波	252
演習問題	257

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。

『物理基礎(物基 /707)』と『物理(物理 /706)』を融合し、系統的に配列。
物理基礎の内容を「復習」(→106)としてほぼすべて収録していますので、
第1巻(→94)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5編 原子

第1章 電子と光

1. 電子	260
2. 光の粒子性	268
3. X線	274
4. 粒子の波動性	280
演習問題	285

第2章 原子と原子核

1. 原子の構造とエネルギー準位	286
2. 原子核	295
3. 放射線とその性質	299
4. 核反応と核エネルギー	307
5. 素粒子	315
演習問題	321

物理学が築く未来	322
宇宙に開かれた2つの窓	328
ニュートンで結ぶ学問の世界	330

物理のための数学

1. 三角比と三角関数	332
2. ベクトル	336
3. 微分・積分とその活用 発展	338
4. その他の数学の知識	341

本文資料

1. 量の表し方	346
2. 表	348

略解	351
索引	364

※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。

物理量と単位の表記について

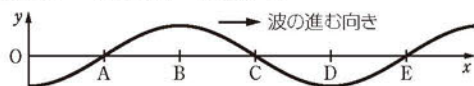
一般に、物理量(物理で扱われる量)は、1.5m、0.80m/sなど、「数値」と「単位」の積で表される。ただし本書では、表記を簡潔にするため、計算の過程などで単位を省略して数値のみで表すことがある。また、物理量を記号(時間 t など)で表す場合は、記号は数値と単位の積を表すとみなせるので、記号の後に単位をつける必要はない。ただし、その物理量をもつ単位を明示したほうがわかりやすい場合、本書では、記号の後に[]で単位を示した(時間 t [s] など)。

「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ました。

例題3 縦波

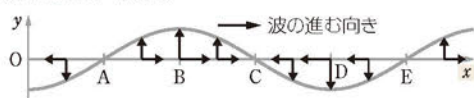
図は、 x 軸上を正の向きに進む縦波の、ある時刻における媒質の変位を横波のように表したものである(x 軸の正の向きの変位を、 y 軸の正の向きに表す)。次の状態の媒質の点を A ~ E からすべて選べ。

- (1) 最も密
- (2) 最も疎
- (3) 媒質の速さが 0
- (4) 媒質の速さが最大
- (5) 媒質の速度が右向きに最大



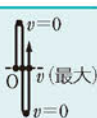
指針 y 軸方向の変位を x 軸方向の変位にもどして考える。

解 まず、 y 軸方向に表された変位を x 軸方向にかき直す。



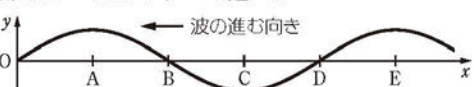
- (1) 最も密な点は媒質が周囲から集まる点である。よって C
- (2) 最も疎な点は媒質が周囲へ遠ざかる点である。よって A, E
- (3) 媒質の速さが 0 の点は媒質の変位の大きさが最大の点であるから、B, D
- (4) 媒質の速さが最大となるのは、媒質が振動の中心を通過するときであるから、A, C, E
- (5) 媒質の速度が右向き
のとき、これを横波表示にすると y 軸の正の向きとなる。(4) で求めた A, C, E のうち、波形を少し進めたとき、媒質が y 軸の正の向きに動いているのは C

媒質は、振動の中心を往復運動する。中心で最も速く、端で 0 となる。



類題3 図は、 x 軸上を負の向きに進む縦波の、ある時刻における媒質の変位を横波のように表したものである(x 軸の正の向きの変位を、 y 軸の正の向きに表す)。次の状態の媒質の点を A ~ E からすべて選べ。

- (1) 最も密
- (2) 最も疎
- (3) 媒質の速さが 0
- (4) 媒質の速さが最大
- (5) 媒質の速度が右向きに最大



ヒント y 軸の正の向きの変位は、 x 軸の正の向きの変位を表す。

E 波のエネルギー

波が進むとき、波はエネルギーを運ぶ。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。

学んだことを説明してみよう

- (1) 水面を伝わる波はどのようにすると発生させることができるか。
- (2) 横波と縦波は、それぞれどのような波のことか。

1 波と媒質の運動

復習

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。「物理基礎」の教科書並みにていねいに扱っています。

『物理基礎』(物基 /707) 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。

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 λ [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.27 単振動の式

$$y = A \sin \omega t \quad (D)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (F)$$

