

ダイジェスト版

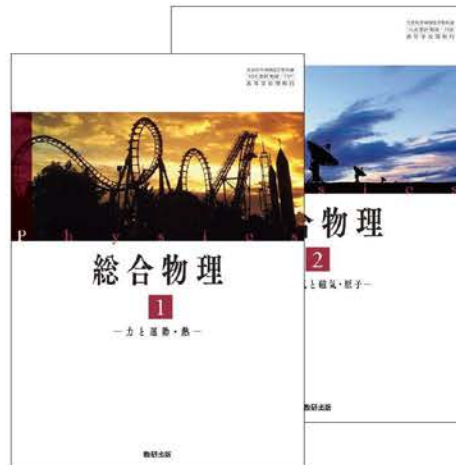
物基／708



物理／707

物理／708

物理／706



教科書『新編 物理基礎』

- 1 教科書の特徴
- 5 教科書紙面の紹介
- 45 『物理基礎』『新編 物理基礎』教科書2点比較

教科書『総合物理』

- 78 教科書の特徴
- 80 教科書紙面の紹介

教科書『物理』

- 47 教科書の特徴
- 48 教科書紙面の紹介

- 100 QRコンテンツ一覧
- 104 著作者・編集協力者／授業時間配分表
- 106 教授資料
- 116 副教材
- 119 Studyaid D.B.
- 120 デジタル教科書／デジタル副教材



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



紹介動画は
こちら！

新課程用
(低学年用)



	物理基礎	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/707 A5判・296ページ+折込付録	物基/708 B5判・216ページ+折込付録

新課程用
(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

教科書『新編物理基礎』の特徴

詳しくは次のページから

POINT

1 物理への興味・関心を育みます

POINT

2 つまずき解消のための工夫が充実

POINT

3 「主体的・対話的で深い学び」を実現

POINT

4 実験を通じて学びを深めます

新課程数研理科教科書の新たな試み！

QRコンテンツで、新たな学びへ！ **NEW!**

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**139**点

QRコンテンツの場所には
Linkアイコンを配置

紙面右下の
QRコードから
タブレットや
スマートフォンで
手軽にアクセス！

→コンテンツの内容など詳しくは、本冊子**100**~**101**

教科書の解説動画をご用意します！ **NEW!**

- 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 40本
例題の解説動画 20本

教科書の解説動画のイメージ画面

速度
速度 = 速さ + 向き

東向きに
西向きに

Aの速さ 10 m/s
Bの速さ 10 m/s

Aの速度 +10 m/s
Bの速度 -10 m/s

→ご利用方法など詳しくは、本冊子**107**

POINT1 物理への興味・関心を育みます

●日常生活に関連した写真や話題で物理への興味をもたせます。

第1章 運動とエネルギー

「空手に投げられたバスケットボールには、どのような力がはたらいているだろうか。」

「自転車でペダルをこくときに、どのような力がはたらいているだろうか。」

「自動車の運転席から見たとき、どのような力がはたらいているだろうか。」

「ボールが落下するとき、どのような力がはたらいているだろうか。」

「ボールが斜面を転がる時、どのような力がはたらいているだろうか。」

第1章 運動の観し方 10
 第2章 運動の法則 39
 第3章 仕事と力学的エネルギー 70

編とびら NEW!
 学習内容に関連する興味づけとなる写真と、それに関連する問いかけで構成されています。興味づけだけでなく、主体的・対話的で深い学びへもつなげられます(→POINT3)。
 1～4編で掲載

◀p.8~9
 (▶本冊子 10 ~ 11)

楽器のサイエンス

各編末に学習内容に関連した身近なテーマ(スポーツ、台所など)の写真主体の読み物を掲載しました。質問(Question)で、主体的な学びにもつなげられます。
 1～4編で掲載

▶p.134~135
 (▶本冊子 30 ~ 31)

楽器のサイエンス

楽器が音を伝える仕組みは、その構造と材料によって決まっています。ここでは、弦楽器の振動がどのようにして空気を振動させて音を生み出すのか、そして、その音の性質がどのようにして私たちの耳に届くのかについて、科学的な視点から解説します。

弦楽器の振動を利用した楽器

弦楽器は、弦の振動を利用して音を生み出します。弦の振動は、弦の両端に固定されているため、一定の長さで振動します。この振動が、弦の両端に固定されているため、一定の長さで振動します。この振動が、弦の両端に固定されているため、一定の長さで振動します。

管楽器の振動を利用した楽器

管楽器は、管内の空気の振動を利用して音を生み出します。管内の空気の振動は、管内の長さによって決まります。この振動が、管内の長さによって決まります。この振動が、管内の長さによって決まります。

打楽器の振動を利用した楽器

打楽器は、打撃によって生じた振動を利用して音を生み出します。打撃によって生じた振動は、打撃の強さによって決まります。この振動が、打撃の強さによって決まります。この振動が、打撃の強さによって決まります。

コラムがさらに充実
 身近な題材のコラムがさらに充実しました(27箇所)。

◀p.98 (▶本冊子 28)

コラム 注射の怖さでヒンヤリ?

インフルエンザなどの予防接種の注射を受ける前、アルコールで肌を消毒するが、そのときにひんやりと冷たく感じることもある。これは、注射に対する恐怖のためではなく、肌に塗られたアルコールが蒸発して気体になる際、蒸発熱として体から熱を奪うためである。
 夏の暑い日に打ち水をするとき涼しく感じるが、これも水が蒸発熱を奪うためである(→p.91)。



POINT2 つまづき解消のための工夫が充実

●特集「Zoom」で、つまづきやすい内容を直感的に理解できます。

速度と加速度の正負

速度と加速度は、「大きさ」と「向き」をもつベクトルである。特に一直線上の運動では、数値につく正負の符号が「向き」を表す。ここでは、速度と加速度に対する正負の扱い方について考えてみよう。

速度の正負の決め方

step 1 座標軸の正の向きを確認する。
 step 2 速度の正負を判断する。
 座標軸の 正 の向きに進む → 速度 $v > 0$
 座標軸の 負 の向きに進む → 速度 $v < 0$

例 1 座標軸の正の向きと同じ向きに進んでいる。よって速度は正

例 2 座標軸の正の向きと逆向き(負の向き)に進んでいる。よって速度は負

自動車は前進しているけど、速度は負になるね(例2)。

「Zoom」 NEW!
 学ぶ手順とイラストのシンプルな構成で解説。「力の見つけ方」「運動方程式の立て方」など、全11か所掲載。
具体例で確認
 学習手順を適用すると、どのようになるかを具体例で確認できます。
キャラクターが内容補足 NEW!
 重要事項の確認や間違いやすい点を注意喚起。Zoom 以外にも、キャラクターは多数登場し、理解を助けます。

◀p.26 Zoom「速度と加速度の正負」
 (▶本冊子 20 ~ 21)

POINT3 「主体的・対話的で深い学び」を実現

●生徒が「目標」を意識し、見通しをもって学習できます。

1 速度

単元冒頭の「目標」

「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。 NEW!

▲p.10 「速度」の単元の冒頭 (▶本冊子 12)

学んだことを説明してみよう

2 加速度

(1) 「自動車の発進時の加速度の大きさが 2.0 m/s^2 」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。

▲p.25 「加速度」の単元末 (▶本冊子 19)

単元末の「学んだことを説明してみよう」

学んだことを自分の言葉で説明することで、「何を理解できたのか」を振り返ることができます。 NEW!

POINT4 実験を通じて学びを深めます

● 実験を、デジタルコンテンツや教授資料も含めてトータルにサポートします。

実験1 斜面を降下する台車の加速度

目的 記録タイマーを用いて、斜面上の台車の運動を調べ、
【力のかたまり】 物体の運動と時刻の間の関係について考える。

準備 ガラス板、紙、記録タイマー(図A)、記録用の紙テープ、クッション(そのまゝなど)、方眼紙、ものさし

手順 ① 紙テープの両端を(図B)右側の上端に固定した記録タイマーに渡し、台車の後面に貼りつける。
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 1回おこなった紙テープについて、最初と最後のほうのまっすぐとした部分を基準点(図C)に定め、一定の打点間隔(例えば打点)で基準点からの長さをはかる。
④ 各打点の平均の速さを求め、時刻に時間、距離(台車の長さ)をとったグラフをかく(→p.26 参照)。

考察 台車の加速度と時刻の関係にどのような関係があるだろうか。



実験サポート

実験データの分析のしかたを丁寧に解説しました。 **NEW!**


記録用の紙テープを用いた加速度運動の分析

step ① 記録用の紙テープから移動距離を読み取る。

step ② 測定結果を表にまとめる。

step ③ $v-t$ 図をかく。

時刻 t (s)	基準点からの距離 s (m)	各打点の移動距離 Δs (m)	各打点の速さ v (m/s)
0.00	0.00	0.001	0.33
0.10	0.011	0.010	0.48
0.20	0.029	0.018	0.65
0.30	0.54	0.065	0.82
0.40	0.221	0.060	0.90
0.50	0.222	0.066	0.98
0.60	0.222	0.111	1.14
0.66	0.436		



▲p.21 (▶本冊子 17)

実験映像を完備

すべての実験に映像をご用意しています。紙面のQRコードからご覧いただけます。

サンプルはこちら!



NEW!

▲p.25 運動の分析に必須の「記録テープの分析」(▶本冊子 19)

教授資料でのサポートの充実

実験の注意点や結果例も掲載。実験に役立つデータが充実。

その他の POINT

- 例題に指針を収録 (p.25 (▶本冊子 19))。
- 思考問題...
 - ・ 章末演習問題の「思考問題」 (p.38 (▶本冊子 22))。
 - ・ 共通テストを意識した「チャレンジしてみよう！」 (p.182~185 (▶本冊子 38~39))。
- 「持続可能性とSDGs」 (p.168 (▶本冊子 34))
- 「物理をわかりやすく表現する」 (後見返し ((▶本冊子 42~43)))
- 働く人のインタビュー記事 (p.177 (▶本冊子 37))

▶ p.182 (▶本冊子 38)

チャレンジしてみよう! Let's challenge

第1問 Kさんは、スマートフォンの機能を利用して、電車の速さと経過時間の関係を記録しようと考えた。Kさんが乗車した電車は、P駅から発車したのち、Q駅、R駅、S駅、T駅で停車をした。図1は、これらの駅を地図上に表している。また、図2はKさんが電車の中でとったメモである。




図1 図2

図3

図4

図5

図6

▶ p.182 (▶本冊子 38)

構成要素・本書の使用方法

実験

物理の現象の規則性や法則性を発見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、確かな理解をはかる問題。思考力を要するものには**考**をつけた。

例題00

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

類題00

例題をもとにして、自力で考察する問題。

演習問題

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

Zoom

理解しづらいところや間違えやすいところを、重点的に説明した。

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。

MEMO

中学校での履修内容や、数学知識など、理解に必要な予備知識を取り上げた。

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)。

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.212)。

インターネットへのリンクマーク

<https://www.chart.co.jp/qr/22sp2/>

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



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

NEW!

アニメーションや映像などのコンテンツを紙面のQRコードからご覧いただけます(→コンテンツの内容など詳しくは、本冊子100~101)。

目次

8	物理量の扱い方	4
---	---------	---

第1編 運動とエネルギー

第1章 運動の表し方

1	速度	10
2	加速度	20
3	落体の運動	30
22	演習問題	38

第2章 運動の法則

1	力とそのはたらき	39
2	力のつりあい	42
3	運動の法則	53
4	摩擦を受ける運動	62
5	液体や気体から受ける力	65
	演習問題	69

第3章 仕事と力学的エネルギー

1	仕事	70
2	運動エネルギー	74
3	位置エネルギー	76
4	力学的エネルギーの保存	79
	演習問題	87

特集	スポーツのサイエンス	88
----	------------	----

第2編 熱

第1章 熱とエネルギー

1	熱と物質の状態	92
2	熱と仕事	100
	演習問題	103

特集	台所のサイエンス	104
----	----------	-----

第3編 波

第1章 波の性質

1	波と媒質の運動	108
2	重ねあわせの原理	118
	演習問題	122

第2章 音

1	音の性質	123
2	発音体の振動と共振・共鳴	126
	演習問題	133

特集	楽器のサイエンス	134
----	----------	-----

第4編 電気

第1章 物質と電気抵抗

1	電気の性質	138
2	電流と電気抵抗	141
3	電気とエネルギー	152
	演習問題	154

第2章 磁場と交流

1	電流と磁場	155
2	交流と電磁波	158
	演習問題	162

特集	新幹線のサイエンス	164
----	-----------	-----

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	166
2	エネルギー資源と発電	168

物理学が拓く世界

	スポーツと物理学	176
	防災と物理学	178
	自動車と物理学	180

チャレンジしてみよう!	182
-------------	-----

探究の進め方	186
--------	-----

ガリレオ・ガリレイに学ぶ「探究」	188
------------------	-----

資料編	1. 物理のための数学の基礎	192
	2. 量の表し方	197
	3. 表	199
	元素の周期表	201
	基礎チェック問題	202
	略解	207
	索引	213
	物理で用いられる表現・ギリシャ文字	216

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。

実験

17	① 斜面を降下する台車の加速度	21
	② 重力加速度の大きさ g の測定	31
	③ 力のつりあい	47
	④ 作用反作用の法則	49
	⑤ 台車に力を加えるときの運動	54
	⑥ 静止摩擦力	63
	⑦ 浮力の測定	67
	⑧ 重力による位置エネルギー	77
	⑨ 力学的エネルギー保存則	81
	⑩ 力学的エネルギー保存則の検証	85
	⑪ ブラウン運動	92
	⑫ 比熱の測定	96
	⑬ 仕事による熱の発生	100

⑭	横波と縦波の発生	116
⑮	音の波形	124
⑯	弦の振動と音階の関係	127
⑰	気柱の振動と音階の関係	129
⑱	おんさの振動数の測定	130
⑲	振り子の共振	132
⑳	オームの法則	143
㉑	抵抗値の測定	148
㉒	ジュールの法則	152
㉓	赤外線観測	162
㉔	手回し発電機	166
㉕	放射線の測定	171

コラム

	新幹線の速さを求めてみよう	11
	花火の打ち上げと鉛直投射	35
	橋から学ぶ力のつりあい	49
	ストローでジュースが飲めるのはなぜ?	66
	人のからだは水に浮く?	68
	自動車が停止するまでに進む距離	75
	テッドボールと力学的エネルギー	81
28	山の上で米をたくと?	97
	注射の怖さをヒンヤリ?	98
	氷が水に浮くのは当たり前?	99
	飛行機で用いられるのは暖房?冷房?	101
	永久機関	103
	地震波と緊急地震速報	117
	波を波で弱める!?	122

	ギターと音階	127
	管楽器から出る音	131
	ビルや橋の設計と共振の防止	133
	もう静電気は怖くない!?	140
	電流と自由電子の移動の向きはどうして逆なの?	141
	体脂肪計はどうやって体脂肪率を測定している?	149
	白熱電球とLED電球	154
	デジタル放送のメリットは高画質だけでない?	161
	謎の光? X線	163
	エネルギーが保存されるなら「省エネルギー」は不要?	167
34	持続可能性とSDGs	168
	放射線から身を守るには	172
	揚水発電	174

ZOOM

20	相対速度	18
	速度と加速度の正負	26
	等加速度直線運動の式	28
	自由落下と鉛直投射	34
	力の成分の求め方	44
	物体が受ける力の見つけ方	50

23	運動方程式の立て方	57
26	力学的エネルギー保存則の式の立て方	82
	波のグラフ	114
	電気の測定器の使い方	146
	電気回路の見方	150

参考

14	物理量と単位	13
	ベクトル	14
	記録用の紙テープを用いた加速度運動の分析	25
	力の成分の表し方	43
	斜面上で物体がすべり始める角度	64
	仕事の一般式	71
	仕事率と速さの関係	73
	熱の伝わり方	98
	線膨張率	99
	等速円運動と単振動	110
	位相	112
	電気抵抗の原因は?	143

発展

	平面上の速度の合成・平面上の相対速度	19
	斜方投射	36
	水平投射の式・斜方投射の式	37
	第二種永久機関	103
	弦を伝わる波の速さ	127
	静電誘導	140
	フレミングの左手の法則	157
	レンツの法則	157

※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。

物理量の扱い方

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



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

1 物理量の表し方

A | 単位

→ p.197

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。

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

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

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、その物理量がもつ単位を明示したほうがわかりやすい場合、本書では、記号の後に〔 〕で単位を示した（時間t[s]など）。

B | 数式の表し方

→ 巻末付録（ブックマーカー）

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

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

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

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

数式で用いられるおもな記号（文字）の例

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

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

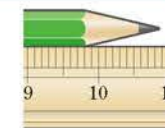
ワーク2

- 次の数式を、上の表に示した記号（文字）で表してみよう。
- 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までを目分量で読み取る。例えば、日常使用するものさしでは1mmが最小目盛りなので、0.1mmの位まで読み取ればよい。



B | 誤差

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

(a) 絶対誤差（「ふつう「誤差」というと、絶対誤差のことをいう）

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

(b) 相対誤差（「誤差何％」というときに使う）

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

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。

NEW!

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

C | 有効数字

→ p.198

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

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



D | 測定値の計算と有効数字

→ p.198

測定値には必ず誤差が含まれる。測定値どうしの計算では、有効数字を適切に扱うために、次のような点を考慮しなければならない。

かけ算、わり算

測定値どうしをかけたりわったりするときは、通常、最も少ない有効数字の桁数（四捨五入した後）とする。

- 例：縦26.8cm、横3.2cmの長方形の面積
 $26.8\text{cm} \times 3.2\text{cm} = 85.76\text{cm}^2$ 答え 86cm²
3桁 2桁 2桁



第1編

運動とエネルギー

スポーツを観戦していると、さまざまな運動を目にすることができる。——走る。ジャンプする。ボールを投げる。スポーツ選手やボールの運動には規則性があり、それには「力」のはたらきが関係している。第1編では、物体の運動と力の関係について詳しく学ぶ。さらには、「エネルギー」という観点から、物体の運動についての理解を深めていこう。

↓ラグビーのスクラムで互いに押しあつて動きが止まっているとき、どちらのチームが加えている力が大きいだろうか。

(⇒ p.46 力のつりあい)



編の冒頭は、学習内容に関連する興味づけとなる写真と、それに関連する問いかけで構成しました。

NEW!

←空中に投げ出されたバスケットボールには、どのような力のはたらきがあるだろうか。

(⇒ p.40 いろいろな力)

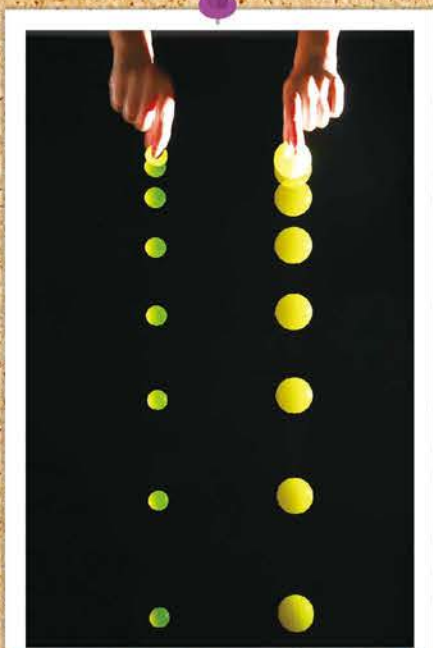


↑自転車でブレーキをかけずに坂道を下るとき、「力学的エネルギーが保存されている」といえるだろうか。

(⇒ p.86 保存力以外の力が仕事をする場合)



↑自動車の速さが一定であれば、小学校で学習した「道のり=速さ×時間」の式を使えるが、自動車が加速や減速をし、速さが一定でない場合は、どうなるだろうか。(⇒ p.20 加速度)



↑小球の質量が異なれば、落下にかかる時間も異なるだろうか。(⇒ p.30 自由落下)



↑縮められたばねには、どれほどのエネルギーが蓄えられているだろうか。

(⇒ p.77 弾性力による位置エネルギー)

第1章 運動の表し方	10
第2章 運動の法則	39
第3章 仕事と力学的エネルギー	70

このQRコードから、中学校の復習コンテンツをご利用いただけます。



NEW!

新編物理基礎(物基/708)

新編物理基礎(物基/708)

運動の表し方

単元冒頭に「身近な話題+学習目標」を示しました。目的意識をもって主体的に学習が始められます。
→単元末の「学んだことを説明してみよう」(→19)で、振り返りが可能です。

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

NEW!

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

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

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

PLAYBACK 中学校での学習内容

- 平均の速さと瞬間の速さ
- 等速直線運動

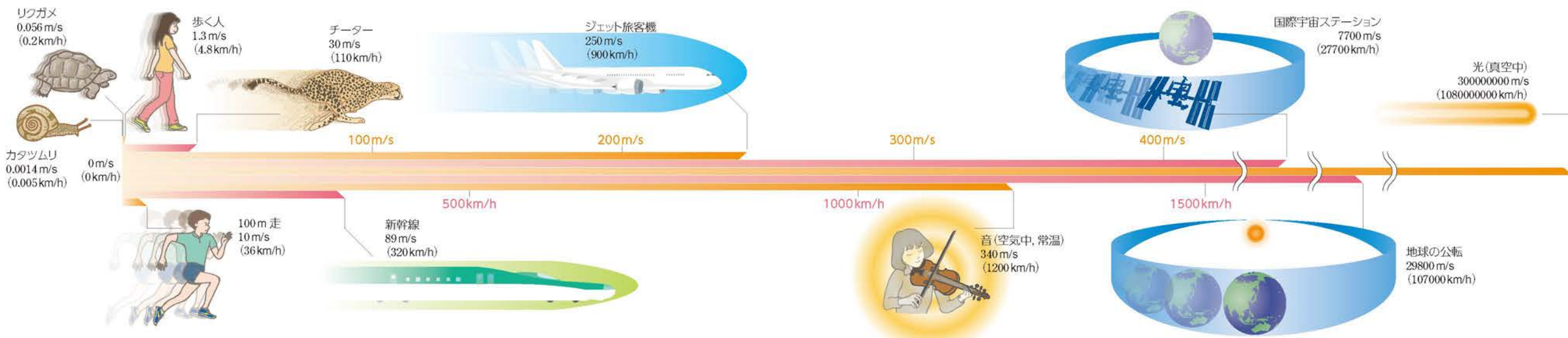
用語 単位時間当たり

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。

② p.216 用語一覧

①本書では速さの単位として「m/s」を用いることが多い。速さの単位 m/s や km/h の中の「/」は、「毎」という文字に対応している。「/」の後に続く単位でわることを表している。

図1 いろいろな速さの例(おおよその値)



コラム

新幹線の速さを求めてみよう

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

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

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

と求められる。身近な電車についても調べてみよう。



キャラクターで、ポイントをこまめに補足しました。



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

1秒で1m進む速さは1m/s、
1時間で1km進む速さは1km/hだよ。

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

問1 36km/hは何m/sか。

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

MEMO

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

C 速度

用語 速度と速さ

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

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

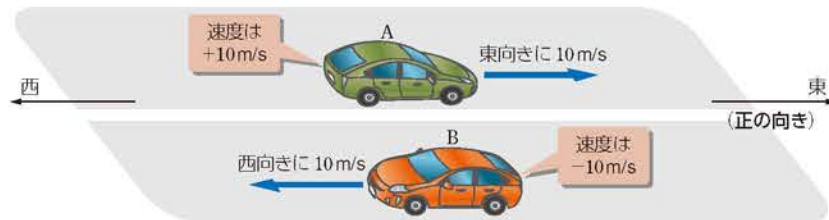
速度を言葉で表すときは、「東向きに10m/s」のように向きの情報が必要だね。



NEW!

