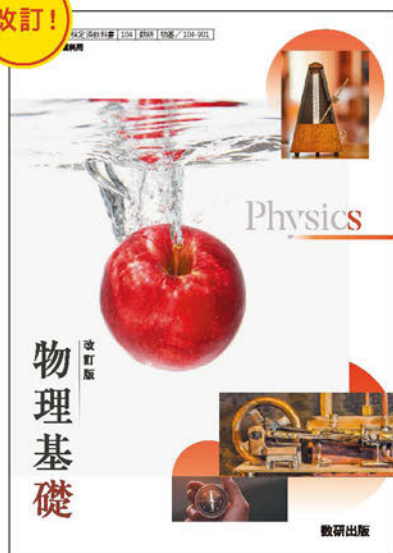


ダイジェスト版

改訂!

物基／104-901



物理／706



物理／707

物理／708



教科書『改訂版 物理基礎』

- 1 教科書の特長
- 8 教科書紙面の紹介
- 64 『改訂版 物理基礎』 『改訂版 新編 物理基礎』
教科書 2 点比較
- 66 QR コンテンツ一覧
- 70 教授資料

教科書『物理』『総合物理』(初版)

- 81 教科書の特長『物理』
- 82 教科書紙面の紹介『物理』
- 108 教科書の特長『総合物理』
- 110 教科書紙面の紹介『総合物理』
- 128 QR コンテンツ一覧
- 130 教授資料付属データ一覧

- 131 副教材
- 132 著作者・編集協力者／授業時間配分表
- 134 デジタル教科書／デジタル副教材
- 表 4 Studyaid D.B.



教科書の詳細は
こちら！

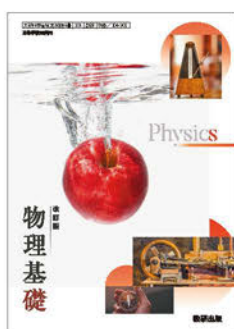


紹介動画は
こちら！

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 物理基礎」は、こんな教科書です！ /

特長 1

「興味・関心」を高める工夫が充実,
「主体的な学び」を実現できます。

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

特長 2

「わかりやすさ」に配慮,
つまずき解消のための工夫を随所に盛りこんでいます。

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

特長 3

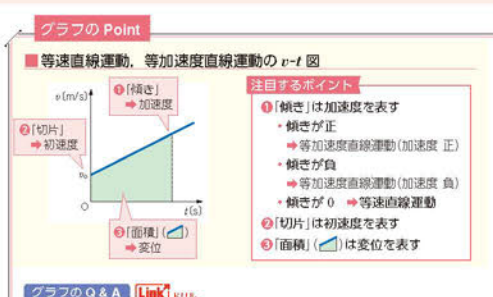
思考力を養うしかけが充実, 知識を活用する力を培うことができます。

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

「改訂版 物理基礎」の改訂ポイント

1 生徒の興味をひきだす新コーナー

面白い物理の現象をクイズ形式で扱う「結果を予想してみよう」を前見返しに掲載。また、各編の冒頭では物理量の一つ取り上げ、日常生活や社会との関連を紹介。



2 「わかりやすい」をさらにアップデート

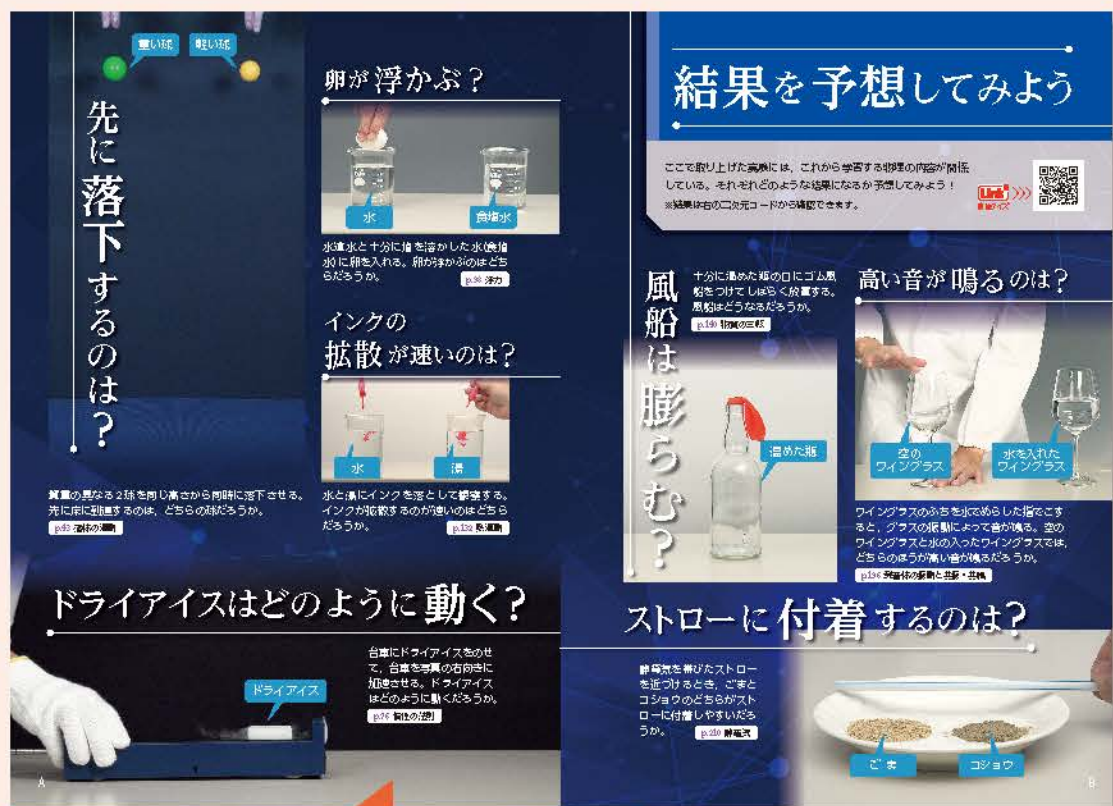
グラフの読み取り方をまとめた「グラフのPoint」を新設。また、つまずきやすい内容を解説する「Zoom」の拡充や、有効数字へのフォローの拡充もしています。

3 「実験データを分析してみよう」を新たに掲載

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



「興味・関心」を高める工夫が充実、
「主体的な学び」を実現できます。



「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。

▲前見返し「結果を予想してみよう」
(→本冊子12～13)

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。

▲p.12「速度」の単元の冒頭(→本冊子18)

1 学んだことを説明してみよう

- ☐ (1) 速さ10m/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50km/hの速さで走る自動車の前方に、バスが東向きに30km/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。

▲p.24「速度」の単元末(→本冊子26)

単元冒頭の「目標」

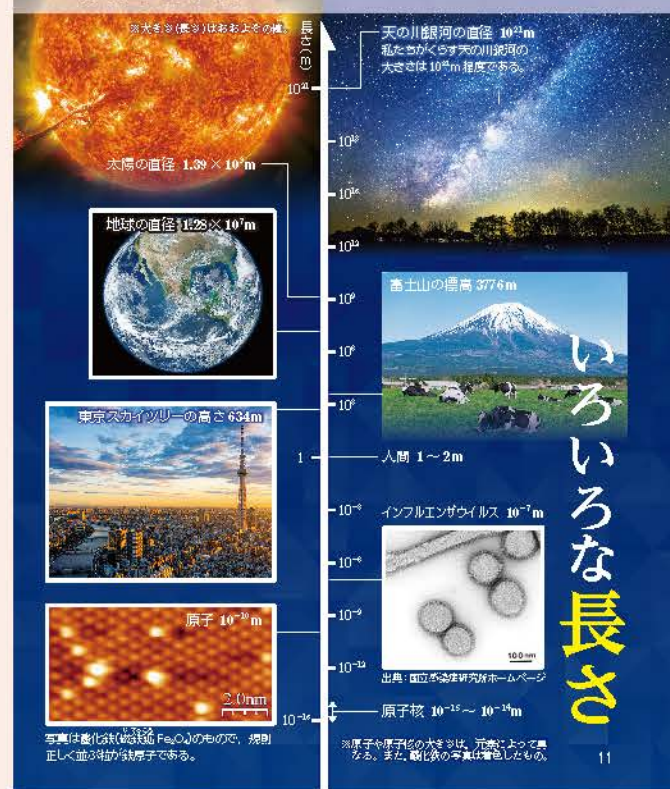
単元冒頭の「身近な話題+学習目標」により、目的意識をもって主体的に学習が始められます。

単元末の「学んだことを説明してみよう」

単元末で、学んだことを自分の言葉で説明することで、「何が理解できたのか」を振り返ることができます。

第1編 運動とエネルギー

- 物理学は、物体を構成する基本的な粒子から宇宙まであらゆる大きさのものを対象とする。下の図で原子核から視可まで、さまざまな大きさ(長さ)のものを図でみよう。
- 第1章 運動の表し方 p.12
- 第2章 運動の法則 p.60
- 第3章 仕事と力学的エネルギー p.104



編とびら NEW

分野ごとに一つの物理量を取り上げ、日常や社会に関連するものがどれくらいの値が写真を組み合わせて紹介。興味をもって学習を始められます。

▲p.11 編とびら(→本冊子17)

他教科・他科目に関連するコラム NEW

近年、注目されつつある「教科横断」として、他教科・他科目に関連するコラムを掲載。物理がさまざまな教科(学問分野)と関連していることを紹介しています。

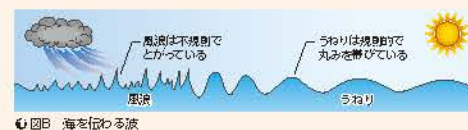
コラム 海の波はどのように生じるか

図Aは、江戸時代の浮世絵師、葛飾北斎(1760～1849)の代表作『富嶽三十六景 神奈川浪裏』である。この作品では、銅版とよばれる多色刷りの木版画で、荒れ狂う海の波のようすがダイナミックに表現されている。では、私たちがふだんよく見る海の波は、どのようにして生じるのだろうか。 富嶽三十六景は、全46回からなる版画。



海上の波のおもな原因は、海面に吹きつける風である。海上で風が吹くと、海面がゆれ動いてさざ波が立ち、さらに風が吹くと、波が大きくなり不規則にたがった状態となる(図B)。このような海上の風によって生じる波は「風浪」とよばれる。風浪は発達過程の波であり、風の向きに移動していく。風が止んだり、風浪が風域の外に出たりすると、波は発達しなくなり、滅衰しながら進み続ける。このような波は「うねり」とよばれる。うねりは規則的で丸みを帯びている(図B)。

海の波では、多くの場合、風浪とうねりが混在しており、それらをまとめたものは「波浪」とよばれる。波浪の波長は数m～数百m程度である。津波は波浪のように風によって生じるのではなく、地震などによる海底地形の変動により生じる。震源が浅い場所にあると、海底から海面までの海水全体が動かされる。津波の波長は、数km～数百kmにも及ぶ。



図B 海を伝わる波

▶p.173 コラム(→本冊子55)

特長

2

「わかりやすさ」に配慮、つまずき解消のための工夫を随所に盛りこんでいます。

反復演習コーナー 「ドリル」

つまずきやすい内容を、反復演習で定着させることができます。「相対速度」「力の見つけ方」など全7か所掲載。

▶p.23 ドリル (→本冊子 25)

ドリル 相対速度

相対速度を考えるときは、まず状況を図に表してみましょう。

Step ① 正の向きを決める。

Step ② 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。

※このとき、観測者 A と相手 B の速度の符号に注意する。

右の図の場合、東向きを正とすると、

A に対する B の相対速度は

$$v_{AB} = v_B - v_A$$

$$= 10 - 30 = -20 \text{ km/h}$$

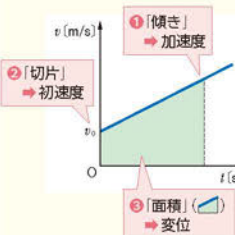
よって 西向きに 20 km/h

問 a 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。

(1) 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。

グラフの Point

■等速直線運動、等加速度直線運動の $v-t$ 図



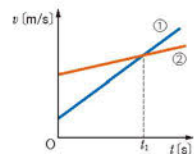
注目するポイント

- 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 → 等加速度直線運動(加速度 負)
 - 傾きが 0 → 等速直線運動
- ②「切片」は初速度を表す
- ③「面積」は変位を表す

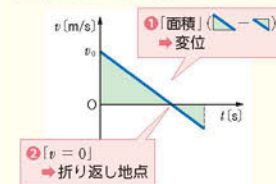
グラフの Q & A Link ドリル

右のグラフを見て考えてみよう。

- Q1. 加速度が大きいのは? → 傾きが大きい ①
 Q2. 初速度が大きいのは? → 切片が大きい ②
 Q3. 時刻 $0 \sim t_1$ で進んだ距離が大きいのは?
 → $0 \sim t_1$ での面積が大きい ②



■加速度が負の場合の $v-t$ 図



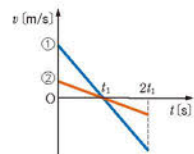
注目するポイント

- ①「面積」は変位を表す
 - 面積 $\triangle$: 正の向きへの移動距離
 - 面積 $\triangle$: 負の向きへの移動距離
- ②「 $v=0$ 」の点は運動の折り返し地点を表す

グラフの Q & A Link ドリル

右のグラフを見て考えてみよう。

- Q1. 運動の折り返し地点での変位が大きいのは?
 → 時刻 $0 \sim t_1$ での面積が大きい ①
 Q2. 時刻 $2t_1$ での変位が大きいのは?
 → ①、②ともに変位が 0 なので どちらも同じ



◀p.36 グラフの Point (→本冊子 32)

例題 3 力のつりあい②

傾きの角 30° のなめらかな斜面上に重さ 20 N の物体を置き、斜面にそって上向きに糸で引いて静止させる。糸が引く力の大きさ $T(\text{N})$ と、物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさ $N(\text{N})$ を求めよ。

【指針】物体にはたらく力をすべてかく。重力を斜面に平行な方向と垂直な方向に分解するとよい。図のように補助線を引いて直角三角形をつくり、角の関係を考える(→p.67 Zoom)。

【解】斜面に平行な方向の力のつりあいより

$$T - 20 \sin 30^\circ = 0 \quad \text{よって} \quad T = 10 \text{ N}$$

斜面に垂直な方向の力のつりあいより

$$N - 20 \cos 30^\circ = 0$$

$$\text{よって} \quad N = 20 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 17 \text{ N}$$

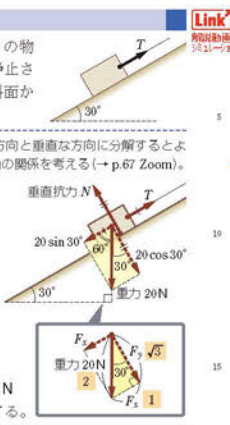
【別解】重力の、斜面に平行な成分の大きさ F_x

と、垂直な方向の成分の大きさ F_y は

$$F_x : 20 = 1 : 2 \quad \text{より} \quad F_x = 10 \text{ N}$$

$$F_y : 20 = \sqrt{3} : 2 \quad \text{より} \quad F_y = 10\sqrt{3} \approx 17 \text{ N}$$

これらを用いて、力のつりあいの式を立てる。



▲p.70 例題 (→本冊子 42)

「Zoom」の拡充 NEW

つまずきやすい内容を解説する特集「Zoom」に「摩擦力の向き」「波の作図」「計算と有効数字」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。

数学知識を手厚くフォロー

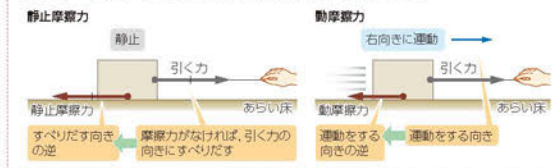
数学の進捗に配慮し、三角比を用いた解法に加え、三角比を使わない解法を別解として掲載しています。また、数学Cに移行したベクトルの内容もしっかりフォローしています。

Zoom 摩擦力の向き

摩擦力は面から物体に対して、すべりだす、または、運動するのを妨げる向きにはたります。このとき、妨げる向きとはどのように考えればよいでしょうか。いくつかの状況における摩擦力の向きを考えてみましょう。

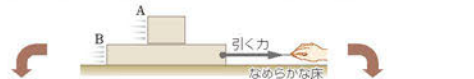
●床から物体にはたらく摩擦力

図のように、水平であらい床の上に置かれた物体を水平に引く。このような場合、摩擦力は、物体がすべりだす、または、運動するのを妨げる向きにはたらく。



●物体と物体の間にはたらく摩擦力

水平でなめらかな床の上に置かれた板 B のあらい上面に物体 A がのっている。図のように、B を水平に引いたところ、A はすべらずに B とともに運動したとする。このような場合、接している物体から見た、注目する物体の、すべりだす、または、運動する向きを考える。



▲p.94 Zoom (→本冊子 48)

Zoom 計算と有効数字

物理の問題を解く際に有効数字の考え方(→p.8)が必要になるときがあります。有効数字の扱い方を、簡単な問題を見て確認してみましょう。

- ①かけ算、わり算 …測定値の中で最も少ない有効数字の桁数(四捨五入した後)とする。
- ②足し算、引き算 …測定値の末位が最も高いものに合わせる。
- ③整数、無理数の扱い…測定値ではない整数や無理数は有効数字を考えない。無理数を計算で用いる場合、測定値の桁数よりも1桁程度多くとって計算する。

●基本的な計算と有効数字

例1 速さ 1.20 m/s で歩いたとき、 9.0 秒間で歩いた距離は何 m か。

$$\text{解: } 1.20 \times 9.0 = 10.8 \approx 11 \text{ m}$$

かけ算なので、最も少ない桁数に合わせる。

例2 自転車 A が東向きに 13 km/h で進み、人 B が東向きに 7.8 km/h で走った。東向きを正としたときの人 B に対する自転車 A の相対速度は何 km/h か。

$$\text{解: } 13 - 7.8 = 5.2 \approx 5 \text{ km/h}$$

引き算なので、末位が最も高い位に合わせる。

例3 雨が鉛直(真下)に降る中を、電車がまっすぐで水平な線路上を一定の速さ 10 m/s で走っている。雨滴の落下の速さを 10 m/s とすると、電車内の人から見たとき、雨滴の速さを求めよ(→p.24 例題 1)。

$$\text{解: } 10 \times \sqrt{2} \approx 10 \times 1.41 = 14.1 \approx 14 \text{ m/s}$$

無理数は測定値ではないので、測定値より1桁程度多くとる。

「有効数字」へのフォローの拡充 NEW

生徒がつまずきやすい有効数字へのフォローを手厚くしました。実際の計算例を交えて解説している「Zoom」や、例題の解説に有効数字に関する補足を掲載しています。

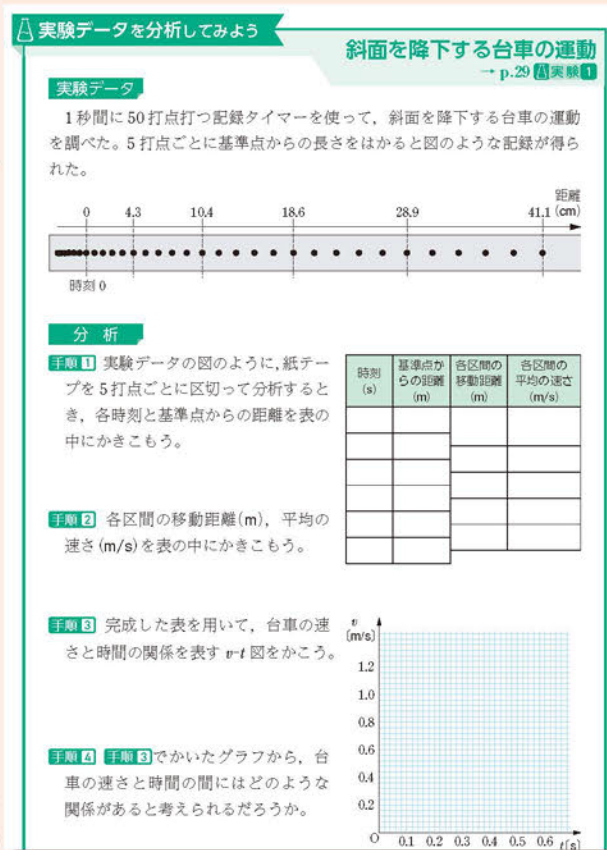
◀p.25 Zoom (→本冊子 27)

思考力を養うしかけが充実、
知識を活用する力を培うことができます。

「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.31 実験データを分析してみよう
(→本冊子 31)



実験映像も完備

教科書中のすべての実験に映像をご用意。「実験データを分析してみよう」の実験についても、映像で実験のようすを確認することができます。

▶ p.29 実験 (→本冊子 29)

実験 1 斜面を降下する台車の運動

【目的】 記録タイマー(→次ページ 参考)を用いて、斜面上の台車の運動を調べる。

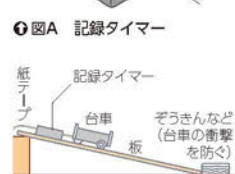
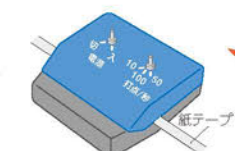
【見方・考え方】 ① 物体の速度と時間の関係について考える。

【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(→次ページ 参考 図B)。

④ 各区間の平均の速さを求め(→次ページ 参考)、横軸に時間、縦軸に台車の速さをとったグラフをかこう。

【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。

7 考えてみよう!

- (1) 水で満たされた容器の中に卓球ボールを入れて容器のふたを閉めた。この容器を図の右向きに加速させたとき、卓球ボールは容器に対してどちらに移動するか。理由とともに説明してみよう。
- (2) 氷上で、スケートをはいた子どものAさん(体重40kg)と大人のBさん(体重80kg)が押しあったところ、2人はそれぞれ後方にすべったが、Aさんのほうが速くなった。作用反作用の法則によれば、AさんがBさんを押し力と、BさんがAさんを押し力の大きさは同じであるのに、Aさんの速さのほうが大きくなったのはなぜだろうか。



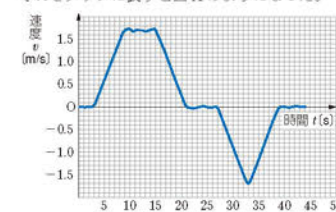
▶ p.103 考えてみよう (→本冊子 51)

「考えてみよう!」

知識を活用する発問を、演習問題の最後に掲載しました(解答例は巻末に掲載)。グループ学習にも活用できる、身近で興味深い話題を扱っています。

思考学習 エレベーターの運動

Kさんは、スマートフォンの機能を利用して、エレベーターの速度と経過時間の関係調べようと考えた。Kさんはあるビルのエレベーターを使って1階から7階までのぼり、一度停止した後、さらに別の階に移動するまでのデータを記録した。それをグラフに表すと図Aのようになった。



図A エレベーターの速度の時間変化

- 【考察1】 エレベーターが最初に加速する間の加速度の大きさは、ほぼ一定とみなせる。その大きさはおよそ何 m/s^2 だろうか。
- 【考察2】 このグラフより、地上から7階下部までの高さ h [m] はおよそ何 m と考えられるだろうか。
- 【考察3】 Kさんが記録し終わったときにいるのは何階だろうか。各階の高さは同じものとする。

▶ p.42 思考学習 (→本冊子 38)

「思考学習」

データや資料をもとに考察させる問題を掲載。知識を活用する能力を育成できます。全5か所掲載。大学入学共通テスト対策にも使えます。

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 62)
- 働く人のインタビュー記事(教科書 p.263) (→本冊子 61)

QRコンテンツ 本冊子 66~69

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 70~80

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 134~137 副教材 本冊子 131

「改訂版 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。

目次

Contents

巻頭資料

結果を予想してみよう	A
おもな物理量とその単位	C

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

物理学発展の歩み	1
物理量の扱い方	6

第1編 運動とエネルギー

第1章 運動の表し方

1. 速度	12
2. 加速度	26
3. 落体の運動	43
演習問題	58

第2章 運動の法則

1. 力とそのはたらき	60
2. 力のつりあい	64
3. 運動の法則	76
4. 摩擦を受ける運動	90
5. 液体や気体から受ける力	95
演習問題	102

第3章 仕事と力学的エネルギー

1. 仕事	104
2. 運動エネルギー	112
3. 位置エネルギー	115
4. 力学的エネルギーの保存	119
演習問題	130

第2編 熱

第1章 熱とエネルギー

1. 熱と物質の状態	132
2. 熱と仕事	144
演習問題	154

物理学が拓く世界

61 スポーツと物理学	262
防災と物理学	264
自動車と物理学	266

第3編 波

第1章 波の性質

1. 波と媒質の運動	156
2. 波の伝わり方	174
演習問題	189

第2章 音

1. 音の性質	190
2. 発音体の振動と共振・共鳴	196
演習問題	208

第4編 電気

第1章 物質と電気

1. 電気の性質	210
2. 電流と電気抵抗	215
3. 電気とエネルギー	233
演習問題	237

第2章 磁場と交流

1. 電流と磁場	238
2. 交流と電磁波	243
演習問題	249

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	250
2. エネルギー資源と発電	252

本文補足 発展

1. 剛体にはたらく力のつりあい	268
2. 正弦波の式	277
3. 音のドップラー効果	281

探究の進め方	284
ガリレオ・ガリレイに学ぶ「探究」	286
物理をわかりやすく表現する	290

物理のための数学

1. 三角比と三角関数	292
2. その他の数学の知識	296

本文資料

1. 表	298
------	-----

略解	300
物理定数・単位の 10^{th} の接頭語	
・物理で用いられる表現	309
索引	310

巻末資料

62 元素の周期表	J
持続可能な世界を目指して	K

実験

29 1. 斜面を降下する台車の運動	29
2. 重力加速度の大きさ g の測定	45
3. 動く発射台からの投射	57
4. 力のつりあい	69
43 5. 作用反作用の法則	71
6. 台車に力を加えるときの運動	77
7. 静止摩擦係数	92
8. 浮力の測定	99
9. 重力による位置エネルギー	116
10. 力学的エネルギー保存則	121
11. 力学的エネルギー保存則の検証	125
12. ブラウン運動	132