- 2 で表されるとする(図12③)。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⑥の実線() のようになる。

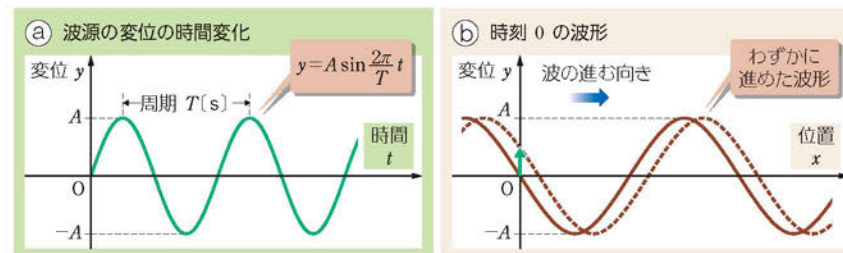


図12 媒質が振動するようす

- 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13)。よって、(4) 式の t を、 $t - t_0$ で置きかえて

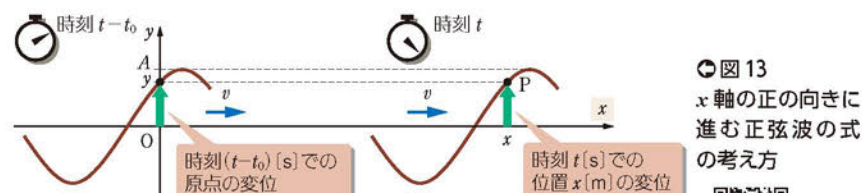


図13 x 軸の正の向きに進む正弦波の式の考え方



$$y = A \sin \frac{2\pi}{T}(t - t_0) = A \sin \frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right) \quad (5)$$

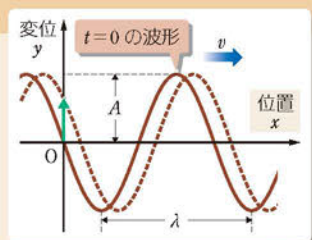
ここで、 $v = \frac{\lambda}{T}$ であるから、次のような **正弦波の式** が得られる。

正弦波の式

$$y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad (6)$$

y [m]	媒質の変位	T [s]	周期
A [m]	振幅 (amplitude)	x [m]	媒質の位置
t [s]	時間 (time)	λ [m]	波長

条件 ① 波が x 軸の正の向きに進むとき
② 原点 ($x = 0$) での媒質が、時刻 0 に $y = 0$ の位置を y 軸の正の向きに通過するとき



② 負の向きに進む正弦波 x 軸の負の向きに進む正弦波の式を考えよう。

①の場合と同様に、正弦波の速さを v [m/s]、波長を λ [m] とし、原点の単振動は(4)式で表されるとする。このとき、位置 x [m] にある媒質の点 P の変位 y [m] は、 $t_0 = \frac{x}{v}$ [s] 後の原点の変位と同じである(図14)。したがって、(4)式の t を、 $t + t_0$ で置きかえて

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T}(t + t_0) \quad (7)$$

$t_0 = \frac{x}{v}$, $v = \frac{\lambda}{T}$ であるから

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T}\left(t + \frac{x}{v}\right) = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) \quad (8)$$

これは、(6)式の-(マイナス)を+(プラス)で置きかえた式である。

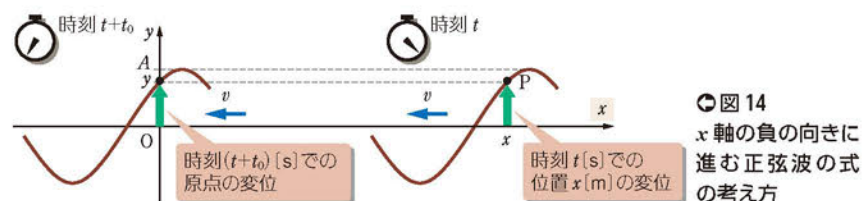


図14 x 軸の負の向きに進む正弦波の式の考え方

- ① 波は1周期 T [s] の間に1波長 λ [m] 進むので、波の速さ v [m/s] は $v = \frac{\lambda}{T}$ となる。
- ② 条件②を満たさないときは、初期位相(→ p.28)を考える必要がある。