キャラクターで、生徒が誤りやすい点を注意喚起しました。

図4のように、道路を東向きに速さ10m/sで走る自動車Aと、西向きに速さ10m/sで走る自動車Bを考えよう。自動車A、Bの速さは等しいが、運動の向きは異なる。このように、運動のようすは速さだけでなく向きも与えないと決まらない。そこで、速さと運動の向きをあわせてもつ量を考え、これを**速度** そくど velocity という。速度を図に表すときは、図5のように矢印をかく。



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

一般に、大きさと向きをもつ量を**ベクトル** vector といい、記号では \vec{v} のように表す。

一直線上の運動では、どちらが正の向きかを定めることで、速度の向きを正・負の符号(正・負の値)で区別することができる。



⑤図5 速度の表し方 矢印の向きで速度の向きを、長さで速さを表す。

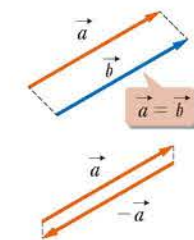
問5 北向きに12m/sの速さで走っている自動車Aと、南向きに15m/sの速さで走っている自動車Bがある。北向きを正の向きとしたときの、自動車A、自動車Bの速度をそれぞれ求めよ。

参考+ ベクトル

力(→p.39)や速度のように、大きさだけでなく向きをもつ量を**ベクトル** (→p.196)という。また、質量(→p.56)・速さ・温度などのように、大きさだけで定まる量を**スカラー** いう。

ベクトルは、その大きさに相当した長さの矢印をその向きに合わせて図示する。また、文字と矢印を用いて、 \vec{a} のように表す(図A)。ベクトル \vec{a} の大きさは、 $|\vec{a}|$ などと表される。

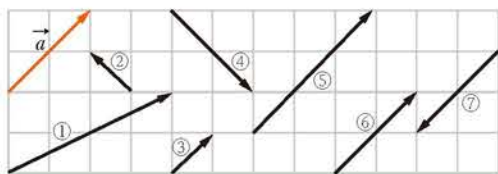
2つのベクトル \vec{a} 、 \vec{b} の向きが同じで大きさも等しいとき、これらは等しいといい、 $\vec{a} = \vec{b}$ と書く。また、 \vec{a} と大きさが等しく向きが反対のベクトルを、 \vec{a} の**逆ベクトル** といい、 $-\vec{a}$ で表す。大きさが0のベクトルを**零ベクトル**(または**ゼロベクトル**) といい、 $\vec{0}$ と表す。零ベクトルの向きは考えない。



⑥図A ベクトルの表し方

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

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



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

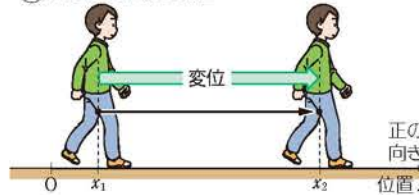
D 変位

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

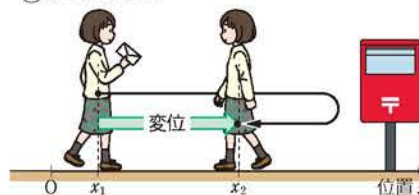
②変位 物体が移動するとき、まっすぐ目的の位置まで移動することもあれば、方向を変えながら目的の位置に移動することもある。物体が実際に移動した距離(移動距離)に対して、物体の位置がどの向きにどれだけ変化したかを表す量(位置の変化)を**変位** へんい displacement いう。速度と同様に、変位も大きさと向きをもつベクトルである。

図6のように、変位は、物体の移動の経路に関係なく、最初の位置と終わりの位置だけで定まる(同図②)。一直線上の運動の場合では、位置 x_1 [m] から位置 x_2 [m] まで物体が移動したとき、物体の変位は $\Delta x = x_2 - x_1$ と表すことができる。

① 同じ向きに進む場合



② 折り返す場合



③図6 変位

②のように、変位の大きさと移動距離(進んだ道のり)が異なる場合もあるよ。



E 平均の速度

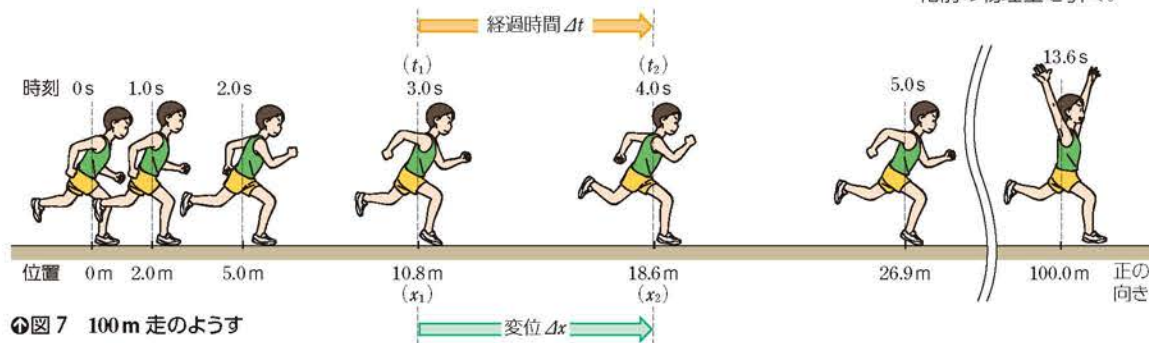
図7のような一直線上の100m走を考える。走者は静止した状態からスタートして、徐々に速さを増していく。つまり、速さは一定ではなく、時間とともに変化している。

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

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

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

問6 図7で、時刻3.0秒から時刻4.0秒の間の平均の速度は何m/sか。また、時刻5.0秒からゴールするまでの間の平均の速度は何m/sか。



⑦図7 100m走のようす

用語

(物理量)の変化
 変化後の物理量から、変化前の物理量を引く。

2 加速度

短距離走の選手と新幹線が同時にスタートした直後に、先を走るのどちらだろうか。この節では、速度が変化する物体の運動の表し方を理解しよう。

A 加速度

人、自動車、新幹線の速さは、全速力の場合、それぞれおよそ 10m/s、50m/s、90m/s になる。これらが同時にスタートして、2 秒後に先頭を走っているのはどれだろうか。意外にも先頭は人で、自動車、新幹線の順番となる(図 11)。これは、人の速さが短時間で最大値になるのに対し、自動車や新幹線は長い時間をかけて、速さを増やしていき、最大値となるためである。このように、物体の運動のようすを知るには、速度だけでなく、速度が時間の経過につれてどのように変化していくかを調べることも必要である。単位時間当たりの速度の変化を **加速度** という。



図 11 人・自動車・新幹線の加速のようす スタート直後の 2 秒間に進む距離を表す。

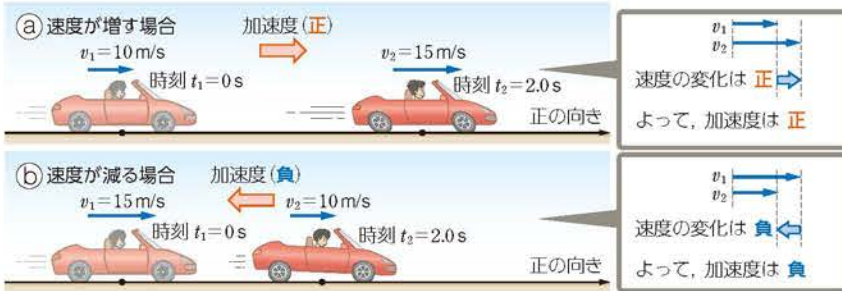
図 12 のように、一直線上を運動している物体の、時刻 t_1 [s] での速度を v_1 [m/s]、 t_2 [s] での速度を v_2 [m/s] とする。経過時間 $\Delta t = t_2 - t_1$ [s] の間に速度が $\Delta v = v_2 - v_1$ [m/s] だけ変化しているから、この間の 1 秒当たりの速度の変化、つまり平均の加速度 \bar{a} は、次のようになる。

$$\bar{a} = \frac{\text{速度の変化}}{\text{経過時間}} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (7)$$

加速度の単位は、(7) 式から $\frac{\text{m/s}}{\text{s}}$ となるが、これを **m/s²** と表し、メートル毎秒毎秒と読む。1m/s² は、1 秒当たりに速度が 1m/s の割合で変化する場合の加速度である。速度と同じように、加速度も大きさ **と向きをもつベクトル** である。

図 12 加速度の正と負

③のように、時刻 0 ~ 2.0s の間に、速度が 10m/s から 15m/s に増すときの加速度は $\frac{15\text{m/s} - 10\text{m/s}}{2.0\text{s} - 0\text{s}} = 2.5\text{m/s}^2$



④のように、時刻 0 ~ 2.0s の間に、速度が 15m/s から 10m/s に減るときの加速度は $\frac{10\text{m/s} - 15\text{m/s}}{2.0\text{s} - 0\text{s}} = -2.5\text{m/s}^2$

表 1 いろいろな加速度の例(おおよその値)

例	加速度 (m/s ²)
新幹線(発進時)	0.5~0.7
エレベーター	0.8~0.9
電車(発進時)	0.8~1.0
地球上での落下	9.8
H-II B ロケット	30~35
チャーター	30~35

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。

①速度が時間とともに変化する運動を加速度運動という。

加速度が 2m/s² の場合、1 秒間に 2m/s の割合で速度が増える。



②速度と加速度の向きが反対になることもある(図 12 ④)。

問 10 一直線上を正の向きに 4.0m/s の速さで進んでいた物体の速度が次のように変化したとき、物体の平均の加速度 \bar{a} [m/s²] をそれぞれ求めよ。
(1) 2.0 秒後に正の向きに 7.0m/s の速さになったとき。
(2) 3.0 秒後に負の向きに 2.0m/s の速さになったとき。

B 等加速度直線運動

図 13 のように、斜面を降下する小球を観察すると小球が徐々に速くなっていくのがわかる。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。

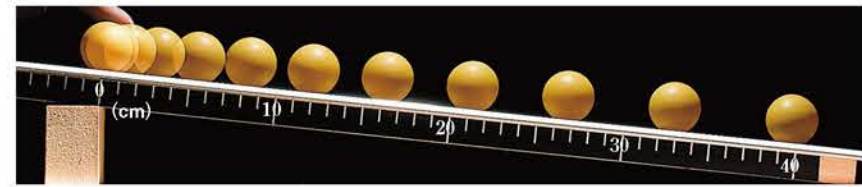


図 13 斜面を降下する小球の運動(発光間隔 0.10 秒)

実験 1 斜面を降下する台車の加速度

目的 記録タイマーを用いて、斜面上の台車の運動を調べる。

見方・考え方 物体の速度と時間の関係について考える。

準備

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

手順

- 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。
- 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。
- 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(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。
- 各区間の平均の速さを求め、横軸に時間、縦軸に台車の速さをとったグラフをかく(→ p.25 参考)。

考察

台車の速さと時間の間にはどのような関係があるだろうか。

図 14 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。

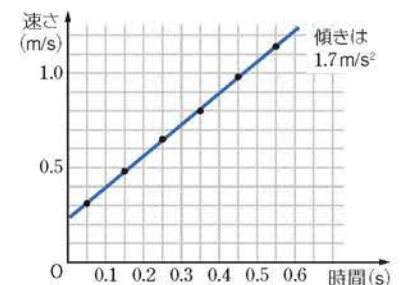


図 14 台車の速さと時間の関係

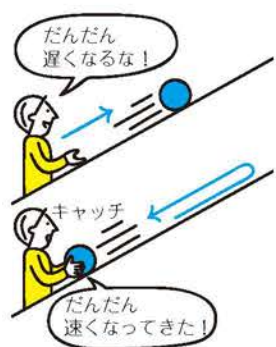
③記録タイマーは、一定の時間間隔で記録用の紙テープに点を記す(打点する)装置である。打点間隔が、時間間隔ごとの移動距離に対応する。

この QR コードから、実験映像がご覧いただけます。



教科書で扱っているすべての「実験」に映像をテロップ・音声付きで用意。映像では、実験手順に加え、データの分析方法も解説しています。紙面右下の QR コードから、実際にご覧いただけます(→詳しくは 100)。

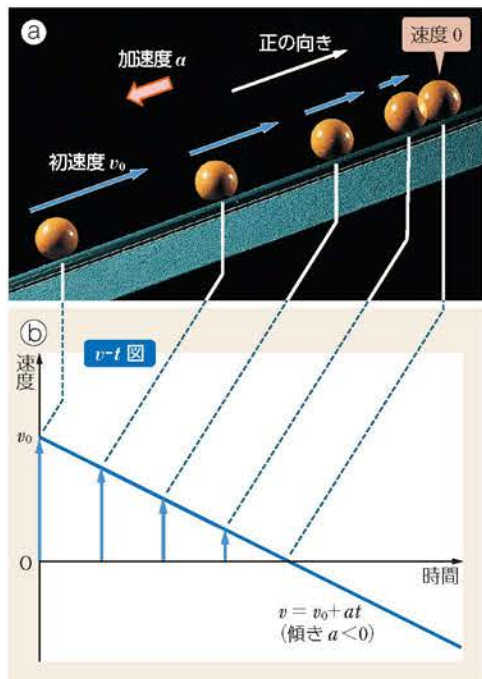
NEW!



4 加速度が負の場合

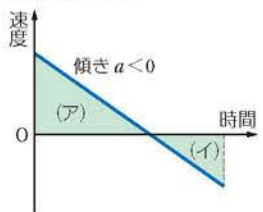
図19①のように、小球を斜面にそって上向きに転がしたときの運動について考えてみよう。

初速度の向きを正の向きとする。初め小球は減速しており、この運動の加速度は負の一定値である。このとき、 $v-t$ 図は同図②のようになる。やがて速度が0になると、今度は負の向きに速くなっていくが、加速度は負の一定値のままである。



①図19 加速度が負の場合の小球の運動

① 加速度が負の場合の $v-t$ 図において、下の図の(ア)の部分の面積は小球が正の向きに進むときの移動距離を表し、(イ)の部分の面積は負の向きに進むときの移動距離を表す。



② 問題文より
 $v_0 = 10.0\text{m/s}$
 $t = 3.0\text{s}$
 $v = 16.0\text{m/s}$

③ $[v^2 - v_0^2 = 2ax]$ から求めることもできる。
 $16.0^2 - 10.0^2 = 2 \times 2.0 \times x$
 x について解くと
 $x = \frac{256 - 100}{4.0} = 39\text{m}$

④ 問題文に、「停止した」とあるので、最終的な速度は 0m/s である。

例題1 等加速度直線運動の式

正の向きに 10.0m/s の速さで進んでいた自動車は、一定の加速度で速さを増し、 3.0 秒後に正の向きに 16.0m/s の速さになった。

- このときの加速度はどの向きに何 m/s^2 か。
- 自動車が加速している間に進んだ距離は何 m か。
- こののち自動車がブレーキをかけて、一定の加速度で減速し、 40m 進んで停止した。このときの加速度はどの向きに何 m/s^2 か。

指針 初速度の向きを正とおいて、速度や加速度の符号に注意して式に代入する。

- 解
- 加速度を $a[\text{m/s}^2]$ とする。 $[v = v_0 + at]$ (p.22(8)式) より
 $16.0 = 10.0 + a \times 3.0$
 これを a について解くと $a = 2.0\text{m/s}^2$
 $a > 0$ (正の向き) であるから、加速度は **正の向きに 2.0m/s^2**
 - 進んだ距離を $x[\text{m}]$ とする。 $[x = v_0t + \frac{1}{2}at^2]$ (p.22(9)式) より
 $x = 10.0 \times 3.0 + \frac{1}{2} \times 2.0 \times 3.0^2$ よって $x = 39\text{m}$
 - 加速度を $a'[\text{m/s}^2]$ とする。 $[v^2 - v_0^2 = 2ax]$ (p.22(10)式) より
 $0^2 - 16.0^2 = 2a' \times 40$
 これを a' について解くと $a' = -3.2\text{m/s}^2$
 $a' < 0$ (負の向き) であるから、加速度は **負の向きに 3.2m/s^2**

類題1 正の向きに 8.0m/s の速さで進んでいた自動車は、一定の加速度で速さを増し、 4.0 秒後に正の向きに 14.0m/s の速さになった。

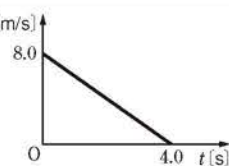
- このときの加速度はどの向きに何 m/s^2 か。
- 自動車が加速している間に進んだ距離は何 m か。
- こののち自動車がブレーキをかけて、一定の加速度で減速し、 35m 進んで停止した。このときの加速度はどの向きに何 m/s^2 か。

NEW!

「例題+類題」のセットがさらに取り組みやすくなりました。「基本の定着」と「自学自習」をしっかりとサポートします。

例題2 等加速度直線運動のグラフ

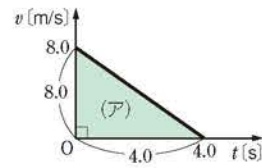
図は、等加速度直線運動をする物体の速度 $v[\text{m/s}]$ と時間 $t[\text{s}]$ の関係を表した $v-t$ 図である。物体の進む向きを正の向きとする。
 (1) 物体の加速度はどの向きに何 m/s^2 か。
 (2) この 4.0 秒間に物体が移動した距離は何 m か。



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。

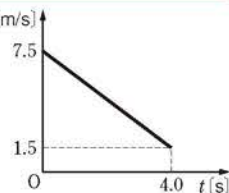
- 解
- 加速度を $a[\text{m/s}^2]$ とする。 a は、 $v-t$ 図の傾きで表されるので
 $a = \frac{v \text{ の変化量}}{t \text{ の変化量}} = \frac{0 - 8.0}{4.0 - 0} = \frac{-8.0}{4.0} = -2.0\text{m/s}^2$
 $a < 0$ (負の向き) であるから、加速度は **負の向きに 2.0m/s^2**

- 移動した距離を $x[\text{m}]$ とする。 x は、図の(ア)の面積に等しいので
 $x = \frac{1}{2} \times 4.0 \times 8.0 = 16\text{m}$

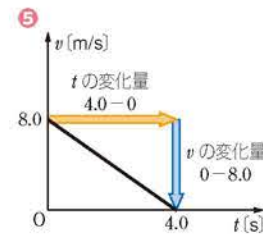


類題2 図は、等加速度直線運動をする物体の速度 $v[\text{m/s}]$ と時間 $t[\text{s}]$ の関係を表した $v-t$ 図である。物体の進む向きを正の向きとする。

- 物体の加速度はどの向きに何 m/s^2 か。
- この 4.0 秒間に物体が移動した距離は何 m か。



「指針」を新設し、解法の要点をつかみやすくしました。



⑤ $[v = v_0 + at]$ から求めることもできる。
 $0 = 8.0 + a \times 4.0$
 よって $a = -2.0\text{m/s}^2$

⑦ $[x = v_0t + \frac{1}{2}at^2]$ から求めることもできる。
 $x = 8.0 \times 4.0 + \frac{1}{2} \times (-2.0) \times 4.0^2$

「記録タイマー」で得られる「実験データの分析方法」について丁寧に説明しました。NEW!



記録用の紙テープを用いた加速度運動の分析

step ① 記録用の紙テープから移動距離を読み取る。



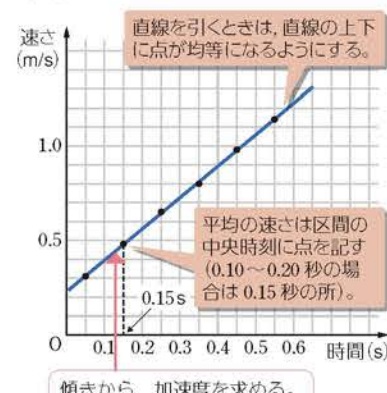
step ② 測定結果を表にまとめる。

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

5打点分の長さ (1秒間50打点の場合、0.1秒間に進む距離)

各区間で、0.1秒間に進む距離

step ③ $v-t$ 図をかく。



学んだことを説明してみよう

- 「自動車の発進時の加速度の大きさが 2.0m/s^2 」とはどういう意味か。
- 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。

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。



速度と加速度の正負

[Zoom]では、つまづきやすい内容をわかりやすく扱いました。学ぶ手順とイラストのシンプルな構成で、直感的に理解がはかれます。

NEW!

速度と加速度は、「大きさ」と「向き」をもつベクトルである。特に一直線上の運動では、数値につく正負の符号が「向き」を表す。ここでは、速度と加速度に対する正負の扱い方について考えてみよう。

速度の正負の決め方

step ① 座標軸の正の向きを確認する。

step ② 速度の正負を判断する。

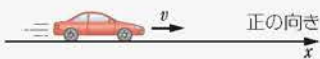
座標軸の **正** の向きに進む → 速度 $v > 0$

座標軸の **負** の向きに進む → 速度 $v < 0$



例 ①

座標軸の**正**の向きと同じ向きに進んでいる。よって速度は**正**



例 ②

座標軸の**正**の向きと逆向き(負の向き)に進んでいる。よって速度は**負**



自動車は前進しているけど、速度は負になるね(例2)。



確認してみよう 問A

自動車の速度が正のものを ① ~ ⑥ からすべて選べ。

- ①
- ②
- ③ (後退中)
- ④
- ⑤
- ⑥ (後退中)

加速度の正負の決め方

step ① 座標軸の正の向きを確認する。

step ② 速度の変化を確認する。

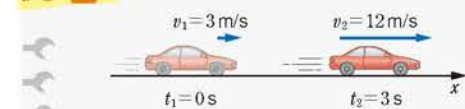
step ③ 加速度の正負を判断する。

速度の変化 $v_2 - v_1 > 0$ → 加速度 $a > 0$

速度の変化 $v_2 - v_1 < 0$ → 加速度 $a < 0$



例 ③

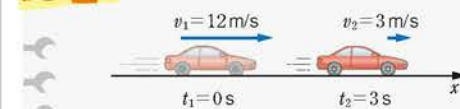


$$v_2 - v_1 = 12\text{m/s} - 3\text{m/s} = 9\text{m/s} > 0$$

よって加速度は **正**

$$\text{平均の加速度は } \bar{a} = \frac{9\text{m/s}}{3\text{s}} = 3\text{m/s}^2$$

例 ④

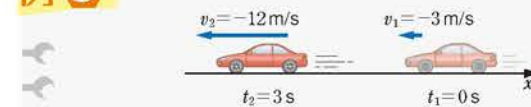


$$v_2 - v_1 = 3\text{m/s} - 12\text{m/s} = -9\text{m/s} < 0$$

よって加速度は **負**

$$\text{平均の加速度は } \bar{a} = \frac{-9\text{m/s}}{3\text{s}} = -3\text{m/s}^2$$

例 ⑤



$$v_2 - v_1 = (-12\text{m/s}) - (-3\text{m/s}) = -9\text{m/s} < 0$$

よって加速度は **負**

$$\text{平均の加速度は } \bar{a} = \frac{-9\text{m/s}}{3\text{s}} = -3\text{m/s}^2$$

速さが増えていても加速度が負になることもあるのか(例5)。



速度と加速度の向きが逆になることもあるんだね(例4)。



確認してみよう 問B

加速度の説明として正しいものを ① ~ ④ からすべて選べ。

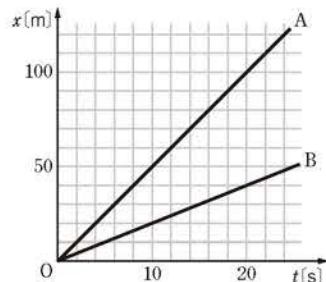
- ① 小球がなめらかな斜面を上るとき加速度の向きと、下るとき加速度の向きは異なる。
- ② 正の向きに進む自動車の速さがだんだん大きくなる時、加速度は正である。
- ③ 速さがだんだん大きくなる運動の加速度は、必ず正である。
- ④ なめらかな斜面を上る小球が最高点に達したとき、加速度は0である。

データや資料をもとに考察させる問題やキーワードを用いた表現演習など、思考力・判断力・表現力を養う問題を各章末で扱いました。NEW!