Zoom

27 計算と有効数字	25
三角比と力の成分	66
48 物体が「受ける力」に注目	73
摩擦力の向き	94
運動に関する法則のまとめ	128
気体がされた仕事・気体がした仕事	147
57 波の作図	181
電気回路の見方	226

ドリル

36 相対速度	23
加速度	28
等加速度直線運動の式	40
自由落下と鉛直投射	50
物体が受ける力の見つけ方	74
波のグラフ	164
電気回路の問題	227

グラフのPoint

32 等速直線運動、等加速度直線運動の $v-t$ 図、 $x-t$ 図	36
鉛直投げ上げの $x-t$ 図、 $v-t$ 図	49
仕事と $F-x$ 図	107
水の状態変化のグラフ	142
$y-x$ 図と $y-t$ 図	162
縦波を横波表示したグラフ	170
定在波のグラフ	176
電流と電圧の関係のグラフ	218

実験データを分析してみよう

31 斜面を降下する台車の運動	31
台車に力を加えるときの運動	80
銅の比熱の測定	138
おんさの振動数の測定	204
抵抗値の測定	230

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。

グラフの読み取り方をまとめた要素を新たに掲載(→32)。

実験のデータの分析をさせる要素を新たに掲載(→31)。

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(→61で「スポーツと物理学」の例を紹介)。

「Zoom」…つまずきやすい内容を丁寧に解説、新たな内容を追加(→27, 48, 57)。
「ドリル」…反復演習で基本を定着させることができます(→36)。

他教科・他科目に関連するコラムを掲載(→38, 55)。
関連する教科・科目をアイコンで示しました。

38 コラム

加速度の感知	生物	42
ジャンプで一瞬宙に浮く?	体育	57
ストローでジュースが飲めるのはなぜ?		97
氷山の一角はどれくらい?	国語	100
クロールで進むには	体育	109
馬力		111
自動車が停止するまでに進む距離		113
料理と水の沸点	家庭	141
水のふしぎな性質	化学	143
永久機関		153
地震波	地学	170

参考

22 速さの単位の換算	数学	13
ベクトルの扱い方	数学	20
記録タイマーと運動の分析		30
30 等加速度直線運動と2次関数	数学	38
ストロボ写真の分析		44
三角比の値の調べ方		67
定滑車と動滑車		70
単位と次元		83
仕事の式の見方		106

発展

平面上の速度の合成・速度の分解		18
・速度の成分		18
平面上の相対速度		24
平面運動の加速度		28
水平投射の式		52
斜方投射		54
終端速度の式		101
気体の法則と気体の状態変化		148
熱力学第二法則		152
正弦波における位相		163
波の強さの式		173
波の波面・波の干渉		182
・波の反射と屈折・波の回折		182
音の屈折・音の回折・音の干渉		193
弦を伝わる波の速さの式		199

38 思考学習

エレベーターの運動		42
摩擦がある滑車と仕事		111
水の比熱が及ぼす影響		136

海の波はどのように生じるか	美術 地学	173
ビルのかげにも電波が届くのは…		188
共振によるビルの倒壊		205
楽器から出る音	音楽	207
フーリエ変換	数学	207
体脂肪計はどうやって体脂肪率を測定している?		218
電気の普及は電灯からはじまった?	歴史	223
白熱電球とLED電球		235
放射線から身を守るには		256

熱の伝わり方		139
線膨張率・体膨張率		143
水面を伝わる波		172
ホイヘンスの原理による反射の法則		186
・屈折の法則の説明		186
電気抵抗の原因は?		219
電気の測定器の使い方		224
青色発光ダイオードが照らす未来	英語	236

クーロンの法則		211
電気量保存の法則		212
静電誘導		214
キルヒホッフの法則		223
抵抗率の温度変化		232
電流のする仕事		234
フレミングの左手の法則		241
レンツの法則		242
交流の実効値の式		243
半減期の式		257
核反応により放出されるエネルギー		258
剛体にはたらく力のつりあい		268
正弦波の式		277
音のドップラー効果		281

ギターの音の振動数		206
ダイオードの抵抗値		232

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66~69)。

本書の構成について

実験00

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

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



問00

学習したばかりの内容を復習し、確実な理解をはかる問題。

思考力を要するものには「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。

学習の仕上げとして、学習内容をもとに考察する問題。

演習問題

思考力を要するものには「考」をつけた。

また、学習内容を活用させる問題を「考えてみよう!」で扱った。



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。



学習内容の理解のための基本的な問題を、重点的に扱った。

グラフのPoint

グラフを読み取るうえでのポイントを、重点的に説明した。

実験データを分析してみよう

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.307)

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扱った。巻末に解答をまとめて掲載した(→p.306)。

コラム

学習内容に関連した、身近な話題などを取り上げた。

参考

本文の記述をより深く理解するための内容を扱った。

発展

「物理基礎」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。

0 学んだことを説明してみよう

学習内容を振り返るための問いかけを扱った。学んだことを自分の言葉で表現してみよう。巻末に解答例をまとめて掲載した(→p.307)。

Link



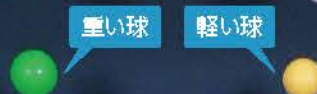
この教科書に関連した参考資料、理解を助ける映像やアニメーションなどが利用できる目印。これらの資料は、下のアドレスまたは左の二次元コードからアクセスできるので、必要に応じて活用してほしい。

①注意 インターネット接続に際し発生する通信料は、使用される方の負担となりますのでご注意ください。

<https://www.chart.co.jp/qr/26sp1/>

↑コンテンツ一覧もこちらから閲覧できます。

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.43 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.98 浮力

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.132 熱運動

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.76 慣性の法則

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。それぞれどのような結果になるか予想してみよう！

※結果は右の二次元コードから確認できます。



風船は膨らむ？

十分に温めた瓶の口にゴム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.140 物質の三態



温めた瓶

高い音が鳴るのは？



空のワイングラス

水を入れたワイングラス

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.196 発音体の振動と共振・共鳴

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.210 静電気



ごま

コショウ

B

「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。

物理量の扱い方



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

1 物理量の表し方

A 単位

国際単位系（略称 SI）は、メートル（m：長さの単位）、キログラム（kg：質量の単位）、秒（s：時間の単位）などの7種を基本単位とする単位系である。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

① 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

デジタルコンテンツの場所
には Link アイコンを配置。



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。



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、その物理量が多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 (ブックマーク)

物理では、物体の運動などを扱うときに、通常、数式を用いて考察する。このような数式では、それぞれの物理量は記号（文字）で表される。例えば、豆電球に電流を流すとき、豆電球の抵抗を R 、流れる電流を I とすれば、豆電球の両端に加わる電圧 V は次のように表される。

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

それぞれの物理量について、よく用いられる記号の例を下に示した。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。

① 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

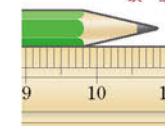
次の数式を、上の表に示した記号（文字）で表してみよう。

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

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 までも目分量で読み取る。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。

- 絶対誤差（ふつう「誤差」というと、絶対誤差のことをいう）

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

- 相対誤差（「誤差何 %」というときに使う）

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

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



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。

3 データの分析

A データのまとめ方

図のように、人が歩く運動を記録タイマーを使って調べることを考える。紙テープを分析していくと(→ p.30), 移動距離や速さなど多くのデータを得ることができる。このようにデータの数が多い場合には、結果を表にまとめてみると整理しやすい。



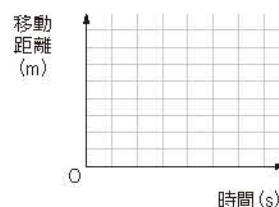
① 時刻(s)	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
② 移動距離(m)	0	0.010	0.039	0.091	0.169	0.262	0.329	0.384
③ 中央の時刻(s)		0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65
④ 各区間の速さ(m/s)		0.10	0.29	0.52	0.78	0.93	0.67	0.55

B グラフのかき方

実験結果をグラフにかいてみると、物理量の変化を理解しやすい。表だけではわからなかった新たな「気づき」を得られることもある。

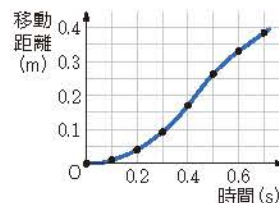
Step① 縦軸・横軸を決める

変化させた物理量(時間や電圧など)を横軸にとることが多い。仮説を立てた場合には、それをもとに軸を決めてもよい(例えば、「○は△に比例する」と予想したなら、○を縦軸、△を横軸とするなど)。軸には物理量と単位を必ず書いておく。



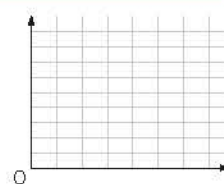
Step② 測定値をプロットし、線を引く

それぞれの軸に目盛りを入れ、測定値を点で記す(プロットするともいう)。すべての点のなるべく近くを通るように、曲線または直線を引く。物理量はなめらかに変化することが多いので、折れ線グラフにはしない。



ワーク⑤

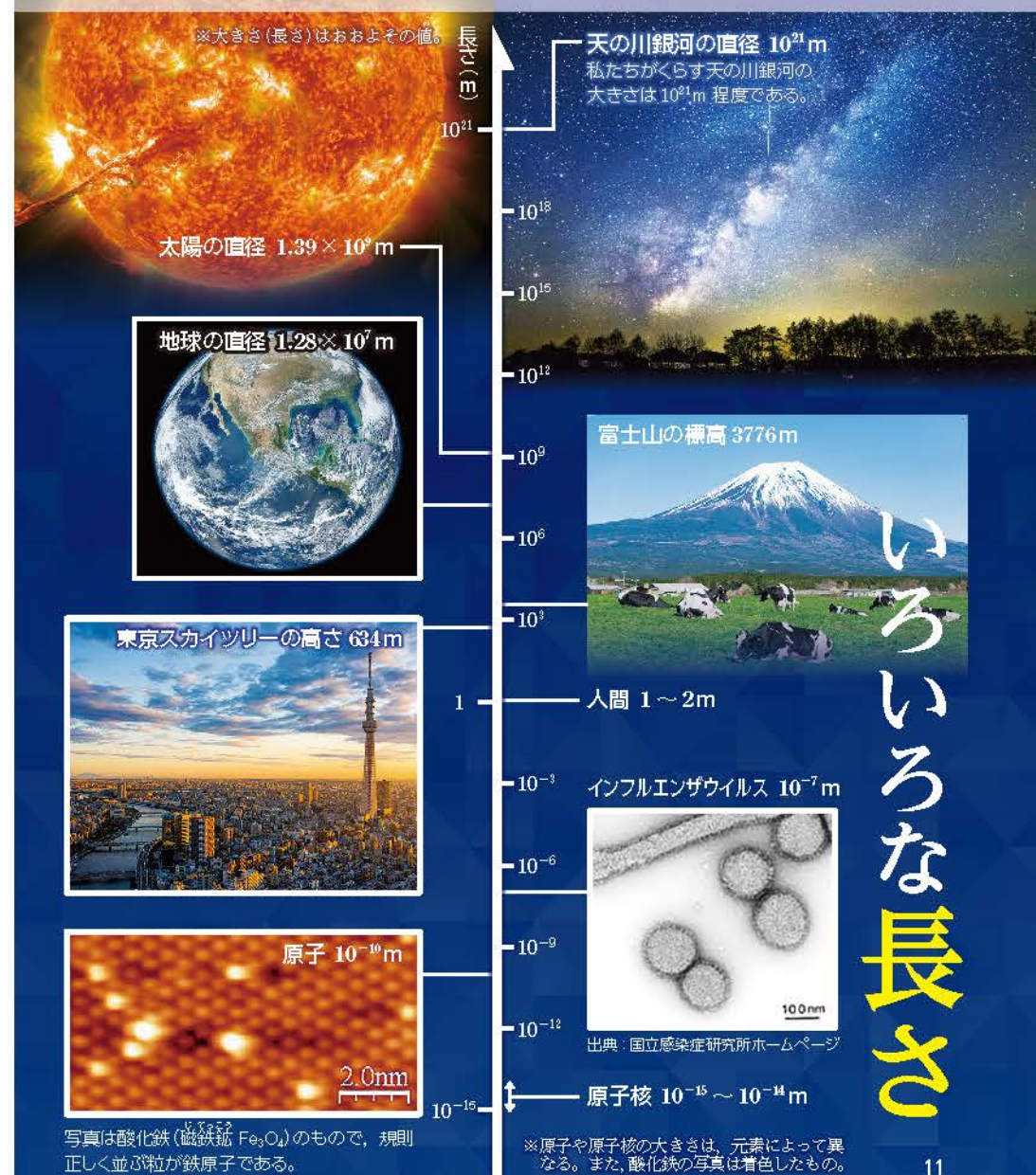
上の表のデータについて、「③中央の時刻」と「④各区間の速さ」との関係をグラフにかいてみよう。また、グラフを見てわかることを、まわりの人と話しあってみよう。



第1編 運動とエネルギー

物理学は、物体を構成する基本的な粒子から宇宙まであらゆる大きさのものを対象とする。下の図で原子核から銀河まで、さまざまな大きさ(長さ)のものをみてみよう。

- 第1章 運動の表し方 ▶ p.12
- 第2章 運動の法則 ▶ p.60
- 第3章 仕事と力学的エネルギー ▶ p.104



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」(→26)で、振り返りが可能です。

第1章

運動の表し方

Expression of motion

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

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、
斜面上の物体の運動、自由落下

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。

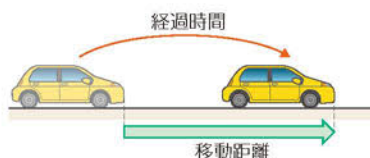


図1 自動車の運動

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。
(→p.309 用語一覧)

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

「Point」囲みで、単位の間関係を補足しました。

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

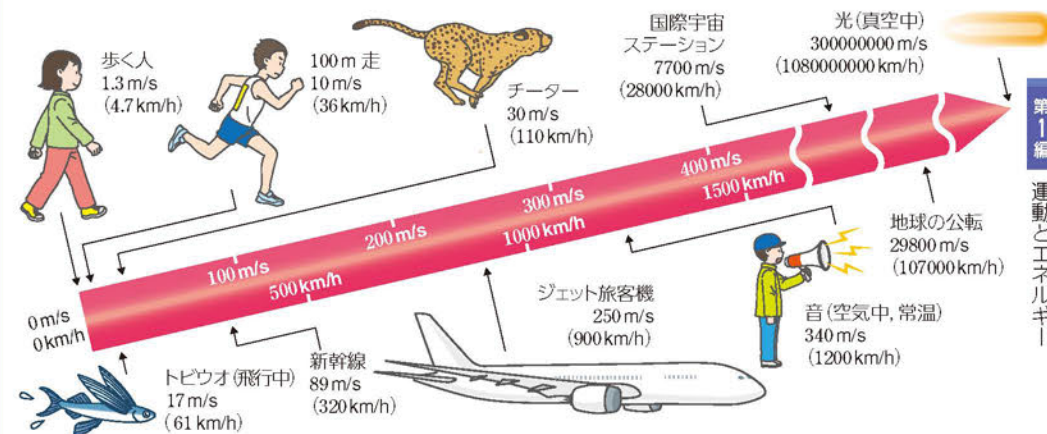


図2 いろいろな速さ(おおよその値)

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

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

問① 30秒間に歩いた距離が36mであったとき、平均の速さは何m/sか。

問② 72km/hは何m/sか。また、15m/sは何km/hか。

参考 速さの単位の換算

● m/s → km/h の換算例

「台風の中心付近の風速 30m/s」
(1秒間に30m進む速さ)

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

単位間の関係を用いる。
1km=1000m
1h=60×60s=3600s

Point

● km/h → m/s の換算例

「テニスのサーブの球速 240km/h」
(1時間に240km進む速さ)

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

1秒間に
約67m進む速さ!



Link >>>



紙面右下のQRコードから、中学校の
復習コンテンツがご覧いただけます。

G 速度の合成

①直線上の速度の合成 図9②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。水の流がないとき(これを静水時という)の船の速度を v_1 [m/s]、流水の速度を v_2 [m/s] とすると、川岸で静止している人から見た船の速度 v [m/s] は次のように表される。

$$v = v_1 + v_2 \quad (4)$$

速度 v を、速度 v_1 と速度 v_2 の **合成速度** resultant velocity といい、合成速度を求めることを **速度の合成** という。上流に向かう場合には、同図①のようになる。

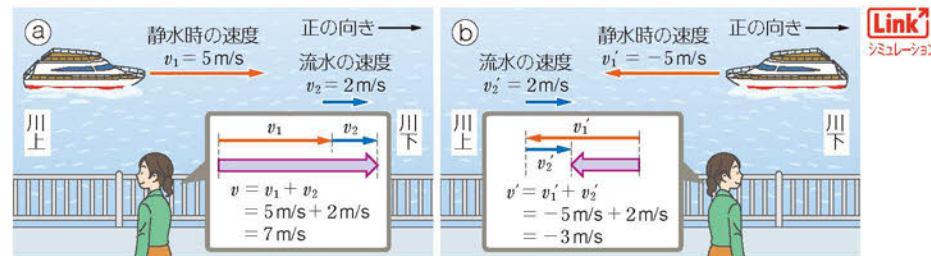


図9 川の流に対して平行に進む船の速度 初めに正の向きを決めてから考える。

問10 流水の速さが 1.5 m/s のまっすぐな川を静水時の速さが 5.0 m/s の船が進んでいる。下流に向かって進んでいるときと、上流に向かって進んでいるときの、川岸で静止している人から見た船の速さ(速度の大きさ)はそれぞれ何 m/s か。

発展 物理

②平面上の速度の合成 図10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]、流水の速度を $\vec{v}_2$ [m/s] とする。

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 ではなく C' へ到達する。よって、川岸で静止している人から見た船の速度(合成速度) $\vec{v}$ [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。つまり

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \quad (5)$$

ベクトルの扱い方については p.20 参照。

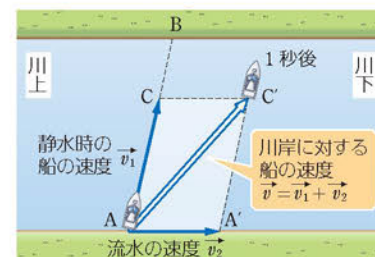
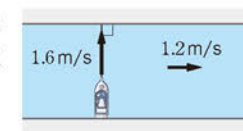


図10 川を横切って進む船の速度

問11 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]



③速度の分解 (5)式は、「1つの速度 $\vec{v}$ を2つの速度 $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$ に分解できる」ということを表していると考えてもよい。このような場合、速度を **分解** するといひ、分解した2つの速度を **分速度** components of the velocity という。

④速度の成分 速度の分解は、分解する2方向のとり方によって何通りでも考えられるが、図11のように、垂直な2方向(x軸方向とy軸方向)に分解すると、わかりやすくなることが多い。このとき、分速度 $\vec{v}_x$, $\vec{v}_y$ の大きさに、向きを表す正・負の符号をつけた値 v_x , v_y を、速度 $\vec{v}$ の **x成分**, **y成分** という。

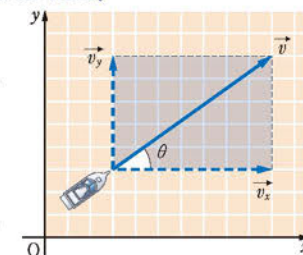


図11 速度の成分

速度 $\vec{v}$ (大きさ v) が x 軸の正の向きとなす角を θ 、 $\vec{v}$ の x 成分, y 成分をそれぞれ v_x , v_y とするとき、これらの間には次の関係が成り立つ ($\cos \theta$, $\sin \theta$ は三角関数)。

$$v_x = v \cos \theta, \quad v_y = v \sin \theta \quad (6)$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (7)$$

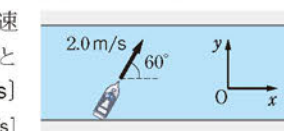
また、2つの速度 $\vec{v}_1$ (x成分 v_{1x} , y成分 v_{1y}), $\vec{v}_2$ (x成分 v_{2x} , y成分 v_{2y}) の合成速度 $\vec{v}$ の成分 v_x , v_y は、各成分の和で求められる。

$$v_x = v_{1x} + v_{2x}, \quad v_y = v_{1y} + v_{2y} \quad (8)$$

三角比 (→ p.292)
三角比の公式より
 $\sin \theta = \frac{v_y}{v}, \cos \theta = \frac{v_x}{v}$
よって
 $v_y = v \sin \theta, v_x = v \cos \theta$

三平方の定理 (→ p.297)
 $v^2 = v_x^2 + v_y^2$

問12 水の流がない水路を、船が図のような向きに速さ 2.0 m/s で進む。座標軸を図のように定めるとき、船の速度の x 成分 v_x [m/s], y 成分 v_y [m/s] を求めよ。 [v_x : 1.0 m/s, v_y : 1.7 m/s]



参考 ベクトルの扱い方

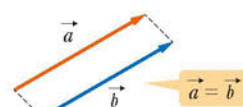
数学

「速度」「変位」、そして後で学ぶ「加速度」「力」のように、大きさと向きで定まる量を **ベクトル** といいます。ここでは、物理現象を理解する上で役に立つ数学の知識、ベクトルの基本について確認しましょう。



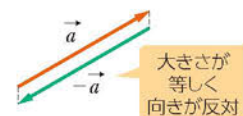
ベクトルの表し方

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。ベクトル $\vec{a}$ の大きさは、 $|\vec{a}|$ などと表される(図A)。



5

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。



10

①図A ベクトルの表し方

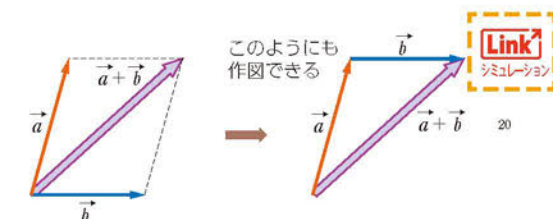
大きさが0のベクトルを **零ベクトル**(またはゼロベクトル) といい、 $\vec{0}$ と表す。零ベクトルの向きは考えない。

Point
「向きが反対」は「-」を使って表す。

15

ベクトルの和

$\vec{a}$ 、 $\vec{b}$ を合成したベクトルは、 $\vec{a}$ 、 $\vec{b}$ を隣りあう辺とする平行四辺形の対角線によって表される。これを **平行四辺形の法則** という(図B)。合成したベクトルを $\vec{a} + \vec{b}$ で表し、これを $\vec{a}$ と $\vec{b}$ の和という。

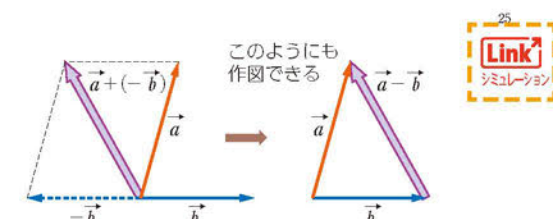


①図B ベクトルの和

Link
シミュレーション

ベクトルの差

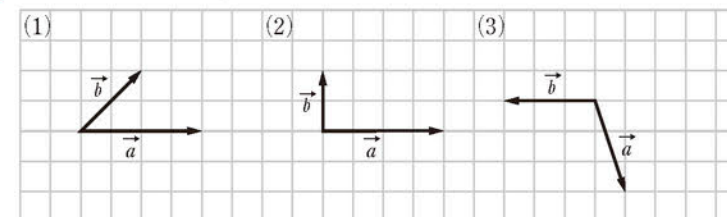
$\vec{b}$ の向きを反対にしたベクトルを、 $-\vec{b}$ と書く。 $\vec{a}$ と $\vec{b}$ の差 $\vec{a} - \vec{b}$ は、 $\vec{a} + (-\vec{b})$ と同じである(図C)。



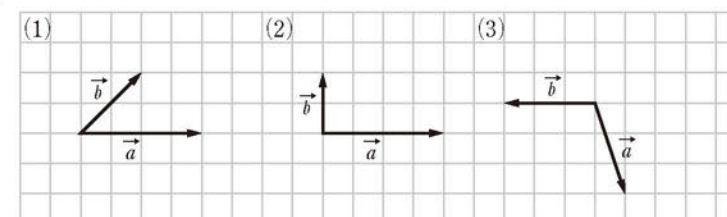
①図C ベクトルの差

Link
シミュレーション

問a 次の各場合について、2つのベクトルの和 $\vec{a} + \vec{b}$ を図示せよ。



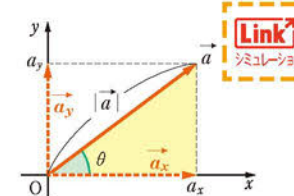
問b 次の各場合について、2つのベクトルの差 $\vec{a} - \vec{b}$ を図示せよ。



ベクトルの分解と成分

1つのベクトル $\vec{a}$ をいくつかのベクトルに分けることを、ベクトルの **分解** という。

ベクトルの分解方法は何通りもあるが、互いに垂直な x 軸、 y 軸方向に分解することが多い。それぞれの方向に分解されたベクトル $\vec{a}_x$ 、 $\vec{a}_y$ の大きさに、向きを表す正・負の符号をつけた値 a_x 、 a_y を、それぞれ



①図D ベクトルの成分

x成分、**y成分** という(図D)。ベクトルは成分を用いて $\vec{a} = (a_x, a_y)$ のように表すことができる。ベクトル $\vec{a} = (a_x, a_y)$ の大きさ $|\vec{a}|$ は、図Dの直角三角形について、三平方の定理を用いることにより

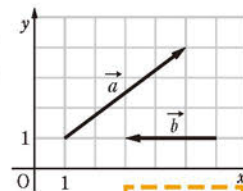
$$|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

となる。また、ベクトルの成分を用いると、ベクトルの和を求めることができる。

$\vec{a} = (a_x, a_y)$ 、 $\vec{b} = (b_x, b_y)$ の和 $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ の成分は、それぞれ各成分の和で求められる。つまり、 $\vec{c} = (a_x + b_x, a_y + b_y)$ となる。

問c 図のベクトル $\vec{a}$ 、 $\vec{b}$ について、次の問いに答えよ。

- (1) 各ベクトルの x 成分、 y 成分をそれぞれ求めよ。
- (2) 各ベクトルの大きさをそれぞれ求めよ。
- (3) ベクトル $\vec{a} + \vec{b}$ の x 成分、 y 成分を求めよ。
- (4) ベクトル $\vec{a} + \vec{b}$ の大きさを求めよ。



Link >>>

21

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

NEW!