[Point] 囲みで、 x , y , t の式の導出のポイントを補足しました。

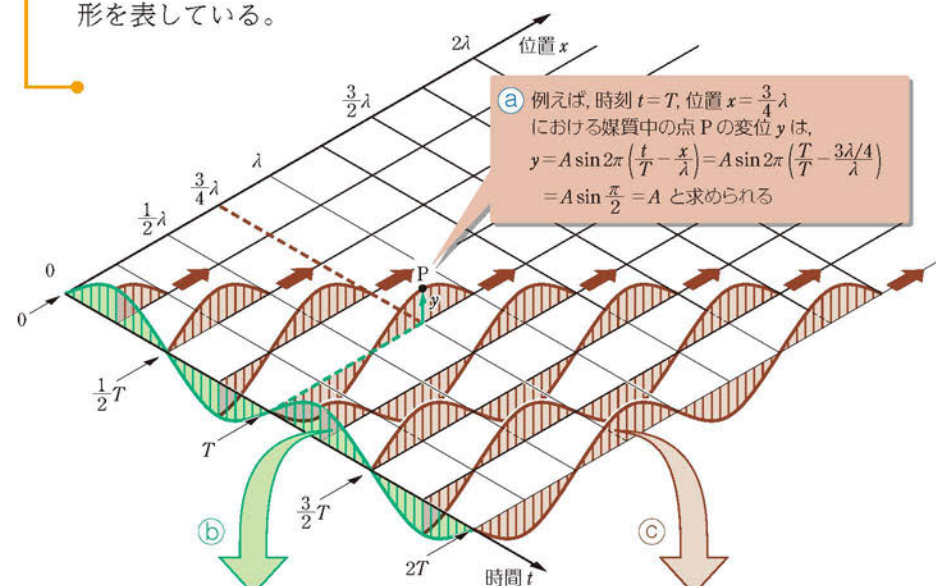
図を用いて関係式とグラフの関係をわかりやすく説明しました。

③ 正弦波が伝わるようす (6)式で表される x 軸の正の向きに進む正弦波は、図15のように周囲に伝わっていく。

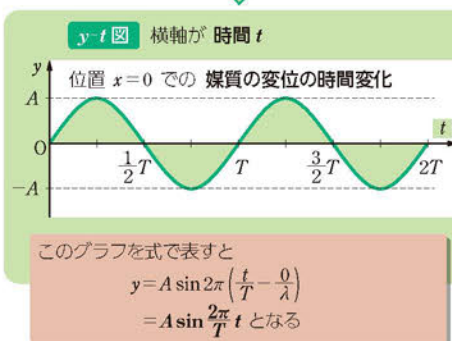
同図③のように、 t , x がともに決まれば、変位 y は一つに定まる。

また、同図③のグラフ ($y-t$ 図) は、決まった位置 ($x = 0$) において、媒質の変位が時間とともにどのように変わるかを表している。

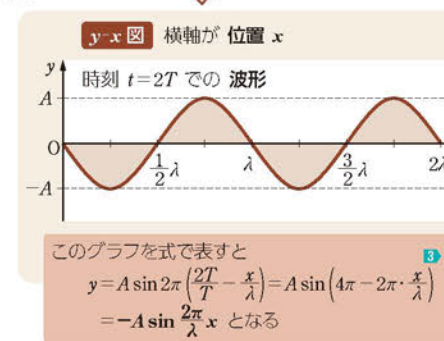
一方、同図③のグラフ ($y-x$ 図) は、決まった時刻 ($t = 2T$) において、媒質の変位が位置によってどのように変わるか、すなわち波形を表している。



例えば、時刻 $t = T$ 、位置 $x = \frac{3}{4}\lambda$ における媒質中の点 P の変位 y は、
 $y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = A \sin 2\pi \left(\frac{T}{T} - \frac{3\lambda/4}{\lambda} \right)$
 $= A \sin \frac{\pi}{2} = A$ と求められる



このグラフを式で表すと
 $y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{0}{\lambda} \right)$
 $= A \sin \frac{2\pi}{T} t$ となる