1 等速直線運動 (p.12 ~ 13)

図は、 x 軸上を一定の速さで運動する物体Aと物体Bの、位置 x [m] と経過時間 t [s] の関係を表すグラフである。



- AとBの速度 v_A, v_B [m/s] をそれぞれ求めよ。
- AとBの間の距離が120mとなるまでの時間 t_1 [s] を求めよ。

2 相対速度 (p.17)

東西方向の互いに平行な線路を走る電車A、Bがある。Aは東向きに速さ30m/sで走っており、Aから見たBの相対速度は西向きに48m/sであった。このとき、Bの速度はどの向きに何m/sか。

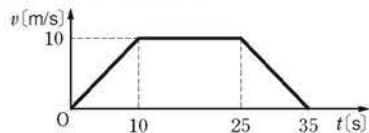
3 等加速度直線運動の式 (p.22 ~ 25)

右向きに4.0m/sの速さで進み始めた物体が、等加速度直線運動をして3.0秒後に左向きに2.0m/sの速さとなった。

- 物体の加速度はどの向きに何 m/s^2 か。
- 物体の速さが0m/sになるのは、物体が進み始めてから何秒後か。
- 物体が速さ0m/sになるまでに進む距離を求めよ。

4 等加速度直線運動のグラフ (p.22 ~ 25)

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。



- 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。
- エレベーターが35秒間に上昇した高さ h [m] を求めよ。

5 鉛直投射 (p.32 ~ 33)

小球を初速度14.7m/sで地面から真上に向けて投げるとき、高さ9.8mの地点を上向きの速度で通過するまでの時間 t_1 [s] と、下向きの速度で通過するまでの時間 t_2 [s] を求めよ。重力加速度の大きさを $9.8m/s^2$ とする。

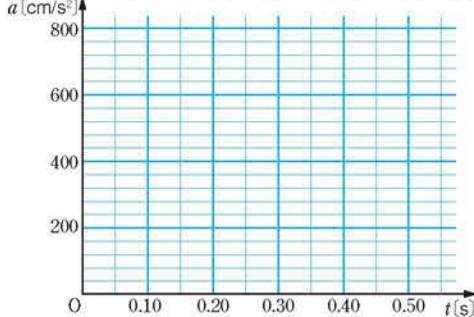
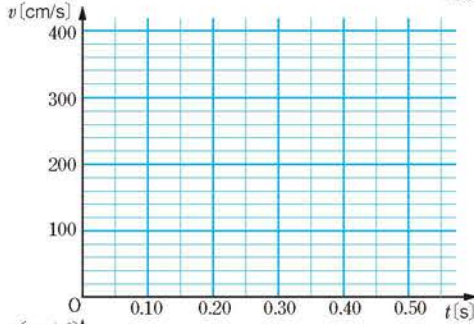
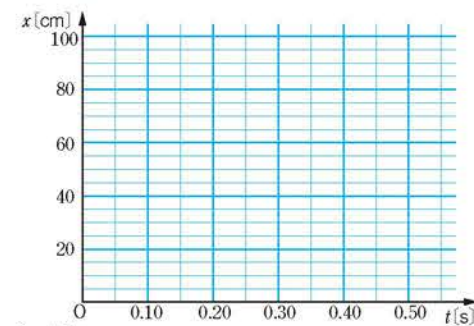
思考問題

6 運動の分析

ある直線運動を記録タイマーで測定したところ次の表のような結果が得られた。 $x-t$ 図、 $v-t$ 図、 $a-t$ 図をかき、この運動がどのような運動であるかを理由とともに示せ。

表 位置の時間変化

時刻 t [s]	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
位置 x [cm]	0	7.2	19.2	36.0	57.6	84.0



運動方程式の立て方

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

Zoom「運動方程式の立て方」では、「例題+類題」の数がさらに充実。(→26 Zoom「力学的エネルギー保存則の式の立て方」も収録)

物体を糸で引くときの運動

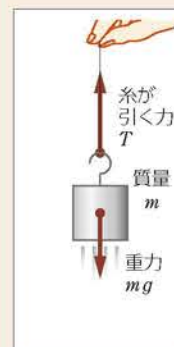
step 0

どの物体について運動方程式を立てるかを決める。



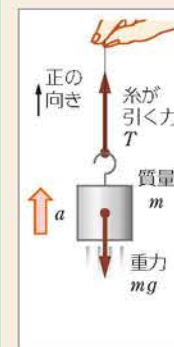
step 1

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.50
物体が受ける力の見つけ方



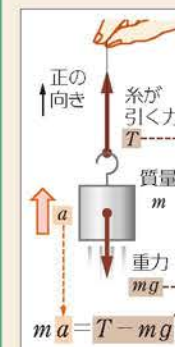
step 2

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。



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

Point

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

物体が静止している場合は、力のつりあいの式を立てればいいのね。



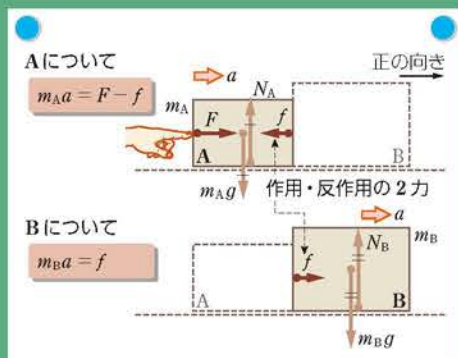
力を及ぼしあう2物体の運動

ページ上部で考え方をわかりやすく示し、ページ下部で「例題+類題」を扱っています。

① 物体ごとに分けて考え、各物体が受ける力だけをかきこむ。

② それぞれについて運動方程式を立てる。

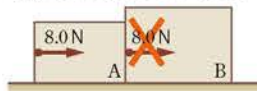
Point ・物体間で及ぼしあう力の大きさは、 f (N)など共通の文字を用いる。
・2物体の加速度の大きさが等しいとわかっている場合、 a (m/s^2)など共通の文字を用いる。



AとBは接触したまま運動するから、加速度の大きさはいっしょだね。



① AとBは接触したまま進むので、加速度は等しい。しかし、Aを左側から押す力(8.0N)がそのままBに伝わると考えてはいけない。



② ①式+②式より

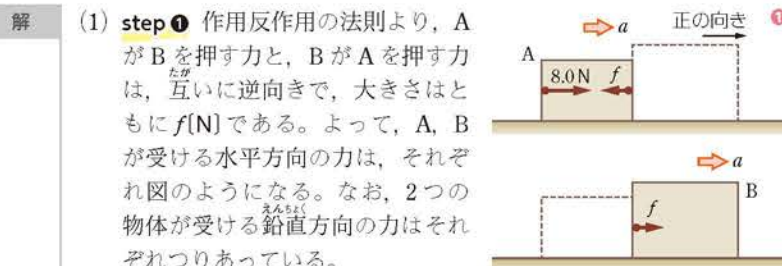
$$\begin{aligned} 2.0 \times a &= 8.0 - f \\ +) \quad 3.0 \times a &= f \\ \hline (2.0+3.0) \times a &= 8.0 \\ \text{よって} \quad 5.0a &= 8.0 \end{aligned}$$

例題8 2物体の運動方程式①

なめらかな水平面上に質量2.0kgの物体Aと質量3.0kgの物体Bを接触させ、図のようにAを8.0Nの力で水平に押す。

- (1) A, Bの加速度の大きさ a (m/s^2)を求めよ。
- (2) AがBを押す力の大きさ f (N)を求めよ。

指針 物体ごとに分けて受ける力をかきこむ。作用反作用の法則より、AはBから大きさ f (N)の力で押される。



解 (1) **step ①** 作用反作用の法則より、AがBを押す力と、BがAを押す力は、互いに逆向きで、大きさはともに f (N)である。よって、A, Bが受ける水平方向の力は、それぞれ図ようになる。なお、2つの物体が受ける鉛直方向の力はそれぞれつりあっている。
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、「 $ma = F$ 」(p.56(34)式)より

$$\begin{aligned} \text{A(2.0kg)}: \quad & 2.0 \times a = 8.0 - f & \dots\dots ① \\ \text{B(3.0kg)}: \quad & 3.0 \times a = f & \dots\dots ② \end{aligned}$$

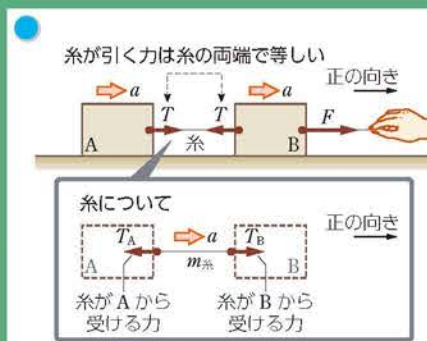
①式+②式より $5.0 \times a = 8.0$
よって $a = 1.6 m/s^2$
(2) ②式に $a = 1.6 m/s^2$ を代入して $3.0 \times 1.6 = f$
よって $f = 4.8 N$

類題8 なめらかな水平面上に質量3.0kgの物体Aと質量7.0kgの物体Bを接触させ、図のようにAを20Nの力で水平に押す。
(1) A, Bの加速度の大きさ a (m/s^2)を求めよ。
(2) AがBを押す力の大きさ f (N)を求めよ。

糸でつながれた2物体の運動

軽い糸が物体を引く力の大きさは、糸の両端で等しくなることを利用する。

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



例題9 2物体の運動方程式②

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

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

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

①式+②式より $0.50 \times a = 2.1$
よって $a = 4.2 m/s^2$
(2) ①式より $T = 0.20 \times 4.2 = 0.84 N$

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

③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。

④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。

Bを引く力が、そのままAを引く力とはならないんだね。



学んだことを説明してみよう

- (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。

3 運動の法則

新たに Zoom「力学的エネルギー保存則の式の立て方」を収録。
 (→23 Zoom「運動方程式の立て方」と同様、Step1～3で解説)。NEW!



力学的エネルギー保存則の式の立て方

力学的エネルギー保存則は、物体の運動を考えるうえでとても便利な法則である。ここでは、力学的エネルギー保存則の式の立て方の手順をみてみよう。



運動エネルギーは

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

重力による位置エネルギーは

$$U = mgh$$

(基準水平面を明確に)

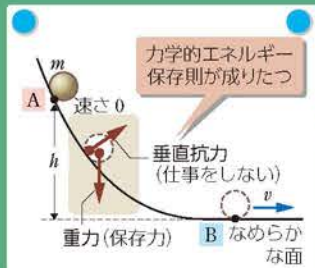
弾性力による位置エネルギーは

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



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
 はたらいても仕事をしない(仕事が0)のとき



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

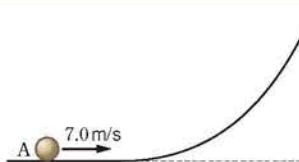
step ③ 力学的エネルギー保存則の式を立てる。

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

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

例題 11 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。

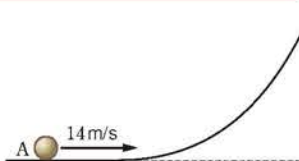
点	運動エネルギー	重力による位置エネルギー
A	$\frac{1}{2}m \times 7.0^2$	0
B	0	$m \times 9.8 \times h$

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。
step ③ 点Aと点Bの間での力学的エネルギー保存則より

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

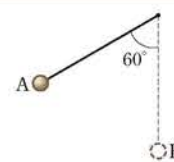
類題 11

図のように、なめらかな水平面上の点Aを速さ14m/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。



例題 12 力学的エネルギー保存則②

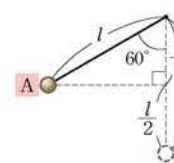
長さl[m]の軽い糸に小球をつけた振り子がある。図のように、糸が鉛直方向と60°をなす点Aから、小球を静かにはなす。このとき、小球が最下点Bを通過するときの速さv[m/s]を求めよ。重力加速度の大きさをg[m/s²]とする。



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

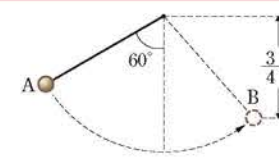
step ③ 点Aと点Bの間での力学的エネルギー保存則より

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

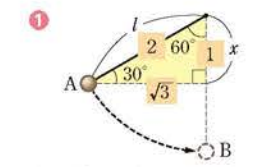
$$\text{よって} \quad v = \sqrt{gl} \text{ [m/s]}$$

類題 12

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、小球が図の点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。



用語 静かにはなす
 →初速度0ではなす



上の図で、直角三角形の辺の長さの比より

$$l : x = 2 : 1$$

$$\text{よって} \quad x = \frac{1}{2}l \text{ (m)}$$

点Bからの点Aの高さは

$$l - x = l - \frac{1}{2}l = \frac{1}{2}l \text{ (m)}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{1}{2}mgl = \frac{1}{2}mv^2$$

両辺を2倍して、mでわると

$$gl = v^2$$

よって

$$v = \sqrt{gl} \text{ (m/s)}$$



2 潜熱 水から水になるとき

や、水から水蒸気になるときの
ように、加熱しても温度が上昇
しないとき、与えた熱量は分子
の熱運動を激しくするのではな
く、分子どうしの結びつきをゆる
めたり、切り離したりするため
に使われる。物質を固体から
液体に変えるのに必要な熱量を

表2 物質の融解熱と蒸発熱

物質	融点 (°C)	融解熱 (J/g)	沸点 (°C)	蒸発熱 (J/g)
酸素	-218	14	-183	213
水銀	-39	11	357	290
エタノール	-115	107	78	838
メタノール	-98	100	65	1099
ベンゼン	6	126	80	393
水	0	334	100	2257

融解熱、物質を液体から気体に変える
のに必要な熱量を **蒸発熱** という。
融解熱や蒸発熱のように、物質の状態変化に伴う熱量のことを **潜熱**
という。潜熱は通常、1g などの単位質量に対する熱量で表され、単位
には J/g などが用いられる(表2)。

問5

沸点にある水滴 0.040g をすべて同じ温度の水蒸気にするために必要な
熱量は何 J か。水の蒸発熱を 2257 J/g とする。

水は、比熱も潜熱も
大きいんだね。



生徒の興味をひく
「コラム」がさらに
充実(27か所)

コラム 注射の怖さでヒンヤリ?

インフルエンザなどの予防接種の注射を受ける前、アルコールで肌
を消毒するが、そのときにひんやりと冷たく感じることもある。これは
は、注射に対する恐怖のためではなく、肌に塗られたアルコールが蒸
発して気体になる際、蒸発熱として体から熱を奪うためである。

夏の暑い日に打ち水をすると涼しく感じるが、これも水が蒸発熱を
奪うためである(→ p.91)。



参考 熱の伝わり方

●熱伝導

接触している高温の物体から低温の物体へ熱が直接伝わる
ことを **熱伝導** という。熱伝導のしやすさ(熱伝導率)は物質
ごとに異なり、一般に金属は熱伝導率が大きい。

●対流

液体や気体の温度に、場所によるばらつきがあるとき、通
常、高温部分は熱膨張により密度が小さいため上側に移動し、
逆に低温部分は下側に移動する。このように、液体や気体が流動して熱を運ぶことを **対流** という。

●熱放射

太陽のような高温の物体からは、可視光線などの電磁波が放射されており、この電磁波を吸収した物体
は熱運動が激しくなる。このように、電磁波によって熱が伝わることを **熱放射** という。熱放射は高温の
物体に限らず起こり、人体や常温付近の物体の場合、主として赤外線が放射される。



F 熱膨張

ほとんどの物質は、温度が上がると長さや体積が大きくなる(図8)。
この現象を **熱膨張** という。アルコール温度計は赤く着色した灯油やア
ルコールなどの熱膨張を利用して温度を表示している。また、瓶の金属
製のふたを温めると開けやすくなる。これも熱膨張を利用した例である。

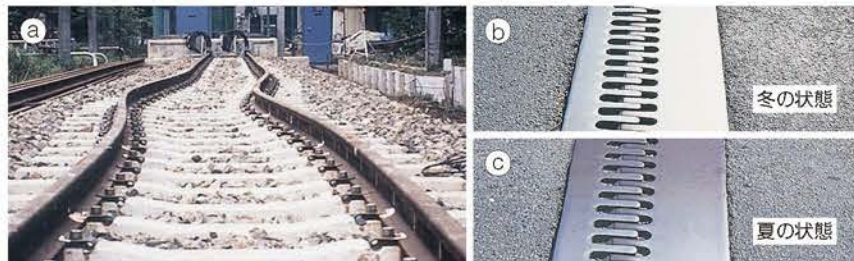


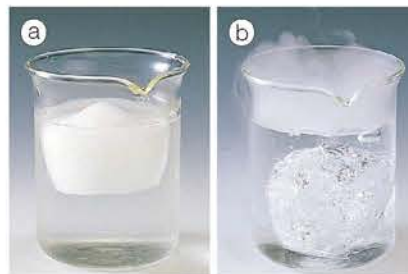
図8 熱膨張の実験により曲
がったレール(a)と橋の伸縮
ジョイント(b, c) 橋は橋げ
たの熱膨張に備えて伸縮ジョ
イントで余裕をもたせている。冬
(b)に比べ、夏(c)のほうがジョ
イントの開きが狭くなっている。

コラム 氷が水に浮くのは当たり前?

一般に、物質は、液体よりも固体の状態にあるほうが密度
が大きい。この数少ない例外の一つが、私たちの生命や生活
を支えている「水」である。水の入ったコップに氷を入れると、
氷は浮かぶ。一見、当たり前のように感じるのだが、これは、
「固体(氷)のほうが液体(水)より密度が小さい」という水の特
異な性質のために起こる現象なのである(図A)。

また、水は約 4°C で密度が最大となり、4°C から温度を上げ
ても下げても膨張して密度が小さくなる。

冬の湖で、表面にだけ氷が張り、湖の底が凍ってしまわな
いのは、これらの水の特別な性質のためである。湖の表面の
水が冷やされていくと、0°C に達する前に 4°C になる。4°C の
水が最も重いので、湖の底には 4°C の水がたまっていく。湖
全体がいったん 4°C になってから表面が凍り始めるが、氷は
水に沈まないで、そのまま表面にとどまり続けることになる。



図A 水に浮いた氷(a)と、液体のエタ
ノールに沈んだ固体のエタノール(b)



参考 線膨張率

ある固体の 0°C のときの長さを l_0 [m] とすると、
 t [°C] のときの長さ l [m] は次のように表される。

$$l = l_0(1 + \alpha t)$$

α [1/K] を **線膨張率** という。これは、線膨張率
がきわめて小さく、また、温度に関係なく一定、
とみなした場合に成り立つ近似式である。

学んだことを説明してみよう

1 熱と物質の状態

- (1) 温度とは何を表す物理量であるだろうか。熱運動に着目して説明してみよう。
- (2) 熱容量と比熱は、それぞれ何を表す物理量であるだろうか。



楽器のサイエンス

各編末で、学習内容に関連した身近なテーマの写真主体の読み物を掲載。質問(Question)で、主体的な学びにもつなげられます。

楽器が音を出すしくみはさまざまである。ここでは、弦の振動や気柱の振動などを利用した楽器のしくみをみていこう。

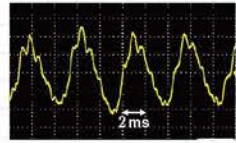
弦の振動を利用した楽器

弦楽器は、弦を指や弓で振動させて音を出す。弦の振動だけでは大きな音にはならない。弦の振動を胴部に伝え、その振動により大きな音を出すものが多い。

ギター

指やピックで弦をはじいて音を出す。次のような方法で、さまざまな高さの音を出すことができる。

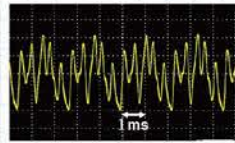
- ①ペグ(糸巻き)の締め具合を変えて、弦の張力の大きさを調整する。
- ②フレットのすぐ横で弦を押さえて、弦の振動する部分の長さを変化させる。
- ③太さの異なる弦をはじく。



バイオリン

弓で弦をこすって振動させて音を出す。弓に張られた毛に松やにを塗ることで、弦との間の摩擦が大きくなる。弓を用いず、指で弦をはじく奏法もある。

弦の振動がこまを通過して表板や裏板に伝わり、その振動により大きな音が出る。



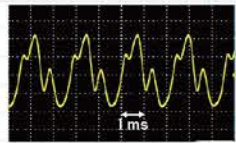
気柱の振動を利用した楽器

管楽器は、管口に吹きこんだ空気の振動に管内の気柱を共鳴させて音を出す。管口の空気の振動のさせ方は、楽器によってさまざまである。リコーダーの場合、固定された息の通り道があるため比較的簡単に音を出せる。一方でフルートの場合は、息の吹きこみ方に变化をもたせることができるため、音を出すだけでも練習が必要だが、その分、音の大きさや高さ、音色などを大きく変えることができる。

フルート

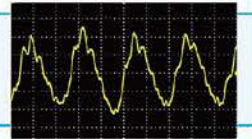
管は白銅(銅とニッケルの合金)、銀、金でできているものが多い。

管の側面に並んだキーやレバーを押す組合せによって、気柱の長さを変えて音の高低を変化させる。また、上で述べたように、息の吹きこみ方を調整することによって、広い範囲で倍音をつくることなどが可能になる。



音の波形

それぞれの楽器の音の波形をオシロスコープの写真で示した。横軸は時間、縦軸はオシロスコープの受け取る電気信号の電圧を表す(大きい音ほど振幅が大きくなる)。音の波形の違いが、音色の違いになる。



板の振動や膜の振動を利用した楽器

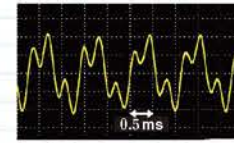
- 5 打楽器は、たたいて音を出す。例えば、木琴は板をマレット(ばち)でたたくと、板自体がもとの形にもどろうとする性質(弾性)によって振動し音が出る。低音部分は大きな音にはならないので、共鳴パイプを設け、音が大きく聞こえるようにしている。また、ティンパニは、マレットでたたきヘッド(膜)を振動させる。ヘッドの振動とケトル(胴体)内の空気の振動が相互に影響しあい音が出ている。



木琴(シロフォン)

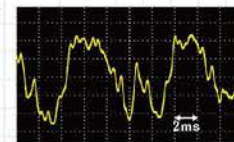
調律された木製(ローズウッドやカリン)の音板がピアノの鍵盤と同じように配列されている。音質や音程を調節するために音板は弓形になっている。

音板のピッチ(音の高さ)は、湿度や温度によって変化し、また、共鳴パイプの中の音の速さも温度によって変化するので、共鳴パイプの開閉口をふさいだり、共鳴パイプを音板に近づけたりはなししたりして、音を調節している。



ティンパニ

銅、亜鉛、錫でできている丸いケトル(胴体)に子牛やヤギの皮でできたヘッド(膜)が張られている。ヘッドの張りの強さは調節できるようになっており、強く張ると高い音に、弱く張ると低い音になる。ケトルの中に閉じこめられた空気によって、規律の正しい整数倍の膜振動が得られるようになっている。そのため、通常の太鼓とは違い、音程を聞き取ることができる。



パイプオルガン

パイプオルガンは風をパイプに送り、空気を振動させて音を出す。

パイプは、銅と鉛の合金や木材で作られている。一本一本空気を送りこむ風箱と接続されている。

鍵盤が押されたときに弁(パレット)が開き、風箱から圧力をかけた空気が、パイプに送りこまれるしくみになっている。

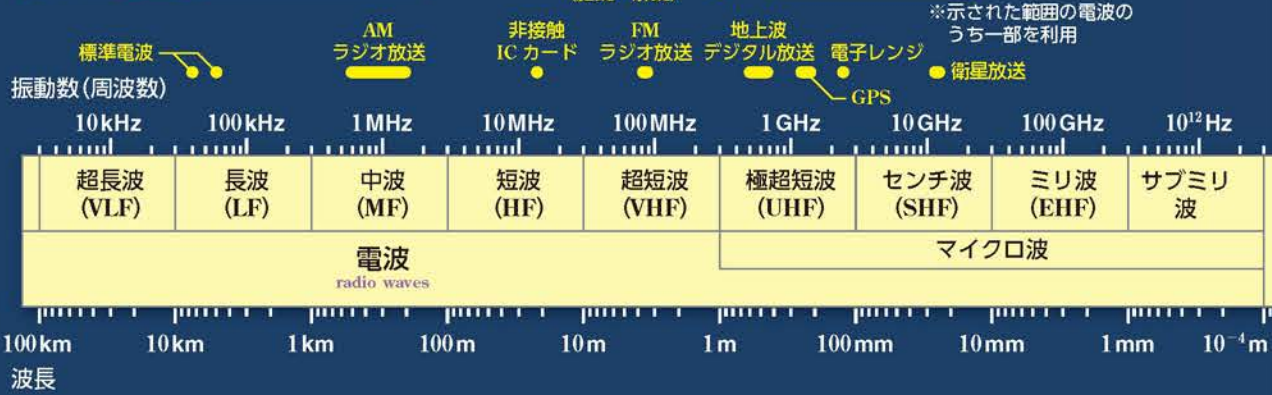


弦、板、膜、気柱の振動を利用した楽器にはほかにどのようなものがあるか、探してみましょう。



←標準電波送信所
日本の正確な時刻は、福島県、ならびに佐賀県と福岡県の県境にある標準電波送信所から、電波(長波)として送信されている。電波時計は、この電波を受信して時刻をあわせている。1000km離れた場所であっても、電波を受信することができる。