色を対応させるなど、より図がわかりやすくなるよう工夫しました。

NEW!

H 相対速度

Link
Webサイト

①直線上の相対速度 「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 12 ③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。

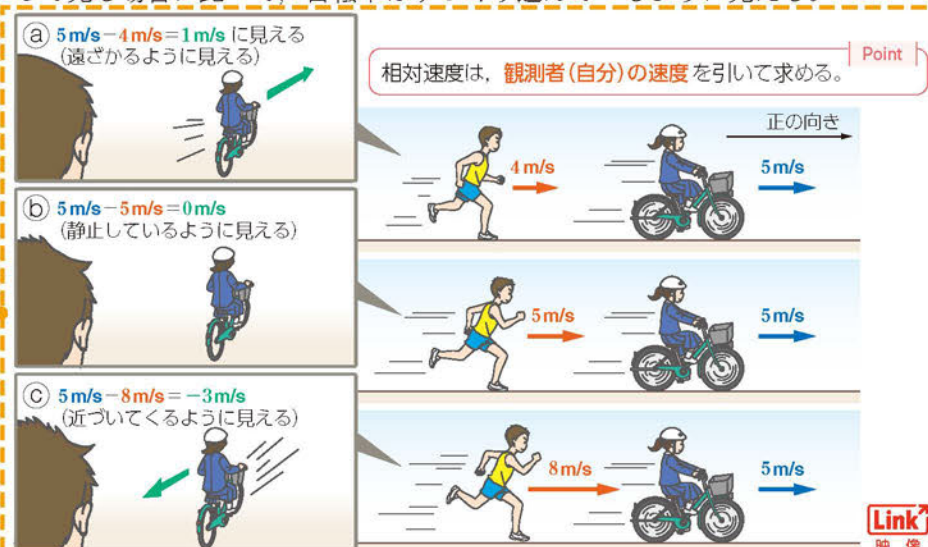


図 12 直線上の相対速度

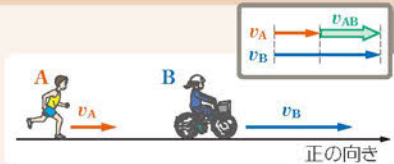
一般に、動く物体 A から観測した他の物体 B の速度のことを、A に対する B の **相対速度** という。相対速度は、物体(相手)の速度から観測者の速度を引くことによって得られる。

相対速度

$$v_{AB} = v_B - v_A \quad (9)$$

(相手) (観測者)

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

Link
解説動画

問 13 東西に通じる道路上を、次のように自転車 A, B が進むとき、自転車 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 3.0 m/s の速さ、B は東向きに 4.0 m/s の速さ
- (2) A は東向きに 3.0 m/s の速さ、B は西向きに 4.0 m/s の速さ

反復演習が有効な単位には「ドリル」コーナーを掲載(全 7 か所)。つまずきやすい内容もしっかり身につきます。

ドリル 相対速度

相対速度を考えるときは、まず状況を図に表してみましょう。



Step 1 正の向きを決める。

Step 2 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。※このとき、観測者 A と 相手 B の速度の符号に注意する。

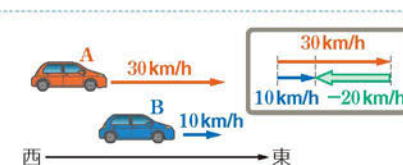
右の図の場合、東向きを正とすると、

A に対する B の相対速度は

$$v_{AB} = v_B - v_A$$

$$= 10 - 30 = -20 \text{ km/h}$$

よって 西向きに 20 km/h



問 a 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。

- (1) 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。
- (2) 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。

問 b 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。

- (1) 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。
- (2) 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。

問 c 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。

問 d 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。

問 e 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。

Link >>>



紙面右下の QR コードから、相対速度に関するドリルコンテンツをご利用いただけます。

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。

「有効数字」へのフォローを拡充しました。この Zoom では、実際の計算例を交えて解説しており、自学自習にもお使いいただけます。

NEW!

Zoom

計算と有効数字

第1編
運動とエネルギー

物理の問題を解く際に有効数字の考え方(→p.8)が必要になるときがあります。有効数字の扱い方を、簡単な問題を見て確認してみましょう。

- ①かけ算、わり算 …測定値の中で最も少ない有効数字の桁数(四捨五入した後)とする。
- ②足し算、引き算 …測定値の末位が最も高いものに合わせる。
- ③整数、無理数の扱い…測定値ではない整数や無理数は有効数字を考えない。無理数を計算で用いる場合、測定値の桁数よりも1桁程度多くとって計算する。

●基本的な計算と有効数字

例1 速さ 1.20 m/s で歩いたとき、9.0 秒間で歩いた距離は何 m か。

$$\text{解: } 1.20 \times 9.0 = 10.8 \div 11 \text{ m}$$

かけ算なので、最も少ない桁数に合わせる。

例2 自転車Aが東向きに 13 km/h で進み、人Bが東向きに 7.8 km/h で走った。東向きを正としたときの人Bに対する自転車Aの相対速度は何 km/h か。

$$\text{解: } 13 - 7.8 = 5.2 \div 5 \text{ km/h}$$

引き算なので、末位が最も高い位に合わせる。

例3 雨が鉛直(真下)に降る中を、電車がまっすぐで水平な線路上を一定の速さ 10 m/s で走っている。雨滴の落下の速さを 10 m/s とすると、電車内の人から見たときの、雨滴の速さを求めよ(→p.24 例題1)。

$$\text{解: } 10 \times \sqrt{2} \div 10 \times 1.41 = 14.1 \div 14 \text{ m/s}$$

無理数は測定値ではないので、測定値より1桁程度多くとる。

●連続した計算と有効数字

例1 速さ 11.1 m/s で 3.0 秒間進み、その後、速さ 4.5 m/s で 2.0 秒間進んだ。進んだ合計の距離 x (m) を求めよ。

$$\text{解: } x = 11.1 \times 3.0 + 4.5 \times 2.0$$

$$= 33.3 + 9.0 = 42.3 \div 42 \text{ m}$$

[11.1 × 3.0] は四捨五入せずに [33.3] で計算するが、有効数字が2桁、つまり、末位は1の位である。

例2 速さ 3.0 m/s で 8.0 m 進むのにかかった時間 t (s) を求めよ。また、それと同じ時間 t (s) の間に、速さ 2.8 m/s で進んだ距離 y (m) を求めよ。

$$\text{解: } t = \frac{8.0}{3.0} = 2.66 \div 2.7 \text{ s}$$

$$y = 2.8 \times t = 2.8 \times \frac{8.0}{3.0} = \frac{22.4}{3.0} = 7.46 \div 7.5 \text{ m}$$

代入する値が四捨五入されて得られた値の場合、四捨五入する前の値、またはその値の計算式を、代入するとよい。

- 1 2桁以上多くとらないと計算結果がずれる場合もある(例: $40 \times 1.41 = 56.4 \div 56$, $40 \times 1.414 = 56.56 \div 57$)。
- 2 四捨五入する前の値を測定値の桁数よりも1桁多くとって代入することもあるが、計算結果が上記の方法とはずれる場合があるので注意する($y = 2.8 \times 2.66 = 7.448 \div 7.4 \text{ m} \neq 7.5 \text{ m}$)。

②平面上の相対速度 両物体の進む方向が異なる場合の相対速度は、(9)式を速度ベクトルに置きかえることによって得られる。

図13のように、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。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、次のように求められる。

$$\vec{v}_{AB} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$$

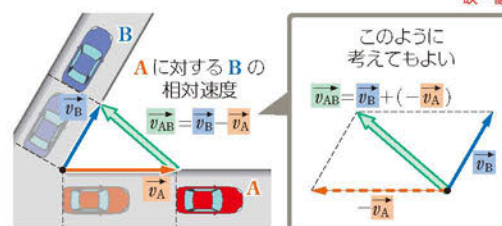


図13 平面上の相対速度

例題1 相対速度

雨が鉛直(真下)に降る中、電車がまっすぐで水平な線路上を一定の速さ 10 m/s で走っている。雨滴の落下の速さを 10 m/s とすると、電車内の人から見たときの、雨滴の速さと、雨滴の落下方向と鉛直方向とがなす角の大きさを求めよ。

指針 電車の速度を $\vec{v}_A$ 、雨滴の速度を $\vec{v}_B$ とすると、電車内の人から見た雨滴の相対速度は $\vec{v}_{AB} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$ となる。

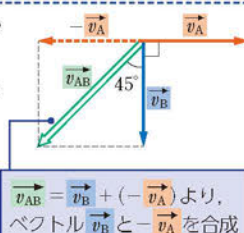
解 図より、雨滴の落下方向と鉛直方向とがなす角の大きさは 45° である。 $\vec{v}_{AB}$ の大きさは

$$10 \times \sqrt{2}$$

$$= 10 \times 1.41 \dots$$

$$\div 14 \text{ m/s}$$

「有効数字2桁×無理数」なので、有効数字は2桁で答えればよい。(→次ページ Zoom)



類題1 雨が鉛直に降る中、電車がまっすぐで水平な線路上を一定の速さで走っている。このとき、電車内の人が見る雨滴の落下方向は、鉛直方向と 60° の角をなしていた。雨滴の落下の速さを 10 m/s とするとき、電車の速さを求めよ。 [17 m/s]

ヒント まず、電車の速度を $\vec{v}_A$ 、雨滴の速度を $\vec{v}_B$ とおき、各ベクトルを図に表す。

1 学んだことを説明してみよう

- 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。



④平面運動の加速度 図19のように、平面上を運動している物体の加速度を考えると、(11)式の加速度と速度を、平面上のベクトルとして考えればよい。

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (12)$$

平面運動では、速さが変わらない場合でも、向きが変われば、速度が変化することになる。つまり、加速度運動となる。

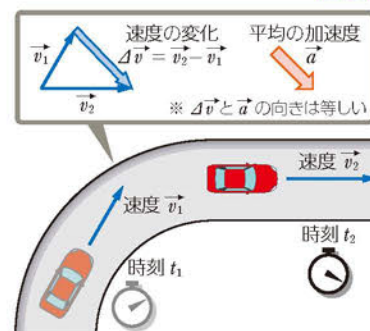
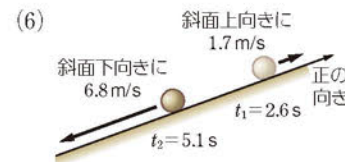
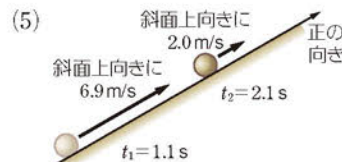
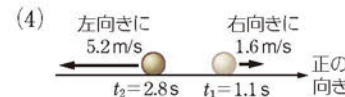
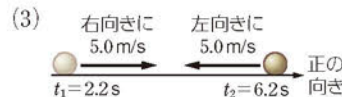
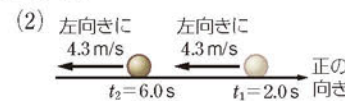
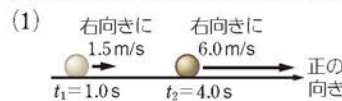


図19 平面上の加速度

ドリル 加速度

問a 次の各場合について、時刻 $t_1 \sim t_2$ 間の平均の加速度を求めよ。ただし、図で、「正の向き」と示した矢印の向きを正の向きとする。



平均の加速度(→ p.26)

$$\vec{a} = \frac{\text{速度の変化}}{\text{経過時間}} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$



加速度の単位にも「ドリル」コーナーを掲載。
つまづきやすい計算を反復練習できます。

B 等加速度直線運動

①斜面を降下する運動 図20のように、斜面を降下する小球を観察してみよう。小球が徐々に速くなっていくようすがわかる。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

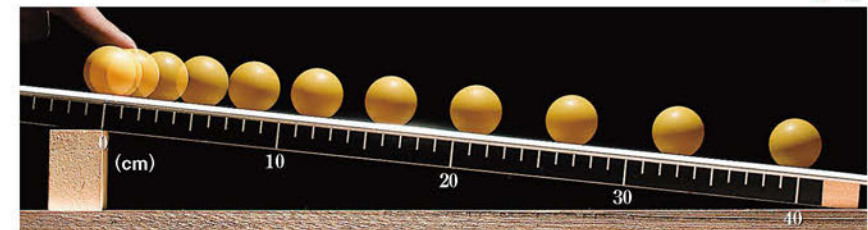


図20 斜面を降下する小球の運動のストロボ写真(発光間隔0.10秒)

A 実験1 斜面を降下する台車の運動



【目的】 記録タイマー(→次ページ 参考)を用いて、斜面上の台車の運動を調べる。

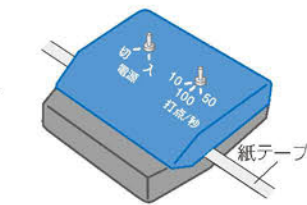
見方・考え方① 物体の速度と時間の関係について考える。

【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】

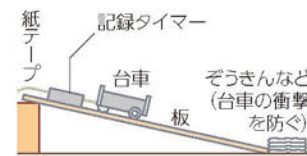
①紙テープの端を斜面(傾き 10° 程度)の上端付近に固定した記録タイマーに通し、台車の後部に取り付ける。



図A 記録タイマー

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(→次ページ 参考 図B)。



図B 斜面上の台車

④各区間の平均の速さを求め(→次ページ 参考)、横軸に時間、縦軸に台車の速さをとったグラフをかく。

【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。



紙面右下のQRコードから、実験映像
をご覧ください。

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 21 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。

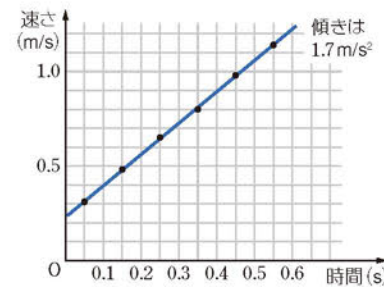


図 21 台車の速さと時間の関係

参考 記録タイマーと運動の分析

記録タイマー

記録タイマーは、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)装置である(図 A)。打点間隔が、時間間隔ごとの移動距離に対応する。

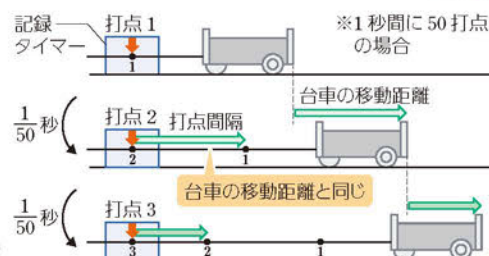


図 A 記録タイマーの打点間隔と台車の移動距離

運動の分析

図 B のように、紙テープに記録された打点から、各区間における平均の速さを求めることができる。下のような表を作成し、 $v-t$ 図をかく。

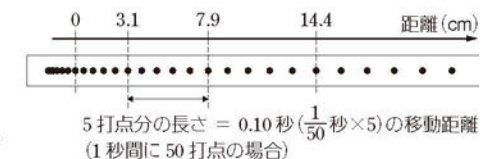
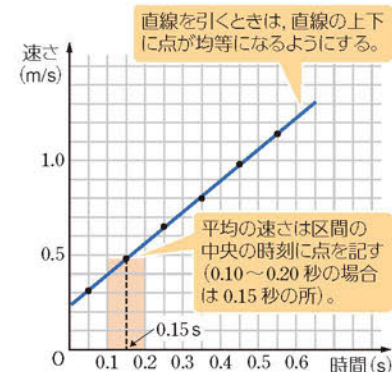


図 B 打点の例 はっきりした点を基準にとり、一定の打点間隔で基準点からの距離をはかる。

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	0.031	0.31
0.10	0.031	0.048	0.48
0.20	0.079	0.065	0.65
0.30	0.144	0.080	0.80
0.40	0.224	0.098	0.98
0.50	0.322	0.114	1.14
0.60	0.436		



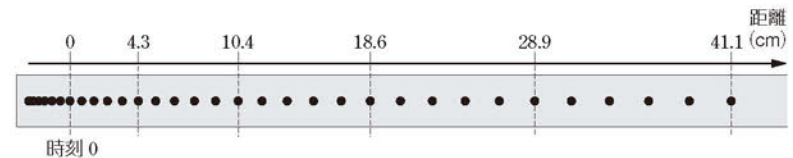
実験データを分析してみよう

斜面を降下する台車の運動

→ p.29 実験 1

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。



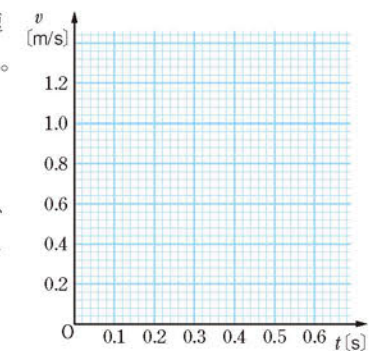
分析

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、各時刻と基準点からの距離を表の中にかきこもう。

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)

手順 2 各区間の移動距離(m)、平均の速さ(m/s)を表の中にかきこもう。

手順 3 完成した表を用いて、台車の速さと時間の関係を表す $v-t$ 図をかこう。

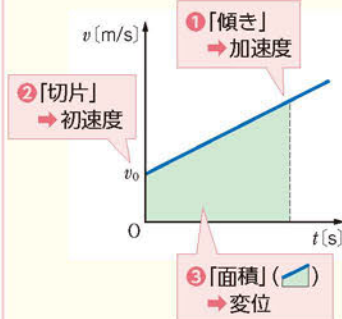


手順 4 手順 3 でかいたグラフから、台車の速さと時間の間にはどのような関係があると考えられるだろうか。



グラフの Point

■ 等速直線運動、等加速度直線運動の $v-t$ 図



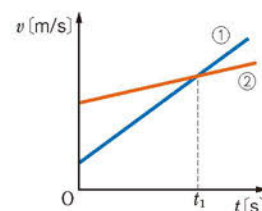
注目するポイント

- 「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
- 「切片」は初速度を表す
- 「面積」() は変位を表す

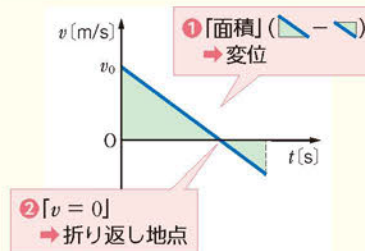
グラフの Q & A [Link](#) ドリル

右のグラフを見て考えてみよう。

- Q1. 加速度が大きいのは？ → 傾きが大きい ①
- Q2. 初速度が大きいのは？ → 切片が大きい ②
- Q3. 時刻 $0 \sim t_1$ で進んだ距離が大きいのは？
→ $0 \sim t_1$ での面積が大きい ②



■ 加速度が負の場合の $v-t$ 図



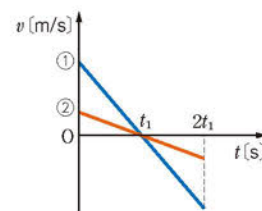
注目するポイント

- 「面積」() は変位を表す
面積 (正の向き) : 正の向きへの移動距離
面積 (負の向き) : 負の向きへの移動距離
- $v = 0$ の点は運動の折り返し地点を表す

グラフの Q & A [Link](#) ドリル

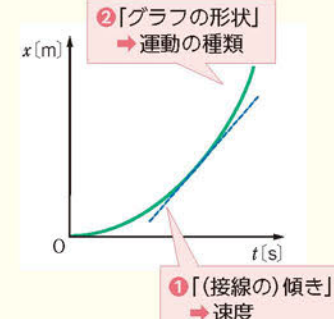
右のグラフを見て考えてみよう。

- Q1. 運動の折り返し地点での変位が大きいのは？
→ 時刻 $0 \sim t_1$ での面積が大きい ①
- Q2. 時刻 $2t_1$ での変位が大きいのは？
→ ①, ②ともに変位が 0 なので **どちらも同じ**



等速直線運動、等加速度直線運動の $v-t$ 図, $x-t$ 図

■ 等速直線運動、等加速度直線運動の $x-t$ 図



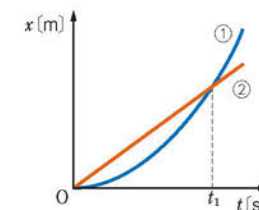
注目するポイント

- 「(接線の) 傾き」は速度を表す
- 「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

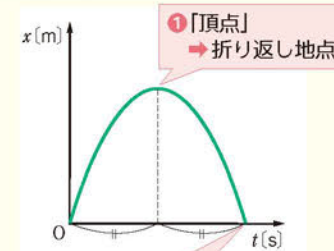
グラフの Q & A [Link](#) ドリル

右のグラフを見て考えてみよう。

- Q1. 時刻 t_1 での速度が大きいのは？
→ 接線の傾きが大きい ①
- Q2. 等速直線運動しているのは？
→ グラフが 1 次関数である ②



■ 加速度が負の場合の $x-t$ 図



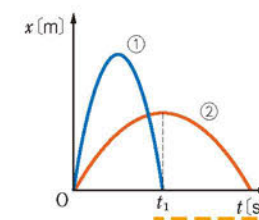
注目するポイント

- 「頂点」は運動の折り返し地点を表す
- 「折り返し地点に達する時間」× 2 でもとの地点にもどる

グラフの Q & A [Link](#) ドリル

右のグラフを見て考えてみよう。

- Q1. 時刻 t_1 で運動の折り返し地点にいるのは？
→ 時刻 t_1 で頂点となる ②
- Q2. t_1 の半分の時刻での①の速度は？
→ ①の頂点となるので **0 m/s**



[Link](#) >>>



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

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

例題 2 等加速度直線運動の式

一直線上を速さ 10.0 m/s で進んでいた自動車が増速した。3.0 秒後に 16.0 m/s の速さになった。

- (1) このときの加速度の大きさを求めよ。
- (2) 自動車が増速している間に進んだ距離を求めよ。
- (3) このうち自動車が急ブレーキをかけて、一定の加速度で減速し、40 m 進んで停止した。このときの加速度の向きと大きさを求めよ。

指針 初速度の向きを正と置いて、速度や加速度の符号に注意して式に代入する。

解 (1) 加速度を a [m/s²] とする。[$v = v_0 + at$] (p.32(13)式) より

$$16.0 = 10.0 + a \times 3.0 \quad \text{よって} \quad a = 2.0 \text{ m/s}^2$$

(2) 進んだ距離を x [m] とする。[$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$] (p.32(14)式) より

$$x = 10.0 \times 3.0 + \frac{1}{2} \times 2.0 \times 3.0^2$$

$$\text{よって} \quad x = 39 \text{ m}$$

(3) 加速度を a' [m/s²] とする。

$$[v^2 - v_0^2 = 2ax] \text{ (p.32(15)式) より}$$

$$0^2 - 16.0^2 = 2a' \times 40$$

$$\text{よって} \quad a' = -3.2 \text{ m/s}^2$$

ゆえに、運動の向きと逆向きに大きさ 3.2 m/s²

計算すると
30 (1の位) + 9.0 (小数第1位)
となるので、結果は1の位
までとする(→p.8)。

「停止した」
→最終的な速度は0

類題 2 一直線上を速さ 4.0 m/s で右向きに進み始めた物体が、等加速度直線運動をして 3.0 秒後に左向きに速さ 2.0 m/s となった。

- (1) 物体の加速度の向きと大きさを求めよ。
- (2) 物体の速さが 0 m/s になるのは、物体が進み始めてから何秒後か。
- (3) 物体が速さ 0 m/s になるまでに進む距離を求めよ。

ヒント 正の向きを決め、速度や加速度の符号に注意して式に代入する。

参考 等加速度直線運動と2次関数

等加速度直線運動の変位の式

[$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$] は、 t の2次関数である
(2次関数のグラフの曲線を放物線という)。

例えば、例題3では $v_0 = 8.0 \text{ m/s}$ 、
 $a = -2.0 \text{ m/s}^2$ を変位 x の式に代入すると

$$x = 8.0 \times t + \frac{1}{2} \times (-2.0) \times t^2$$

$$x = -(t - 4.0)^2 + 16$$

となる。この式より、 $t = 4.0 \text{ s}$ において、
 x は最大値 16 m となる。ことがわかる。

2次関数のグラフ

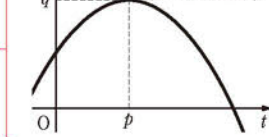
$x = a(t-p)^2 + q$ のグラフの

軸は $t = p$ 、頂点は点 (p, q)

$a > 0$ → 下に凸の放物線

$a < 0$ → 上に凸の放物線

$x = a(t-p)^2 + q$
($a < 0$ の場合)



数学

すべての「例題」に「解説動画」を用意。(→詳しくは68)
紙面の右下のQRコードから、実際に解説動画をご覧いただけます。

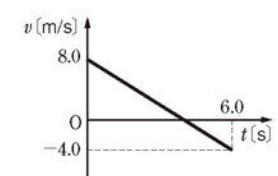
NEW!