このグラフを式で表すと
 $y = A \sin 2\pi \left(\frac{2T}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = A \sin (4\pi - 2\pi \cdot \frac{x}{\lambda})$
 $= -A \sin \frac{2\pi}{\lambda} x$ となる

図15 正弦波が伝わるようす ③と④のグラフの形はいずれも正弦曲線となる。

③ 三角関数の公式 ($\sin(\theta + 2n\pi) = \sin \theta$, $\sin(-\theta) = -\sin \theta$) を用いる (→ p.335)。

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 ω [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。

$$T = \frac{2\pi r}{r\omega} = \frac{2\pi}{\omega} \quad (C)$$

弧度法

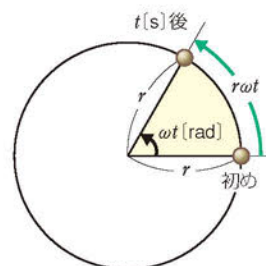
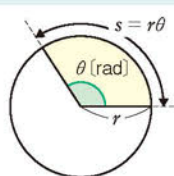
半径 r (m) の円で、円弧の長さ s (m) に対応する角 θ を

$$\theta = \frac{s}{r}$$

と表す方法を **弧度法** といい、単位は **ラジアン**(記号 **rad**) を用いる。

$$360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

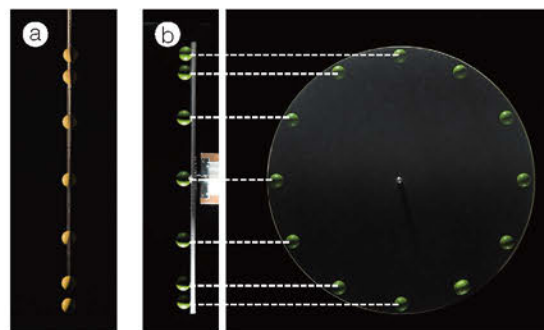
$$1 \text{ rad} = \frac{180^\circ}{\pi} (\div 57.3^\circ) \text{ である。}$$



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 B ③)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 C ③のように、半径 A [m]、角速度 ω [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**、 ω [rad/s] を **角振動数**、角を表す部分 ωt [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 ω と、周期 T および振動数 f の間には次の関係が成り立つ。

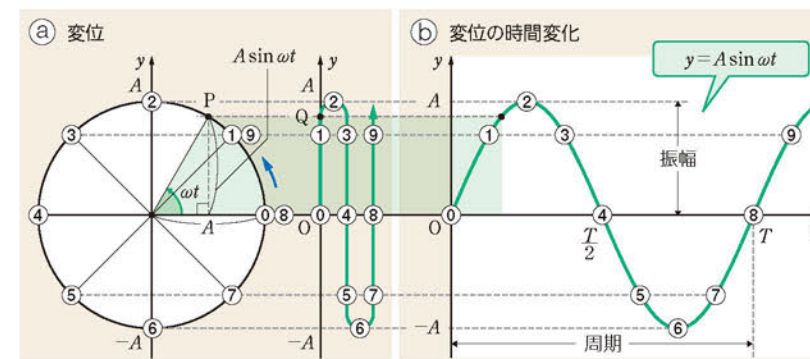
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (F)$$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ 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	ω [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。

充実の QR コンテンツ！

物理(物理706) …合計163点

総合物理(物理707, 708) …合計237点

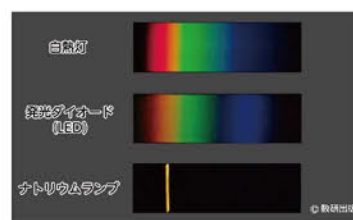
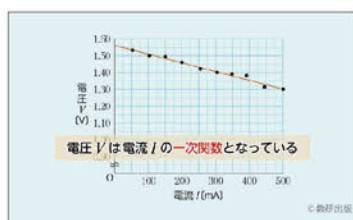
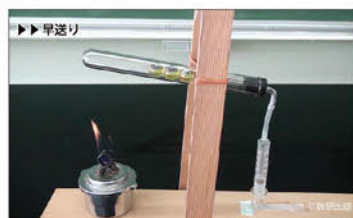
※総合物理では、下記のコンテンツのほか、「物理基礎(物基707)」収録のコンテンツにアクセス可能です。