MEMO
単位につく接頭語
k(キロ) = 10^3
M(メガ) = 10^6
G(ギガ) = 10^9



←電子レンジ
振動数 2.45 GHz の電波で、食品内の水分子を振動させて加熱する。なお、電子レンジは英語で "microwave oven" という。

実験 23 **赤外線**
リモコン送信部から出る赤外線を、デジタルカメラやビデオカメラを通して見てみよう。

図 33 電磁波の種類 可視光線は目に見えるが、その他の電磁波は目に見えない。紫外線、X線、γ線は、波長(振動数)のみでは明確には区別されない。

見開きをまたがる大きな図で、電磁波の種類を視覚的に理解しやすくしています。

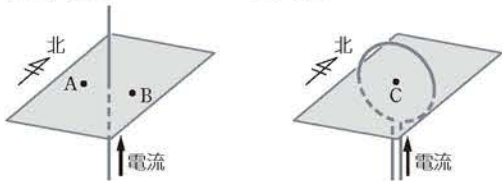


第2章 | 演習問題

1 電流のつくる磁場 (p.156)

図の(1)、(2)の各点について、電流のつくる磁場の向きを答えよ。

- (1) 点 A, 点 B (2) 点 C



2 交流 (p.158)

電圧の実効値が $1.0 \times 10^2 \text{V}$ の交流電源に $4.0 \text{k}\Omega$ の抵抗をつないだ。

- (1) 抵抗を流れる交流電流の実効値 I_e [mA] を求めよ。
(2) 抵抗で消費される電力 P [W] を求めよ。

3 変圧器 (p.159)

巻数が、一次コイル 200 回、二次コイル 1000 回の変圧器があり、一次コイルに $V_{1e} = 1.0 \times 10^2 \text{V}$ の交流電

コラム 謎の光? X線

1895年、レントゲン(ドイツ)は、放電管から出る正体不明の放射線(→ p.170)を発見した。レントゲンはこの「謎の放射線」を、数学で未知数を表すときに用いる「エックス」を用いて「X線」と命名した。当時は謎だらけだったX線は、実は光(可視光線)の仲間だったのだ。

学んだことを説明してみよう 2 交流と電磁波

- (1) 直流と交流は、どのような違いがあるだろうか。
(2) 発電所から送られる電気が、非常に高い電圧で送電されるのはなぜだろうか。

源、二次コイルに $0.10 \text{k}\Omega$ の抵抗をつなぐ。抵抗に加わる電圧 V_{2e} [V], 抵抗を流れる電流 I_{2e} [A], 抵抗の消費電力 P_2 [W], 一次コイルを流れる電流 I_{1e} [A] を求めよ。

ただし、 $I_{1e}V_{1e} = I_{2e}V_{2e}$ が成り立つものとする。

- (1) AM ラジオ放送(周波数 1000kHz 付近)と FM ラジオ放送(周波数 80MHz 付近)
(2) 家庭用無線 LAN の周波数帯, 2.4GHz 帯と 5GHz 帯

思考問題

5 電磁誘導 (p.157)

電池がなくても使える懐中電灯は、災害が起こったときなどの緊急時に役に立つ。前後に振ると内部で磁石が動いて発電する懐中電灯があるが、どのような原理で発電しているのだろうか。次のキーワードを用いて説明してみよう。 キーワード：コイル、電磁誘導

4 電波 (p.161 ~ 163)

地球上では一般に電波は、波長が長いほうが遠くまで届きやすいという性質をもつ。次の(1)、(2)それぞれについて、より遠くでも受信しやすいのはどちらだろうか。



PLAYBACK 中学校での学習内容

- エネルギーとエネルギー資源
- 放射線

(原子力・エネルギー図面集より)



図2 エネルギー資源の採掘可能年数 現在の技術・現実的なコストで採掘可能な埋蔵量を、年間生産量でわったもの(ウランは2017年、その他は2018年のデータ)。

2 エネルギー資源と発電

私たちが生活で利用する電気エネルギーは、さまざまな方法で得られている。ここでは、エネルギー資源と、いろいろな発電方法について理解しよう。

A エネルギー資源

1 一次エネルギー 自然界に存在するままの形のエネルギー資源から直接利用することのできるエネルギーを「一次エネルギー」という。一次エネルギーのうち、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料や、天然ウランなどの原子力は、地球上に存在する量に限りがあるため、いずれ枯渇する可能性がある。このようなエネルギー資源から得られるエネルギーを「**枯渇性エネルギー**」という(図2)。一方、太陽光、地熱、バイオマスなどのエネルギー資源は、今後も枯渇するおそれが少ない。このようなエネルギー資源から得られるエネルギーを「**再生可能エネルギー**」という。

これからの社会を生きていくうえで知っておくべき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!

コラム 持続可能性とSDGs

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が、環境問題やエネルギー問題に関しては、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(図A)、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。



図A 持続可能な開発目標(SDGs)の17の目標

2 二次エネルギー 私たちは一次エネルギーを、電気やガソリン、都市ガスなどのように使いやすく加工して利用している。このようなエネルギーを「**二次エネルギー**」という。

二次エネルギーのうち、特に電気エネルギーは、他のエネルギーに変換しやすいため、私たちの生活で多くの用途に利用されている。電気エネルギーは、発電所などにおいてさまざまな一次エネルギーから変換され、私たちのもとまで届けられている(図3)。

(原子力・エネルギー図面集より)

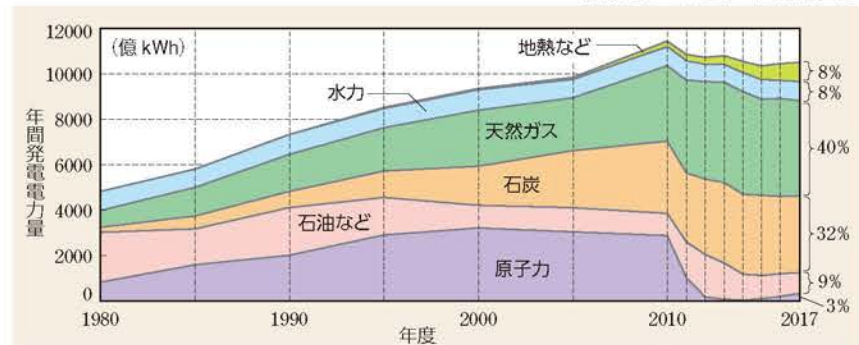


図3 日本における年間発電電力量の推移とエネルギー資源の内訳

1 1980～2010年は5年ごと、2011年以降は1年ごとのデータを用いてグラフを作成している。

B 化石燃料と火力発電

1 化石燃料の種類 石油、石炭、および天然ガスなどの化石燃料は、太古に地中に埋もれた動植物が、長い年月をかけて圧力や熱などにより変成され、生成されたと考えられている。

2 火力発電 火力発電の多くでは、化石燃料をボイラーで燃やして、それにより発生させた水蒸気や燃焼ガスでタービン(羽根車)を回している(図4)。化石燃料の燃焼で得られるエネルギーのうち電気エネルギーに変換される割合(熱効率)は、おおむね40%程度である。

火力発電は、発電量を調節しやすい利点がある一方、地球温暖化の原因といわれる二酸化炭素などを多く排出するといった問題点がある。

2 最近では、水蒸気でタービンを回すだけでなく、燃料を燃やすときに生じる燃焼ガスでもタービンを回す複合サイクル(コンバインドサイクルともいう)によって、50%をこえる熱効率を達成できるようになった。

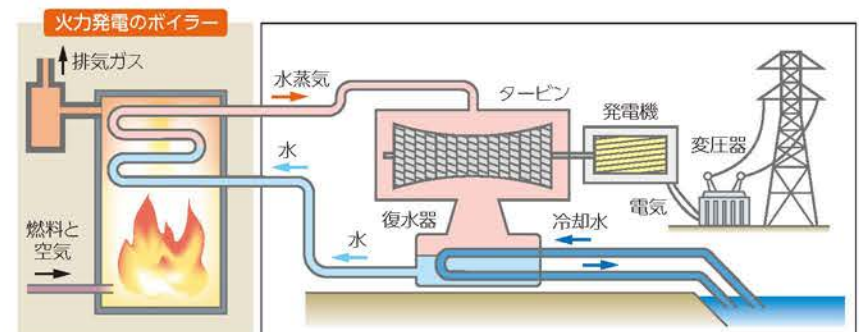


図4 火力発電のしくみ 火力発電だけでなく、原子力発電や水力発電、風力発電など多くの発電は、何らかの方法によってタービンを回転させ、タービンに連結した発電機で電気を起こす、というしくみになっている。

物理学が拓く世界

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

スポーツと物理学

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

競泳水着

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

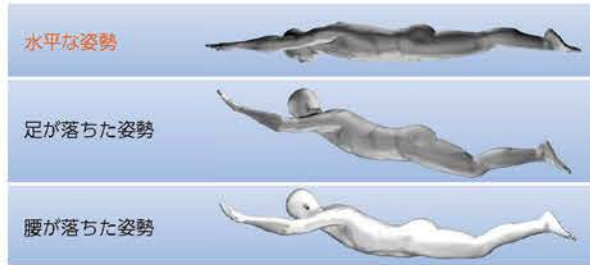


図1 水泳時の姿勢の違いと水の抵抗
水平な姿勢を保つことで、水の抵抗を小さくできる。

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



図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。

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、物理学の知識が生かされている。

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

サッカーボール

サッカーボールは、同じけり方をすれば同じ飛び方をするように思える。しかし、かつてのボールでは、飛び方の不確実性が高かった。昔、ボールは5角形と6角形からなる計32枚のパネルを手縫いしてつくられていた(図3)。このボールをけるとき、作用点がパネルの中央付近となれば、ボールは選手のねらい通りに飛んでいくが、作用点がパネルどうしの縫い目付近となると、加わる力の大きさや向きが変わり、ねらい通りにボールが飛ばないことがあった。

この物理学的な課題に対し、パネルの数を減らし、さらに縫い目が生じない熱接合という方法を用いたボールが2000年代半ばに開発され、ワールドカップなどの大会で使われるようになった(図4)。作用点の場所にかかわらず、同じけり方をすれば、ほぼ同じ飛び方をするようになったのである。



図3 以前のサッカーボール
1970年のワールドカップメキシコ大会での試合球。天然皮革のパネル32枚を手縫いした。



図4 近年のサッカーボール
2018年のワールドカップロシア大会での試合球。合成皮革のパネル6枚を熱接合してつくる。

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。

ゴム・樹脂製品メーカー 梶浦 正俊 さん



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



る(図5)。選手の体重や走り方によらず、板ばねが安定的にはねかえることを目指し、力が局所的に加わらずに分散するように、また、荷重を加えた分だけ板ばねの湾曲部がたわむように設計した。加えて、競技では軽いことも重要となる。この板ばねには、強度、弾性、軽さに優れた炭素繊維強化プラスチックという材料が使われている。

チャレンジしてみよう!

大学入学共通テストを意識した、データ・資料をもとに考察させる問題を掲載しました。知識を活用する能力を育成できます。全4問掲載 **NEW!**

第1問 Kさんは、スマートフォンの機能を利用して、電車の速さと経過時間の関係を記録しようと考えた。Kさんが乗車した電車は、P駅から発車したのち、Q駅、R駅、S駅、T駅で停車をした。図1は、これらの駅を地図上に表している。また、図2はKさんが電車の中でとったメモである。

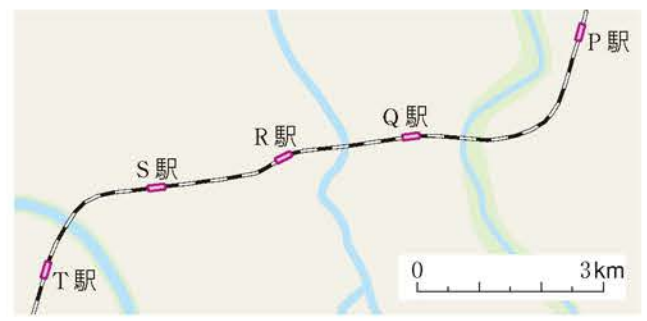


図1

駅名	P 駅からの距離	
P 駅	0km	↑ 記録1
Q 駅	3.9km	↑ 記録2
R 駅	5.8km	↑ 記録3
S 駅	8.0km	↑ 記録4
T 駅	10.5km	

図2

問1 記録中、電車が次の駅に近づいて急に減速し始めたとき、Kさんはバランスを崩して進行方向に倒れそうになった。この現象にはどのような物理の法則が深く関係しているか。最も適当なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。
① 力学的エネルギー保存則 ② フックの法則 ③ 慣性の法則 ④ オームの法則

問2 ある駅間で記録した速さのデータをグラフに表すと、図3のようになった。電車が停車しようとして減速する間の加速度は、ほぼ一定とみなせる。その大きさはおおよそ何 m/s^2 か。最も近いものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。
① 0.1 ② 0.2 ③ 0.3
④ 0.5 ⑤ 0.8 ⑥ 1.1

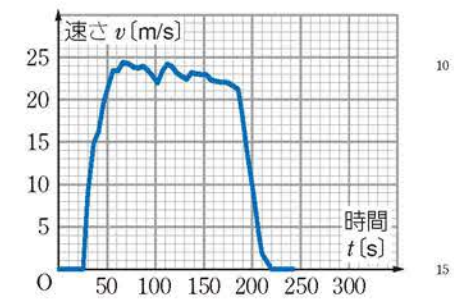


図3

問3 図3のグラフは、どの記録を分析してかいたものか。Kさんのメモを参考にして考え、最も適当なものを次の①～④のうちから1つ選べ。
① 記録1 ② 記録2 ③ 記録3 ④ 記録4

問4 走行中の電車にはさまざまな力がはたらいている。電車にはたらく力のうち、電車に対して正の仕事をしているものはどれか。正しいものを次の①～④のうちから1つ選べ。ただし、電車の車輪とレールは常に接しているものとする。
① 空気の抵抗力
② 電車がレールから受ける垂直抗力
③ 坂をくだっているときの電車にはたらく重力
④ 坂をのぼっているときの電車にはたらく重力

第2問

Qさんは、教科書にのっている「比熱の実験」(→ p.96)をやってみることにした。次の文章は、Qさんの書いた実験ノートの一部である。

比熱の実験

A. 目的 熱量の保存の式を立て、銅の比熱を求める。

B. 仮説 教科書によると、 25°C での銅の比熱は $0.38\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ である。
※水の比熱は $4.2\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$

C. 手順
・銅のおもりの質量と、断熱容器に入れた水の質量をはかる。
・熱湯を入れたピーカーに銅のおもりを糸でつるして入れ、しばらくしてから温度計で湯の温度を読み取る。
・別の温度計で断熱容器中の水温を読み取る。
・銅のおもりを取り出して手早く断熱容器の水の中に入れ、(a)静かに手早くかき混ぜる。
・水温が一定になったら、水温を読み取る。

D. 結果 銅のおもりの質量 100g 、水の質量 150g 、初めのおもりの温度 80.0°C
断熱容器中の初めの水温 25.5°C 、おもりを入れた後に一定になったときの水温 28.2°C

E. メモ (b)断熱容器にふたをしなかったので、熱が少し逃げてしまったかもしれない。

問1 下線部(a)について、この実験を行ううえでは、かき混ぜ棒で水を激しくかき混ぜずぎてはいけない。その理由として正しいものを、次の①～④のうちから1つ選べ。
① かき混ぜ棒のする仕事により摩擦熱が発生してしまうから。
② 水の温度が不均一になってしまうから。
③ 運動エネルギーを得て、水の比熱が変わってしまうから。
④ 断熱容器の温度と容器内の水の温度が異になってしまうから。

問2 実験結果を使って計算すると、銅の比熱は何 $\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ と求められるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。
① 0.31 ② 0.33 ③ 0.36 ④ 0.38 ⑤ 0.40 ⑥ 0.43

問3 下線部(b)について、Qさんが気づいたこと以外にも、誤差が生じる原因はさまざま考えられる。おもな原因として正しくないものを、次の①～④のうちから1つ選べ。
① ピーカー内の湯からおもりを取り出したとき、おもりに湯が付着している。
② 熱したおもりを断熱容器の中に移しかえる間に、空气中に熱の一部が逃げてしまう。
③ おもりを熱する過程で、おもりの質量が変わってしまう。
④ 断熱容器や温度計などの熱容量を考慮していない。

問4 物質の比熱に興味をもったQさんは、他の金属のおもりでも同じ実験をしてみたいと考えた。銅のかわりにアルミニウムのおもり(質量 100g 、比熱 $0.90\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$)を使ったとすると、おもりを入れた後の水の温度はどうなるか。最も適当なものを、次の①～③のうちから1つ選べ。ただし、おもりと水の初めの温度は銅の場合と等しく、誤差も同程度だったと仮定する。
① 28.2°C よりも高くなる ② およそ 28.2°C になる ③ 28.2°C よりも低くなる

探究の流れをつかむことができる記事を掲載しました。
「探究する力」の育成に役立ちます。 **NEW!**



日常生活や学習の中で“なぜ？”と感じたことを深く掘り下げて、観察や実験を通して解決しようとするを、ここでは「探究」とよんでいるよ。

0 探究の過程

科学的に探究する方法には、次のようなものがある。探究の過程を身につけて、物理の学習をさらに深めていこう。

▶ 探究の過程



1 テーマを決める

テーマ(課題)の決定は、探究において最も重要であるといえる。「何が知りたいのか」をこの段階で具体的にしておくことで、その後の情報収集や実験を滞りなく進めることができる。

物理の探究として適切なテーマを定めるためにも、これまで物理で学んできた知識を手がかりに自然現象を観察したり、先生やまわりの人と議論したりして、自分のアイデアを十分に深めていくとよいだろう。



▶ テーマの例

- 学校生活から探す！
 吹奏楽部 → フルートなどの管楽器
 → 気柱の振動と音階の関係を調べる (p.129 実験 17)
- 物理の法則を確かめたい！
 アルキメデスの原理は本当に成り立つのか
 → 浮力の測定 (p.67 実験 7)

2 情報を集め、仮説を立てる

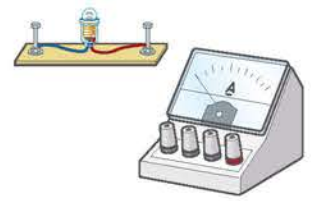
探究を進める前に、どのような結論になるかを推測する。このとき、自分の経験だけに基^{もと}づいてなんとなく予想するのではなく、文献やインターネットなどで情報を集めて、根拠を伴った理論的な「仮説」を立てることが大切である。

なお、物理の法則を確かめる場合など、探究のゴール(到達目標)が明らかなきときには、仮説を立てないこともある。

3 実験の計画を立てる

仮説が立てられたら、次に、その仮説を検証するための実験方法を考える。この段階で、実験の手順や必要な器具などをノートにまとめておくといよい。十分な準備をしておけば、実験の失敗を防ぐことにもつながる。

実験の方法が固まったら、実験で得たデータをどのように分析するかまで考えて、測定すべきデータの種類や量をあらかじめ整理しておく。必要に応じて予備実験を行ってもよいだろう。



4 実験を行う



計画にそって実験を行う。実験で用いる器具については、事前に使い方や注意点を確認しておこう。

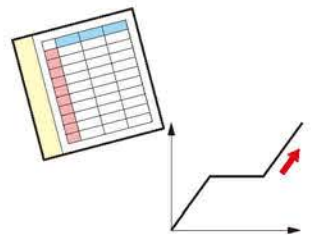
測定したデータや、器具の設定、実験中に気づいたことなどは、すべてノートに書いて記録に残す。また、測定値には必ず誤差が含まれるので、実験は複数回くり返し、測定値の平均を求めるとして、誤差を小さくする。

5 実験データを分析する

→ 物理量の扱い方 (p.4)

実験が終わったら、測定したデータを分析し、仮説を検証する。データの特徴を把握するためには、グラフにしてみるものがたいへん有効である。測定値を扱うときには、誤差や有効数字の扱いにも注意する。

結果の考察では、先入観にとらわれ、自分の仮説に基づいた見方をしてしまいがちである。たとえ予想と違った結果であっても、客観的に眺めて、さまざまな可能性を検討することが大切である。



6 報告書をつくる、発表する

→ 物理をわかりやすく表現する (後見返し)



実験の内容や成果を整理して、ほかの人に伝える。報告のしかたにはさまざまな方法がある。どのような方法であっても、自分の成果を“わかりやすく”“正確に”伝えることを心がけよう。

▶ 報告のしかたの例

- 報告書(レポート)
 実験の目的から考察までを詳細に記録する。
- 発表(プレゼンテーション)
 プレゼンテーションソフトなどを使って行うとよい。
 発表時間が決まっているので、大事なポイントを簡潔に伝える。

物理をわかりやすく表現する



物理を学ばなかで、文章を書くのはどのような場面だろう？

記述問題を解くときかな。問題文に「○字以内で述べよ」と書かれていると、難しそうだなと思って少し憂鬱になるよ…。



実験をした後、報告書や発表資料をつくることもあるよね！



そうだね。どのような場面でも、伝わりやすい文章を書く必要があるよ。それに、読み手を納得させるには、内容が論理的であることも大切。わかりやすい文章を書くコツについて、いっしょに確認しよう。

伝わりやすい文章を書く

● 適切な表現を使おう

これまで「国語」で学んできたことを生かして、表現に注意を払おう。

- 話し言葉のような、くだけた表現を用いていないか？
- 文と文との関係を理解して、適切な接続詞でつないでいるか？

✕ 実験の結果：

水をあつためると温度は上がり続けると予想した。だから、100℃に達すると、水は沸騰し、温度は上がらなくなった。

○ 実験の結果：

水を温めると温度は上がり続けると予想した。しかし、100℃に達すると、水は沸騰し、温度は上がらなくなった。

● 読みやすい文章となるように工夫しよう

文章を書き終わったら、もう一度読み返して、わかりにくい箇所がないかチェックしよう。

- 一文が長すぎないか？
- 意味の切れ目で読点(,)またはコンマ(,)をうっているか？

✕ 実験の計画：

空の試験管に口を当て軽く息を吹きこむと音が発生するのでこのときの気柱の長さを測定してから試験管に水を入れていきレ・ミ・ファ・ソ…の音を発生させてそのときの気柱の長さを測定する。

○ 実験の計画：

空の試験管に口を当て、軽く息を吹きこむと音が発生する。このときの気柱の長さを測定する。次に、試験管に水を入れていき、レ・ミ・ファ・ソ…の音を発生させて、そのときの気柱の長さを測定する。

科学的な文章表現に関する注意点をまとめた記事を掲載。今後いっそう重視される「表現力」の育成に役立ちます。(→19各節末には表現活動が行える要素を掲載しています) **NEW!**