Link
解説動画

例題 3 等加速度直線運動のグラフ

図は、 x 軸上を等加速度直線運動している物体が、原点を時刻 0 s に通過した後の 6.0 秒間の速度と時間の関係を表す $v-t$ 図である。

- (1) 物体の加速度 a [m/s²] を求めよ。
- (2) 物体が原点から最も遠ざかる時の時刻 t_1 [s] と、その位置 x_1 [m] を求めよ。
- (3) 6.0 秒後の物体の位置 x_2 [m] を求めよ。
- (4) 経過時間 t [s] と物体の位置 x [m] の関係をグラフに表せ。



指針 $v-t$ 図の傾きは加速度を表す。また、 $v-t$ 図の面積から変位が求められる。

解 (1) a は、 $v-t$ 図の傾きで表されるので

$$a = \frac{(-4.0) - 8.0}{6.0 - 0} = \frac{-12.0}{6.0} = -2.0 \text{ m/s}^2$$

(2) 速度が 0 m/s となると、物体は最も遠ざかる。
[$v = v_0 + at$] (p.32(13)式) より

$$0 = 8.0 + (-2.0) \times t_1$$

$$\text{よって} \quad t_1 = 4.0 \text{ s}$$

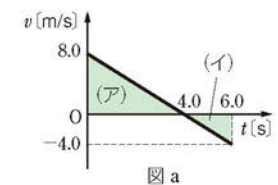
x_1 は、図 a の(ア)の面積に等しいので

$$x_1 = \frac{1}{2} \times 4.0 \times 8.0 = 16 \text{ m}$$

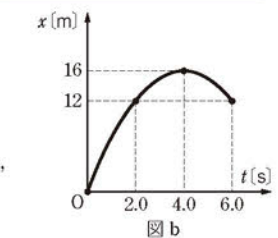
(3) x_2 は図 a の「(ア)の面積 - (イ)の面積」より

$$x_2 = 16 - \frac{1}{2} \times 2.0 \times 4.0 = 12 \text{ m}$$

(4) $t = 0 \text{ s}, 2.0 \text{ s}, 4.0 \text{ s}, 6.0 \text{ s}$ での x の値を求め、
 $x-t$ 図に点を記して各点を結ぶと、図 b のような放物線(→p.38 参考)の一部となる。

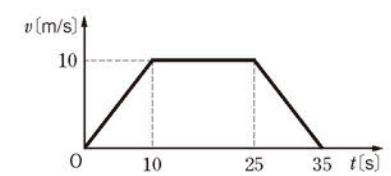


「最も遠ざかる時」→速度0
(それ以上、先には進まない)



類題 3 図は、エレベーターが上昇するときの速度と経過時間の関係を表す $v-t$ 図である。

- (1) この運動の、加速度と経過時間の関係を表す $a-t$ 図をつくれ。
- (2) エレベーターが 35 秒間に上昇した高さ h [m] を求めよ。



ヒント グラフの縦軸は、エレベーターの高さではなく、速度 v であることに注意する。

2 学んだことを説明してみよう

加速度

- (1) 「自動車の発進時の加速度の大きさが 2.0 m/s²」とはどういう意味か。
- (2) x 軸上の原点を正の向きに通過した物体が、負の加速度で等加速度直線運動をする。物体の速度は時間とともにどのように変化するか。



Link >>>

一部の例題には、問題文の数値を替えられるシミュレーションを用意しました。紙面右下のQRコードからご利用いただけます。

NEW!

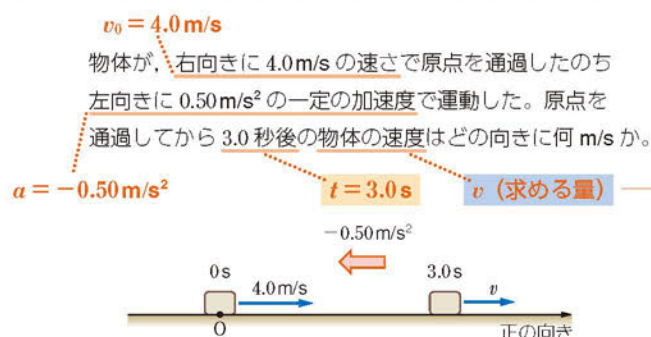
ドリル 等加速度直線運動の式

Link
ドリル

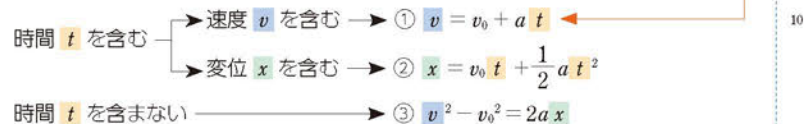
物理の問題では、起こっている現象を考えずに、いきなり式を立てようとしてはいけません。問題文をていねいに読み、状況を把握した上で、式や法則を用いることが大切です。



Step 1 正の向きを確認し、問題文から物理量を読み取る(状況を図に表すとよい)。



Step 2 問題文に出てくる物理量(特に時間 t)に応じて式を選ぶ。



Step 3 符号に注意して式に代入する。

問 a x 軸上を等加速度直線運動する物体について、次の問いに答えよ。

- (1) 加速度が正の向きに 1.5 m/s^2 とする。正の向きに 2.0 m/s の速さで原点を通過してから 4.0 秒後の速度はどの向きに何 m/s か。
- (2) 加速度が負の向きに 3.0 m/s^2 とする。正の向きに 8.0 m/s の速さで原点を通過してから 2.0 秒間運動した。この間の変位はどの向きに何 m か。
- (3) 正の向きに 10.0 m/s の速さで原点を通過してから 8.0 m 進んだとき、正の向きに 6.0 m/s の速さであった。この運動の加速度はどの向きに何 m/s^2 か。

問題文には、物体の運動を知るために必要な情報が書かれています。次のような表現に注意しましょう。



- 「静止していた物体が動き始めた」 → 初速度は 0
- 「物体が停止した」 → 最終的な速度が 0
- 「物体がもとの位置にもどった」 → 物体の変位は 0

問 b x 軸上を等加速度直線運動する物体について、次の問いに答えよ。

- (1) 静止していた物体が正の向きに 5.0 m/s^2 の加速度で動き始めた。速度が正の向きに 16 m/s となるまでの時間は何秒か。
- (2) 加速度が負の向きに 1.2 m/s^2 のとき、原点を通過してから 5.0 秒後の速度が負の向きに 2.0 m/s となった。初速度はどの向きに何 m/s か。

問 c x 軸上を等加速度直線運動する物体について、次の問いに答えよ。

- (1) 正の向きに 10 m/s の速さで原点を通過してから、 4.0 秒間で 60 m 進んだ。この運動の加速度はどの向きに何 m/s^2 か。
- (2) 正の向きに 20 m/s の速さで原点を通過してから 5.0 秒後にもとの位置にもどった。この運動の加速度はどの向きに何 m/s^2 か。

問 d x 軸上を等加速度直線運動する物体について、次の問いに答えよ。

- (1) 正の向きに 4.0 m/s の速さで原点を通過してから 16 m 進んだ所で停止した。この運動の加速度はどの向きに何 m/s^2 か。
- (2) 正の向きに 5.0 m/s の速さで原点を通過した物体が、負の向きに 4.0 m/s^2 の加速度で運動し、やがて速度は負の向きに 3.0 m/s になった。この間の変位はどの向きに何 m か。

問 e x 軸上を運動する物体を考える。正の向きに 6.0 m/s の速さで原点を通過した物体が、一定の加速度で運動し、 12 m 進んで停止した。

- (1) このときの加速度はどの向きに何 m/s^2 か。
- (2) 12 m 進むのにかかる時間は何秒か。



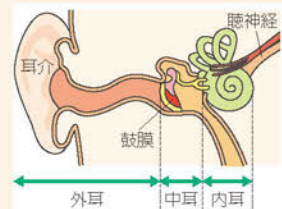
コラム

加速度の感知

生物

スマートフォンは本体の向きを変えるだけで写真や動画の向きを変えることができる。これは「加速度センサー」のおかげである。加速度を検出することで向きを変えるように設定されている。

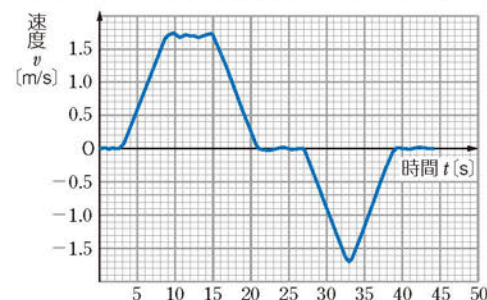
人間にも「加速度センサー」のような器官があり、加速度を感知している。この器官を「内耳」という。ここで直線的な加速度や回転の際に生じる加速度を感知している。頭を動かしていても視点がずれないのは、この器官のはたらきによるものである。



図A 耳の構造

思考学習 エレベーターの運動

Kさんは、スマートフォンの機能を利用して、エレベーターの速度と経過時間の関係を調べようと考えた。Kさんはあるビルのエレベーターを使って1階から7階までのぼり、一度停止した後、さらに別の階に移動するまでのデータを記録した。それをグラフに表すと図Aのようになった。

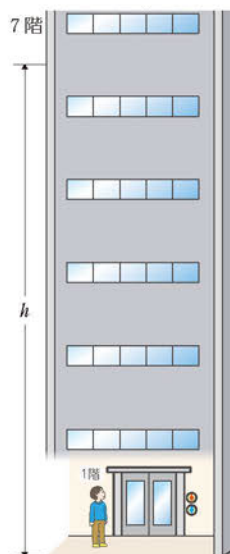


図A エレベーターの速度の時間変化

【考察①】エレベーターが初めに加速する間の加速度の大きさは、ほぼ一定とみなせる。その大きさはおおよそ何 m/s^2 だろうか。

【考察②】このグラフより、地上から7階下部までの高さ h [m] はおおよそ何 m と考えられるだろうか。

【考察③】Kさんが記録し終わったときにいるのは何階だろうか。各階の高さは同じものとする。



3 落体の運動

水泳の飛び込み競技で、選手の落下速度は飛びだしてから着水するまでどのように変化するだろうか。この節では、落下する物体の運動を理解しよう。

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。

自由落下をする球のストロボ写真(図28)を分析すると、球の加速度が鉛直下向きで一定の大きさであることがわかる。球の質量を変えても運動のようすは変わらない。自由落下の加速度を重力加速度といい、その大きさを g [m/s^2] で表す。地球上では、 g の値は約 9.8 m/s^2 である(図29)。なお、木の葉の落下など、空気の抵抗が無視できない場合には加速度は一定にはならない。そのような場合については、100ページで学ぶ。

重力加速度の大きさを、実験によって測定してみよう。

オスロ(ノルウェー)
北緯 $59^\circ 55'$
 $g = 9.8191 \text{ m/s}^2$

マニラ(フィリピン)
北緯 $14^\circ 35'$
 $g = 9.7834 \text{ m/s}^2$

シンガポール
北緯 $1^\circ 18'$
 $g = 9.7807 \text{ m/s}^2$

昭和基地
南緯 $69^\circ 01'$
 $g = 9.8252 \text{ m/s}^2$

図29 各地の重力加速度の大きさ 重力加速度の大きさは、場所によってわずかに異なる。

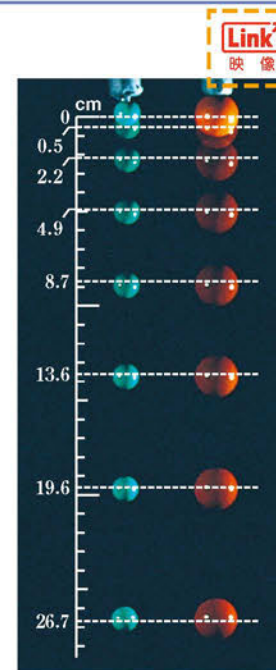
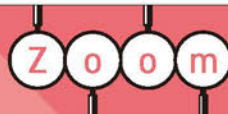


図28 自由落下のストロボ写真(発光間隔 $\frac{1}{30}$ 秒) 2つの球の質量は異なるが、同じように落下する。

地名	緯度(北緯)	g [m/s^2]
札幌	$43^\circ 04'$	9.8048
仙台	$38^\circ 15'$	9.8007
金沢	$36^\circ 33'$	9.7984
羽田	$35^\circ 33'$	9.7976
名古屋	$35^\circ 09'$	9.7973
京都	$35^\circ 02'$	9.7971
広島	$34^\circ 22'$	9.7966
福岡	$33^\circ 36'$	9.7963
那覇	$26^\circ 12'$	9.7910



Link >>>



三角比と力の成分



力を互いに垂直な2方向に分解する場合、力の成分は $\sin \theta$ や $\cos \theta$ を用いて表すのが一般的です(→ p.65)。ただし、角 θ が具体的に与えられた場合には、 $\sin \theta$ 、 $\cos \theta$ を使わずに力の成分を求めることもできます。



力の成分の求め方 ① 直角三角形の辺の長さの比を用いる方法

特別な角 (30° 、 45° 、 60°) の場合には、直角三角形の辺の長さの比を用いて、力の成分を求めることができる。

右下の図の場合、力 $\vec{F}$ の x 成分 F_x は

$$F_x : 20 = \sqrt{3} : 2 \text{ より}$$

$$F_x \times 2 = 20 \times \sqrt{3}$$

ゆえに

$$F_x = 10\sqrt{3} \approx 17 \text{ N}$$

同様に、 y 成分 F_y は

$$F_y : 20 = 1 : 2 \text{ より}$$

$$F_y = 10 \text{ N}$$

補足 比例式の計算

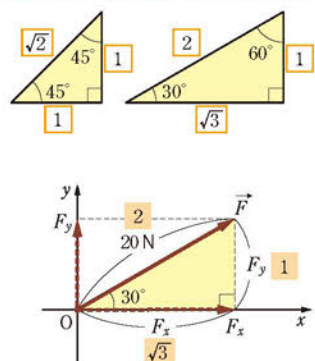
$p : q = r : s$ のとき

$p \times s = q \times r$

補足 平方根の値

$\sqrt{2} = 1.41 \dots$

$\sqrt{3} = 1.73 \dots$



力の成分の求め方 ② 三角比を用いる方法

力の成分を求めるとき、数学の知識「三角比」が役に立つ。左下の図のような直角三角形では、角 θ が決まると、三角形の大きさとは関係なく、辺の長さの比が決まる。そこで

$$\text{辺の長さの比 } \frac{a}{c} = \sin \theta$$

$$\text{辺の長さの比 } \frac{b}{c} = \cos \theta$$

$$\text{辺の長さの比 } \frac{a}{b} = \tan \theta$$

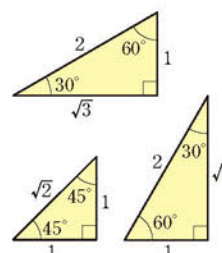
とし、これらを **三角比** という。

力 $\vec{F}$ の大きさ F と角 θ がわかれば、右上の図のように力の成分を求めることができる。

$$\cos \theta = \frac{F_x}{F} \text{ より } F_x = F \cos \theta \quad \sin \theta = \frac{F_y}{F} \text{ より } F_y = F \sin \theta$$

表A 三角比の値の例 $\theta = 90^\circ$ では $\tan \theta$ を定義しない。

θ	0°	30°	45°	60°	90°
$\sin \theta = \frac{a}{c}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos \theta = \frac{b}{c}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{2}$	0
$\tan \theta = \frac{a}{b}$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	

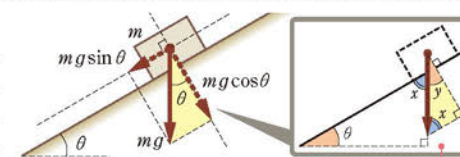


力の成分の求め方 ③ 斜面上の物体にはたらく力の分解

斜面上の物体の場合、物体にはたらく力は斜面に平行な方向と、斜面に垂直な方向に分けて考えることが多い。傾きの角が θ の斜面上で質量 m の物体にはたらく重力 mg は次のように分解できる。

斜面に平行な方向： $mg \sin \theta$

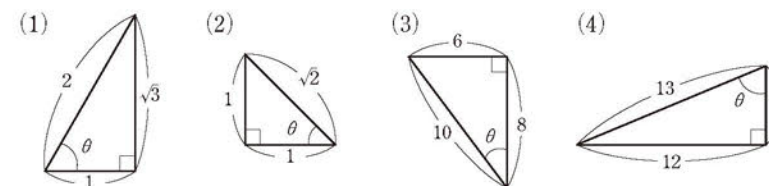
斜面に垂直な方向： $mg \cos \theta$



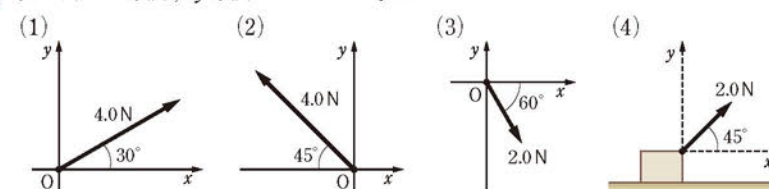
補足 角 y が θ になる理由

錯角により等しい2角を x とおく。左の三角形より $\theta + x = 90^\circ$ 、右の三角形より $y + x = 90^\circ$ よって $y = \theta$

問A 次の角 θ について、 $\sin \theta$ 、 $\cos \theta$ 、 $\tan \theta$ を求めよ(答えの分数、根号はそのままでよい)。



問B 次の力の x 成分、 y 成分をそれぞれ求めよ。



参考 三角比の値の調べ方

実験などでは 30° 、 45° 、 60° 以外の角について扱うことも多い。そのような場合、299 ページの三角比の表を用いると便利である。例えば $\cos 25^\circ$ の場合、右のように調べるができる。

三角比の値は、インターネットや関数電卓を用いて調べることもできる(関数電卓の機能が搭載されたスマートフォンもある)。

角の単位 rad については p.294 参照

角	度	rad	正弦 sin	余弦 cos	正接 tan
	0°	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
	1°	0.01745	0.01745	0.99985	0.01746
	2°	0.03491	0.03490	0.99939	0.03492
	24°	0.41888	0.40674	0.91355	0.44523
	25°	0.43633	0.42262	0.90631	0.46631
	26°	0.45379	0.43837	0.89879	0.48773



数学の進度に配慮し、三角比 sin, cos を用いた解法に加え、**三角比を使わない解法を「別解」として掲載**しました。柔軟な指導が可能です。

「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。

例題 8 力のつりあい②

傾きの角 30° のなめらかな斜面上に重さ 20N の物体を置き、斜面にそって上向きに糸で引いて静止させる。糸が引く力の大きさ $T[\text{N}]$ と、物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさ $N[\text{N}]$ を求めよ。

指針 物体にはたらく力をすべてかく。重力を斜面に平行な方向と垂直な方向に分解するとよい。図のように補助線を引いて直角三角形をつくり、角の関係を考える(→ p.67 Zoom)。

解 斜面に平行な方向の力のつりあいより

$$T - 20 \sin 30^\circ = 0 \quad \text{よって} \quad T = 10\text{N}$$

斜面に垂直な方向の力のつりあいより

$$N - 20 \cos 30^\circ = 0$$

$$\text{よって} \quad N = 20 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 17\text{N}$$

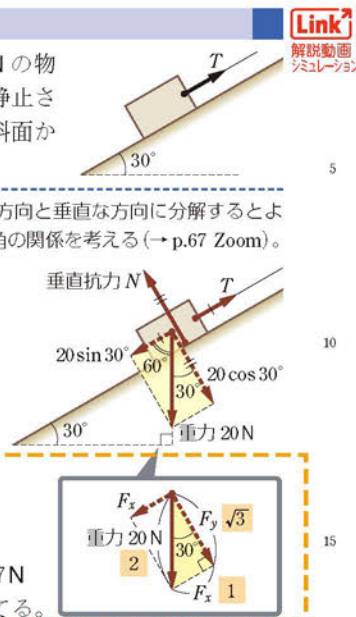
別解 重力の、斜面に平行な成分の大きさ F_x

と、垂直な方向の成分の大きさ F_y は

$$F_x : 20 = 1 : 2 \quad \text{より} \quad F_x = 10\text{N}$$

$$F_y : 20 = \sqrt{3} : 2 \quad \text{より} \quad F_y = 10\sqrt{3} \approx 17\text{N}$$

これらを用いて、力のつりあいの式を立てる。



類題 8

傾きの角 θ のなめらかな斜面上に質量 $m[\text{kg}]$ の物体を置き、斜面にそって上向きに力を加えて静止させる。加えた力の大きさ $F[\text{N}]$ と、物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさ $N[\text{N}]$ を求めよ。重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ とする。

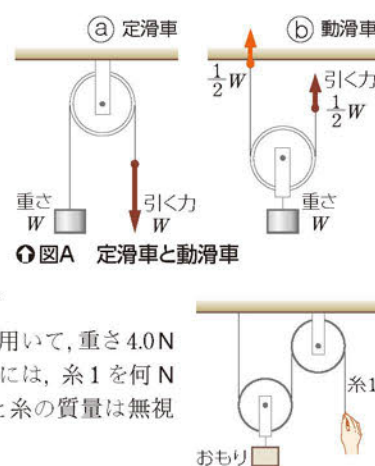
ヒント 重力(大きさ $mg[\text{N}]$)を斜面に平行な方向と垂直な方向に分解する。

参考 定滑車と動滑車

滑車は、物体を引く力の向きを変えられることのできる道具である。

滑車には、図 A ④のように固定された定滑車や、同図 ⑤のように固定されていない動滑車がある。軽い動滑車(→ p.88 用語)では、2本の糸で支えるため、物体の重さの半分の大きさの力で支えることができる。

問 a 図のような定滑車と動滑車を用いて、重さ 4.0N のおもりを支えて静止させるには、糸 1 を何 N の力で引けばよいか。滑車と糸の質量は無視する。



C 作用と反作用

①作用反作用の法則

図 50 のように、氷上でスケートをはいた人

A が人 B を押すと、B は右向きに動きだすが、このとき同時に A は

左向きに動きだす。これは、A が B を力 $\vec{F}_B$ で押しているときには、A も B から力 $\vec{F}_A$ ($\vec{F}_A = -\vec{F}_B$ となる力)を受けているためである。

このように、力は 1 つの物体に一方的にはたらくのではなく、必ず 2 つの物体の間で互いに及ぼしあってはたらく。このような 2 つの力のうち的一方を **作用** といい、他方を **反作用** という。

一般に、次に示す **作用反作用の法則** (または **運動の第三法則**) が成り立つ。
law of action and reaction Newton's third law of motion → p.81

作用反作用の法則

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

作用・反作用の 2 力は「同時に」はたらく。

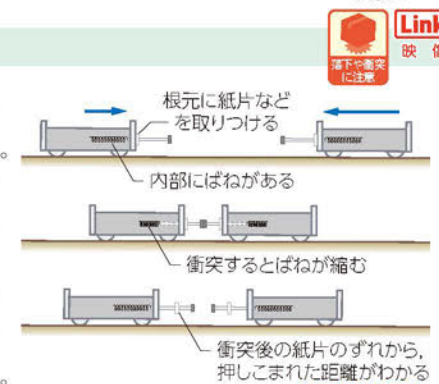
例えば、人が黒板を押しているとき、「同時に」黒板も人を押している。

作用反作用の法則が成りたっているかを、実験で確認してみよう。

実験 5 作用反作用の法則

①ばねにつながれた棒が取り付けられた 2 台の同じ台車を衝突させる。棒が押しこまれた距離(ばねが縮んだ距離)が、台車が受ける力の大きさに比例する。

②台車の質量や速さなどの条件を変え、台車が及ぼしあう力の大きさが常に等しいかを確認してみよう。



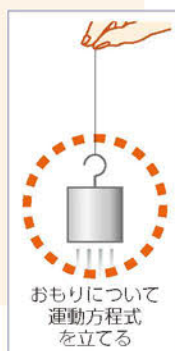
紙面右下の QR コードから、実験映像がご覧いただけます。

特集 運動方程式の立て方

● 物体を糸で上向きに引くときの運動

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 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.74 物体が受ける力の見つけ方



5

10

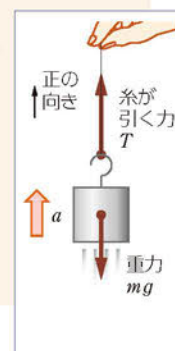
運動方程式「 $ma = F$ 」(力 F と質量 m と加速度 a の間に成り立つ関係式)により、ある瞬間で物体にはたらく力がわかれば、その物体の質量をふまえて、物体の運動(加速度)を見抜くことができます。
この重要な事実を基礎にして、物体の運動を見抜く力を身につけましょう。



第1編 運動とエネルギー

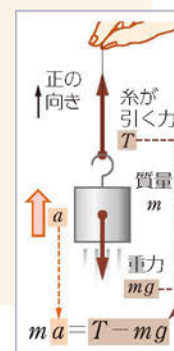
Step 2

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



Step 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。



例題 9 1 物体の運動方程式①

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



Link 解説動画 シミュレーション

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。

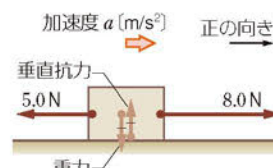
Step 3 物体が受ける力の合力 $F[\text{N}]$ は

$$F = 8.0 - 5.0 = 3.0\text{N}$$

ここで、質量 $m = 2.0\text{kg}$ 、合力 $F = 3.0\text{N}$ を「 $ma = F$ 」(p.81(52)式)に代入して

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

加速度は 右向きに 1.5m/s^2



$a > 0$ より
加速度は右向き。

類題 9 なめらかな水平面上にある質量 0.50kg の物体に、右向きに 4.0N の力と、左向きに 6.0N 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。



ヒント 正の向きを定め、力と加速度の正負に注意して運動方程式を立てる。

例題 10 1 物体の運動方程式②

質量 0.50kg の小球をつるした軽い糸の上端を持って、 6.0N 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 9.8m/s^2 とする。



Link 解説動画 シミュレーション

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、重力と、糸が引く力の2力であり、向きと大きさは図のようになる。

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。

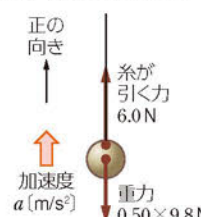
Step 3 小球が受ける力の合力 $F[\text{N}]$ は

$$F = 6.0 - 0.50 \times 9.8 = 1.1\text{N}$$

これを「 $ma = F$ 」(p.81(52)式)に代入して

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

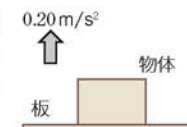
加速度は 鉛直上向きに 2.2m/s^2



重力を忘れやすいので注意する。
忘れた人は p.74 で復習しよう。

間違いやすい点を、ピンポイントで補足しました。

類題 10 図のように、質量 1.5kg の物体を板の上にのせて、鉛直上向きに一定の加速度 0.20m/s^2 で板を動かす。このとき、物体が板から受ける垂直抗力の大きさ $N[\text{N}]$ を求めよ。重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。