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
- 2物体の衝突
- 運動量保存則
- 反発係数の測定
- 等速円運動の向心力
- 慣性力
- 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
- 電流計・電圧計の使い方
- 温度を変えたときの電気抵抗
- 電池の起電力と内部抵抗の測定
- メートルブリッジ
- 電流がつくる磁場
- 電流が磁場から受ける力
- 平行電流が及ぼしあう力
- 電磁誘導
- 渦電流(アルミニウム管と磁石)
- 渦電流(鍋ぶたと磁石)
- 赤外線観測
- 紫外線観測
- 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
- スペクトルの観測
- 放射線の測定
- 放射線の観測
- 半減期のモデル実験

参考映像

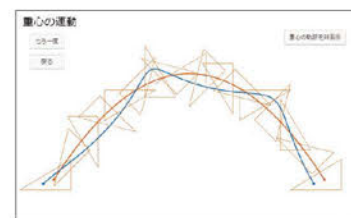
- 相対速度(追い抜かれる場合)
- 相対速度(追いつく場合)
- 相対速度(相手が別の方向へ進む場合)
- 重力加速度の大きさ g の測定
- 動く発射台からの投射

てこのつりあい

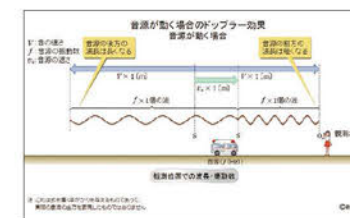
- 水にはたらく慣性力
- 水面に生じる波紋
- 横波と縦波の発生
- 波の重ねあわせ(山と山)
- 波の重ねあわせ(山と谷)
- ウェーブマシンによる定在波の発生
- 自由端による反射と固定端による反射
- 水面波の干渉
- 波の反射
- 波の屈折
- 波の回折
- 振動するスピーカーの表面
- 真空中の音
- 音の波形
- 水面波のドップラー効果
- 凸レンズを動かしたときのスクリーンに映った実像
- オームの法則
- 抵抗値の測定
- 超伝導
- ジュール熱の発生
- ジュールの法則
- 電気ブランコ
- ローレンツ力の向き
- 磁場中に入出力するコイル
- 相互誘導で浮遊するコイル
- 陰極線

◆アニメーション

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。



- 自由落下
- 鉛直投げ上げ
- 水平投射と自由落下
- 斜方投射と鉛直投げ上げ
- 重心の運動
- 人工衛星の軌道



- 正弦波の発生
- 縦波の発生と縦波の表示のしかた
- 定在波
- 反射波の作図(正弦波)
- 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
- 半導体ダイオードの性質
- 交流電圧と交流電流

◆触って動かすシミュレーションコンテンツ

実際に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です。数値を変えてさまざまなパターンを試すことで、現象への理解を深められます。

- 斜方投射で小球をかごに入れてみよう
- 波を動かしてみよう

◆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)
- 力がつり合っていると運動は? (NHK for School)
- アリと巨大な壁 / 大科学実験(NHK for School)
- 立て! トラック / 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)

- 落下でダイエット? / 大科学実験(NHK for School)
- 高速スピンの謎 - ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)
- 万有引力の法則(実習)(JAXA)
- 車で走ると音楽が流れるのは? (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)
- 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)
- 音の特等席 / 大科学実験(NHK for School)
- 救急車の音の変化(NHK for School)

- 人間巨大ビジョン / 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)
- 空っぽの虹 / 大科学実験(NHK for School)
- 氷でたき火 - 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)
- 望遠鏡のしくみ - 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)

◆ドリル型コンテンツ

重要用語や物理公式などをドリル形式で学習することができます。

- 要点の確認(各章)
- 反復ドリル
：等加速度直線運動の式、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



◆問題の解説

- 解答例(全問)

教授資料付属データ一覧『物理』『総合物理』

物理 教授資料 B5 判 + DVD-ROM/30,800 円(税込)
総合物理 教授資料 B5 判 + DVD-ROM/30,800 円(税込)