論理的な文章を書く

● 科学的な根拠を意識しよう

物理では、個人の主観ではなく、法則や実験データなどに基づいて、「科学的」に説明することが求められる。科学的な根拠がなければ、どんなに趣のある文章であっても、物理においてはよい文章とはいえない。物理に関する文章を書くときには、次のことを特に意識してみよう。

- 関係する物理の法則や現象があれば、それを明示しているか？

- Q. 電車が急発進すると、乗客は進行方向と逆向きに倒れそうになる。その理由を答えよ。
- A. 乗客が踏ん張りきれずに、バランスを崩してしまったから。
- 慣性の法則により、乗客はその場に静止し続けようとするから。



- 量の変化(増える、減るなど)は、数式に基づいて述べているか？

✕ 実験の仮説：

豆電球2つを並列につなぐと、1つの場合と比べて、それぞれの豆電球に加わる電圧 V は変わらない。しかし、それぞれの豆電球に流れる電流は半分になると思うので、豆電球は暗くなる。

+ 主観的で、根拠がない

○ 実験の仮説：

豆電球2つを並列につなぐと、1つの場合と比べて、それぞれの豆電球に加わる電圧 V は変わらない。したがって、オームの法則 $[V = RI]$ より、豆電球に流れる電流も変わらないので、豆電球の明るさは変わらない。

● 主語と述語のつながりを意識しよう

文章の意味を適切に伝えるためには、主語を意識しながら、文末(述語)の表現にも気を配る必要がある。例えば、物体が及ぼす力と及ぼされる力を正しく区別することは、物理では欠かせないだろう。長く複雑な文章になるほど、主語と述語の不整合(ねじれ)が生じやすくなるので、十分注意しよう。

- ✕ 木から落ちるりんごの運動は、自由落下をする。
- 木から落ちるりんごの運動は、自由落下である。



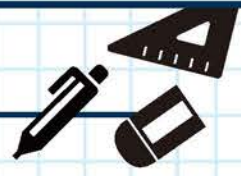
● 問いに対する答えを明確にしよう

質問などの問いかけに対しては、的外れな答えにならないように、「問われていることは何か」を見抜くことが大切である。

- Q. ブランコに乗った人を後ろから押すとき、ある周期で力を加えると、小さな力でブランコを大きくゆらすことができる。その理由を答えよ。 **+** 理由を聞かれている
- A. ブランコの固有振動にあわせた周期で力を加えることで、共振が起こるから。



ブックマーカー



作り方

- ・「おもな公式」と「おもな物理量とその単位」の2種類。
- ・外枠にそって切り取って使おう。
- ・2枚をつなげたまま切り取れば、カードとしても活用できる。

おもな公式

第1編 運動とエネルギー

- 等加速度直線運動 → p.23

$$v = v_0 + at$$

$$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

- 運動方程式 → p.56

$$ma = F$$

- 仕事 → p.70

$$W = Fx$$

- エネルギー → p.74, 76, 77

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 : $U = mgh$

弾性力による位置エネルギー : $U = \frac{1}{2}kx^2$

第2編 熱

- 熱量と比熱の関係 → p.94

$$Q = mc\Delta T$$

- 熱力学第一法則 → p.101

$$\Delta U = Q + W$$

第3編 波

- 波の要素 → p.109, 111

$$v = f\lambda, \quad f = \frac{1}{T}$$

第4編 電気

- オームの法則 → p.142

$$V = RI$$

- 抵抗率 → p.149

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

- 電力 → p.155

$$P = IV$$

おもな物理量とその単位

物理量	おもな記号	おもな単位
質量	m	kg
時間	t	s
変位	x	m
速度	v	m/s
加速度	a	m/s ²
力	F	N
圧力	p	Pa
仕事	W	J
仕事率	P	W
エネルギー	E	J
絶対温度	T	K
熱量	Q	J
熱容量	C	J/K
比熱	c	J/(g·K)
周期	T	s
振動数	f	Hz
波長	λ	m
電気量	Q	C
電流	I	A
電圧	V	V
抵抗	R	Ω

巻末の折込付録には、切り取って使える便利なブックマーカー(しおり)がついています。公式一覧と物理量一覧の2種類あります。

NEW!

		物理基礎 (物基/707)	新編 物理基礎 (物基/708)
仕様		A5判・296ページ+折込付録	B5判・216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	167題	99題
	例題	32題	20題
	類題	32題	20題
	演習問題	40題	39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.27) 本文	—
	水平投射の式	○ (p.46 ~ 47) 本文	○ (p.37) 囲み
	斜方投射	—	○ (p.36) 本文
	斜方投射の式	○ (p.48 ~ 51) 本文	○ (p.37) 囲み
	終端速度の式	○ (p.93) 本文	—
	気体の法則と気体の状態変化	○ (p.136 ~ 139) 囲み	—
	熱力学第二法則, 第二種永久機関	○ (p.140)	○ (p.103)
	正弦波における位相	○ (p.151)	—
	波の強さの式	○ (p.159)	—
	波の波面・波の干渉・波の反射と屈折・波の回折	○ (p.166 ~ 172) 本文	—
	音の屈折・音の回折・音の干渉	○ (p.177 ~ 178) 本文	—
	弦を伝わる波の速さの式	○ (p.183) 本文	○ (p.127)
	クーロンの法則	○ (p.195) 囲み	—
	電気量保存の法則	○ (p.196)	—
	静電誘導	○ (p.198) 囲み	○ (p.140) 囲み
	抵抗率の温度変化	○ (p.208) 本文	—
キルヒホッフの法則	○ (p.209) 囲み	—	
電流のする仕事	○ (p.215)	—	
フレミングの左手の法則	○ (p.221) 囲み	○ (p.157)	
レンツの法則	○ (p.222) 囲み	○ (p.157)	
交流の実効値の式	○ (p.223)	—	
半減期の式	○ (p.237)	—	
核反応により放出されるエネルギー	○ (p.238)	—	
剛体にはたらく力のつりあい	○ (p.250 ~ 258) 巻末	—	
正弦波の式	○ (p.259 ~ 262) 巻末	—	
音のドップラー効果	○ (p.263 ~ 265) 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

物理基礎 (物基/707)

例題 18 2物体の運動方程式②

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

(1) A, Bの加速度の大きさ a [m/s²] を求めよ。
 (2) 糸1がAを引く力の大きさ T [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 [N] である。

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

類題 13 図のように、質量が0.20kgと0.30kgの小球A, Bを軽い糸でつなぎ、Aを大きさ7.0Nの力で鉛直上向きに引き上げた。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。
 (1) A, Bの加速度の大きさ a [m/s²] を求めよ。
 (2) 糸がBを引く力の大きさ T [N] を求めよ。
ヒント 糸が引く力は両端で同じ大きさである。

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.80

新編 物理基礎 (物基/708)

例題 9 2物体の運動方程式②

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

(1) A, Bの加速度の大きさ a [m/s²] を求めよ。
 (2) 糸1がAを引く力の大きさ T [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 [N] である。

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

類題 9 なめらかな水平面上に質量0.30kgの物体Aと質量0.90kgの物体Bを置いて、軽い糸1でつなぐ。図のようにBを3.0Nの力で水平に引いたところ、2つの物体は運動を始めた。
 (1) A, Bの加速度の大きさ a [m/s²] を求めよ。
 (2) 糸1がAを引く力の大きさ T [N] を求めよ。

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。

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。

Bを引く力が、そのままAを引く力とはならないんだね。

広い紙面を活かし、側注での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.61

教科書『物理』の特徴

- POINT 1** 「主体的・対話的で深い学び」を実現
- POINT 2** つまずき解消のための工夫が充実
- POINT 3** 実験を通じて学びを深めます
- POINT 4** 知識を活用する「力」を養います

新課程数研理教科書の新たな試み!

QRコンテンツで、新たな学びへ! **NEW!**

紙面のQRコードからアクセス可能なQRコンテンツが合計**163**点

QRコンテンツの場所には Linkアイコンを配置

紙面右下のQRコードからタブレットやスマートフォンで手軽にアクセス!

→コンテンツの内容など詳しくは、本冊子102~103

教科書の解説動画をご用意します! **NEW!**

- 自学自習をサポートします。
- 反転学習にも活用できます。
- 対面授業が難しい状況下でも学習が進められます。

各単元の解説動画 77本
 例題の解説動画 59本

教科書の解説動画のイメージ画面

剛体にはたらく力の合力と重心

剛体のつり合い
 重力と垂直抗力の作用線が一致するところを境界として、重力の作用線が垂直抗力の作用線と一致しない場合は回転してもとに戻るか、重力の作用線が回転軸をこえると剛体は転倒する

→ご利用方法など詳しくは、本冊子107

最先端の物理学を写真とともに掲載。研究者のインタビュー記事もあわせて紹介しています(→73)。

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

原子分野の章末に「一問一答」コーナーを新設(→70)

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 417

実験

54

- 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. 水面波の反射と屈折 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)。

※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。

- 物理学が築く未来 418 ⁷²
- 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 ⁷⁶

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
- 索引 452
- 物理定数・ギリシャ文字 456

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。

- 28. ヤングの実験 202
- 29. 回折格子による光の干渉実験 205
- 30. 箔検電器 221
- 31. 等電位線の作図 234
- 32. コンデンサーの電気容量 245
- 33. コンデンサーの電気容量の測定 252
- 34. 温度を変えたときの電気抵抗 261
- 35. 電池の起電力と内部抵抗の測定 272
- 36. メートルブリッジ 274
- 37. 電流がつくる磁場 293
- 38. 電流が磁場から受ける力 296
- 39. 平行電流が及ぼしあう力 300
- 40. 電磁誘導 309
- 41. 渦電流 319
- 42. 紫外線の観察 351
- 43. ミリカンの実験(モデル実験) 363
- 44. 光電効果 365
- 45. 光電効果によるプランク定数 h の測定 369
- 46. スペクトルの観察 383
- 47. 放射線の観察 396
- 48. 半減期のモデル実験 400

「Zoom」…つまずきやすい内容を丁寧に解説しています(→61, 64)。
「ドリル」…反復演習で基本を定着させることができます(→56, 62, 68)。

Zoom

61	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
	ρ - V 図の見方	123
	いろいろな場合のドップラー効果	170
64	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

ドリル

	相対速度	12	
	水平投射と斜方投射	21	56
	運動量保存則と反発係数の式	58	
	気体の状態変化と ρ - V 図	128	
	ドップラー効果	169	62
	レンズと鏡	199	68
	キルヒホッフの法則	270	
	電磁誘導	315	

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
	トンボとやじろべえ	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
	曇気楼(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

	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

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

	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

発展

	並列回路のインピーダンス	342
--	--------------	-----

	微分・積分とその活用	428
--	------------	-----

思考学習

58	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

	主虹と副虹	183
	クリップモーター	300
	スピーカーと交流回路	343

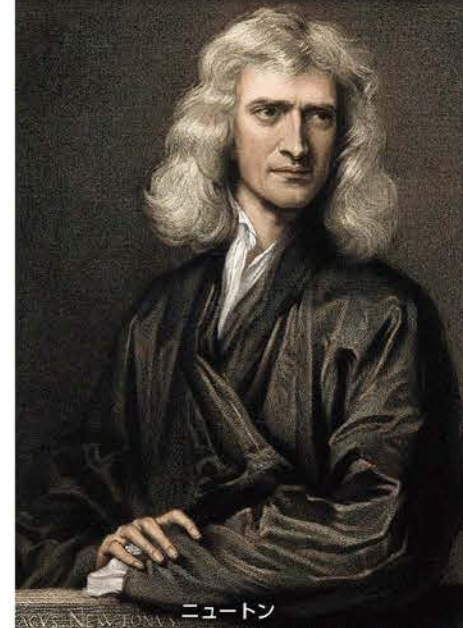
「思考学習」…学習内容をもとに、思考力をはたらかせながら考察する問題を収録(→58)。

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

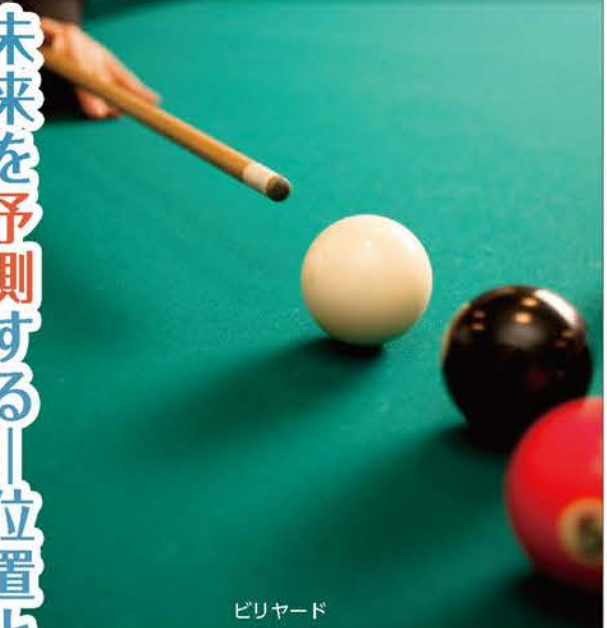
第1章	平面内の運動	p.6
第2章	剛体	p.26
第3章	運動量の保存	p.42
第4章	円運動と万有引力	p.64

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ため、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」(→58)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** (free fall) という。図9のストロボ写真を分析すると、小球の運動について次のことがわかる。

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

自由落下の加速度を **重力加速度** (gravitational acceleration) 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

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

B 鉛直投射

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

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

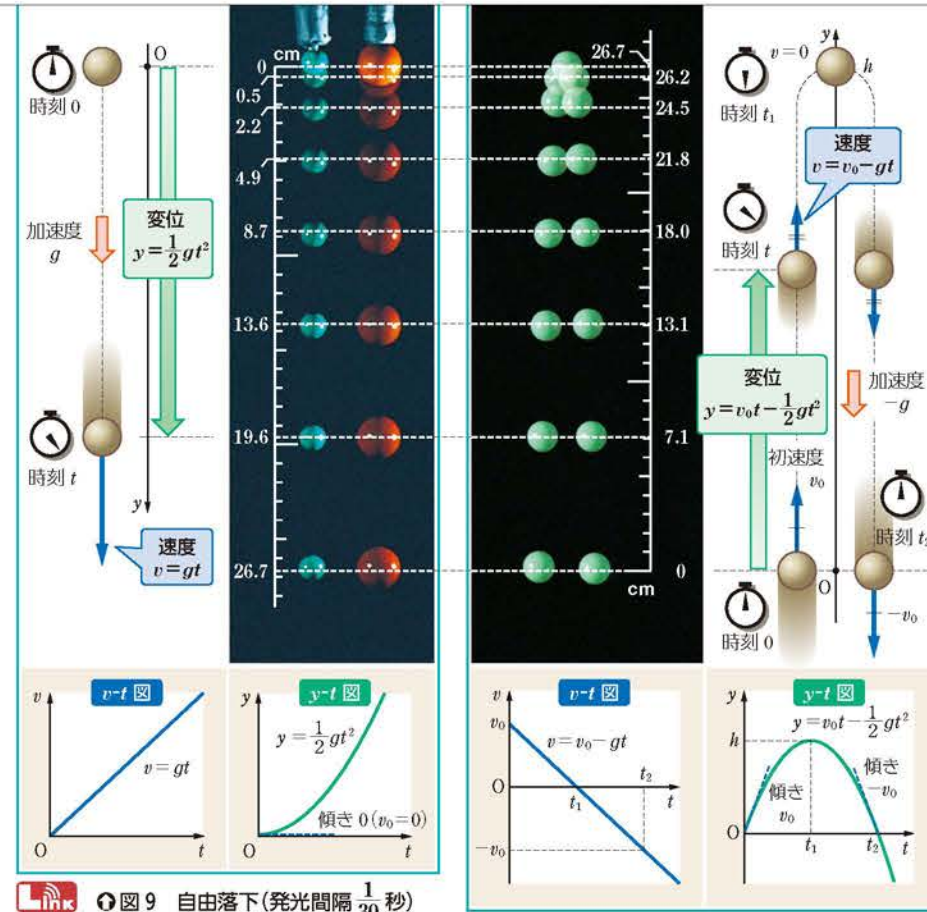


図9 自由落下(発光間隔 $\frac{1}{30}$ 秒)

(10)式と(11)式では、**注意** 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。

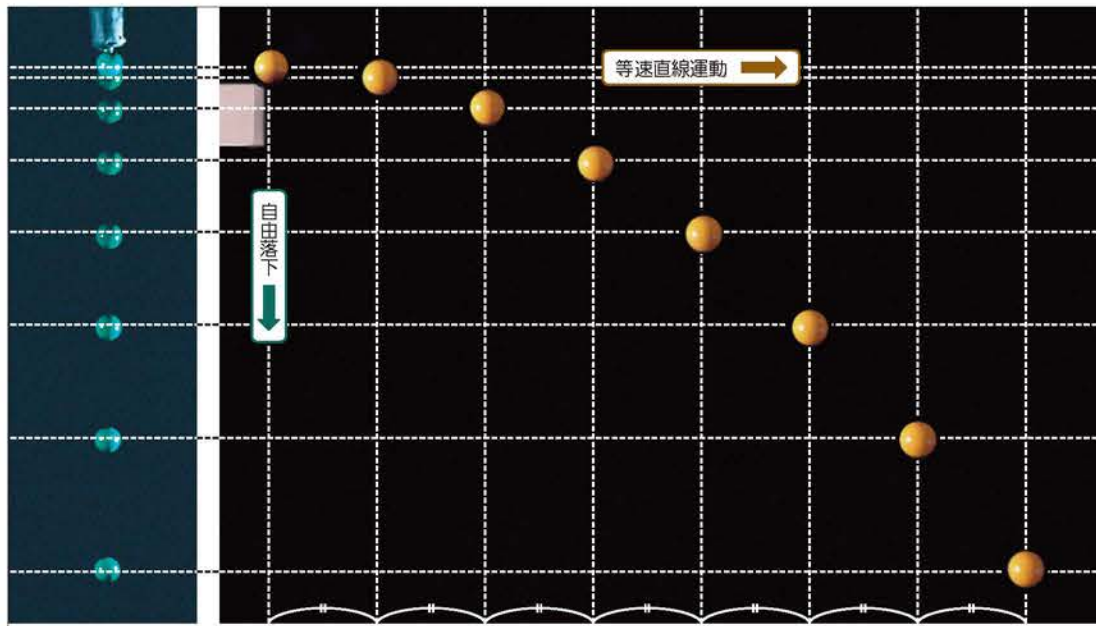
$$v = v_0 - gt, \quad y = v_0t - \frac{1}{2}gt^2, \quad v^2 - v_0^2 = -2gy \quad (11)$$

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のをご利用いただけます。

すべての「実験」に映像をテロップ・音声付きで用意。(→詳しくは102)
紙面の右下のQRコードから、実際に映像をご覧ください。



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

関連 C 水平投射

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

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

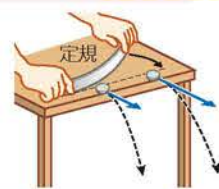
- ①鉛直方向には自由落下と同様の運動をしている
- ②水平方向には等速直線運動と同様の運動をしており、その速度は常に初速度に等しい

②水平投射の式 水平投射された小球の運動を式で表してみよう。小球を水平方向に v_0 [m/s] の速さで投げたとき、図12のように x 軸、 y 軸をとる。時間 t [s] 後の、小球の速度 \vec{v} の x 成分を v_x [m/s]、 y 成分を v_y [m/s] とし、位置を (x, y) とする。

16 第1編 第1章 平面内の運動

△実験1 水平投射

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



Point 「鉛直方向の運動」と「水平方向の運動」は、別々に分けて考えることができるところがポイント。

x 軸方向には等速直線運動と同様の運動をするから

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

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

y 軸方向には自由落下と同様の運動をするから

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

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

(13)式と(15)式から t を消去すると

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

が得られる。この式は、小球の運動の軌道を表し、放物線となることを示している。
→ p.435

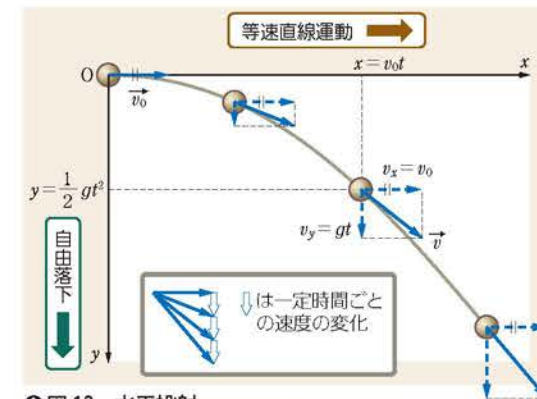


図12 水平投射

● p.14 自由落下

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

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

(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/s^2 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/s^2 とする。

ヒント 落下時間を求めるには、鉛直方向の運動に注目する。



紙面右下のQRコードから、実験映像をご覧ください。

『物理基礎』(物基/707)で「発展」として掲載している内容については、項目タイトルの横に「関連マーク」をつけました。物理基礎で「発展」を学習している場合には、関連マークの項目を既習内容として扱うことにより、効率的な指導が可能となります。

ドリル 運動量保存則と反発係数の式

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

直線上の運動量保存則(→ p.46)

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



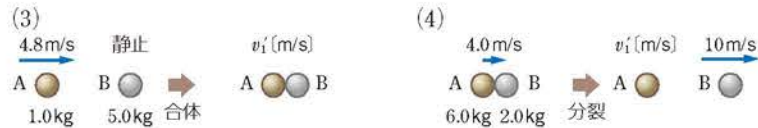
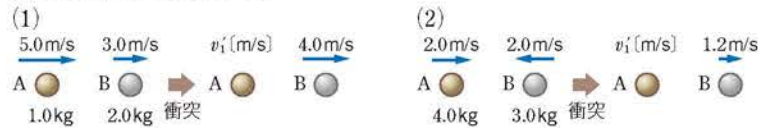
平面上の運動量保存則(→ p.49)

2物体の速度をx成分、y成分に分解して式を立てるとよい。

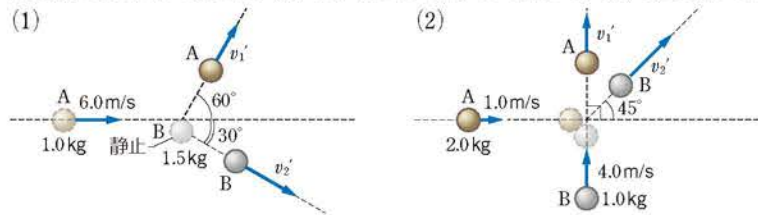
x成分: $m_1v_{1x} + m_2v_{2x} = m_1v_{1x}' + m_2v_{2x}'$

y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。



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。

$$\frac{T^2}{(h+R)^3} = \text{ア}$$

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

(選択肢)

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

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

学んだことを説明してみよう

4 万有引力

- (1) 太陽のまわりをだ円運動する惑星の速さはどのように変化するか。
- (2) 無限遠を基準点とした、宇宙探査機のもつ万有引力による位置エネルギーは、地球から遠ざかるにつれてどのように変化するだろうか。

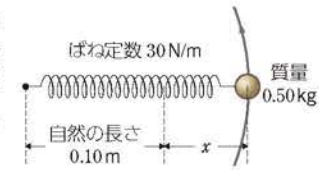
単元末に、学んだことを**自分の言葉で説明**するコーナーを設けました(解答例は巻末に掲載)。
 生徒どうしの「対話的な学び」を通じて、**表現力の育成**にもつながります。

演習問題



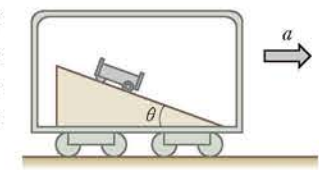
1 等速円運動 (p.64～69)

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)

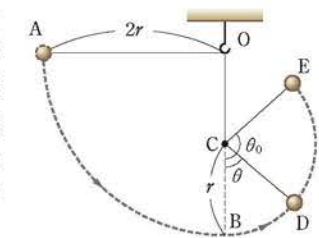
図のように、電車内の水平な床の上に傾きの角 θ のなめらかな斜面を固定して置き、その上に台車をのせる。地面に静止した人から見た電車の加速度を a [m/s^2] (右向きを正とする)、重力加速度の大きさを g [m/s^2] とする。