ヒント 運動方程式「 $ma = F$ 」の F (=合力)に、そのまま N を代入しないよう注意する。

Link >>>



85

ページ上部で、考え方の手順を、わかりやすく示しました。

上で示した手順 Step1～3 をアイコンで示して、流れをつかみやすくしました。

運動方程式の立て方

●糸でつながれた物体の運動

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。

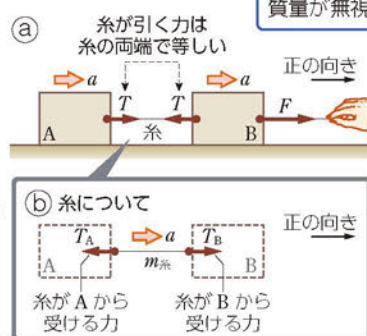
○図 60 糸が両端で引く力の大きさ

①で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。



用語 軽い
質量が無視できる

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 0.20kg 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。

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

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

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

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

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

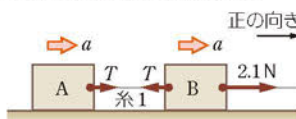
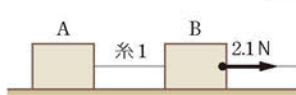
別解 2物体を一体とみなして、質量

0.50kg の物体を 2.1N の力で引

くと考えても、 a は求められる。

$$0.50 \times a = 2.1 \text{ より } a = 4.2\text{m/s}^2$$

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



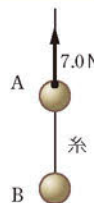
「B : $(0.30 + 0.20) \times a = 2.1 - T$ 」
と間違いやすいので注意。

B には A がつながれているが、
B の運動方程式の m に、A の質
量 0.20kg を含めてはいけません。

類題 13 図のように、質量が 0.20kg と 0.30kg の小球 A、B を軽い糸で
つなぎ、A を大きさ 7.0N の力で鉛直上向きに引き上げた。重力
加速度の大きさを 9.8m/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。



例題 14 2物体の運動方程式③

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。物体に軽くて伸びないひもを
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。

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 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。

Step ③ それぞれの運動方程式は

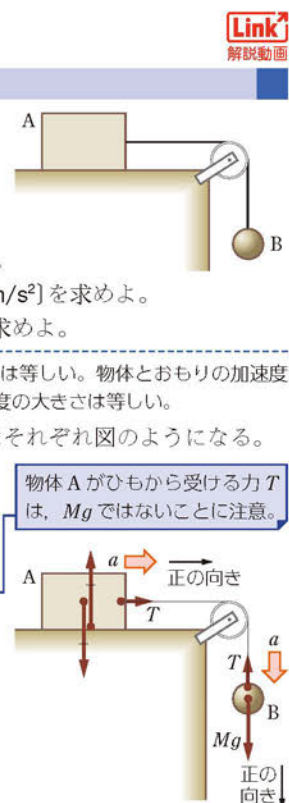
$$\text{物体 A} : ma = T \quad \cdots \cdots \text{①}$$

$$\text{おもり B} : Ma = Mg - T \quad \cdots \cdots \text{②}$$

$$\text{①式} + \text{②式より} \quad (M + m)a = Mg$$

$$\text{よって} \quad a = \frac{M}{M + m}g[\text{m/s}^2]$$

$$(2) \text{ ①式より } T = ma = \frac{Mm}{M + m}g[\text{N}]$$



物体 A がひもから受ける力 T
は、 Mg ではないことに注意。

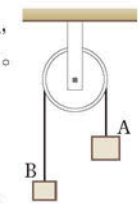
間違いやすい点を、
ピンポイントで補
足しました。

類題 14 軽い定滑車に軽い糸をかけ、その両端に質量がそれぞれ m_A 、
 $m_B[\text{kg}]$ ($m_A > m_B$) のおもり A、B をつけて静かに手をはなす。

重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ 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 おもり A、B の質量の大小関係から、おもりがそれぞれどちら
に動きだすかを考え、その向きを正の向きとする。



問題を解いた後には、答えについて検討してみよう

- ・例題 14 では、物体の質量 m が 0 だったら加速度はどうなるだろうか。
 - ・類題 14 では、 m_A と m_B の大小関係が逆だったら加速度はどうなるだろうか。
- 得られた文字式から、どのようなことがいえるかを考えてみよう。



3 学んだことを説明してみよう

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。



Zoom 摩擦力の向き

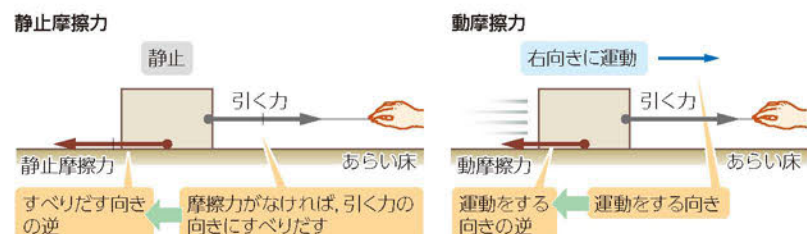


摩擦力は面から物体に対して、すべりだす、または、運動するのを妨げる向きにはたります。このとき、妨げる向きとはどのように考えればよいでしょうか。いくつかの状況における摩擦力の向きを考えてみましょう。



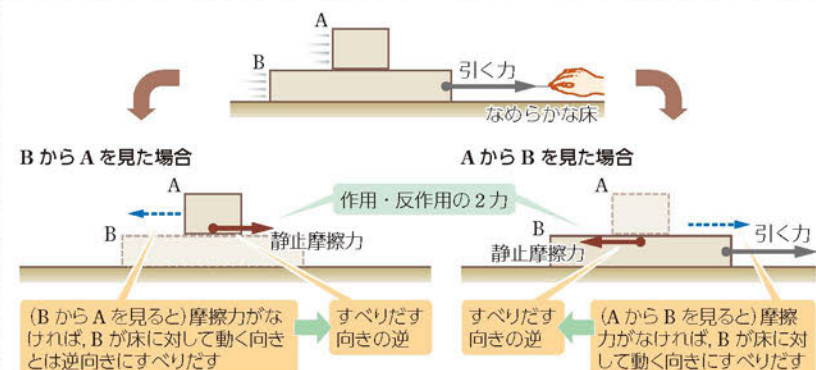
●床から物体にはたらく摩擦力

図のように、水平であらい床上に置かれた物体を水平に引く。このような場合、摩擦力は、物体がすべりだす、または、運動するのを妨げる向きにはたらく。



●物体と物体の間にはたらく摩擦力

水平でなめらかな床上に置かれた板Bのあらい上面に物体Aがのっている。図のように、Bを水平に引いたところ、AはすべらずにBとともに運動したとする。このような場合、接している物体から見た、注目する物体の、すべりだす、または、運動する向きを考える。



問A 水平であらい床上に置かれた板Bのあらい上面に物体Aがのっている。Bに対して図の右向きに初速度を与えたところ、AはすべらずにBとともに減速しながら運動した。AとBの間の接触面にはたらく静止摩擦力は右向きか、左向きか。A、Bそれぞれについて答えよ。

5 液体や気体から受ける力

ストローを使ってジュースを飲むことができるのはなぜだろうか。この節では、液体や気体の中にある物体が受ける力について理解しよう。

A 圧力

①圧力 図65は、スポンジの上におもりを置いたときのようすである。同じおもりを置いて、スポンジを押している面積の大小により、スポンジのへこみぐあい異なることがわかる。そこで、単位面積当たりに垂直に加わる力の大きさ(1m²当たり何Nの力を及ぼしているかを表す量)を考え、これを **圧力** pressure という。面積がS[m²]の面に、F[N]の力を垂直に及ぼすとき、圧力*p*は次の式で表される。

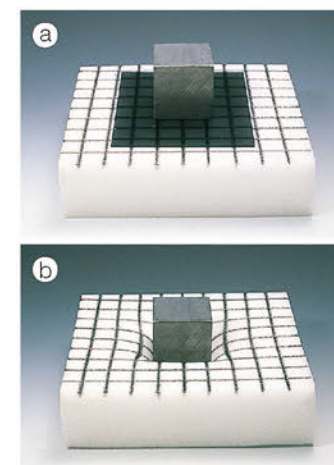
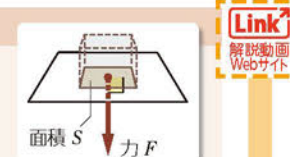


図65 接触面積による圧力の違い

圧力

$$p = \frac{F}{S} \quad (56)$$

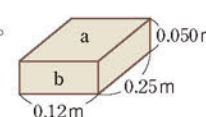
p [Pa] 圧力 (pressure) *F* [N] 力の大きさ *S* [m²] 面積



面積1m²あたりに1Nの力が垂直に加わるときの圧力を1パスカル(記号Pa)という。1Pa = 1N/m²(ニュートン毎平方メートル)である。圧力の単位は、このほかにヘクトパスカル(記号hPa)、気圧(記号atm)などが用いられる。1hPa = 10²Pa, 1atm ≒ 1.013 × 10⁵Paである。

注意 圧力は、名称に「力」とついているが、力とは単位が異なる別の物理量である。

問41 図のような重さ2.4Nの直方体の物体を机の上に置く。面aを下にする場合と、面bを下にする場合では、机の接触面が物体から受ける圧力はそれぞれ何Paか。



1 1.013 × 10⁵Pa = 1013hPaとなる。なお、10⁵ = 100000である(→p.9)。



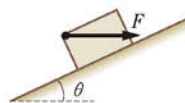
すべての公式に、公式の使い方を解説する解説動画を用意しました。紙面右下のQRコードからご利用いただけます。

演習問題



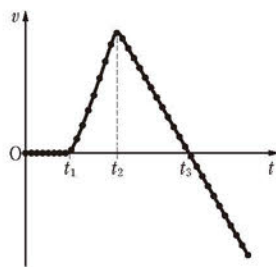
1 力のつりあい ▶p.68～70

傾きの角 θ のなめらかな斜面上に質量 $m[\text{kg}]$ の物体をのせ、図のような水平方向の力を加えて静止させる。このとき、加えた力の大きさ $F[\text{N}]$ と、物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさ $N[\text{N}]$ を求めよ。重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ とする。



2 運動の法則 ▶p.77～82

生徒 A、B が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。



次の会話を読み、空欄に当てはまる適切な語句を下の選択肢から選べ。

- A:「グラフは特徴的な形をしているね。特に、時刻 t_1 , t_2 , t_3 に着目するとよさそうだよ。」
 B:「そうだね。台車が最高点に達するのは、 1 と考えられるね。」
 A:「台車が降下するとき、台車にはたらく合力の大きさはわかるかな。」
 B:「台車が降下するときのグラフの傾きから 2 がわかるから、あとは 3 を調べれば、求めることができるね。」

[1 の選択肢]

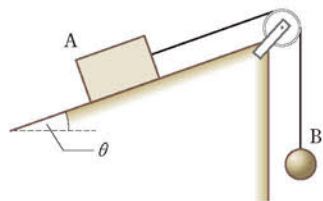
- ①時刻 t_1 ②時刻 t_2 ③時刻 t_3

[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

3 2 物体の運動方程式 ▶p.84～89

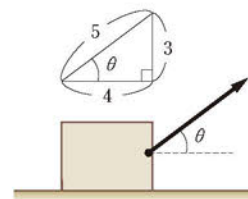
質量 0.90kg の物体 A を、傾きの角 θ のなめらかな斜面上に置く。物体 A に軽く伸びないひもをつけ、これを斜面上端に固定した軽い滑車に通し、ひもの端に質量 0.50kg の物体 B をつるす。重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 , $\sin\theta = \frac{1}{3}$ とする。



- (1) A は斜面を上昇するか、降下するか。
 (2) A の加速度の大きさ $a[\text{m/s}^2]$ と、ひもが A を引く力の大きさ $T[\text{N}]$ を求めよ。

4 静止摩擦力 ▶p.90～91

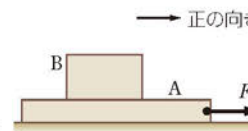
水平であらい床面上にある質量 5.0kg の物体に対し、図のような角で力を加える。力を徐々に大きくしていったところ、大きさ 15N をこえたときに物体は静かにすべり始めた。重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。



- (1) 物体がすべり始めるとき、物体が床面から受ける垂直抗力の大きさ $N[\text{N}]$ を求めよ。
 (2) 物体が床面から受ける最大摩擦力の大きさ $F_0[\text{N}]$ を求めよ。
 (3) 物体と床面との間の静止摩擦係数 μ を求めよ。

5 動摩擦力 ▶p.92～94

図のように、水平でなめらかな床上に置かれた板 A (質量 $m_A[\text{kg}]$) の上面に、物体 B (質量 $m_B[\text{kg}]$) がのっている。A に大きさ $F[\text{N}]$ の水平な力を、図のように右向きに加え続けたところ、B が A の上面ですべりながら、A、B とともに運動した。A と B との間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ とし、図の右向きを正とする。



- (1) B にはたらく摩擦力の向きを答えよ。
 (2) B の床に対する加速度 $a_B[\text{m/s}^2]$ を求めよ。
 (3) A の床に対する加速度 $a_A[\text{m/s}^2]$ を求めよ。

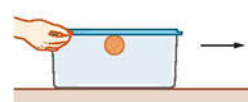
6 浮力 ▶p.98～99

- (1) 密度が $1.00 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ の水に、密度が $9.2 \times 10^2 \text{kg/m}^3$ の氷を浮かせたとき、水面より上の部分の氷の体積は氷全体の何 % か。
 (2) 密度が $\rho'[\text{kg/m}^3]$ の直方体の物体を、密度が $\rho[\text{kg/m}^3]$ の液体に入れたとき、この物体が液面に浮かび上がるための条件を求めよ。

知識を活用する発問を掲載しました(解答例は巻末に掲載)。グループ学習にも活用できます。

7 考えてみよう!

- (1) 水で満たされた容器の中に卓球ボールを入れて容器のふたを閉めた。この容器を図の右向きに加速させたとき、卓球ボールは容器に対してどちらに移動するか。理由とともに説明してみよう。
 (2) 氷上で、スケートをはいた子どもの A さん(体重 40kg)と大人の B さん(体重 80kg)が押しあったところ、2人はそれぞれ後方にすべったが、A さんのほうが速くなった。作用反作用の法則によれば、A さんが B さんを押す力と、B さんが A さんを押す力の大きさは同じであるのに、A さんの速さのほうが大きくなったのはなぜだろうか。



「力学的エネルギー保存則の式の立て方」を特集。
(→44特集「運動方程式の立て方」と同様、Step1～3で解説)。

特集 力学的エネルギー保存則の式の立て方

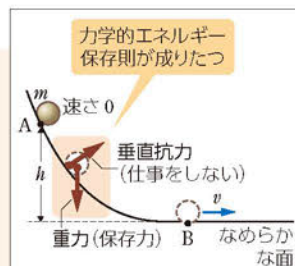
生徒が忘れがちな
「保存則が成りたつ条件の確認」を、
Step1として、明記しました。

Step 1

力学的エネルギー保存則が成りたつか確認する。

条件:

物体に保存力(重力や弾性力など)だけがはたらくとき、
または保存力以外の力(垂直抗力や糸が引く力など)が
はたらくても仕事をしない(仕事が0の)とき



Link
ドリル

運動エネルギー

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

重力による位置エネルギー

$$U = mgh$$

(基準水平面を明確に)

弾性力による位置エネルギー

$$U = \frac{1}{2}kx^2$$



第1編
運動とエネルギー

Step 2

2つの場所のエネルギーを書きだす。

点	運動エネルギー	重力による位置エネルギー
A	0	mgh
B	$\frac{1}{2}mv^2$	0

Step 3

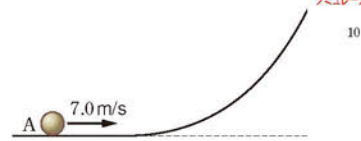
力学的エネルギー保存則の式を立てる。

$$\begin{array}{l} \text{点Aでの} \\ \text{力学的エネルギー} \end{array} = \begin{array}{l} \text{点Bでの} \\ \text{力学的エネルギー} \end{array}$$

$$0 + mgh = \frac{1}{2}mv^2 + 0$$

例題 17 力学的エネルギー保存則①

図のように、なめらかな水平面上の点Aを速さ7.0m/sで通過した小球が、なめらかな曲面をすべり上がった。小球が達する最高点Bの高さh[m]を求めよ。重力加速度の大きさを9.8m/s²とする。



指針 垂直抗力は常に小球の運動の向きに対して垂直にはたらくので、仕事をしない。よって、力学的エネルギー保存則が成りたつ。最高点Bでは、小球の速さは0である。

解 Step 1 小球には重力(保存力)と垂直抗力がはたらく。この運動では、垂直抗力は仕事をしないので、力学的エネルギー保存則が成りたつ。

Step 2 小球の質量をm[kg]とおき、点Aの高さを重力による位置エネルギーの基準とする。

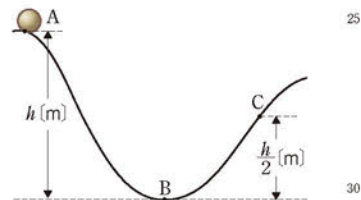
各点での運動エネルギーと重力による位置エネルギーは、表のようになる。

点	運動エネルギー	重力による位置エネルギー
A	$\frac{1}{2}m \times 7.0^2$	0
B	0	$m \times 9.8 \times h$

Step 3 点Aと点Bの間での力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}m \times 7.0^2 + 0 = 0 + m \times 9.8 \times h \quad \text{よって} \quad h = 2.5\text{m}$$

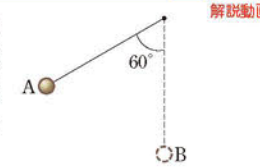
類題 17 図のように、小球を点Aで静かにはなしたところ、なめらかな曲面にそって、A→B→Cへすべったとする。このとき、小球が点Bと点Cを通過するときの速さ v_B 、 v_C [m/s]を求めよ。重力加速度の大きさをg[m/s²]とする。



ヒント 重力による位置エネルギーの基準を、点Bの高さにとるとわかりやすい。

例題 18 力学的エネルギー保存則②

長さl[m]の軽い糸に小球をつけた振り子がある。図のように、糸が鉛直方向と60°をなす点Aから、小球を静かにはなす。このとき、小球が最下点Bを通過するときの速さv[m/s]を求めよ。重力加速度の大きさをg[m/s²]とする。



指針 糸が引く力は常に小球の運動の向きに対して垂直にはたらくので、仕事をしない。

解 Step 1 小球には重力(保存力)と糸が引く力がはたらく。この運動では、糸が引く力は仕事をしないので、力学的エネルギー保存則が成りたつ。

Step 2 小球の質量をm[kg]とおき、点Bの高さを重力による位置エネルギーの基準とする。

各点での運動エネルギーと重力による位置エネルギーは、表のようになる。

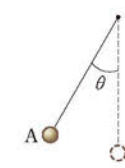
点	運動エネルギー	重力による位置エネルギー
A	0	$mg \times \frac{l}{2}$
B	$\frac{1}{2}mv^2$	0

Step 3 点Aと点Bの間での力学的エネルギー保存則より

$$0 + mg \times \frac{l}{2} = \frac{1}{2}mv^2 + 0$$

よって $v = \sqrt{gl}$ [m/s]

類題 18 長さl[m]の軽い糸に小球をつけた振り子がある。図のように、糸が鉛直方向とθをなす点Aから、小球を静かにはなす。このとき、小球が最下点Bを通過するときの速さv[m/s]を求めよ。重力加速度の大きさをg[m/s²]とする。



ヒント 点Aの高さは、点Aから水平に線を引いて考えるとわかりやすい。

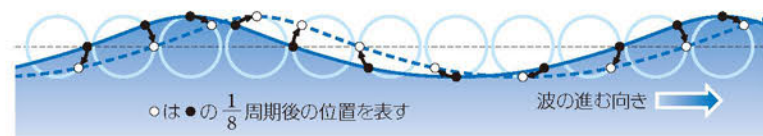
基本的なパターンを下の「例題+類題」でしっかりと扱っています。
「面をすべる物体(→52)」, 「振り子(→53)」, 「ばね振り子」

参考 水面を伝わる波



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

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



一方、波長が水深に比べて十分に大きい場合は、水底の水にも動きが及ぶため、波の速さが水深に影響される。この場合の波の速さ v [m/s] は、水深を h [m]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とすると

$$v = \sqrt{gh}$$

と表されることが知られている。

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

E 波のエネルギー

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

地震波や、地震の際に発生する津

波は大きなエネルギーを運び、建物の倒壊など深刻な被害をもたらす。

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。波源が単振動をする場合、波のエネルギーは正弦波として伝えられ、その波の強さは、波の振幅が大きいほど、また、波の振動数が大きいほど大きい。

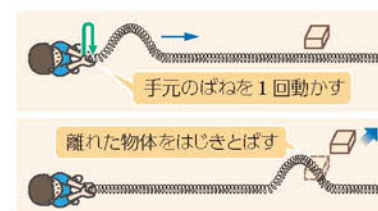


図13 波のエネルギー

コラム 海の波はどのように生じるか

美術 地理

図Aは、江戸時代の浮世絵師、葛飾北斎(1760～1849)の代表作「富嶽三十六景 神奈川冲浪裏」である。この作品では、錦絵とよばれる多色刷りの木版画で、荒れ狂う海の波のようすがダイナミックに表現されている。では、私たちがふだんよく見る海の波は、どのようにして生じるのだろうか。



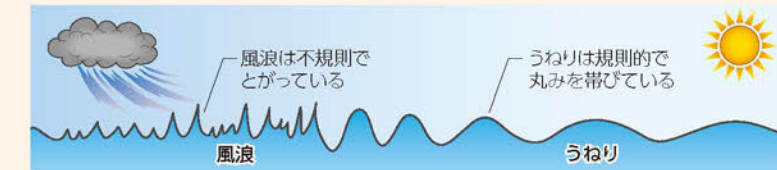
図A 富嶽三十六景 神奈川冲浪裏
富嶽三十六景は、全46図からなる版画集。

海上の波のおもな原因は、海面に吹きつける風である。海上で風が吹くと、海面がゆれ動いてさざ波が立ち、さらに風が吹くと、波が大きくなり不規則にとがった状態となる(図B)。このような海上の風によって生じる波は「風浪」とよばれる。風浪は発達過程の波であり、風の向きに移動していく。

風が止んだり、風浪が風域の外に出たりすると、波は発達しなくなり、減衰しながら進み続ける。このような波は「うねり」とよばれる。うねりは規則的で丸みを帯びている(図B)。

海の波では、多くの場合、風浪とうねりが混在しており、それらをまとめたものは「波浪」とよばれる。波浪の波長は数 m ～ 数百 m 程度である。

津波は波浪のように風によって生じるのではなく、地震などによる海底地形の変動により生じる。震源が浅い場所にあると、海底から海面までの海水全体が動かされる。津波の波長は、数 km ～ 数百 km にも及ぶ。



図B 海を伝わる波

1 学んだことを説明してみよう

波と媒質の運動

- (1) 正弦波における振動数は、どのような量が説明しよう。
- (2) 横波と縦波は、それぞれどのような波のことか。

発展 波の強さの式 正弦波の強さ I [J/(m²・s)] は、媒質の密度を ρ [kg/m³]、波の伝わる速さを v [m/s]、振幅を A [m]、振動数を f [Hz] とすると、 $I = 2\pi^2\rho v f^2 A^2$ と表される。



紙面右下の QR コードから図版(静止画)だけではわかりにくい内容を、アニメーションでご覧いただけます。

Zoom 波の作図

ここでは、合成波を作図する手順を学んでいこう。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ます(→p.174 重ねあわせの原理)。

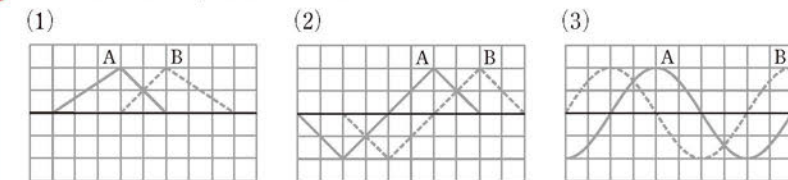


●合成波の作図の手順

- 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。



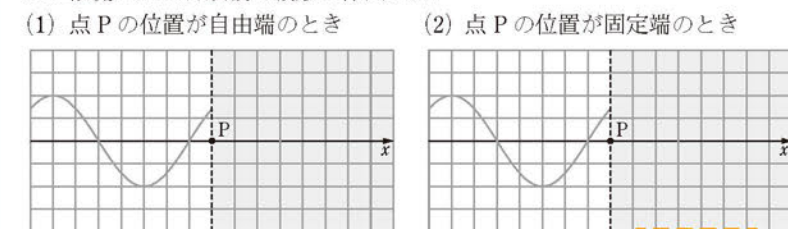
問A 図中の2つの波A、Bの合成波の波形を作図せよ。



●反射波と合成波の作図の手順(自由端反射、固定端反射)

- Step 1 端の点で反射しないものとして、入射波を延長する。
- Step 2 端の状況に応じて、反射波を作図する。
- ・自由端の場合 → 端を軸にしてStep 1の波形を折り返す。
 - ・固定端の場合 → Step 1の波形を上下反転させたのち、端を軸にして折り返す。
- Step 3 入射波と反射波を重ねあわせて、合成波を作図する。

問B 図のように、x軸上を正の向きに進む正弦波が端点Pで反射している。このとき観測される合成波の波形を作図せよ。



紙面右下のQRコードから、正弦波の反射に関するシミュレーションコンテンツをご利用いただけます。

③正弦波の反射 入射波が連続的な正弦波の場合、反射波も正弦波となり、入射波と反射波が重なると定在波ができる(図20)。自由端の場合、端は定在波の腹(●)となり、固定端の場合、端は定在波の節(○)となる。

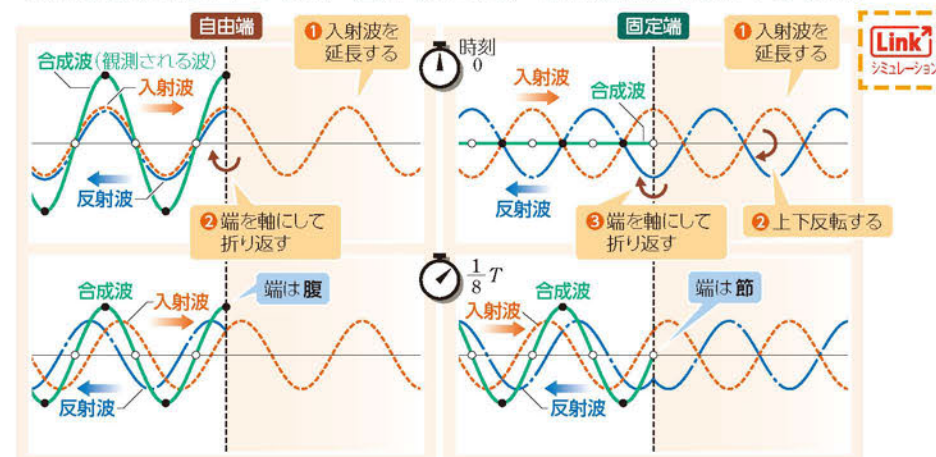
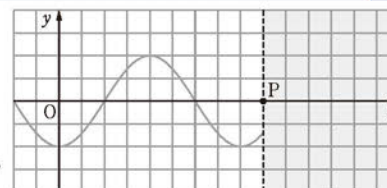


図20 反射波の作図方法(正弦波) ●は腹、○は節を表している。入射波と反射波は自由端では同位相となり、固定端では逆位相となる。

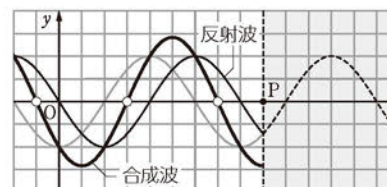
例題4 正弦波の反射

図のように、x軸上を正の向きに進む正弦波が点Pの位置にある自由端で反射している。このとき観測される合成波の波形をかき、定在波の節となる位置を○印で示せ。

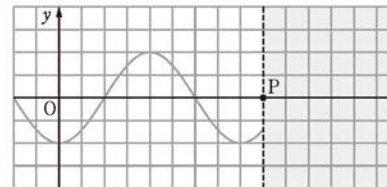


指針 自由端では、波の山がそのまま山として反射されることをふまえて反射波を作図する。

解 自由端での反射であることに注意して反射波を作図する。次に、入射波と反射波の合成波をかき、合成波がx軸と交わる位置が節の位置である。



類題4 図のように、x軸上を正の向きに進む正弦波が点Pの位置にある固定端で反射している。このとき観測される合成波の波形をかき、定在波の節となる位置を○印で示せ。



ヒント 固定端では、入射波を延長し、上下反転して端を軸にして折り返す。

参考 青色発光ダイオードが照らす未来

英語

2014年、赤崎勇・天野浩・中村修二は、ノーベル物理学賞を受賞した。
次の英文を読んで、受賞の理由を考えてみよう。

New light to illuminate the world

This year's Nobel Laureates are rewarded for having invented a new energy-efficient and environment-friendly light source—the blue light-emitting diode(LED). In the spirit of Alfred Nobel the Prize rewards an invention of greatest benefit to mankind; using blue LEDs, white light can be created in a new way. With the advent of LED lamps we now have more long-lasting and more efficient alternatives to older light sources.