：弊社 Web サイト「チャート×ラボ」からダウンロードいただけます。

コンテンツ名	形式	内 容
◆授業でそのまま使える		
授業用スライドデータ	PowerPoint 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。
授業用プリントデータ	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」などの回答フォームを Google フォーム形式および Microsoft フォーム形式でご用意します。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。
◆テストやプリントの作成に使える		
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。
◆主体的な学びに役立つ		
節末チェック用ワークシート	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	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。グループ学習にも使えます。
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。
◆演習に使える充実の問題データ		
問題の解答・解説	Word PDF	教科書中の問、類題、演習問題、思考学習の解答・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	Word PDF	教科書の準拠問題集のデータです。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	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。
◆実験に役立つ		
実験レポート	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。
◆その他		
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。
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	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。

※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。
※商品により付属データの種類や入手方法が異なる場合がございます。
※「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おりません。

教科書をサポートする充実の副教材

令和 8 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。



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類題によって、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 128 頁 (2 色) / 定価 792 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 / 128 頁 (2 色) + 別冊解答 96 頁 (2 色) / 定価 814 円 (税込) ② B5 判 / 120 頁 (2 色) + 別冊解答 72 頁 (2 色) / 定価 825 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 ⑨ 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	A5 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 836 円 (税込) ② B5 判 / 184 頁 (1 色) + 別冊解答 112 頁 (1 色) / 定価 1,001 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 913 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。

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。



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
東京大学教授
深津 晋
東京大学名誉教授
牧島 一夫
(改訂版 新編 物理基礎)
広島大学附属中学校・高等学校教諭
稲垣 貴也
(物理, 総合物理)
元東京都立竹早高等学校教諭
黒田 楯彦

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
(改訂版 新編 物理基礎)
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
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
(教科書全点共通)
サイエンスライター
漆原 次郎

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 物理(物理／706)

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 総合物理(物理／707, 708)

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 基本機能

指 学 学+ 副



ペン、マーカー、消しゴム、ふせん、スタンプなどの基本的な機能は、ツールバーから選択して利用できます。

ツールバーの位置は、下部だけでなく左右にも変更できます。

一部の教材には、特別支援機能も収録しています。



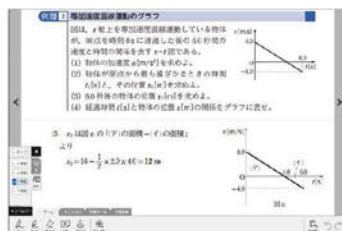
機能向上 スライドビュー

投影用スライドビュー

指 学 学+ 副

新たに搭載したスライドビューです。紙面上の問題を大きく投影することができます。

また、小問ごとに答・解説を表示することもできます。



※投影用スライドビューは、2026年3月以降に発売される教材で利用できます。

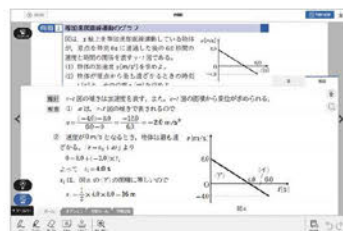
※2026年3月以降に発売される指導者用デジタル教科書(教材)では、図のスライドビュー機能はなくなり、p.119掲載のデジタルコンテンツ「図版ビュー」に移行します。

学習用スライドビュー

指 学 学+ 副

紙面を問題ごとに表示できる、従来の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

指 学 学+ 副

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。間違えた問題や苦しい問題を効率的に復習することもできます。

※2026年3月以降に発売される教材で利用できます。



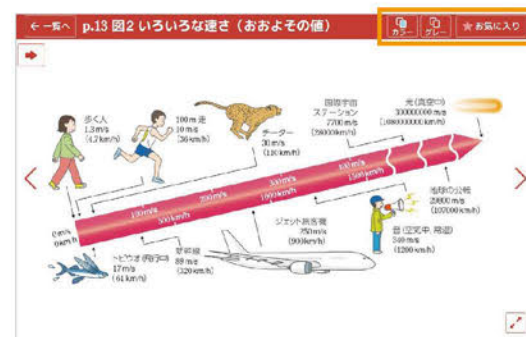
対象(▶pp.120~121) 指 : 指導者用デジタル教科書(教材) 学 : 学習者用デジタル教科書 学+ : 学習者用デジタル教科書・教材 副 : 学習者用デジタル副教材