- (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 があったとき、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)。

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) $\rightarrow Q > 0$	W	気体が圧縮されて体積が減少 $\rightarrow W > 0$
	気体が熱を放出(放熱) $\rightarrow Q < 0$		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、気体をした仕事 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

- 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。
- 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 、気体をした仕事を W' と表記する。



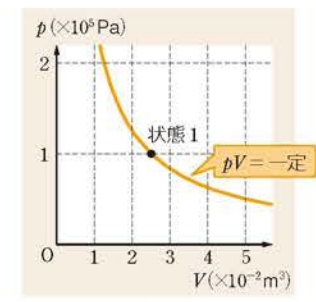
p-V図の見方

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。

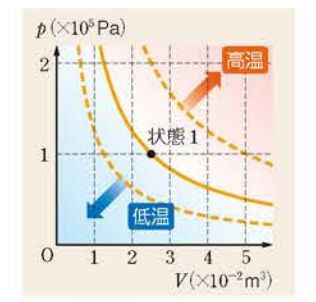
図Aの反比例のグラフ上にある点は、すべて状態1と同じ温度になっています。



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。

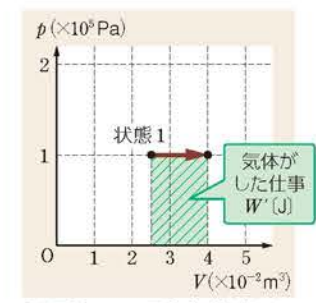
p-V図上で2つの状態を見比べることによって、温度の高低の関係を読み取ることができます。



図B p-V図と温度の高低

p-V図と気体をした仕事

- 気体を膨張させる場合
 気体をした仕事 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
 気体をした仕事 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、気体をした仕事になる。



図C p-V図と気体をした仕事

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

ドリル 気体の状態変化と p - V 図

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あっている。

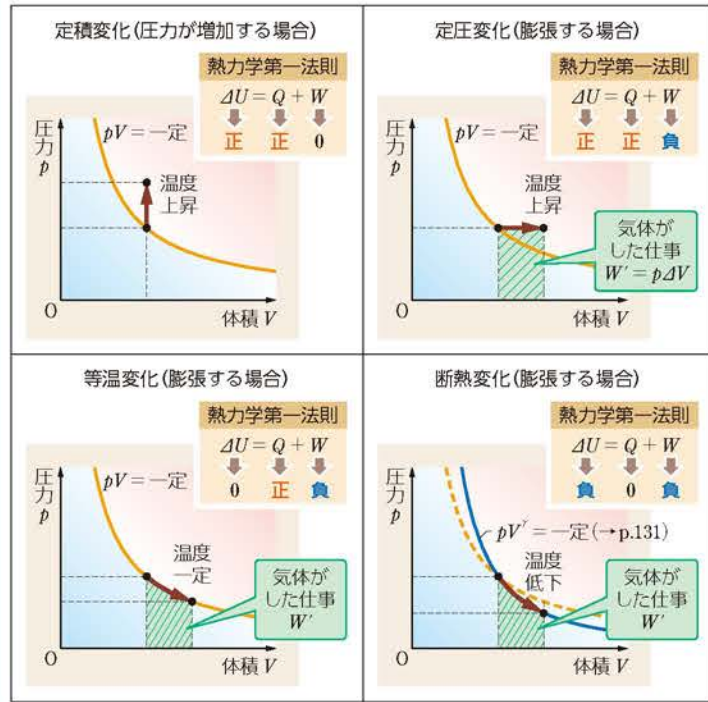
Step 2 熱力学第一法則 [$\Delta U = Q + W$] をもとに、それぞれの状態変化において特徴的な量を整理する。

定積変化 → $W = 0$
 等温変化 → $\Delta U = 0$
 断熱変化 → $Q = 0$

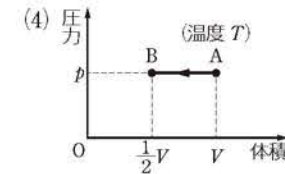
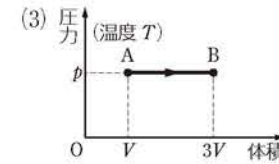
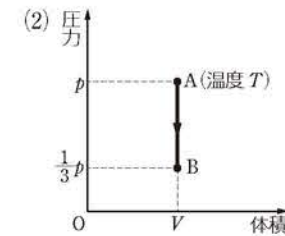
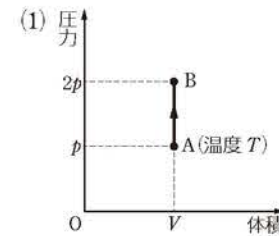
Step 3 気体がされた仕事 W やその正負を p - V 図から読み取る。
 … p - V 図上で、変化の道筋と V 軸で囲まれる面積は、気体がした仕事 W' を表す。気体がされた仕事は $W = -W'$ 。

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。

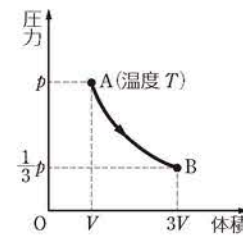
Step 5 Step 2 ~ 4 で得られた情報を用いて、気体の状態変化について、熱力学第一法則の式を立てる。



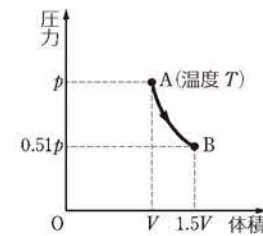
問 a n [mol] の単原子分子理想気体を、(1) ~ (6) の p - V 図のように状態変化させた。状態 A での気体の温度を T [K] とする。また、気体定数を R [J/(mol·K)] とする。 n, R, T, Q_0 の文字を使って、気体の内部エネルギーの変化 ΔU [J]、気体がされた仕事 W [J]、気体が受け取った熱量 Q [J] をそれぞれ求めよ。



(5) 等温変化、 Q_0 [J] の熱量を与える

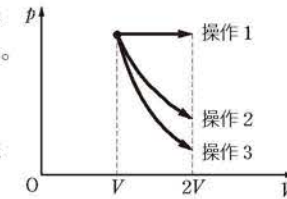


(6) 断熱変化、熱の出入りはなし



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

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



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

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。



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

- 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
- 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。
- 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)

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

回折格子 (→ p.203)

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

薄膜 (→ p.206)

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

くさび形空気層 (→ p.207)

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

ニュートンリング (→ p.209)

- 光路差 (= 経路差) = $2d \doteq \frac{x^2}{R}$
- 位相が π ずれる
- 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。

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

電気分野の重要な内容の「キルヒホッフの法則」では、内容定着を図るために、学習の後に反復ドリルを扱いました(→詳しくは 68)。

C キルヒホッフの法則

複雑な回路を考えると、電気量保存の法則や、オームの法則などをもとに拡張した、次のキルヒホッフの法則が用いられる(図56)。

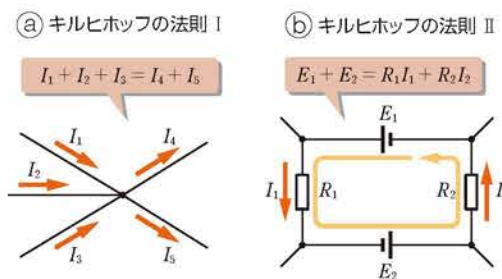


図56 キルヒホッフの法則

キルヒホッフの法則

キルヒホッフの法則 I	回路中の交点について 流れこむ電流の和 = 流れ出る電流の和
キルヒホッフの法則 II	回路中の一回りの閉じた経路について 起電力の和 = 電圧降下の和

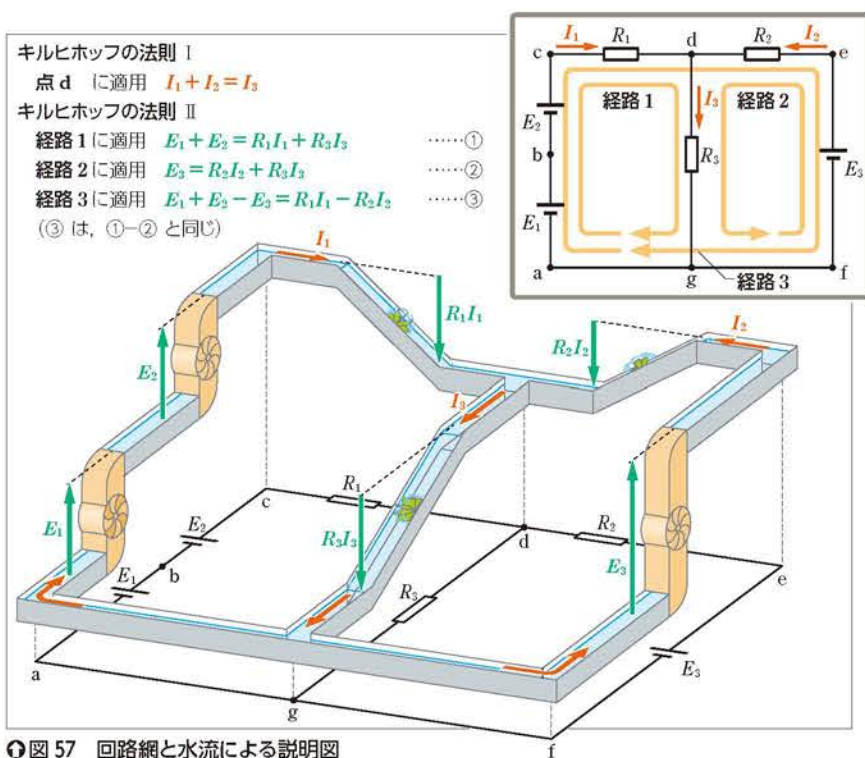


図57 回路網と水流による説明図

電池などが作りだしている電位差を起電力という(→ p.271)。

I では、電流の向きをどちらかに仮定して計算する。計算で得た電流の値が負になれば、仮定と反対の向きに電流が流れていることになる。

II では初めに、閉じた経路を1周する向きを決める。この向きはどちら向きでもよい。図58のように、起電力、電圧降下の正負を定めて、それらの和を考える。

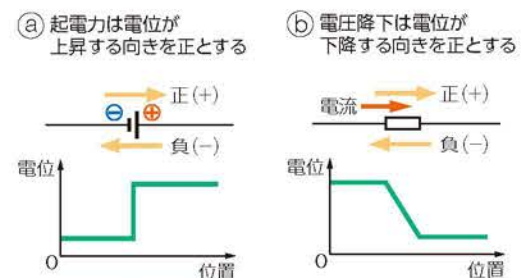
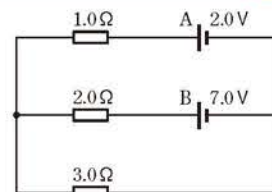


図58 起電力と電圧降下の正負

例題8 キルヒホッフの法則

起電力2.0Vの電池A、起電力7.0Vの電池Bと抵抗値が1.0Ω、2.0Ω、3.0Ωの抵抗がある。これらを図のように接続する。1.0Ωの抵抗に流れる電流の大きさと向きを求めよ。



指針 キルヒホッフの法則 I, II を適用する。

解 各抵抗に流れる電流の大きさと向きを図のように仮定する。

キルヒホッフの法則 I を用いると、点 a について

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad \text{.....①}$$

キルヒホッフの法則 II を用いると、経路 1 について

$$2.0 = 1.0 \times I_1 + 3.0 \times I_3 \quad \text{.....②}$$

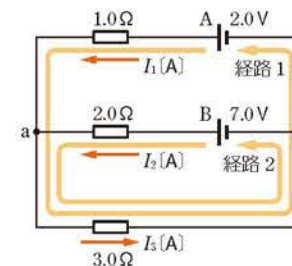
経路 2 について

$$7.0 = 2.0 \times I_2 + 3.0 \times I_3 \quad \text{.....③}$$

①~③式を連立して解くと

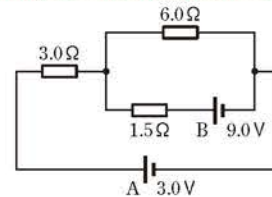
$$I_1 = -1.0\text{A}, I_2 = 2.0\text{A}, I_3 = 1.0\text{A}$$

I_1 は負であるので、図に定めた向きと逆向きである。したがって、1.0Ωの抵抗に流れる電流は、右向きに1.0Aである。



類題8

起電力3.0Vの電池A、起電力9.0Vの電池Bと抵抗値が1.5Ω、3.0Ω、6.0Ωの抵抗がある。これらを図のように接続する。3.0Ωの抵抗に流れる電流の大きさと向きを求めよ。



3つの抵抗に流れる電流を I_1, I_2, I_3 として、キルヒホッフの法則 I, II より求める。

ドリル「キルヒホッフの法則」では、法則Ⅰ、Ⅱの適用のしかたを示した上で、反復演習により習熟できるようにしました。

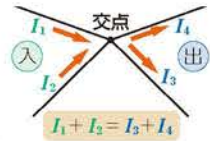
ドリル キルヒホッフの法則

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。

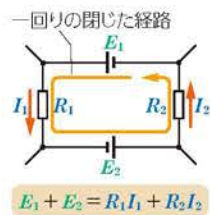
Step 2 電流の流れる向きを仮定する。流れこむ電流の和を左辺、流れ出る電流の和を右辺とした式を立てる。



●キルヒホッフの法則Ⅱ

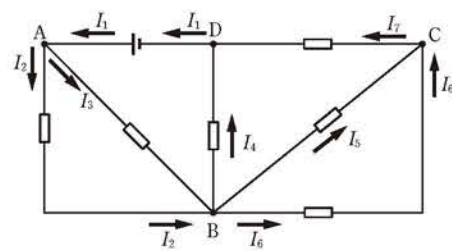
Step 1 回路中の一回りの閉じた経路に着目する。電流の流れる向きは、キルヒホッフの法則Ⅰと同様に仮定する。

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。

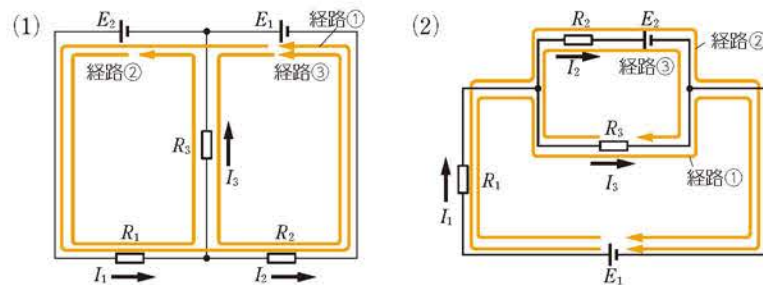


*電圧降下は、抵抗の抵抗値と抵抗に流れる電流値から求める。

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 ②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③)。これは、電池が起電力 E をつくりだすと同時に、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。

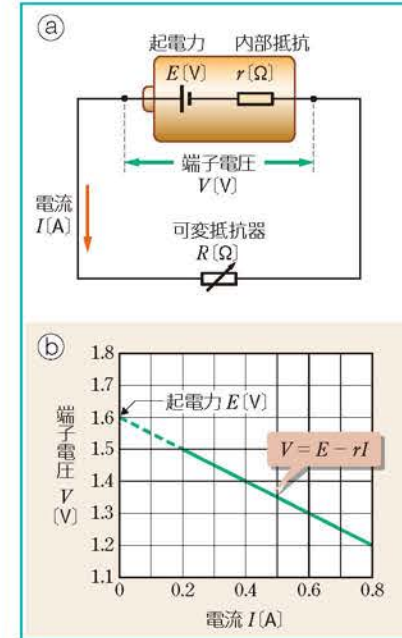


図 59 電池の内部抵抗 直列につながれた R [Ω] の可変抵抗器と r [Ω] の内部抵抗に、 E [V] の電圧が加わるので $E = RI + rI$ RI は電池の端子電圧 V と等しいので $E = V + rI$ よって $V = E - rI$ ($V-I$ 図は V 軸での切片 E 、傾き $-r$ のグラフ)

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か、小さいか。
- 光電効果の実験で、光電管に当てる光の強さを変えた場合、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

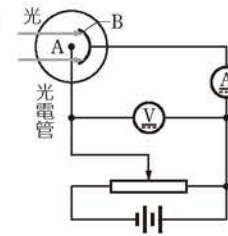
- 電子
- $\frac{e}{m}$
- 電気素量
- $h\nu$
- $\frac{hc}{\lambda}$
- 光の粒子性
- $h\nu - W$
- 大きい
- 変わらない
- $1.6 \times 10^{-19} \text{J}$
- 短くなる
- 変わらない
- X線の波動性
- X線の粒子性
- 長い波長のX線
- $\frac{h\nu}{c}$
- $\frac{h}{\lambda}$
- $\frac{h}{p}$
- 電子の波動性

演習問題



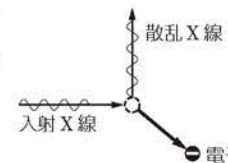
1 光電効果 (p.365 ~ 369)

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2.8Vになったとき回路の電流が0になった。また、波長 $4.5 \times 10^{-7} \text{m}$ の可視光線で同様の実験をすると、0.6Vのときに電流が0になった。プランク定数 $h[\text{J}\cdot\text{s}]$ 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)

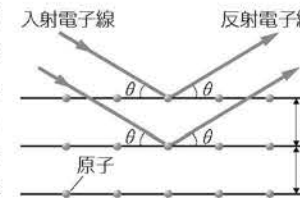
波長 $\lambda[\text{m}]$ のX線光子が、静止している質量 $m[\text{kg}]$ の電子に衝突して、角 90° の方向に散乱し、波長が $\lambda'[\text{m}]$ となり、電子は速さ $v[\text{m/s}]$ ではね飛ばされた。真空中の光の速さを $c[\text{m/s}]$ 、プランク定数を $h[\text{J}\cdot\text{s}]$ とする。



- 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。



よく耳にするブラックホールについて、高校生にも興味をもって読めるように、観測とその撮影を中心に取り上げました。

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あわせた概念が、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。小田稔らは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

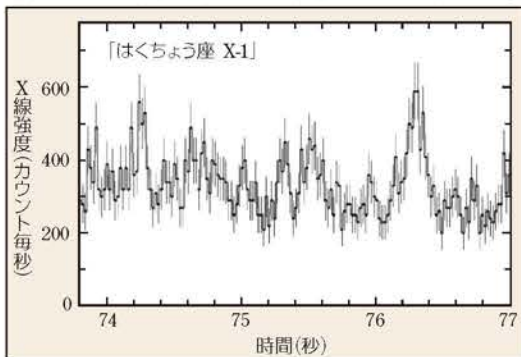


図1 日本のX線衛星「すざく」で観測された、「はくちょう座X-1」からのX線強度の時間変化。ブラックホールに落ちこむガスの流量がゆらぐため、1秒より短い時間でX線が激しく変動する。

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。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ることで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。

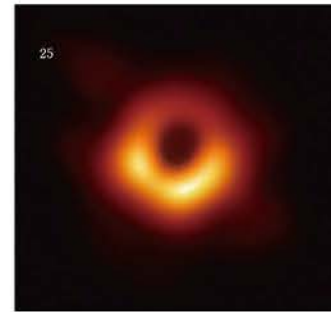


図3 M87銀河の中心にある、太陽の65億倍の質量をもつ巨大ブラックホールを、電波干渉計で撮像した結果。電波干渉計は、異なる電波望遠鏡で受けた電波どうしを重ね合わせ、波の干渉の原理を用い、高い解像度を実現するしくみである。
※この結果が確かであることを検証するために、各国の研究者たちが別々にデータを解析し、この最先端の研究課題に取り組んでいる。

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。

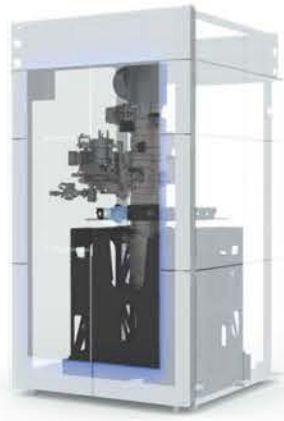


国立天文台 特別客員研究員 田崎 文得 さん

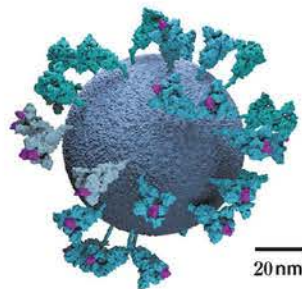
現代社会を支える科学技術や最先端研究の技術者、研究者へのインタビュー記事を掲載しています。物理学を身近に感じてもらうとともに、キャリア教育にも役立つ情報です。

■ ナノテクノロジー

ナノメートル(nm, ナノは10億分の1)レベルの領域で起きる現象を操作したり制御したりして応用する技術が、社会のさまざまな場面で生かされている。



① 図1 電子顕微鏡(透過型)



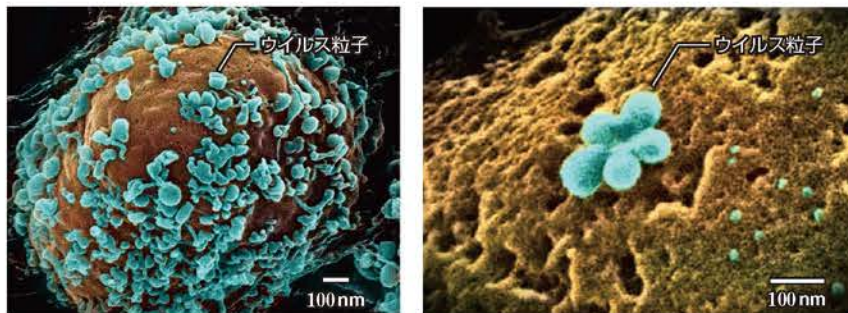
A 電子顕微鏡によるウイルス観察

電子顕微鏡(→ p.378)は、 10^{-10} m (0.1nm)ほどのサイズを識別する能力をもっている。一方、ウイルス粒子の大きさは 10^{-7} m (100nm)ほどである。そのため、電子顕微鏡でウイルスの構造などを詳しく観察することができる。ウイルスの構造を詳しく理解することで、ウイルスの細胞への侵入のしかたなどを把握できれば、抗ウイルス薬の開発などの医療面に応用することができる。

2020年に世界的に感染が拡大した新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)に対しても、研究者たちが電子顕微鏡を使って、細胞との結合部位を含むスパイクの立体構造や、成熟したウイルスが細胞から出てくるようすなどの像を得ている(図2, 3)。

電子顕微鏡には、おもに電子線をウイルスなどの試料に通らせて像を得る透過型と、電子線を試料に順に当てていったときに現れる電子を検出するなどして像を得る走査型がある。

② 図2 透過型電子顕微鏡で得た、SARS-CoV-2の構造の像 細胞に侵入するとき、スパイクとよばれる突起の先端部分が細胞側と結びつく。コンピューターにより着色したもので、実際の見た目とは異なる。



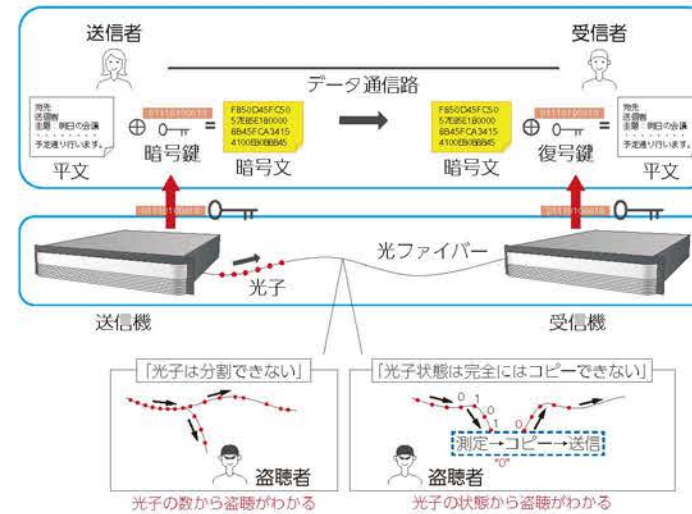
③ 図3 走査型電子顕微鏡で得た、細胞表面から出てくるSARS-CoV-2の粒子の像 コンピューターにより着色したもので、実際の見た目とは異なる。