When Isamu Akasaki, Hiroshi Amano and Shuji Nakamura produced bright blue light beams from their semi-conductors in the early 1990s, they triggered a fundamental transformation of lighting technology. Red and green diodes had been around for a long time but without blue light, white lamps could not be created. Despite considerable efforts, both in the scientific community and in industry, the blue LED had remained a challenge for three decades.

They succeeded where everyone else had failed. Akasaki worked together with Amano at the University of Nagoya, while Nakamura was employed at Nichia Chemicals, a small company in Tokushima. Their inventions were revolutionary. Incandescent light bulbs lit the 20th century; the 21st century will be lit by LED lamps.

White LED lamps emit a bright white light, are long-lasting and energy-efficient. They are constantly improved, getting more efficient with higher luminous flux(measured in lumen) per unit electrical input power (measured in watt). The most recent record is just over 300lm/W, which can be compared to 16 for regular light bulbs and close to 70 for fluorescent lamps. As about one fourth of world electricity consumption is used for lighting purposes, the LEDs contribute to saving the Earth's resources. Materials consumption is also diminished as LEDs last up to 100,000 hours, compared to 1,000 for incandescent bulbs and 10,000 hours for fluorescent lights.

The LED lamp holds great promise for increasing the quality of life for over 1.5 billion people around the world who lack access to electricity grids: due to low power requirements it can be powered by cheap local solar power.

The invention of the efficient blue LED is just twenty years old, but it has already contributed to create white light in an entirely new manner to the benefit of us all.

Nobel Laureates: ノーベル賞受賞者 reward: ～に賞を与える light-emitting diode: 発光ダイオード(LED)
advent: 出現 semi-conductor: 半導体 trigger: ～のきっかけとなる
incandescent light bulb: 白熱電球 luminous flux: 光束(光の明るさを表す物理量)
lumen: ルーメン(lm: 光束の単位) fluorescent lamp: 蛍光灯 grid: 送電網

© The Royal Swedish Academy of Sciences https://www.nobelprize.org

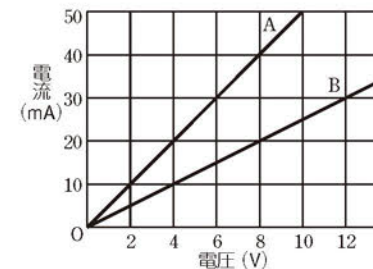
236 第4編 第1章 物質と電気

演習問題

Link
この章の
要点の確認

1 オームの法則 ▶p.217

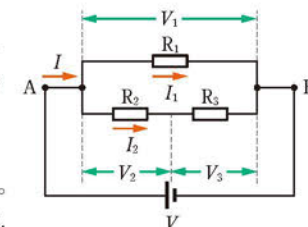
抵抗A, Bに加える電圧を変化させ、電流を測定したら、図のグラフのようになった。



- (1) Aの抵抗 $R_A[\Omega]$ とBの抵抗 $R_B[\Omega]$ をそれぞれ求めよ。
- (2) AとBを直列接続したときの合成抵抗をC, 並列接続したときの合成抵抗をDとする。合成抵抗C, Dの電流と電圧の関係をそれぞれグラフにかけ。

2 直流回路 ▶p.220～222

図は、電圧 $V[V]$ の電源と、抵抗値がすべて等しい $r[\Omega]$ の抵抗から構成される回路である。この回路について、次の問いに答えよ。



- (1) AB間の合成抵抗 $R[\Omega]$ を、 r を用いて表せ。
- (2) 点Aを流れる電流 $I[A]$ を、 r, V を用いて表せ。
- (3) 抵抗 R_1, R_2, R_3 に加わる電圧 $V_1, V_2, V_3[V]$ を、それぞれ V を用いて表せ。
- (4) 抵抗 R_1, R_2 を流れる電流 $I_1, I_2[A]$ を、それぞれ r, V を用いて表せ。
- (5) 抵抗 R_1, R_2 での消費電力 $P_1, P_2[W]$ を、それぞれ r, V を用いて表せ。

3 ジュール熱 ▶p.233

水を入れた容器に電熱線を沈めて、10Vの電圧を加えたところ、2.0Aの電流が流れた。この電圧を3.0分間加え続けたとして、以下の問いに答えよ。なお、水と容器をあわせた熱容量を150J/Kとする。また、水と容器の温度は常に等しく、電熱線で発生したジュール熱はすべて水と容器の温度上昇に使われるとする。

- (1) 電熱線から発生したジュール熱 $Q[J]$ を求めよ。
- (2) 水の温度上昇 $\Delta T[K]$ を求めよ。

知識を活用する発問
を掲載しました(解答
例は巻末に掲載)。

4 考えてみよう!

- (1) 電気器具を家庭用電源で使うとき、電気器具どうしは並列接続になっている。もしこれが直列接続だった場合、どのような問題点が生じるだろうか。
- (2) 3辺の長さが異なる直方体の抵抗がある。向かいあう面を電極として一定の電圧を加えるとき、どの面を電極にすれば、消費電力が最大となるか。
なお、抵抗の材質は一樣であるとし、3辺の長さ a, b, c の大小関係は $a < b < c$ とする。

Link >>>



237

ドリルコンテンツ「要点の確認」が、紙面右下のQRコードからご利用いただけます。

物理学が拓く世界

この教科書で学んできたように、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

A 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。

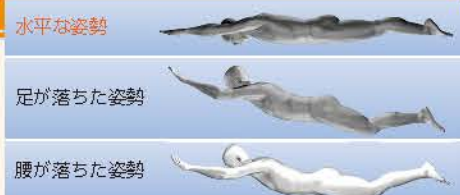


図1 水泳時の姿勢の違いと水の抵抗 水平な姿勢を保つことで、水の抵抗を小さくできる。



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。



C 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5)。

図5 義足用板ばねと装着したところ

Sports X Physics

B サッカーのボールなど

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3)。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4)。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。



図3 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。



図4 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。

Career Column

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。

スポーツ用品メーカー
榎浦 正俊 さん



SDGsに関する記事を掲載し、物理と関連の深い項目について紹介しました。

NEW!



持続可能な世界を目指して

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.252)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.252)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.

よりクリーンで、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。



K

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!

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.260~261)。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。



エネルギー効率の向上と新技術

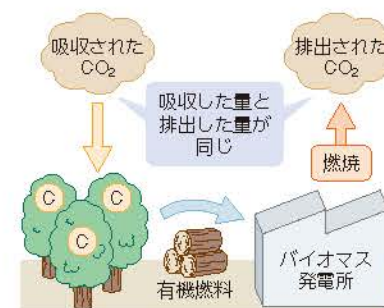
エネルギーの需要量を抑え、二酸化炭素の排出量を減らすためには、「エネルギーをどのようにして効率的に使うか」が必須の課題である。例えば、最近の取り組みの一つとして、太陽光発電に有効なペロブスカイト系太陽電池の技術開発が進められている。この太陽電池は、ペロブスカイト構造という結晶構造をもつ材料を用いており、他の種類の太陽電池よりも低コストで高い発電効率となることが期待され、世界で注目を集めている。

ペロブスカイト系太陽電池 →

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



カーボンニュートラルを目指して



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

← カーボンニュートラルのしくみの例

植物を燃料にバイオマス発電(→ p.261)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。

L

『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

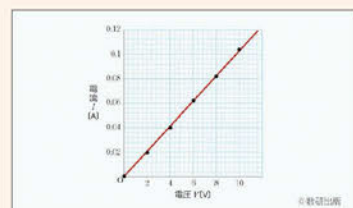
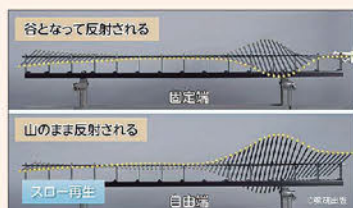
改訂で
コンテンツ数
が大幅増!

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

- 赤外線の観察
- 紫外線の観察
- 放射線の測定

参考映像

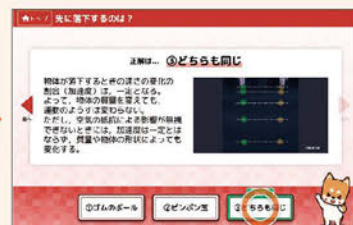
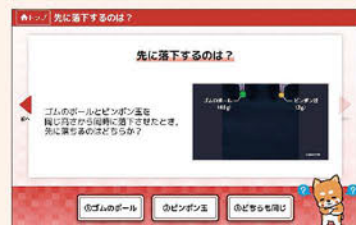
- 長さや質量の測り方
- 相対速度(追い抜かれる場合)
- 相対速度(追いつく場合)
- 相対速度(すれ違う場合)
- 相対速度(相手が別の方向へ進む場合)
- 斜面を降下する小球
- 質量の異なる球の自由落下
- 水平投射
- 作用反作用の法則(ばねの伸びを調べる実験)
- 慣性の例
- 運動の法則(同じ質量の台車を力を変えて引く運動)
- 運動の法則(一定の力で台車の質量を変えて引く運動)
- 深さによる水圧の違い
- 水中のピンポン玉の運動

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
- 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
- 弦の固有振動
- ストロウ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
- てこのつりあい
- 水面波のドップラー効果

◆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。



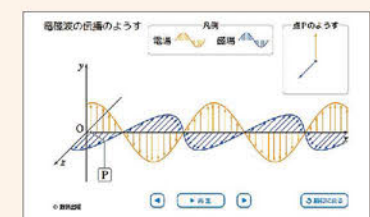
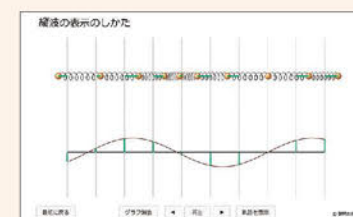
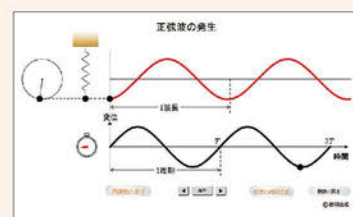
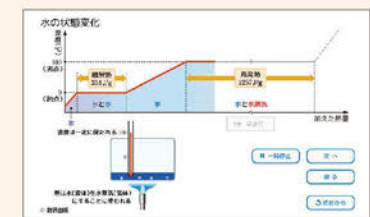
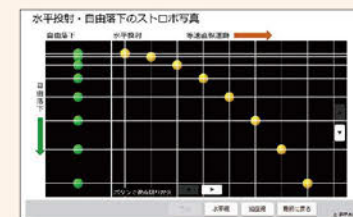
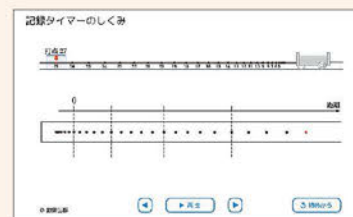
- 先に落下するのは?
- ドライアイはどちらに動く?
- 卵が浮かぶのは?
- インクの拡散が速いのは?

- 風船は膨らむ?
- 高い音が鳴るのは?
- ストロウに付着するのは?
- 動く発射台からの投射

- 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。



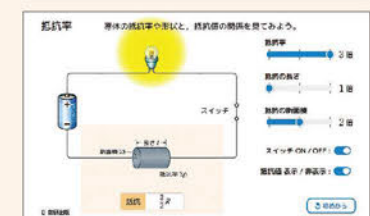
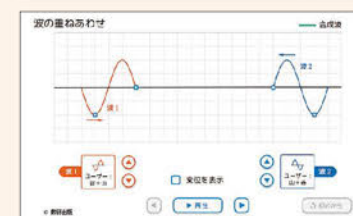
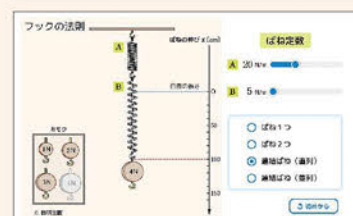
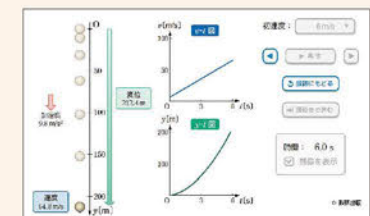
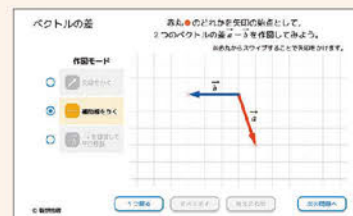
- 記録タイマーのしくみ
- 水平投射と自由落下
- 斜方投射と鉛直投げ上げ
- 温度と熱運動
- 水の状態変化
- 正弦波の発生

- 縦波の発生と縦波の表示のしかた
- 水面を伝わる波
- 波の干渉
- ホイヘンズの原理を用いた反射の法則の説明

- ホイヘンズの原理を用いた屈折の法則の説明
- 電磁波の伝播のようす
- 波の立体模型をつくってみよう!

◆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
- 摩擦角
- 摩擦力の向き
- 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
- 重心の運動

教授資料のご案内 (改訂版 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(▶本冊子131)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 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。

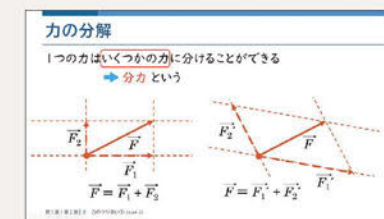
ご利用のイメージ



※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ます)。

教科書の解説動画のイメージ画面



解説動画数

内容	改訂版 物理基礎	改訂版 新編 物理基礎
各単元の解説動画	41本	40本
例題の解説動画	32本	21本

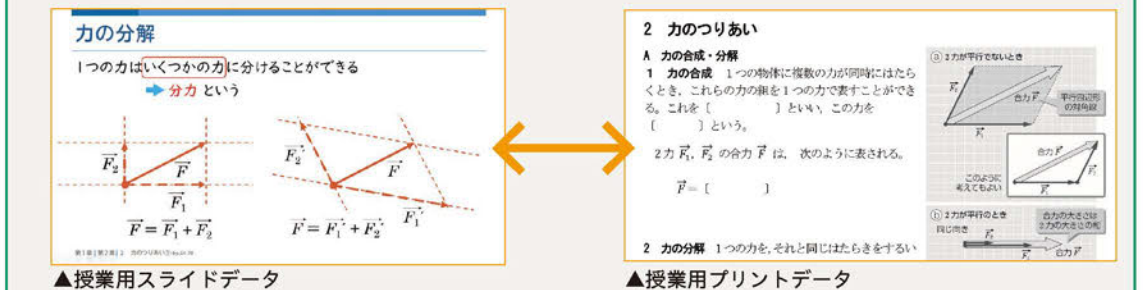
- 教科書の各単元の学習内容を解説する動画と教科書中の例題の解き方を解説する動画の2種類の動画をご用意。

※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 物理基礎』

すべてチャート×ラボ(▶本冊子 131) 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 74 ~ 75		
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 75		
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 76		
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 77		
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 78		
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 79 ~ 80		
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72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)

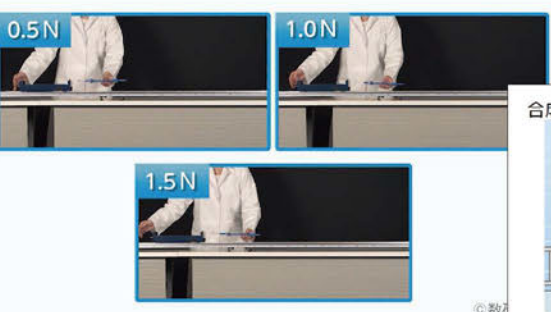
[条件] 一直線上の運動で、速さ v が一定



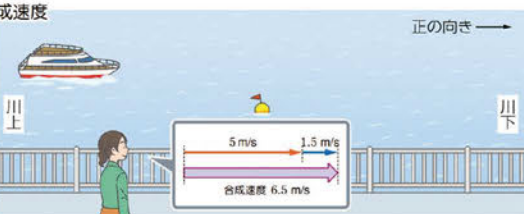
第1章 第1章 1. 速度①→p.12-14

● 映像・アニメーション MP4 HTML

教科書紙面のQRコンテンツなどの映像・アニメーションのデータを収録しています。QRコンテンツの一覧は本冊子のQRコンテンツのページをご覧ください (▶本冊子66~69)。



合成速度



静水時の船の速度: 5 m/s

流水の速度: 1.5 m/s

合成速度 6.5 m/s

再生 初めから

数値出版 合成速度を表示

● 授業用プリントデータ ▶サンプルは72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

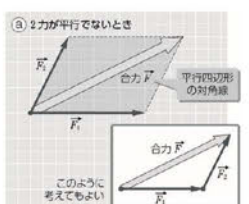
A 力の合成・分解

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!

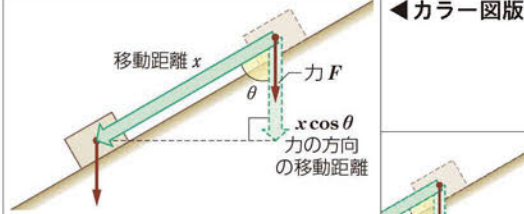
● 教科書紙面データ・テキストデータ Word PDF

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



移動距離 x

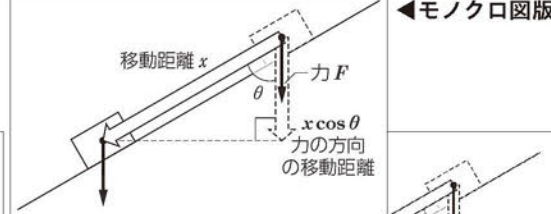
力 F

$x \cos \theta$

力の方向の移動距離

▶カラー図版 (引線文字なし)

モノクロ図版



移動距離 x

力 F

$x \cos \theta$

力の方向の移動距離

▶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。 3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。 3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。

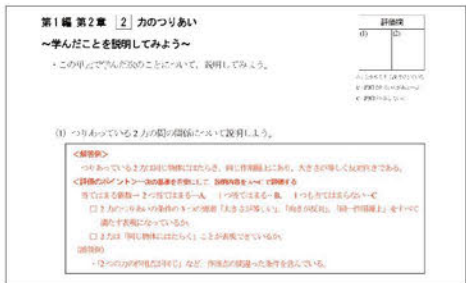
※ Microsoft Forms のご使用にあたっては、Microsoft アカウントが必要となります。Microsoft Forms は Microsoft の登録商標です。

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 [72](#) 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 [72](#) 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。

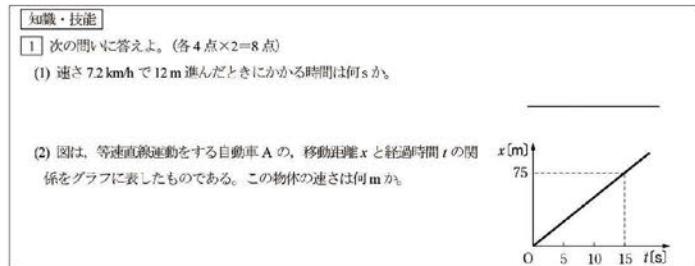
演習に使える充実の問題データ

● **単元テスト** **NEW!** ▶ サンプルは [72](#) 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 [72](#) 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

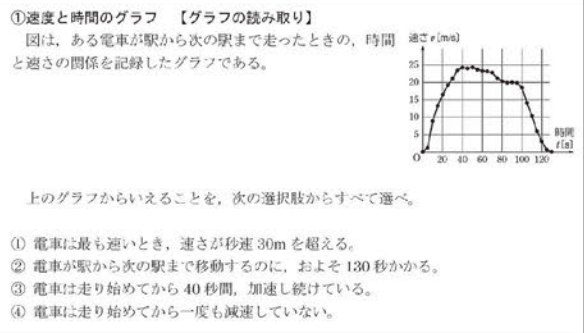
PDF

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 [72](#) 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72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

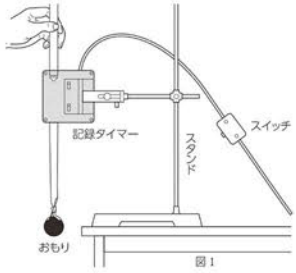
記録タイマーを用いて、落下物体につけた紙テープの打点を分析する。

●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！

● 観点別評価規準例・観点別評価集計例

Excel

学習指導要領では、観点別学習状況の評価の観点が「知識・技能」、「思考・判断・表現」、「主体的に学習に取り組む態度」の3観点に整理されました。この3観点について、『観点別評価規準例』以外に、教科書やシラバスとあわせてご利用いただける『観点別評価集計例ファイル』をExcel形式でご用意しております。

▶ サンプルは上部にあるQRコードからご覧になれます。

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 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	・見ること、触ることができない「力」に対して、どのようにして力の存在がわかるのか、また力にはどのような種類があるのかについて考えようとしている。	・授業中の発問(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。	
				・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			活動評価			総合評価(計算値)			総合評価(最終)			評定(最終)
	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	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	
1生徒 01	C	C		A	A	B	B	B	3	B	B	B	3
2生徒 02	A	C		C	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		B	C	A	B	C	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

31

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 (→102)。

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

88

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 418 ¹⁰⁴
- 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 426 ¹⁰⁶

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。

「Zoom」…つまづきやすい内容を丁寧に解説しています(→ 95, 98)。
「ドリル」…反復演習で基本を定着させることができます(→ 90, 96, 100)。



95	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- V 図の見方	123
	いろいろな場合のドップラー効果	170
98	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
	トンボとやじるべえ	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
	嵐気旋(しんきろう)	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

92	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

ドリル

	相対速度	12
	水平投射と斜方投射	21
	運動量保存則と反発係数の式	58
	気体の状態変化と p - V 図	128
	ドップラー効果	169
	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
--	------------	-----

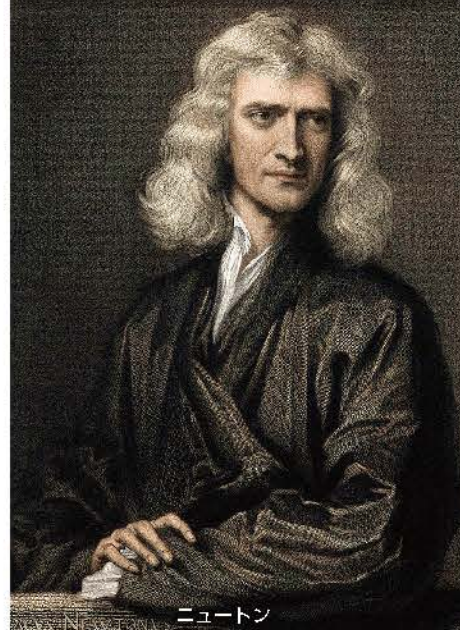
「思考学習」…学習内容をもとに、思考力をはたらかせながら考察する問題を収録(→ 92)。

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

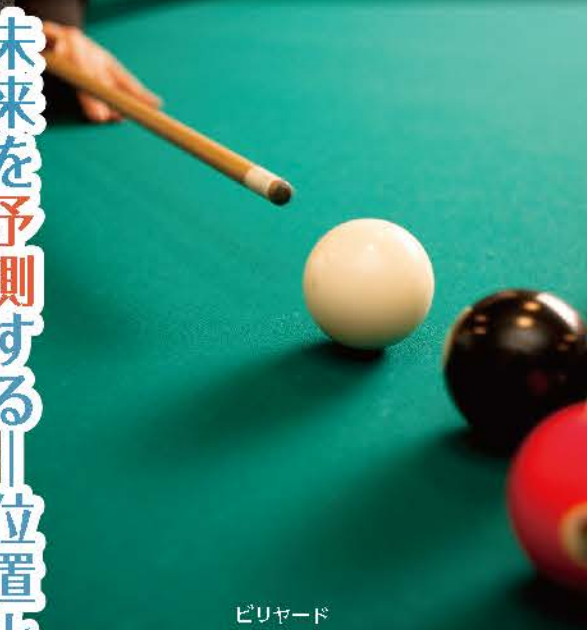
第1章	平面内の運動	p.6
第2章	剛体	p.26
第3章	運動量の保存	p.42
第4章	円運動と万有引力	p.64