さらに充実 デジタルコンテンツ

図版ビュー★

指 学 学+ 副

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。

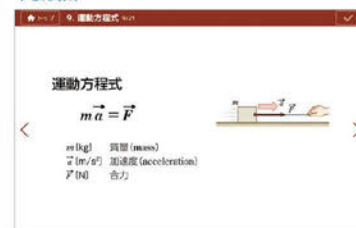


その他のコンテンツ

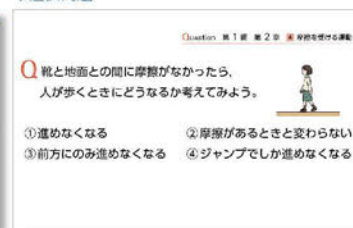
指 学 学+ 副

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、問題の解説コンテンツ★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



※★のついたコンテンツは、2026年3月以降に発売される教材で利用できます。 ※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

指 学 学+ 副

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類問などをすぐに表示できます。

学習の記録

指 学 学+ 副

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

指 学 学+ 副

先生は、生徒のEs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・ノートの写真などをいつでも確認することができます。

表示制御

指 学 学+ 副

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（配信期限）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。

指導者用デジタル教科書（教材） *Studydrive* プリント作成システムが付属しています！データは *Studydrive* オンラインでもご利用可能です。

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。
教科書収録問題の *Studydrive* データ（＋プリント作成機能）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	未定	未定	2026 年 3 月 発売予定
指導者用デジタル教科書（教材）物理	「物理」「総合物理 1ー力と運動・熱ー」 「総合物理 2ー波・電気と磁気・電子ー」	55320	40,700 円	約 5.5GB	販売中

■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	○	○	○	○	○	―	―※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。
(注) 教授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	未定	未定	2026 年 3 月 発売予定
	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 物理	4381281D11	935 円	約 3GB	販売中
	学習者用デジタル教科書・教材 総合物理 1	4381204D11	各 468 円	約 2GB	
	学習者用デジタル教科書・教材 総合物理 2	4381214D11		約 2.5GB	

■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	○	○	○	○	○	○	○※2	○※2
物理	○	○※1	○	○	○	―	○※2	○※2

※1 表示される内容が「指導者用デジタル教科書（教材）」とは異なります。 ※2 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。

学習者用デジタル教科書

生徒一人一人の端末で使用する、制度化された「学習者用デジタル教科書」です。

科目	商品名	No.	価格(税込)	データサイズ	発売日
物理	学習者用デジタル教科書 物理	4381281D12	550 円	約 1GB	販売中
	学習者用デジタル教科書 総合物理 1	4381204D12	各 275 円	約 0.5GB	
	学習者用デジタル教科書 総合物理 2	4381214D12		約 1GB	

■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
○	―	―※	―	―	―	―	―

※教科書の QR コードからご利用いただけるコンテンツへのリンクを配置しています。

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	改訂 4326164D01	未定	未定	未定	2026 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	4326163D01	792 円	330 円	約 0.5GB	販売中
	学習者用デジタル版 改訂版 リードα物理	改訂 4326184D01	979 円	440 円	約 0.5GB	
	学習者用デジタル版 改訂版 リードα物理基礎・物理	改訂 4326279D01	1,089 円	440 円	約 1GB	
	学習者用デジタル版 三訂版 リード Light ノート物理基礎	改訂 4326105D01	未定	未定	未定	2026 年 3 月発売予定
	学習者用デジタル版 改訂版 リード Light ノート物理基礎	4326080D01	825 円	330 円	約 0.5GB	販売中