B 量子暗号通信による情報の安全確保

光子(→ p.364)を1個にすると、それ以上は分割できず、また完全な状態ではコピーできないことが知られている。光子のこうした特徴を活用して情報を安全にやりとりする「量子暗号通信」が実用化されている。電子マネーの取引や、インターネット上でソフトウェアやデータなどを扱うクラウドコンピューティングなどで、利用の機会が増えていくであろう。

量子暗号通信では、暗号の「鍵」をつくるための情報を光子に乗せ、送信者から受信者へ光ファイバー(→ p.181)で送る。光子は、盗聴者に奪われるとかならず状態を変えるので、これにより盗聴されているかどうか分かるのである。例えば、盗聴者が光子を奪うと、受信者に届く光子の数が減ってしまうため、「盗聴されているようだ」とわかる。また、たとえ盗聴者が、奪った光子をコピーして受信者に届けても、コピーされた光子の状態はもとの光子と同じにならないため、あとで送信者と受信者が光子の状態がどうだったかを確認しあえば、やはり「盗聴されているようだ」とわかる(図4)。

これまでの暗号は、盗聴者が解こうとしても計算量が膨大すぎて解けないという「量」で安全を保っていた。しかし、量子力学を応用した量子計算という技術がこれから発達すると、膨大な計算量でも解かれてしまうおそれがある。一方、量子暗号通信は、しくみからして解けないという「理論」で安全を保つため、「絶対に解けない暗号」と期待されている。



④ 図4 量子暗号通信の方法の例

Career Column

量子暗号通信の技術は、量子力学、電気工学、数学、コンピュータサイエンスなどの多くの学問分野に基づいています。異なる専門性をもつ技術者たちが会話をしながら仕事を進めていくうえで、高校物理をはじめとする物理学の知識は「共通言語」のように使われます。



電機メーカー 研究主幹
谷澤 佳道 さん

教科横断 ニュートンで結ぶ学問の世界

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

国語 夏目漱石が生きた時代、物理界はニュートンなどにより構築された古典物理学からアインシュタインなどにより始まった現代物理学への移行期であった。漱石の作品『三四郎』(1908)には、ガリレオやニュートンについて言及する場面や、光の放射圧を測定する実験の記述もある。この放射圧については、アインシュタインの光子量子仮説(1905)のち、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くなった。

「だって、光線の圧力を試験するために、眼だけあけて、自然を観察してはたって、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」

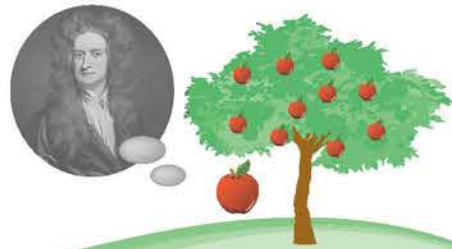
(中略)

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) 下線部イの性質を何というか。



数学 1665～1666年にかけて、ニュートンが学んでいたケンブリッジのトリニティ・カレッジはペストの流行によって閉鎖された。このとき、故郷の村ウ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、ニュートンの名著『プリンキピア』には、次のように記されている。

補助定理2

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

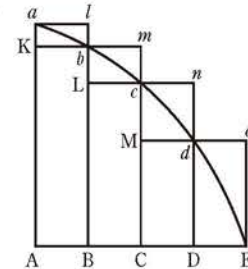


図1

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

(図の示し方や一部の用語は現代の形式に直し、加筆や削除を行った。)

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

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

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

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

LAW III To every action there is always opposed an equal reaction: or the mutual actions of two bodies upon each other are always equal, and directed to contrary parts.

(“The Mathematical Principles of Natural Philosophy” by Isaac Newton, translated by Andrew Motte, 1846)

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

教科書『総合物理』の特徴

- POINT**
1 「主体的・対話的で深い学び」を実現
- POINT**
2 つまずき解消のための工夫が充実
- POINT**
3 実験を通じて学びを深めます
- POINT**
4 知識を活用する「力」を養います
- POINT**
5 「物理基礎」と「物理」の内容を網羅

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 **82** 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）→ **80**

第2巻…波・電磁気・原子分野（「光」について学びやすい構成）→ **90**

新課程数研理科教科書の新たな試み！

QRコンテンツで、新たな学びへ！

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 **100** ~ **103**



サンプルはこちら!▲

教科書の解説動画をご用意します！

- 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。

→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!▲

→ご利用方法など詳しくは、本冊子 **107**

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4章 運動量の保存

- 1. 運動量と力積 140
- 2. 運動量保存則 144
- 3. 反発係数 151
- 演習問題 160

第5章 円運動と万有引力

- 1. 等速円運動 162
- 2. 慣性力 170
- 3. 単振動 177
- 4. 万有引力 188
- 演習問題 201

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、系統的に配列しました。
物理基礎の内容を「復習」(→82)としてほぼすべて収録していますので、第2巻(→90)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。

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分間歩くととき、あなたは何m進むだろうか。この節では、物体の運動を表すときに基本となる量「速度」について理解しよう。

A 速さ

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

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

と表される。

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

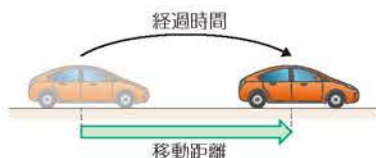


図1 自動車の運動

用語 単位時間当たり

1秒当たり、1時間当たり、など、「決められた時間当たり」という意味。

長さの単位

m:メートル(meter)
km:キロメートル $1\text{km} = 1000\text{m}$

時間の単位

s:秒(second)
h:時間(hour) $1\text{h} = 60 \times 60\text{s} = 3600\text{s}$

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)

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

1秒間に約42m進む速さ!



● m/s → km/h の換算例

「台風を中心付近の風速 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108km/h

単位間の関係を用いる。
 $1\text{km} = 1000\text{m}$
 $1\text{h} = 60 \times 60\text{s} = 3600\text{s}$

Point

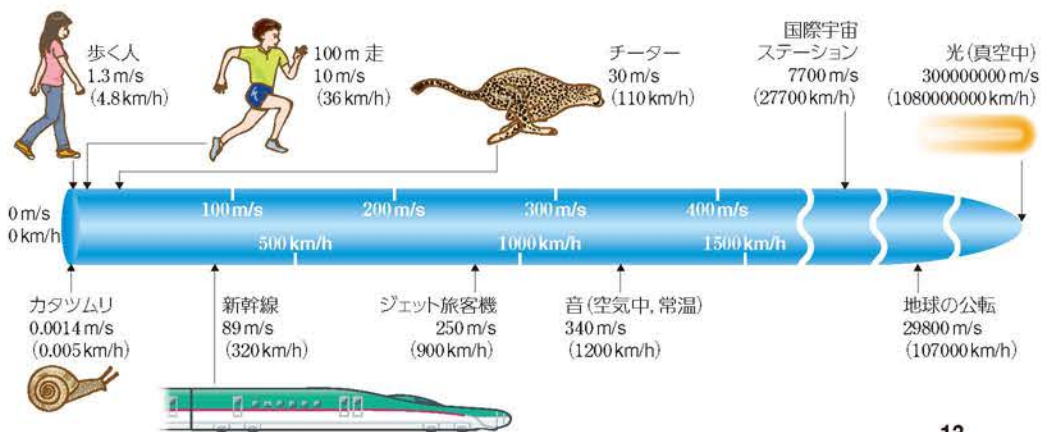
②瞬間の速さと平均の速さ 東北新幹線の速さは最高320km/hに達する。しかし、新幹線は常にこの速さで走行しているわけではなく、速さは時間とともに変化している。そこで、ある時刻における速さのことを、瞬間の速さという。ふつう、速さというときは、瞬間の速さをさすことが多い。自動車のスピードメーターは、瞬間の速さを表示している。

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

「運動の表し方」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。

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。

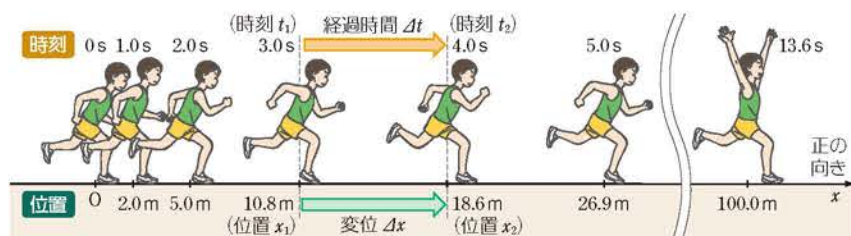


図9 100m走のようす

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。

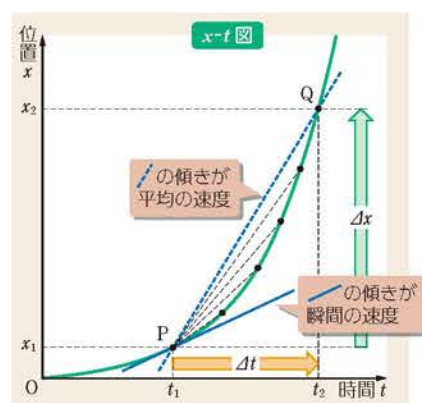
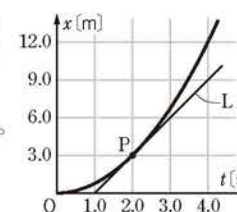


図10 $x-t$ 図と平均の速度・瞬間の速度

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。



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

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

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

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

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

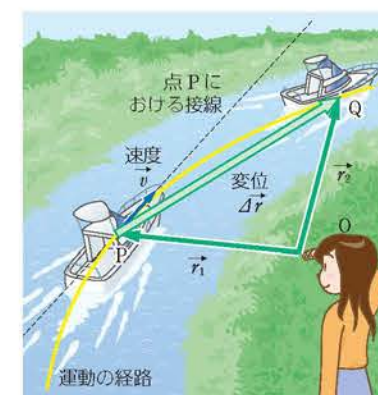


図11 曲線運動をする物体の速度

復習

「平均の速度・瞬間の速度」について、直線運動と平面運動を同じ見開きでまとめて学習できます。

[Zoom]では、つまず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)。

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

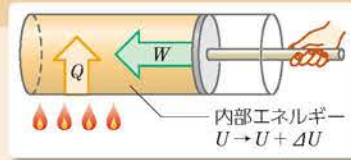
このとき、次の関係が成り立つ。これを **熱力学第一法則** という。

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…

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

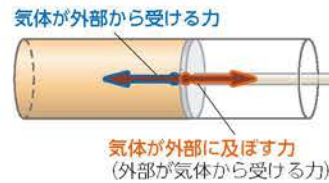
参考 「熱力学第一法則」の別の表現

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。

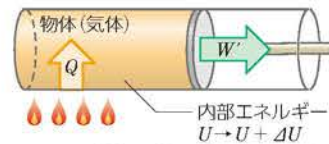
$$W = -W'$$

この関係を用いると、熱力学第一法則 ((30)式) は、気体をした仕事 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 、気体をした仕事を W' と表記する。



p-V図の見方

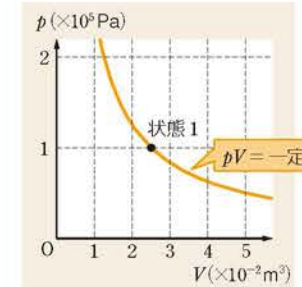
気体の状態変化を考える上で役立つ p-V図の見方をていねいに解説。

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。

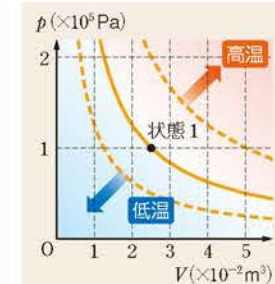


図A p-V図と等温曲線

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

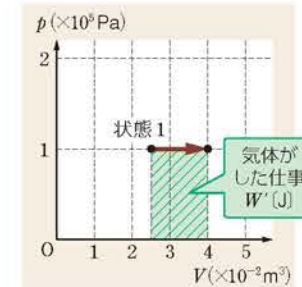
p-V図と気体をした仕事

・気体を膨張させる場合

気体をした仕事 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

気体をした仕事 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、気体をした仕事になる。



図C p-V図と気体をした仕事

● 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 75J 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

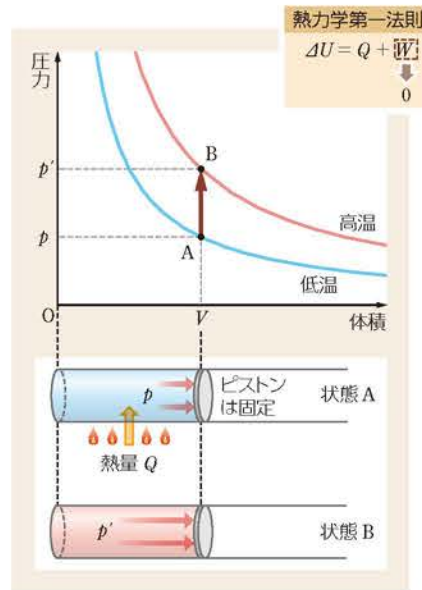


図 21 定積変化

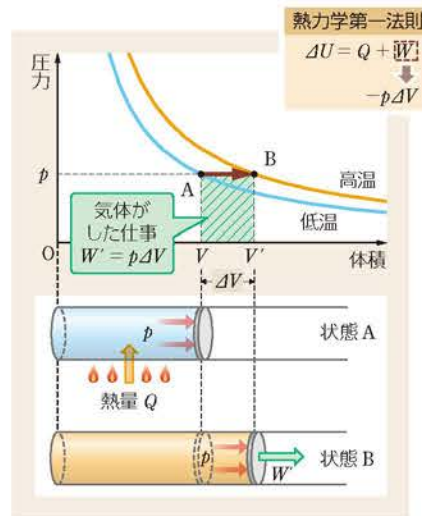


図 22 定圧変化(定圧膨張)

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

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、75J 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 75J 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。

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。

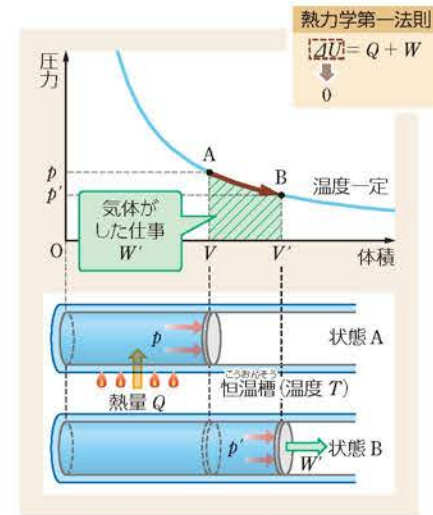


図 23 等温変化(等温膨張)

『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、系統的に配列しました。
物理基礎の内容を「復習」(→92)としてほぼすべて収録していますので、第1巻(→80)とあわせて高校物理の学習内容をすべてカバーできます。

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

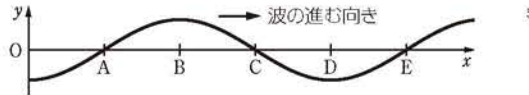
一般に、物理量(物理で扱われる量)は、1.5m、0.80m/sなど、「数値」と「単位」の積で表される。ただし本書では、表記を簡潔にするため、計算の過程などで単位を省略して数値のみで表すことがある。また、物理量を記号(時間 t など)で表す場合は、記号は数値と単位の積を表すとみなせるので、記号の後に単位をつける必要はない。ただし、その物理量もつ単位を明示したほうがわかりやすい場合、本書では、記号の後に[]で単位を示した(時間 t [s] など)。

「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。

復習 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。

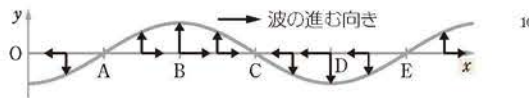
- (1) 最も密
- (2) 最も疎
- (3) 媒質の速さが 0
- (4) 媒質の速さが最大
- (5) 媒質の速度が右向きに最大



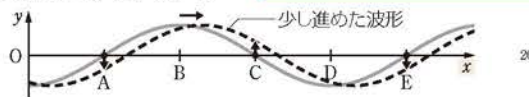
指針 y 軸方向の変位を x 軸方向の変位にもどして考える。

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するとき、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

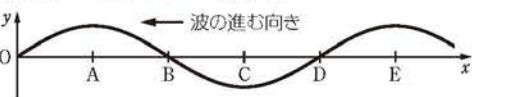


媒質は、振動の中心を往復運動する。中心で最も速く、端で 0 となる。



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 波と媒質の運動

- (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。

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 12 ③)。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。

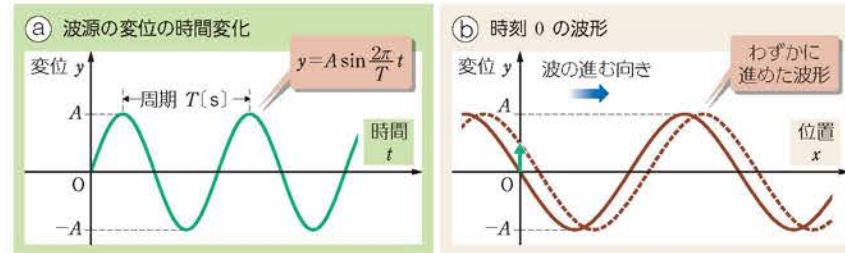


図 12 媒質が振動するようす

- 3 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

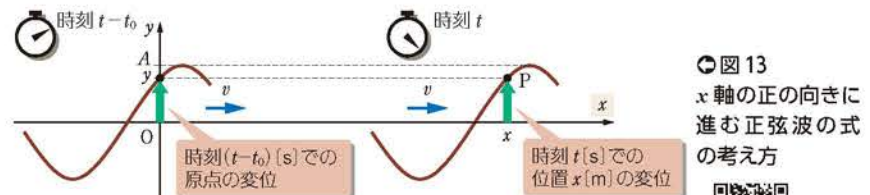


図 13 x 軸の正の向きに進む正弦波の式の考え方



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。

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

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

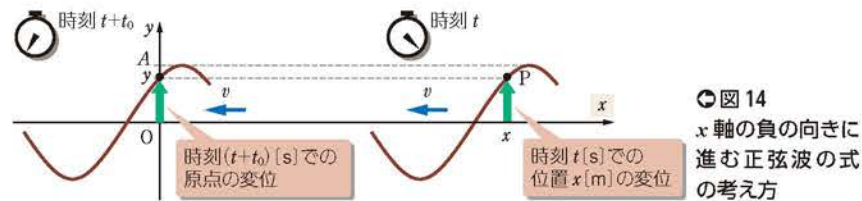
$$y = A \sin \frac{2\pi}{T}(t + t_0) \quad (7)$$

Point
図 13 (→ p.23) では時間をもどして、
図 14 では時間を進めて考えている。

$t_0 = \frac{x}{v}$, $v = \frac{\lambda}{T}$ 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。



- 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。

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②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②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。

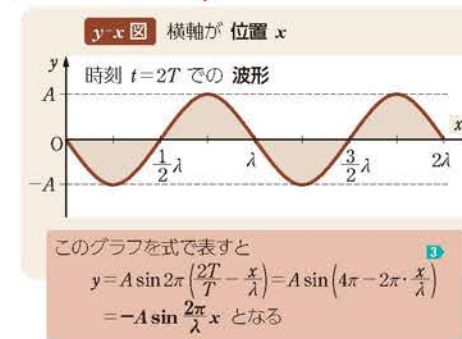
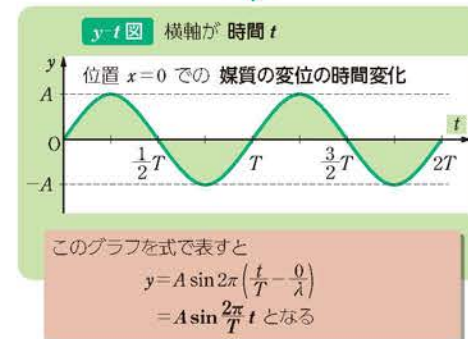
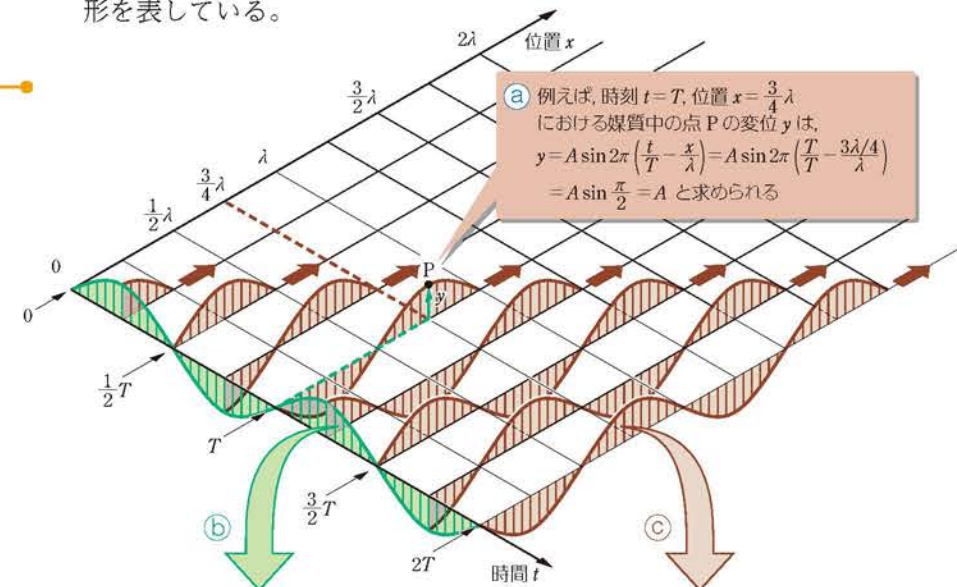


図 15 正弦波が伝わるようす ②と③のグラフの形はいずれも正弦曲線となる。

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** といひ、円運動する物体の単位時間当たりの回転角を **角速度** という(単位は **rad/s**(ラジアン毎秒))。

半径 r [m] の円周上を角速度 ω [rad/s] で等速円運動する物体がある(図A)。この物体が円周上を t [s] 間に進む距離は、中心角 $\theta = \omega t$ [rad] に対する円弧の長さ $r\theta = r\omega t$ [m] に等しく、速さ v [m/s] は

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

となる。等速円運動する物体が1回転する時間を **周期** という。1回転の移動距離は $2\pi r$ [m] であるから、周期を T [s] とすると、次の式が成り立つ。

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

これに(A)式を代入すると、次の式が成り立つ。

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

弧度法

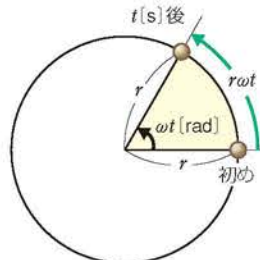
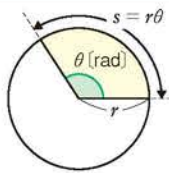
半径 r (m) の円で、円弧の長さ s (m) に対応する角 θ を

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

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

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

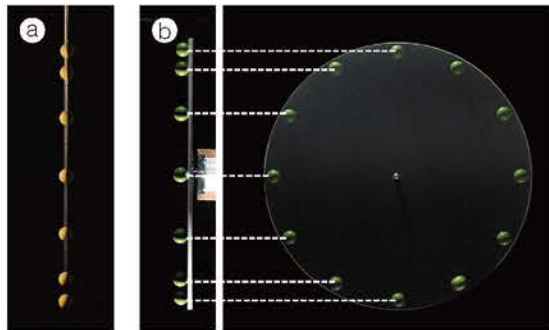
$$1 \text{ rad} = \frac{180^\circ}{\pi} (\approx 57.3^\circ) \text{ である。}$$