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」(→92)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。

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

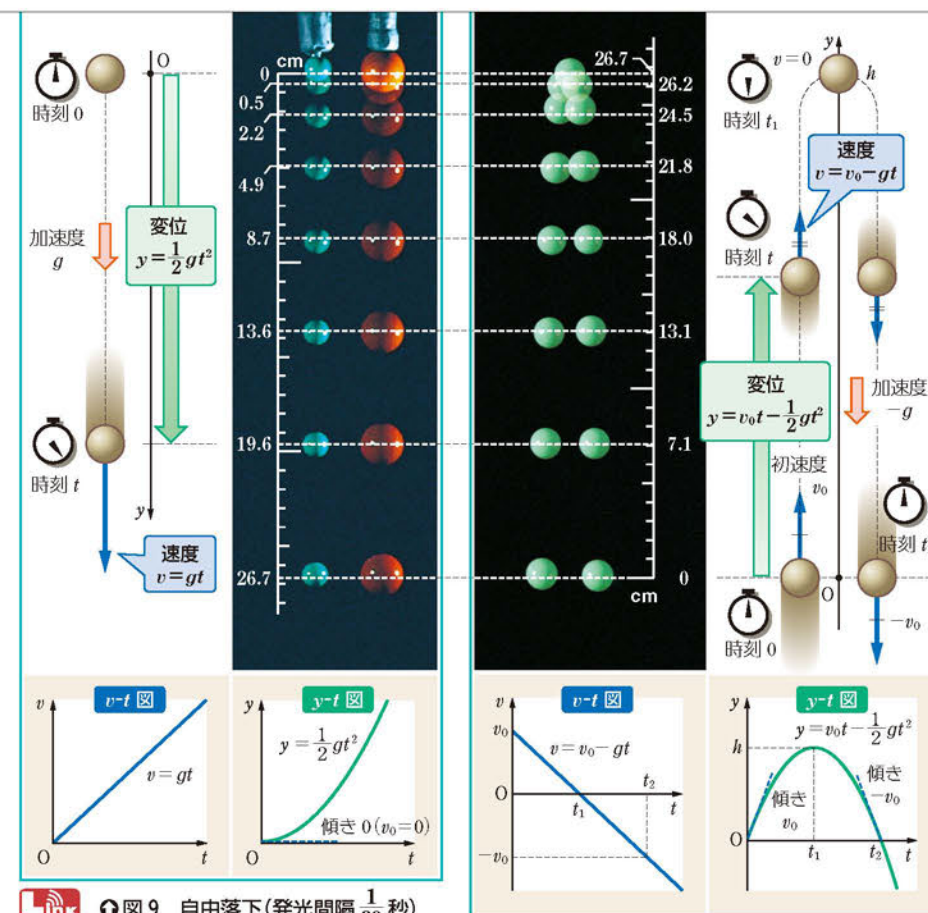


図 9 自由落下(発光間隔 $\frac{1}{30}$ 秒)

(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。

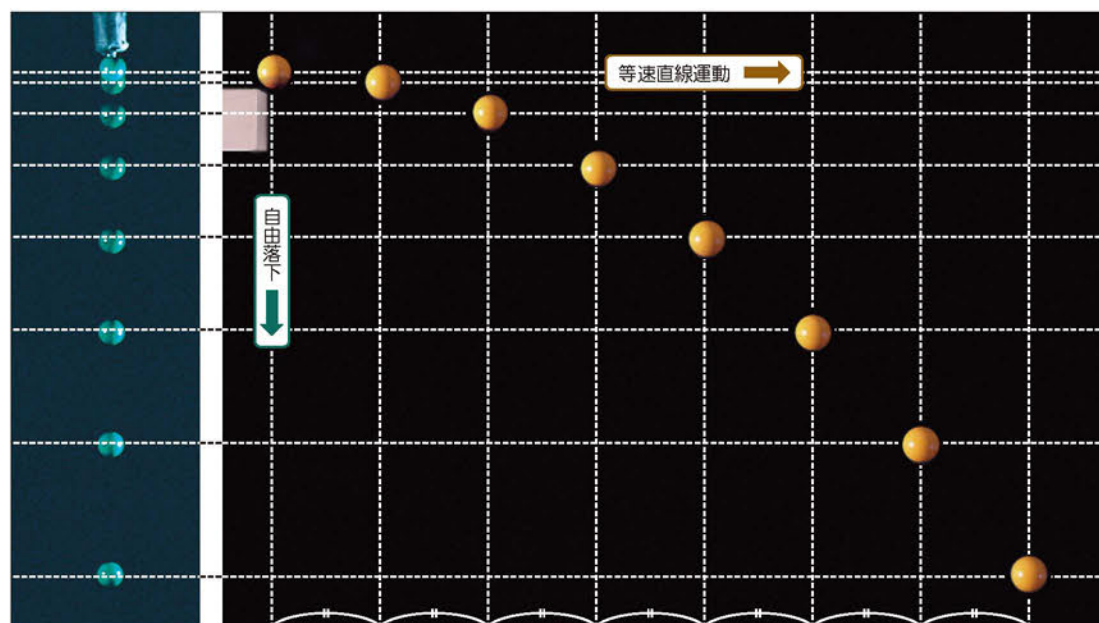
$$v = v_0 - gt, \quad y = v_0t - \frac{1}{2}gt^2, \quad v^2 - v_0^2 = -2gy \quad (11)$$

「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128)
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。

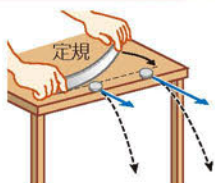
- ①鉛直方向には自由落下と同様の運動をしている
- ②水平方向には等速直線運動と同様の運動をしており、その速度は常に初速度に等しい

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

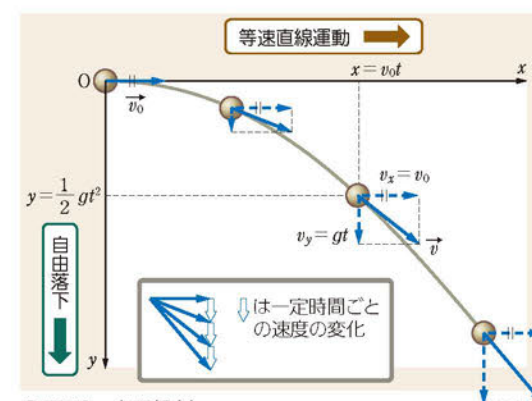


図12 水平投射

自由落下

$$v = gt \quad (9)$$

$$y = \frac{1}{2} gt^2$$

(16)式を導く

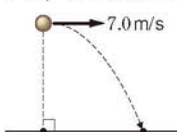
(13)式より $t = \frac{x}{v_0}$
これを(15)式に代入して
 $y = \frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 = \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2$

例題2 水平投射

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



17

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)

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



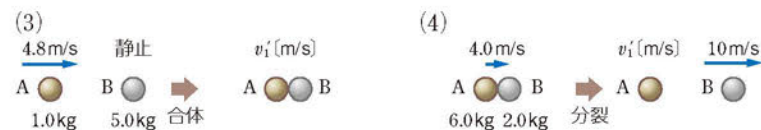
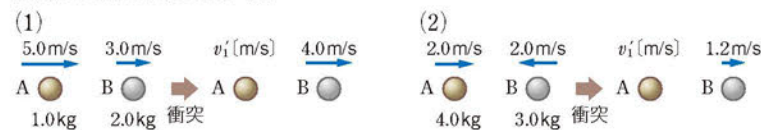
平面上の運動量保存則(→ p.49)

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。

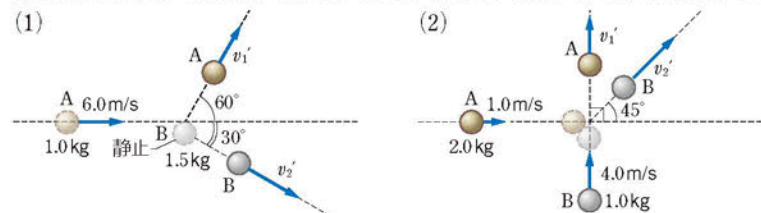
$$x \text{ 成分: } m_1v_{1x} + m_2v_{2x} = m_1v_{1x}' + m_2v_{2x}'$$

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

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。

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

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

- ☐ (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。

4 万有引力

このQRコードから、各章の要点確認コンテンツをご利用いただけます。

演習問題

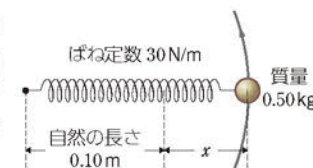


第1編

力と運動

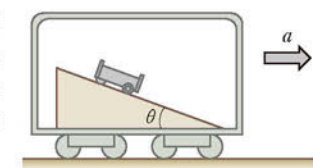
1 等速円運動 (p.64～69)

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)

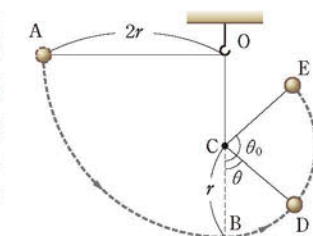
図のように、電車内の水平な床の上に傾きの角 θ のなめらかな斜面を固定して置き、その上に台車をのせる。地面に静止した人から見た電車の加速度を a [m/s^2] (右向きを正とする)、重力加速度の大きさを g [m/s^2] とする。



- (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)。

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。

「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

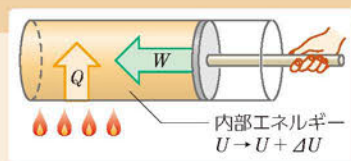
このとき、次の関係が成り立つ。これを **熱力学第一法則** という。

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**

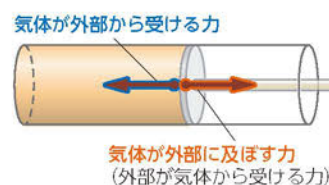
参考 「熱力学第一法則」の別の表現

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。

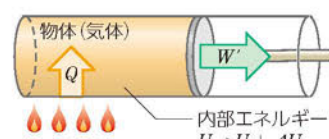
$$W = -W'$$

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

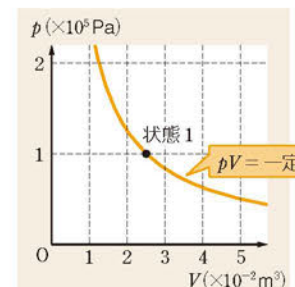
気体の状態変化を考える上で役立つ p - V 図の見方をていねいに解説。

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。

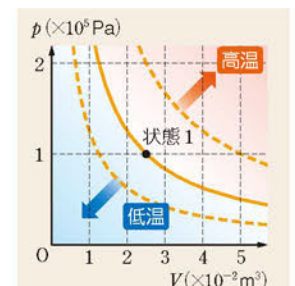


図A p - V 図と等温曲線

● 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

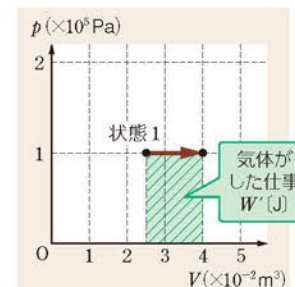
● p - V 図と気体がした仕事

・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 → $\Delta U = 0$

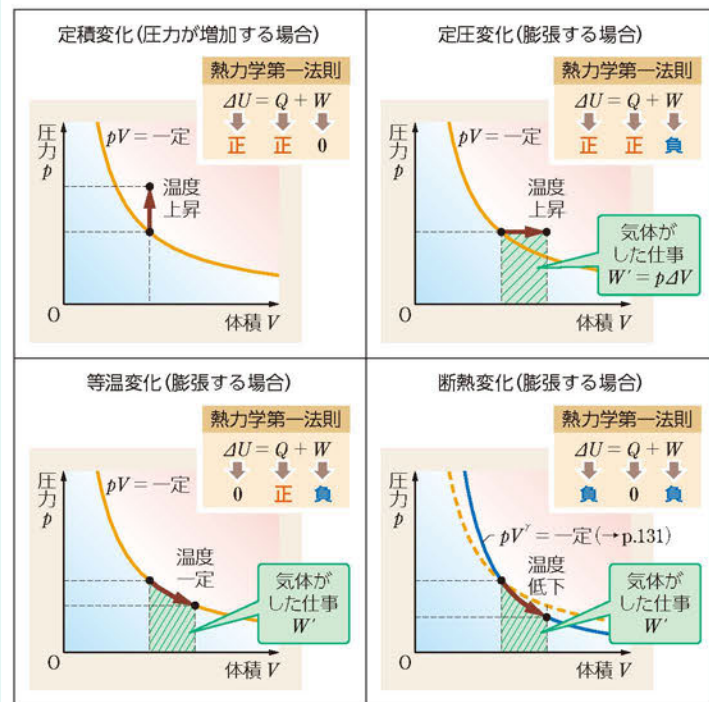
断熱変化 → $Q = 0$

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。

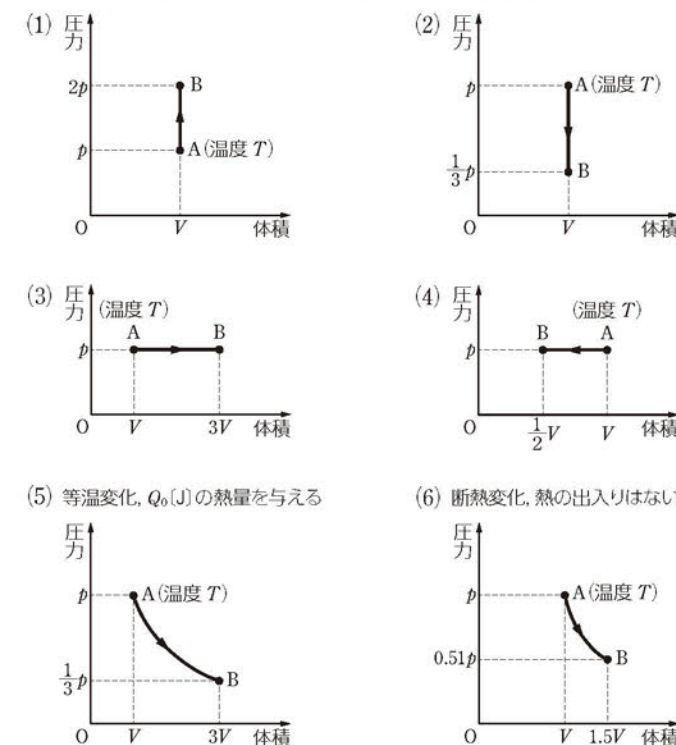
… p - V 図上で、変化の道筋と V 軸で囲まれる面積は、気体がした仕事 W' を表す。気体がされた仕事は $W = -W'$ 。

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。

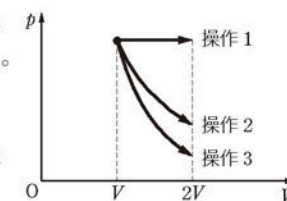


問 b 単原子分子理想気体に対して次のいずれかの操作を十分ゆっくりと行い、体積を 2 倍にしたい。

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

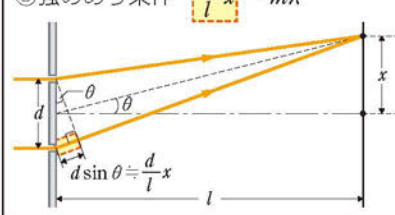
ヤングの実験、回折格子、薄膜、くさび形空気層、ニュートンリング、それぞれで光の干渉の式が出てきましたね。これらについて整理はできているでしょうか？ それぞれで条件は異なりますが、いずれも、次の3つのステップをふんで考えれば大丈夫です。

■ 光の干渉の考え方

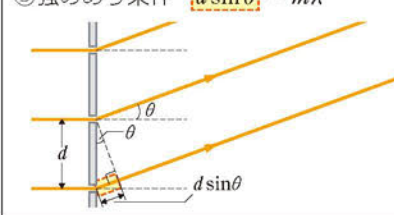
- ① 干渉する2つの光の光路差を求める。
・ 真空中(または空気中)では、光路差 = 経路差
・ 屈折率 n の媒質中では、光路差 = 屈折率 $n \times$ 経路差
- ② 反射による位相の変化をチェックする。
・ 「屈折率大 $\rightarrow$ 小」の反射では、位相は変化しない。
・ 「屈折率小 $\rightarrow$ 大」の反射では、位相が π ずれる。
- ③ 干渉の条件式を立てる。
強めあう：光路差 = $m\lambda$ 弱めあう：光路差 = $(m + \frac{1}{2})\lambda$ ($m = 0, 1, 2, \dots$)
・ 2つの光の位相のずれが 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)

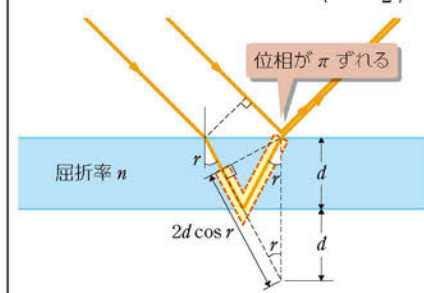
- ① 光路差 (= 経路差) $\div d \sin \theta \div \frac{d}{l} x$
 - ② 位相の変化なし
 - ③ 強めあう条件 $\frac{d}{l} x = m\lambda$
- 

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 $d \sin \theta = m\lambda$
- 

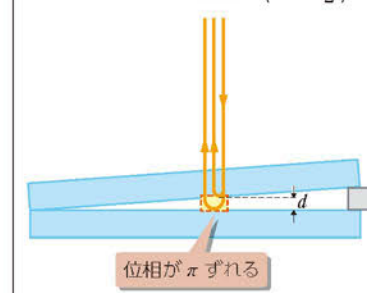
薄膜 (→ p.206)

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



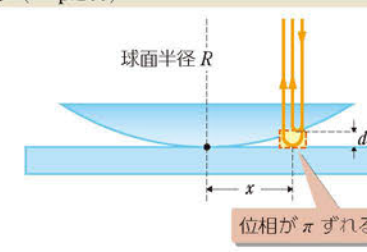
くさび形空気層 (→ p.207)

- 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



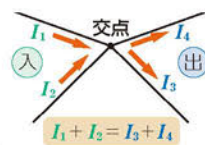
ドリル キルヒホッフの法則

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。

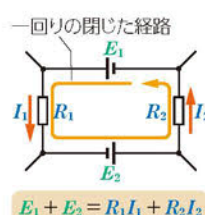
Step 2 電流の流れる向きを仮定する。流れこむ電流の和を左辺、流れ出る電流の和を右辺とした式を立てる。



●キルヒホッフの法則Ⅱ

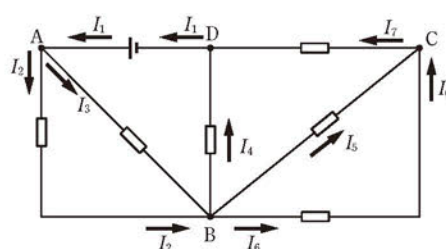
Step 1 回路中の一回りの閉じた経路に着目する。電流の流れる向きは、キルヒホッフの法則Ⅰと同様に仮定する。

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。

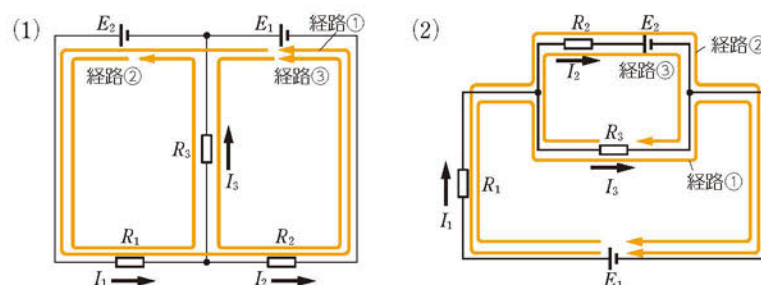


*電圧降下は、抵抗の抵抗値と抵抗に流れる電流値から求める。

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。

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

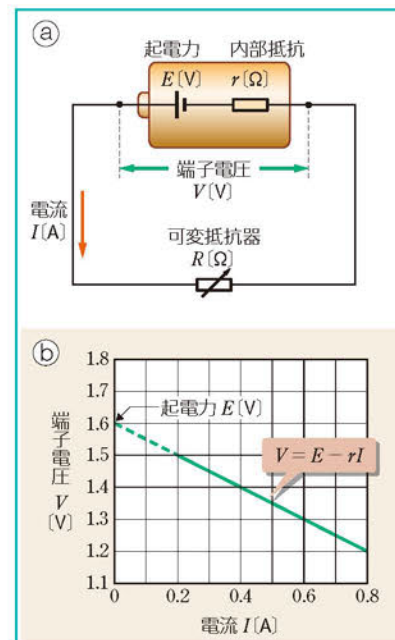
つまり、電池の端子電圧 V は電池の起電力 E から内部抵抗による電圧降下 rI を引いた値になる。また、 $I = 0$ のとき $V = E$ となるので、起電力は電流が流れていないときの端子電圧であることがわかる。

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

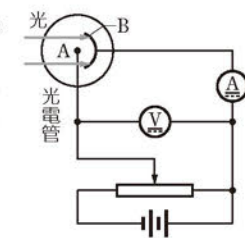
- 電子
- $\frac{e}{m}$
- 電気素量
- $h\nu$
- $\frac{hc}{\lambda}$
- 光の粒子性
- $h\nu - W$
- 大きい
- 変わらない
- $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
- 短くなる
- 変わらない
- X 線の波動性
- X 線の粒子性
- 長い波長の X 線
- $\frac{h\nu}{c}$
- $\frac{h}{\lambda}$
- $\frac{h}{p}$
- 電子の波動性

演習問題



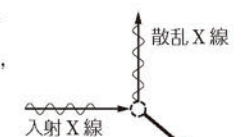
1 光電効果 (p.365 ~ 369)

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)

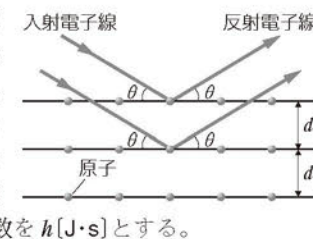
波長 $\lambda [\text{m}]$ の X 線光子が、静止している質量 $m [\text{kg}]$ の電子に衝突して、角 90° の方向に散乱し、波長が $\lambda' [\text{m}]$ となり、電子は速さ $v [\text{m/s}]$ ではね飛ばされた。真空中の光の速さを $c [\text{m/s}]$ 、プランク定数を $h [\text{J} \cdot \text{s}]$ とする。



- 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

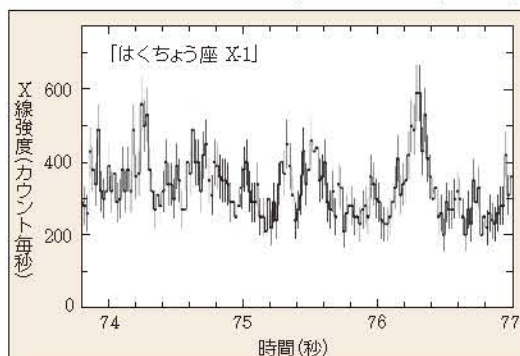


図1 日本のX線衛星「すざく」で観測された、「はくちょう座X-1」からのX線強度の時間変化。ブラックホールに落ちこむガスの流量がゆらぐため、1秒より短い時間でX線が激しく変動する。

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。

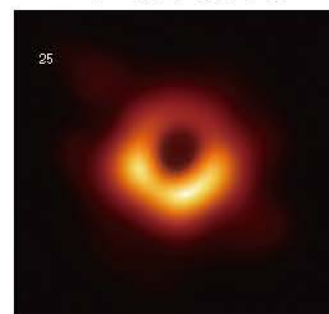


図3 M87銀河の中心にある、太陽の65億倍の質量をもつ巨大ブラックホールを、電波干渉計で撮像した結果。電波干渉計は、異なる電波望遠鏡で受けた電波どうしを重ね合わせ、波の干渉の原理を用い、高い解像度を実現するしくみである。
※この結果が確かであることを検証するために、各国の研究者たちが別々にデータを解析し、この最先端の研究課題に取り組んでいる。

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加わっています。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 田崎 文博 さん

現代社会を支える科学技術や最先端研究の技術者、研究者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。

教科横断 ニュートンで結ぶ学問の世界

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

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

夏目漱石著『三四郎』より

それから改まって、野々宮さんに、光線に圧力があるものか、あれば、どうして試験するかと聞き出した。野々宮さんの答は面白かった。――
雲母か何かで、十六武蔵ぐら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。

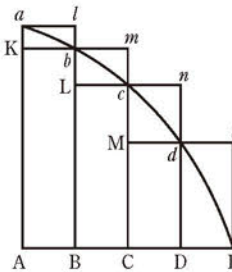


図1

【証明】 内接図形と外接図形との差は長方形aKbl, bLcm, cMdn, dDeoの和、長方形ABlaに等しい。ところが、この長方形は幅ABが限りなく減少するものと仮定されているので内接図形と外接図形は最終的に互いに等しくなる。さらに両者の中間にある曲線図形は、最終的に上のそれぞれに等しくなる。よって証明された。
(図の示し方や一部の用語は現代の形式に直し、加筆や削除を行った。)

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

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

- LAW I** Every body perseveres in its state of rest, or of uniform motion in a right line, unless it is compelled to change that state by forces impressed thereon.
LAW II The alteration of motion is ever proportional to the motive force impressed; and is made in the direction of the right line in which that force is impressed.
LAW III To every action there is always opposed an equal reaction: or the mutual actions of two bodies upon each other are always equal, and directed to contrary parts.
(“The Mathematical Principles of Natural Philosophy” by Isaac Newton, translated by Andrew Motte, 1846)

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

「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 86, 92)