■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

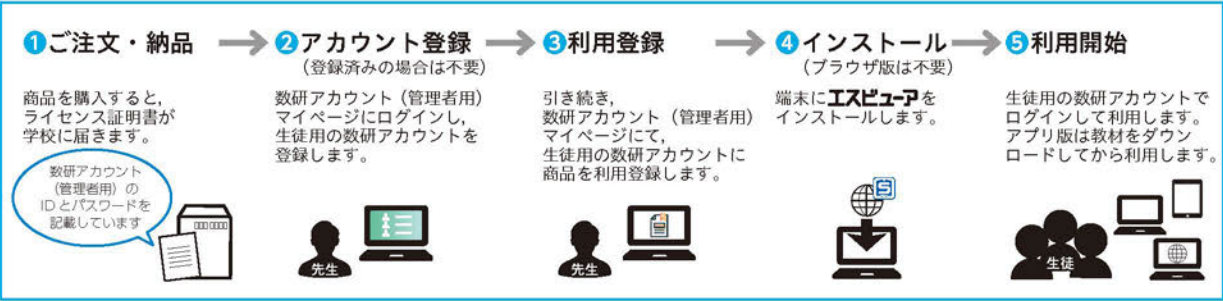
	基本機能	スライドビュー	デジタル コンテンツ	教材連携	学習の記録	演習モード	先生向け機能	
							宿題管理	表示制御
図録	○※1	―	○	○	―	―	○※3	―
問題集(改訂版)	○※1	○	―※2	○	○	―	○※3	○※3
問題集(三訂版)	○※1	○	―※2	○	○	○	○※3	○※3

※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。
(注) 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校専用データをチャート×ラボからダウンロードできます。
(注) 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が同じ場合に限ります。

ー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ー

- 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、学習者用デジタル教科書、学習者用デジタル副教材）



(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 10／11
iPadOS 16／17／18
※Windows10／11のSモードには非対応です。

ブラウザ版

OS：Windows 10／11
OS：Chrome OS最新版
OS：iPadOS 16／17／18

ブラウザ：Google Chrome／Microsoft Edge
ブラウザ：Google Chrome
ブラウザ：Safari

Studyaid^{ON} 物理シリーズラインアップ

令和8年度発行の物理基礎に対応した商品のラインアップについては、検討中です。

令和8年度発行の物理基礎に対応した商品のラインアップについては、検討中です。			Studyaid ^{ON} オンライン		Studyaid ^{ON} (DVD-ROM 版)			
商品名	収録内容 赤字は前年度商品から更新されたデータまたは追加された書籍です。	問題数*	税込価格【教育機関向け】		購入方法	税込価格【教育機関向け】		購入方法
			1ライセンス版	構内フリーライセンス版		標準価格	アップグレード価格	
No.99642 物理入試 2024 データベース	● 1992 ～ 2020 年センター試験問題・2021 ～ 2024 年共通テスト問題 ● 1992 ～ 2024 年版「物理入試問題集」 ● 2005 ～ 2024 年版「物理重要問題集」 ● 思考力・判断力・表現力を養う 物理考案問題集	約 5,300 問	11,000 円	25,300 円	数研出版ホームページへ	23,100 円	11,000 円	直接数研出版へ
No.55515 物理統合版 2025 NEW	【新課程】：● 教科書「物理基礎、新編 物理基礎、物理、総合物理」 ● リードα「物理基礎（改訂版）、物理（改訂版）、物理基礎・物理（改訂版）」 ● 改訂版 リード Light 物理基礎 ● リード Light ノート「物理基礎（改訂版）、物理（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」 ● チェック & 演習「物理基礎、物理」 ● 高校物理の基礎 ● 物理基礎学習ノート 【旧課程】：● 教科書・問題集	約 10,200 問	13,200 円	27,500 円		31,900 円	14,740 円	

*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 版は問題数が異なることがあります。

【Studyaid^{ON} 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 10, 11 ※各 OS とも日本語版のみに対応。※ Windows 10, 11 の S モードには非対応。
メモリ	4GB 以上
ストレージ	システムドライブに 2GB 以上の空き容量
その他	.NET Framework 4.6.2以降

ブラウザ版

OS	Windows 10, 11/iPadOS 16以降 / macOS 13以降 / ChromeOS 最新バージョン
ブラウザ	Windows10, 11 : 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^{ON} 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)で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。
- Studyaid^{ON} 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。※ 2024年3月に、有効期限が4年→7年に変更となりました。

【Studyaid^{ON} (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^{ON} 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には、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^{ON} 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する場合は、商品の他にサイトライセンスが必要です。

ライセンス数	税込価格
1～3 本	4,180 円×ライセンス数
4本以上 (フリーライセンス)	16,500 円

Studyaid^{ON} オンライン ブラウザ版に問題編集機能（一部）と印刷機能を追加しました！
https://www.chart.co.jp/stdb/online/function/browser_renewal.html



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あります。
本カタログに掲載されている仕様及び価格等は予告なしに変更することがあります。
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・交換は受けられません。

151546