特長 2

つまづき解消のための
工夫が充実

(本冊子 90, 102)

特長 3

実験を通じて学びを
深めます

(本冊子 88)

特長 4

知識を活用する「力」を
養います

(本冊子 92, 103)

特長 5

「物理基礎」と「物理」の
内容を網羅

(本冊子 114 ~ 115)

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 112 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）→ 110

第2巻…波・電磁気・原子分野（「光」について学びやすい構成）→ 120

◆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 128 ~ 129



サンプルはこちら！▲

◆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！▲

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」(→112)としてほぼすべて収録していますので、
第2巻(→120)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
2. 重力加速度の大きさ g の測定	42
3. 水平投射	48
4. 動く発射台からの投射	54
5. 力のつりあい	67
6. 作用反作用の法則	69
7. 台車に力を加えるときの運動	75
8. 静止摩擦力	88
9. 浮力の測定	95
10. 棒のつりあい	101
11. 重心の求め方	109
12. 斜面上の直方体	112
13. 重力による位置エネルギー	126
14. 力学的エネルギー保存則	131
15. 力学的エネルギー保存則の検証	135
16. 運動量と力積	142
17. 2物体の衝突	148
18. 運動量保存則	150
19. 反発係数の測定	152
20. 等速円運動の向心力	169
21. 慣性力	171
22. 単振動の周期	181
23. ばね振り子の周期の測定	183
24. 単振り子	185
25. 単振り子の周期の測定	187
26. ケプラーの第二法則	190
27. 万有引力の法則(実習)	192
28. ブラウン運動	204
29. 比熱の測定	210
30. ボイルの法則	218
31. 断熱変化	236
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で、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、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

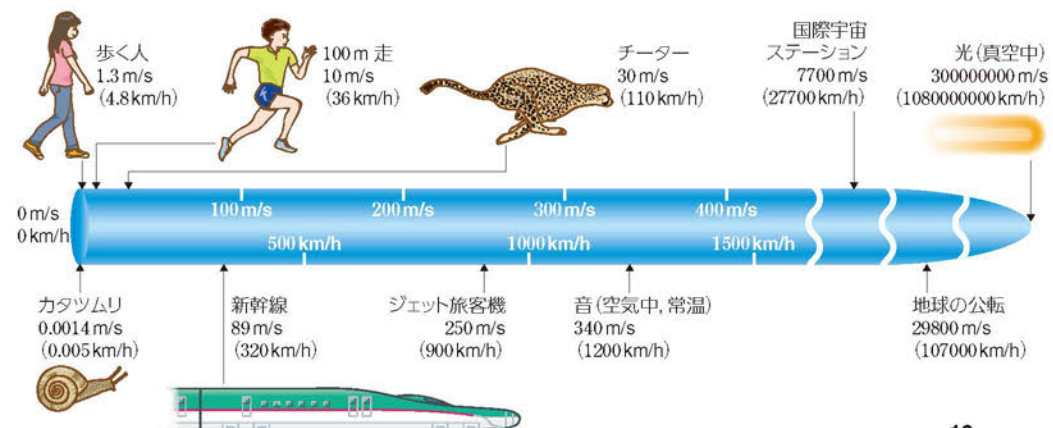
②瞬間の速さと平均の速さ 東北新幹線の速さは最高320km/hに達する。しかし、新幹線は常にこの速さで走行しているわけではなく、速さは時間とともに変化している。そこで、ある時刻における速さのことを、瞬間の速さという。ふつう、速さというときは、瞬間の速さをさすことが多い。自動車のスピードメーターは、瞬間の速さを表示している。

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。

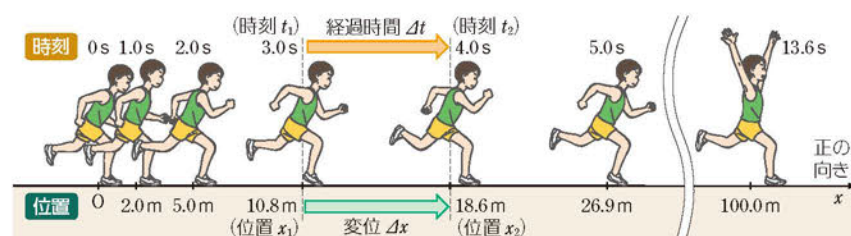


図9 100m走のようす

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。

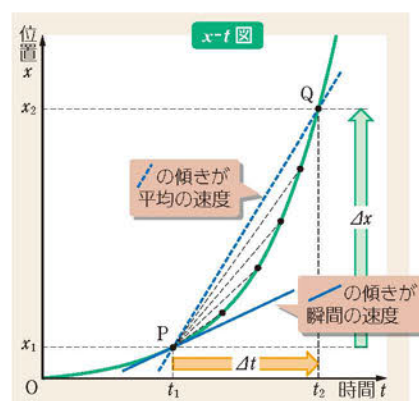
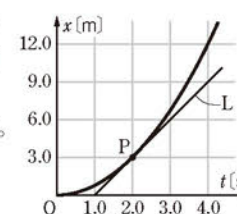


図10 $x-t$ 図と平均の速度・瞬間の速度

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 $\bar{\vec{v}}$ [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。

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

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。

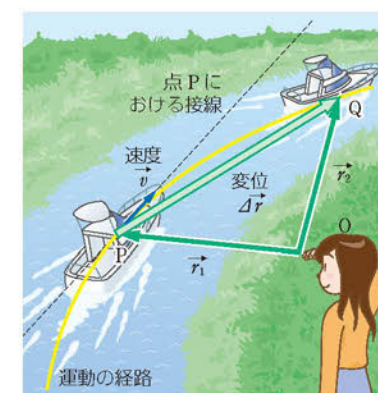


図11 曲線運動をする物体の速度

【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

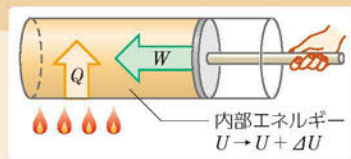
このとき、次の関係が成り立つ。これを **熱力学第一法則** という。

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**

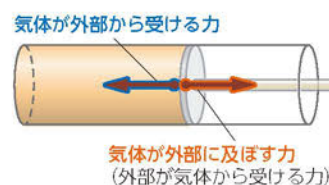
参考 「熱力学第一法則」の別の表現

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)。

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

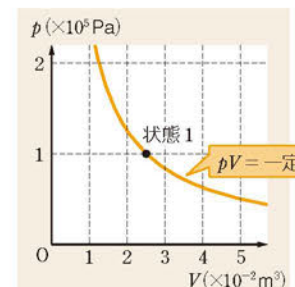
気体の状態変化を考えるうえで役立つ
p-V図の見方をていねいに解説。

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。

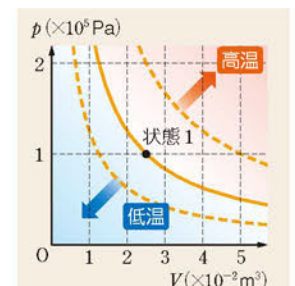


図A p-V図と等温曲線

● 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

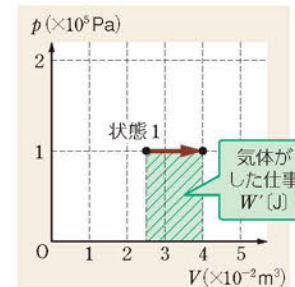
● p-V図と気体がした仕事

・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

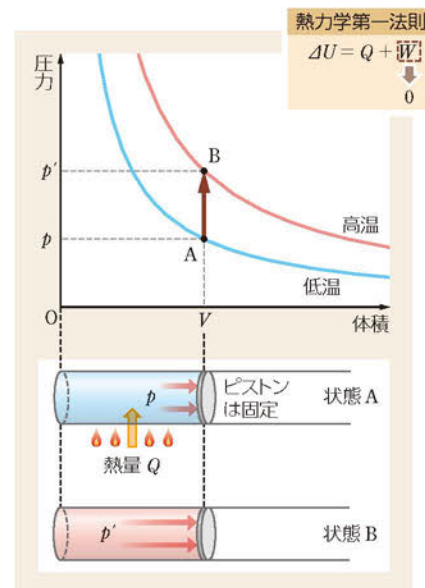


図 21 定積変化

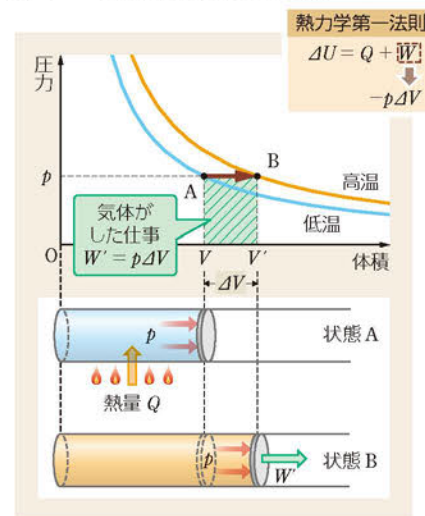


図 22 定圧変化(定圧膨張)

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

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。

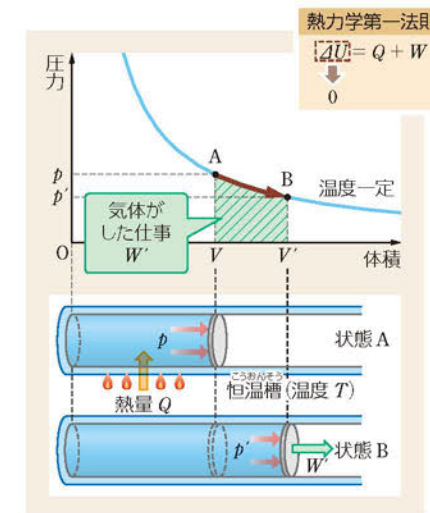


図 23 等温変化(等温膨張)

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。

『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。

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」(→122)としてほぼすべて収録していますので、
第1巻(→110)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

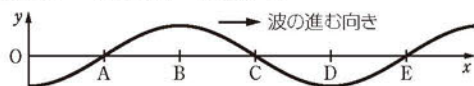
一般に、物理量(物理で扱われる量)は、1.5m、0.80m/sなど、「数値」と「単位」の積で表される。ただし本書では、表記を簡潔にするため、計算の過程などで単位を省略して数値のみで表すことがある。また、物理量を記号(時間 t など)で表す場合は、記号は数値と単位の積を表すとみなせるので、記号の後に単位をつける必要はない。ただし、その物理量をもつ単位を明示したほうがわかりやすい場合、本書では、記号の後に[]で単位を示した(時間 t [s] など)。

「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

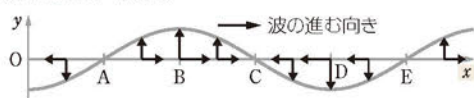
図は、 x 軸上を正の向きに進む縦波の、ある時刻における媒質の変位を横波のように表したものである(x 軸の正の向きの変位を、 y 軸の正の向きに表す)。次の状態の媒質の点を A ~ E からすべて選べ。

- (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



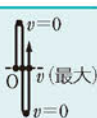
指針 y 軸方向の変位を x 軸方向の変位にもどして考える。

解 まず、 y 軸方向に表された変位を x 軸方向にかき直す。



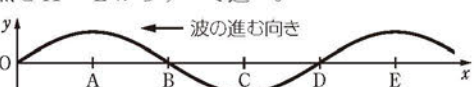
- (1) 最も密な点は媒質が周囲から集まる点である。よって C
- (2) 最も疎な点は媒質が周囲へ遠ざかる点である。よって A, E
- (3) 媒質の速さが 0 の点は媒質の変位の大きさが最大の点であるから、B, D
- (4) 媒質の速さが最大となるのは、媒質が振動の中心を通過するときであるから、A, C, E
- (5) 媒質の速度が右向き
のとき、これを横波表示にすると y 軸の正の向きとなる。(4) で求めた A, C, E のうち、波形を少し進めたとき、媒質が y 軸の正の向きに動いているのは C

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③の実線() のようになる。

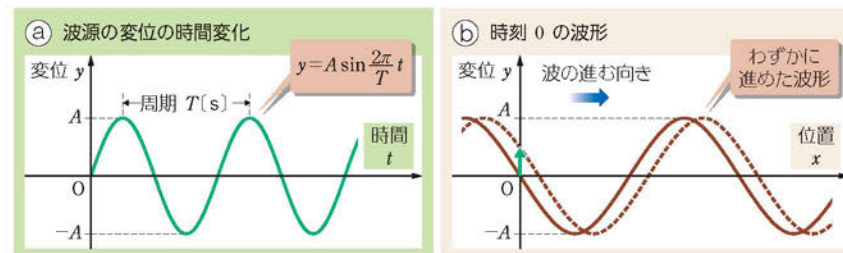


図12 媒質が振動するようす

- 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

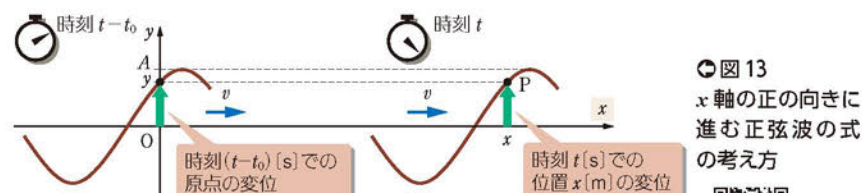


図13 x 軸の正の向きに進む正弦波の式の考え方



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

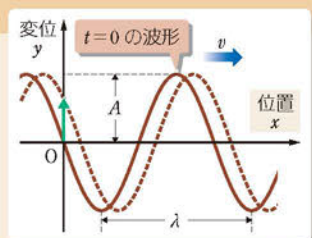
ここで、 $v = \frac{\lambda}{T}$ であるから、次のような **正弦波の式** が得られる。

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。

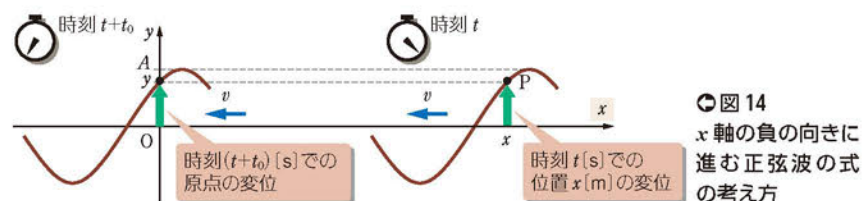


図14 x 軸の負の向きに進む正弦波の式の考え方

- 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。

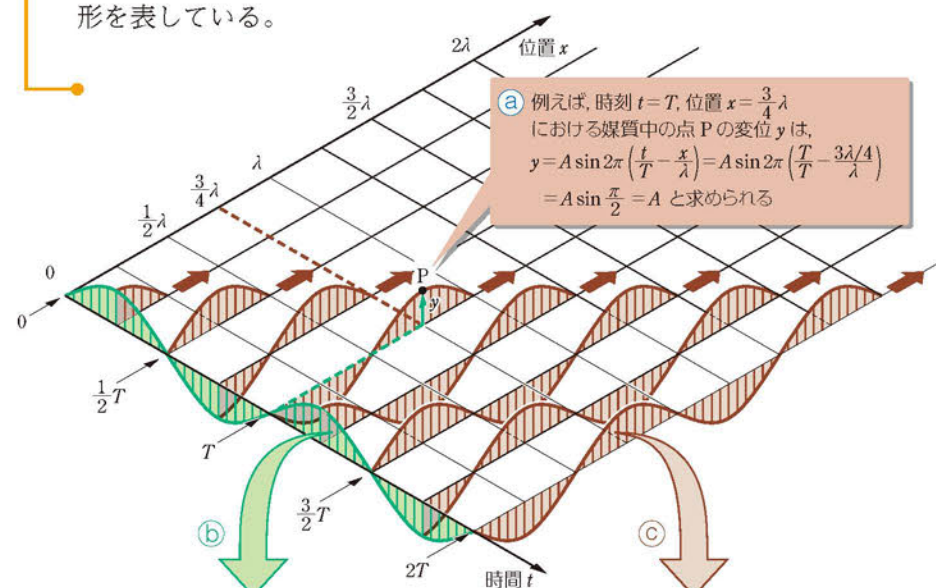
図を用いて関係式とグラフの関係をわかりやすく説明しました。

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。

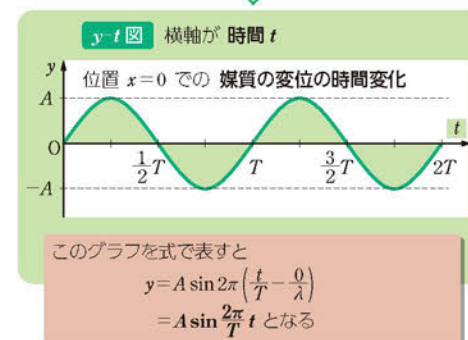
同図③のように、 t , x がともに決まれば、変位 y は一つに定まる。

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。

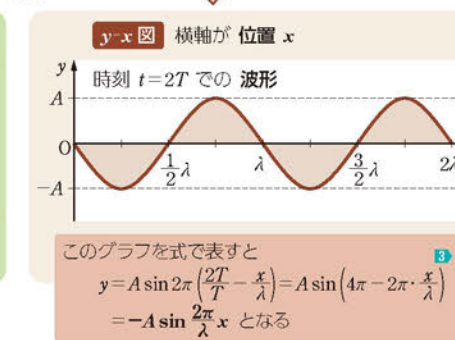
一方、同図③のグラフ($y-x$ 図)は、決まった時刻($t = 2T$)において、媒質の変位が位置によってどのように変わるか、すなわち波形を表している。



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
 $y = A \sin 2\pi \left(\frac{2T}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = A \sin \left(4\pi - 2\pi \cdot \frac{x}{\lambda} \right)$
 $= -A \sin \frac{2\pi}{\lambda} x$ 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

$$v = \frac{r\omega t}{t} = r\omega \quad (\text{A})$$

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。

$$T = \frac{2\pi r}{v} \quad (\text{B})$$

これに(A)式を代入すると、次の式が成り立つ。

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

弧度法

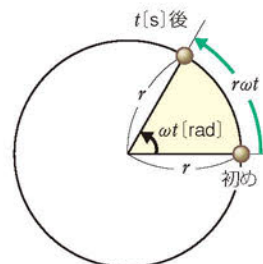
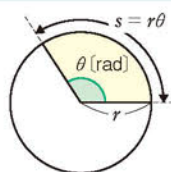
半径 r [m] の円で、円弧の長さ s [m] に対応する角 θ を

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

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。

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

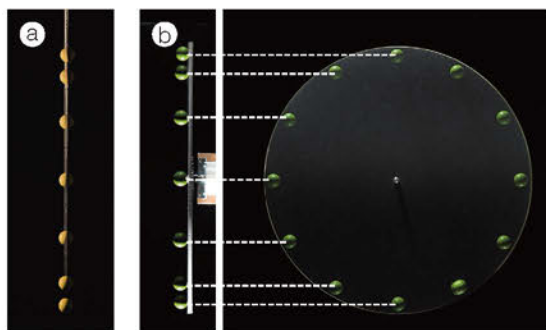
$$1 \text{ rad} = \frac{180^\circ}{\pi} (\div 57.3^\circ) \text{ である。}$$



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。

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

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。

$$f = \frac{1}{T} \quad (\text{E})$$

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。

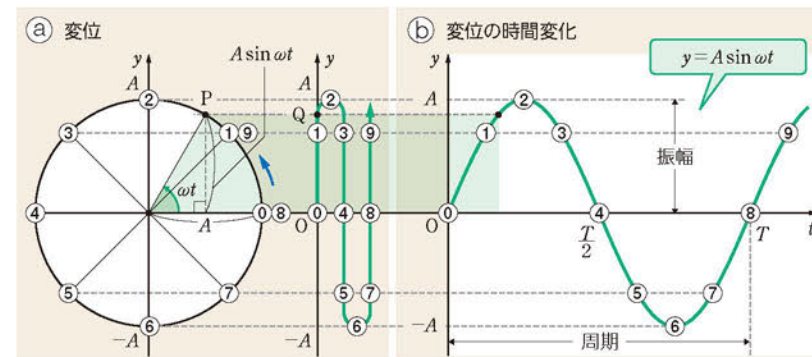
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (\text{F})$$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ 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

$$y = A \sin \omega t = A \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (\text{G})$$

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

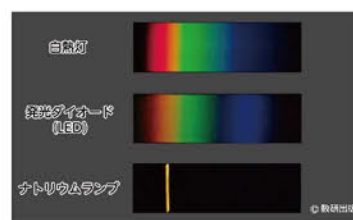
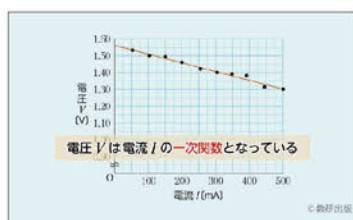
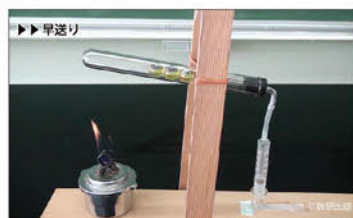
※総合物理では、下記のコンテンツのほか、「物理基礎(物基707)」収録のコンテンツにアクセス可能です。



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

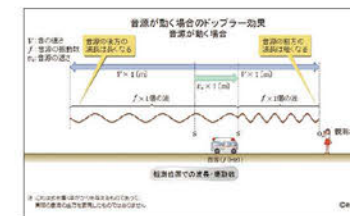
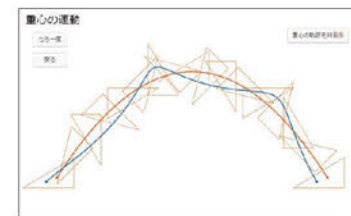
参考映像

- 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 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 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
大阪桐蔭中学校高等学校教諭
有馬 実
秋田県立横手清陵学院高等学校教諭
釜田 博一
北海道札幌南高等学校教諭
小山 祐介
渋谷教育学園渋谷中学高等学校教諭
田部井 一浩
アサンプション国際中学校高等学校教諭
坂東 永智
(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 物理基礎(物基／104 - 901)

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。



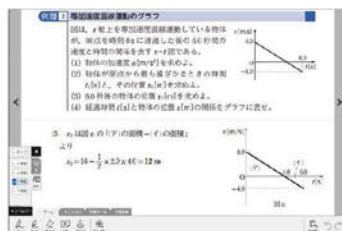
機能向上 スライドビュー

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。

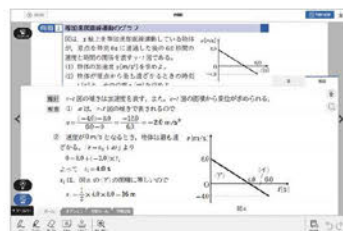
※2026年3月以降に発売される指導者用デジタル教科書(教材)では、図のスライドビュー機能はなくなり、p.135掲載のデジタルコンテンツ「図版ビュー」に移行します。

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。

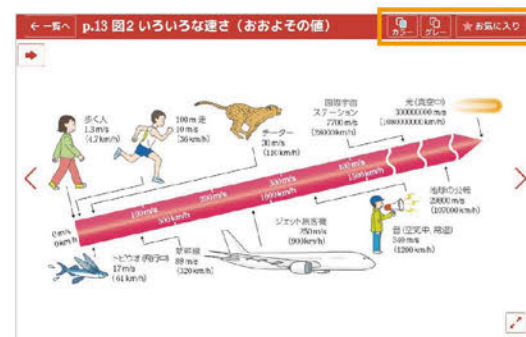


対象(▶pp.136~137) 指 : 指導者用デジタル教科書(教材) 学 : 学習者用デジタル教科書 学+ : 学習者用デジタル教科書・教材 副 : 学習者用デジタル副教材

さらに充実 デジタルコンテンツ

図版ビュー★ 指 学 学+ 副

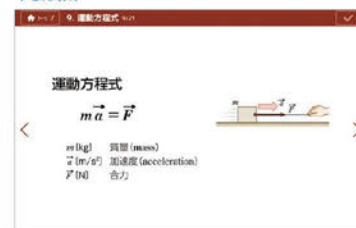
教科書の図や写真などを拡大表示できます。教科書紙面からもワンクリックで拡大表示が可能です。また、お気に入り登録やコピー機能も搭載しておりますので、授業での投影だけでなく、プリントの作成などにも便利です。



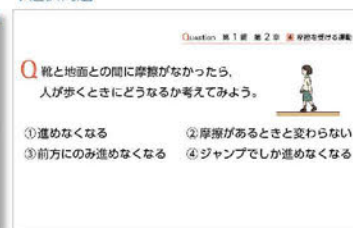
その他のコンテンツ 指 学 学+ 副

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

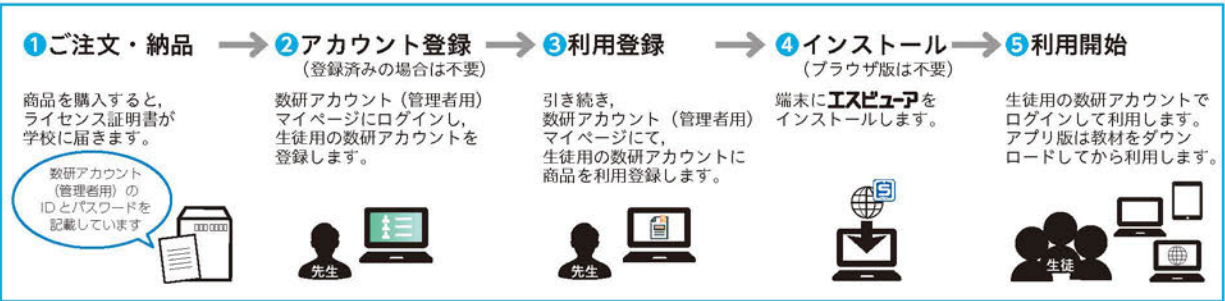
	基本機能	スライドビュー	デジタル コンテンツ	教材連携	学習の記録	演習モード	先生向け機能	
							宿題管理	表示制御
図録	○※1	―	○	○	―	―	○※3	―
問題集(改訂版)	○※1	○	―※2	○	○	―	○※3	○※3
問題集(三訂版)	○※1	○	―※2	○	○	○	○※3	○※3

※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・交換はお受けできません。

151545