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B①)と、等速円運動する物体の運動面を真横から見たとときの運動(同図②)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(①)と等速円運動する物体(②)のストロボ写真

単振動の変位の式

図C①のように、半径 A [m]、角速度 ω [rad/s] の等速円運動をしている物体 P を考え、 P から y 軸に下ろした垂線の交点(正射影)を Q とする。 Q は、時刻0に原点 O を y 軸の正の向きに出発したとすると、 t [s] 後における Q の変位(座標) y [m] は次のように表される。

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

この式は、単振動の変位を表し、 A [m] を **振幅**、 ω [rad/s] を **角振動数**、角を表す部分 ωt [rad] を **位相** という。また、1回の振動に必要な時間 T [s] を **周期**、1秒当たりの振動回数 f [Hz] を **振動数** という。周期 T と振動数 f には、次の関係が成り立つ。

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

横軸に時間 t 、縦軸に変位 y をとって、(D)式を表すと、同図②のような $y-t$ 図が得られる。このような曲線を **正弦曲線** という。(C)、(E)式より、角振動数 ω と、周期 T および振動数 f の間には次の関係が成り立つ。

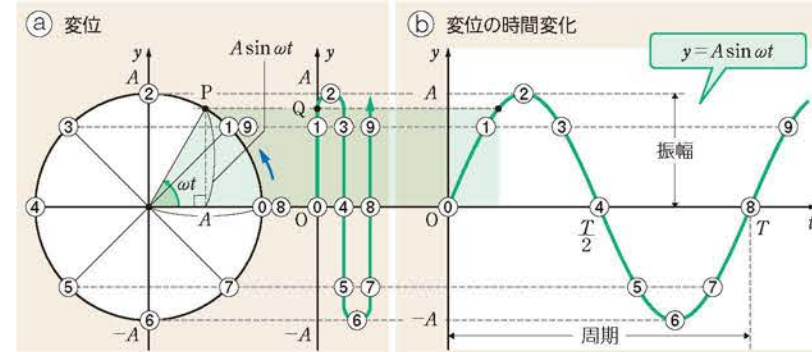
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (F)$$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ を(D)式に代入すると、次の式が得られる。

単振動の変位の式

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

y [m]	変位	T [s]	周期	ω [rad/s]	角振動数
A [m]	振幅(amplitude)	t [s]	時間(time)		



図C 単振動の変位

4 正弦波の位相 正弦波の場合、媒質の各点は単振動をするので、単振動の場合と同様に位相を角で表す。例えば、原点の媒質の単振動が(4)式で表されるとき、時刻 t [s]での原点の位相は $\frac{2\pi}{T}t$ である。また、(6)式において、位置 x [m]における時刻 t [s]での位相は $2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$ となる。

○ p.23, 24

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (4)$$

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

図 16 ㉑のような波形の正弦波において、位置 $x = x_0$ の点 P_0 からの距離が $|m\lambda|$ (m は整数) である点 P_m は、点 P_0 と同じ振動を行う。このとき、 P_0 と P_m は **同位相** であるという。点 P_0 と P_m の各点との位相の差は π の偶数倍 (2π の整数倍) となる。

一方、点 P_0 からの距離が $\left| \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda \right|$ である点 Q_m は、常に点 P_0 と変位が逆になっている(同図㉒)。このとき、 P_0 と Q_m は **逆位相** であるという。点 P_0 と Q_m の各点の位相の差は π の奇数倍となる。

5 正弦波の一般式 一般の正弦波では、原点の振動が(4)式のように変位 0 から正の向きに増加し始めるとは限らない。そこで、原点 ($x = 0$) の、時刻 $t = 0$ での位相(初期位相) ϕ で表す。これを用いると、正弦波の一般式は次のようになる。

$$x \text{ 軸の正の向きに進む正弦波: } y = A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + \phi \right\} \quad (9)$$

$$x \text{ 軸の負の向きに進む正弦波: } y = A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) + \phi \right\} \quad (10)$$

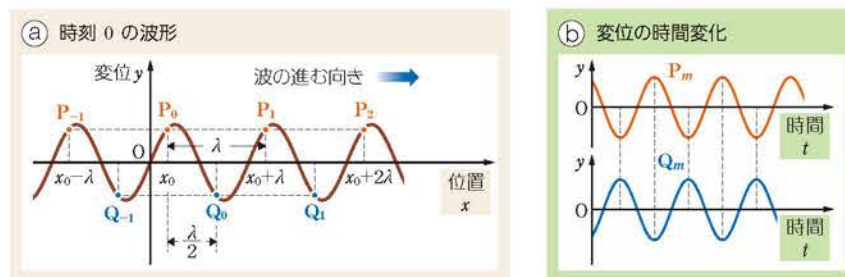


図 16 正弦波の位相

異なる波源で発生した波どうしても、振動状態、すなわち位相が等しければ、それらの波は同位相であるという。

NEW!

[Point] 囲みで「正弦波の式」の扱い方を補足しました。

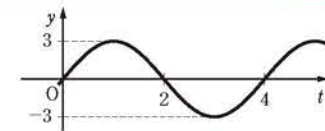
問 10 x 軸上を正の向きに進む正弦波について、位置 x の媒質の変位 y が、時刻 t において $y = 1.5 \sin \pi(0.80t - 0.40x)$ と表されるとき、正弦波の振幅、周期、波長を求めよ。ここでは、 x, y, t は、長さの単位を m、時間の単位を s としたときの数値を表すものとする。

与えられた式を $y = A \sin 2\pi(\circ - \square)$ の形に変形して、正弦波の式 $y = A \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$ と比較すればよい。

Point

例題 4 正弦波の式

x 軸上を正の向きに速さ 5 m/s で進む正弦波がある。原点の媒質の変位 y は図のように表される。円周率を π とする。



- 時刻 t での原点の媒質の変位 y を、 t を用いて表せ。
- 時刻 t での位置 x の媒質の変位 y を、 x, t を用いて表せ。

指針

- グラフから、振幅、周期を確認して単振動の式に代入する。
- 振動が伝わるのにかかる時間 t_0 を考え、(1)の式における t を $t - t_0$ で置きかえる。

解

- 図より原点の媒質は、振幅が 3 m、周期が 4 s の単振動を行う。

$$y = 3 \sin 2\pi \frac{t}{4} = 3 \sin \frac{\pi}{2} t$$

- 原点から位置 x まで振動が伝わるのにかかる時間は $t_0 = \frac{x}{5}$ である。

したがって、時刻 t での位置 x の媒質の変位 y は、(1)で求めた式の t を、 $t - t_0$ で置きかえればよい。よって

$$y = 3 \sin \frac{\pi}{2} (t - t_0) = 3 \sin \frac{\pi}{2} \left(t - \frac{x}{5} \right)$$

類題 4

x 軸上を負の向きに速さ 2 m/s で進む正弦波がある。原点の媒質の変位 y は、時刻 t において $y = 5 \sin \frac{\pi}{4} t$ と表される。

- 原点での媒質の振動のようすを $y-t$ 図に表せ。
- 時刻 t での位置 x の媒質の変位 y を、 x, t を用いて表せ。

ヒント

- 与えられた式から、振幅、周期を求めてグラフをかく。
- 振動が伝わるのにかかる時間 t_0 を考え、与えられた式における t を $t + t_0$ で置きかえる。

学んだことを説明してみよう

2 正弦波の式

正弦波の式 $y = A \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$ に $x = 0$ を代入すると、何を表す式になるか。また、 $t = 2T$ を代入すると、何を表す式になるか。

ここでは、 x, y, t などの記号(文字)は、長さの単位を m、時間の単位を s としたときの数値を表すものとする。

充実の QR コンテンツ！

紙面のQRコードから多くのコンテンツがアクセス可能！
QRコンテンツの活用で、学習内容の理解がますます深まります。

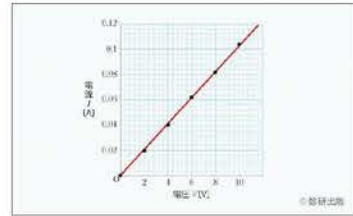


サンプルはこちら！▲

新編 物理基礎 (物基708) …合計139点

◆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(振り子の実験)
- 力学的エネルギー保存則(すべり台の実験)
- 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
- 赤外線の見察
- 手回し発電機
- 放射線の測定

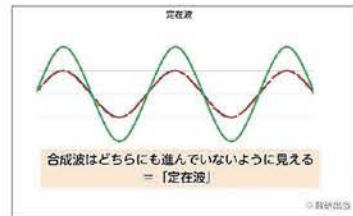
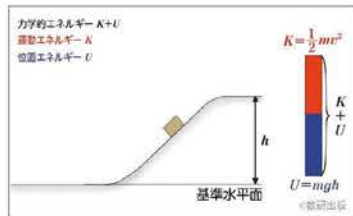
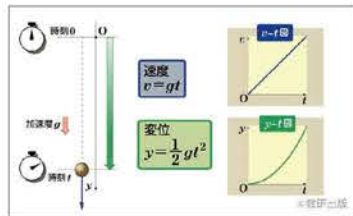
参考映像

- 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)
- 斜面を降下する小球
- 水風船の破裂

- 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)
- 黒部ダム
- 摩擦熱の発生
- 水面に生じる波紋
- 波の重ねあわせ(山と山)
- 波の重ねあわせ(山と谷)
- ウェーブマシンによる定在波の発生
- 自由端による反射と固定端による反射
- 振動するスピーカーの表面
- 真空中の音
- 弦の固有振動
- タコマ・ナローズ橋
- 電流計・電圧計の使い方
- ジュール熱の発生
- ユーラス宗谷岬ウィンドファーム

◆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。



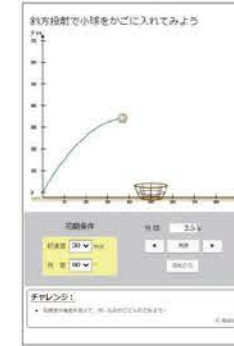
- 自由落下
- 鉛直投げ上げ
- 水平投射と自由落下
- 斜方投射と鉛直投げ上げ
- 力学的エネルギーの保存(振り子)
- 力学的エネルギーの保存(なめらかな面上をすべり降りる物体)

- 力学的エネルギーの保存(ばねにもおもりをつける)
- 正弦波の発生
- 波の立体模型をつくってみよう！
- 縦波の発生と縦波の表示のしかた
- 定在波
- 反射波の作図(正弦波)

- 閉管の気柱の固有振動
- 開管の気柱の固有振動

◆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。物体の運動や力のはたらきなどについて、数値を変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。



- さまざまな加速度で物体を運動させてみよう
- 斜方投射で小球をかごに入れてみよう
- 力を合成してみよう
- 力を分解してみよう
- 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)
- 力のはたらき方を分類(NHK for School)
- 力を合わせると(NHK for School)
- 降りると進む満員列車 / 大科学実験(NHK for School)
- リンゴは動きたくない！？-ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)
- 本は力持ち-ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)
- 圧力が大きいのは？(NHK for School)
- 卵の上に立つラグダー-ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)
- コップは力持ち-ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)
- コップは力持ち-小実験 / 大科学実験(NHK for School)
- 大気圧でおし上げられる水(NHK for School)
- 水深 10000 メートル！？-ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)
- ビンに大きなボールを入れる実験-中学(NHK for School)
- 象の重さは？-ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)
- 力がつり合っていると運動は？(NHK for School)
- 水しぶきの階段 / 大科学実験(NHK for School)
- 時速 100 キロメートルの振り子-ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)
- クールに水を凍らせる / 大科学実験(NHK for School)
- 液体が固体になった時の体積変化-中学(NHK for School)
- 緊急地震速報のしくみ(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)
- 固体を伝わる音-中学(NHK for School)
- 車で走ると音楽が流れるのは？(NHK for School)
- 音の高低と物の振動-中学(NHK for School)
- 音を比べると？(NHK for School)
- ひとつだけ動かして！ / 大科学実験(NHK for School)
- 声でコップが割れる？-小実験 / 大科学実験(NHK for School)
- 静電気でお絵かき-ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)
- 抵抗とは？(NHK for School)
- 電流と抵抗-中学(NHK for School)
- 高速磁石列車 / 大科学実験(NHK for School)
- 人力発電メリーゴーラウンド-ダイジェスト / 大科学実験(NHK for School)
- エネルギーの源は？(NHK for School)
- 重さが違う物の自由落下-中学(NHK for School)

◆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。また、有効数字や指数、三角比など、物理に必要な基礎知識を反復演習で身につけられます。



- 中学校の復習(各編)
- 要点の確認(各章)
- 反復ドリル
 - ：単位の換算，有効数字，指数，等加速度直線運動の式，三角比と力の成分，力のつりあいと作用・反作用，力の見つけ方，エネルギーの見つけ方，波と媒質の運動，抵抗・電流・電圧，電流のつくる磁場の向き

◆問題の解説

- 解答例(全問)

物理 (物理706) …合計163点

総合物理 (物理707, 708) …合計237点

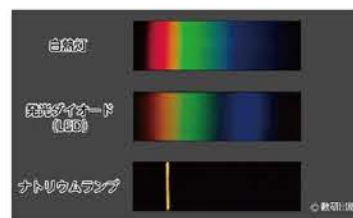
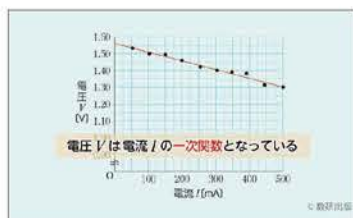


サンプルはこちら!▲

※総合物理では、下記のコンテンツのほか、「物理基礎 (物基707)」収録の映像、アニメーションコンテンツにアクセス可能です

◆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)
- 赤外線を観察
- 紫外線の観察
- ミリカンの実験 (モデル実験)
- 光電効果
- 光電効果によるプランク定数 h の測定
- スペクトルの観察
- 放射線の測定
- 放射線の観察
- 半減期のモデル実験

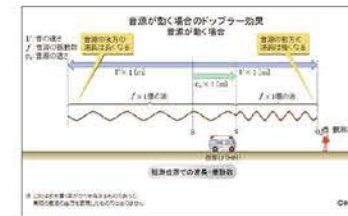
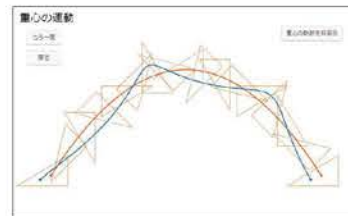
参考映像

- 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
- 磁場中に入りするコイル
- 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させ - 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)
- 教皇車の音の変化 (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)
- 空いっぱい虹 / 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)

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

國友 正和

東北大学教授

井上 邦雄

神戸大学名誉教授

河本 敏郎

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

筑波大学附属駒場中・高等学校教諭

今和泉 卓也

元東京都立竹早高等学校教諭

黒田 楯彦

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

(新編 物理基礎)

元富山県立富山中高等学校教諭

岡本 直樹

元鷺谷中学・高等学校教諭

鷲見 廣也

開新高等学校教諭

野田 禎智

島根県立三刀屋高等学校教諭

花岡 和彦

北海道札幌西高等学校教諭

花田 浩光

(教科書全点共通)

サイエンスライター

漆原 次郎

授業時間配分表

■授業時間配分表 新編物理基礎(物基/708)

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 物質と電気抵抗	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。

教授資料のご案内

POINT

1 主体的&探究的な学びに役立つ情報を掲載

POINT

2 授業で役立つ付随データが充実

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



「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、思考学習の解答・解説を掲載しています。
- 単元冒頭の「目標」の解説、単元末の「学んだことを説明してみよう」の評価の観点を掲載予定。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。



▲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。



サンプルはこちら!▲

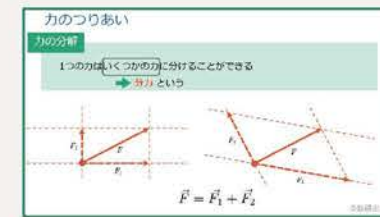
- 自学自習をサポートします。
- 反転学習にも活用できます。
- 対面授業が難しい状況下でも学習が進められます。

ご利用のイメージ



※ご利用までの具体的な手順については、教授資料本冊に記載しております。
 ※「指導者用デジタル教科書(教材)」では、授業中に解説動画を拡大提示することができます。また、「学習者用デジタル教科書・教材」では、画面より解説動画にダイレクトにアクセスして視聴することができます(ただし、商品ライセンスを所持している生徒に限りです)。

教科書の解説動画のイメージ画面



解説動画数

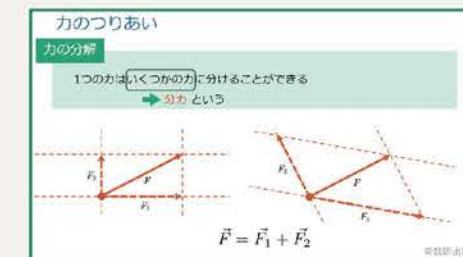
内容	物理基礎	新編物理基礎	物理	総合物理
各単元の解説動画	41本	40本	77本	100本
例題の解説動画	30本	20本	59本	83本

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

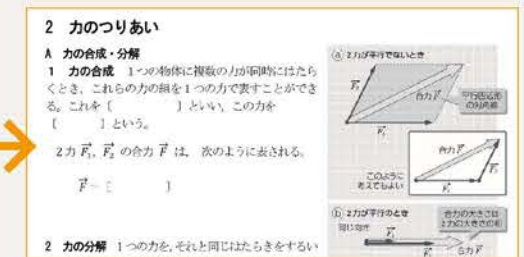


授業用スライドデータ・授業用プリントデータ

◆教科書解説動画は、教授資料付属の授業用スライドデータ、授業用プリントデータと連動しています。



▲授業用スライドデータ



▲授業用プリントデータ

授業用スライドデータはPowerPointとGoogleスライドの両方をご用意!!

教授資料付属データ一覧

：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。

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 110~111		
授業用スライドデータ サンプル	Power Point Google スライド NEW!	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(NEW!)などをご用意しています。
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(NEW!)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。
NEW! 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 フォーム形式をご用意します。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 ▶本冊子 111		
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(NEW!)もご用意しています。

コンテンツ名	形式	内容
◆主体的な学びに役立つ ▶本冊子 112~113		
NEW! 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。
NEW! 「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。
NEW! 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。
NEW! 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。
NEW! 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 113		
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(NEW!)と PDF をご用意しています。
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。
NEW! 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 114		
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 114~115		
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	学習指導計画の標準的な一例を示しています。
NEW! 観点別評価規準例 サンプル	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。
NEW! 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! 教授資料紙面データ	PDF	教授資料の紙面データです。
NEW! 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。

※この他の教授用データについても、弊社 Web サイト「チャート×ラボ」からのダウンロードによってご用意する場合があります。
 ※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。

授業でそのまま使える・テストやプリント作成に使える



サンプル
はこちら！

- 授業用スライドデータ ▶ サンプルは上のQRコードからご覧になれます。 **NEW!** 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。

第1編 第1章 1. 速度 (教科書p.18~22) ◀穴埋めタイプ

I 速度
H 相対速度

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。
Aに対するBの相対速度 v_{AB} [m/s]は

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

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。

力のつりあい
力の分解

1つの力はいくつかの力に分けることができる
→ **分力** という

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

©数研出版

※ Google スライドのご使用にあたっては、Google アカウントが必要となります。

- 映像・アニメーション **MP4** **HTML**

教科書紙面のQRコンテンツ (NEW!) などの映像・アニメーションのデータを収録しています。QRコンテンツの一覧は本冊子のQRコンテンツのページをご覧ください (▶本冊子100~103)。

0.5N 1.0N 1.5N

落体の運動

初期条件
初速度 30 m/s
角度 60°
高さ 14.7 m
時間 3.6 s

速度 水平 15.0 m/s
鉛直 -9.6 m/s
位置 水平 54.5 m
鉛直 44.4 m

軌跡を消す

©数研出版

- 授業用プリントデータ ▶ サンプルは左ページ上の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、お好みの形に編集していただけます。

組 番

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はたらくとき、これらの力の組を1つの力で表すことができる。これを [] という。この力を [] という。

2力 \vec{F}_1 , \vec{F}_2 の合力 \vec{F} は、次のように表される。
 $\vec{F} = []$

2力が平行でないとき
合力 \vec{F}
平行四辺形の対角線
このように考えてほしい

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

NEW!
▶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

NEW!
▶モノクロ図版
(引線文字なし)

- 回答フォーム **NEW!** **Google フォーム** **Microsoft Forms**

Google フォームやMicrosoft Formsを活用した小テストと、教科書の「学んだことを説明してみよう」の回答フォームをご用意します。

物理基礎で学んだことを説明してみよう
第1編 第1章 第1節

次の問いに対して、学んだことを振り返りながら説明してみよう。

(1) 速さ10m/sの等速直線運動をする物体は、時間ととちどのように進むか。

(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。



詳細はこちら！▶

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



サンプル
はこちら！

● 節末チェック用ワークシート **NEW!**

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 **NEW!**

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 **NEW!**

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 **NEW!**

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 **NEW!**

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

● 問題の解答・解説

NEW!

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の本冊・別冊のデータを収録します。

● 読解力養成プリント **NEW!**

▶ サンプルは左ページ上部にある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。

読解力養成プリント

____月 ____日 ()

____年 ____組 名前 _____

①速度と時間のグラフ 【グラフの読み取り】
図は、ある電車が駅から次の駅まで走ったときの、時間と速さの関係を記録したグラフである。

上のグラフからいえることを、次の選択肢からすべて選べ。

- ① 電車は最も速いとき、速さが秒速 30m を超える。
- ② 電車が駅から次の駅まで移動するのに、およそ 130 秒かかる。
- ③ 電車は走り始めてから 40 秒間、加速し続けている。
- ④ 電車は走り始めてから一度も減速していない。

知識がなくても文章を読めば正解できる問題です。問題文を正確に読み取る読解力を高めることができます。

実験に役立つ・その他データ類



サンプルはこちら！

● 実験レポート ▶ サンプルは上部にある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

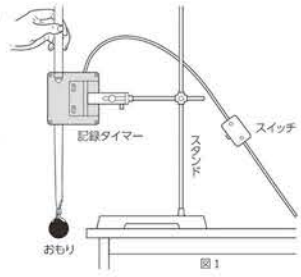
記録タイマーを用いて、落下物体につけた紙テープの打点を分析する。

● 準備

記録タイマー、記録用の紙テープ、おもり（質量300g以上の鉄製または銅製のものがよい。そのほかにも質量の異なるものを数種類）、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る。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の長さに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つかまないように、また落下したおもりが足につかないように注意する。
- 打点された紙テープについて、2打点（2打点）で基準点から各打点までの距離を測定し、グラフを完成させる。
- 各打点間の平均の速さを求め、グラフを完成させる。
- おもりの速さと時間の関係



▲ 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。

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

● 結果

次の表に書き入れて、各打点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、各打点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)	落下距離 (m)	各打点間の移動距離 (m)	各打点間の平均の速さ (m/s)
0	0		
2/50	0.0172		
4/50	0.0495		
6/50	0.0974		
8/50	0.1612		
10/50	0.2404		

▶ 実験映像

▶ 実験データの例 NEW!

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。

● 重要用語一覧

Excel

教科書本文で太字語句になっている重要用語を一覧でまとめたデータです。日本語表記だけでなく、英語表記も掲載しています。

● 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 NEW!

Excel

新学習指導要領では、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観点到整理されました。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。

編 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。 ・力の表し方を理解し、「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、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	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、つりあいの式を立てられる。 ・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 類題7 p.64 類題5 p.66 問32 p.67 問A p.68 ドリル p.94 演習問題1 p.63 実験4 p.65 実験5
		思考・判断・表現	・3つの力がはたらいでつりあうときの力の関係を確認でき、理解できている。 ・ばねにつなげた棒が取りつ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.66 問33 p.66 学んだことを説明してみよう
		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力の間の関係について説明できる。 ・「力が合成・分解して表されることに興味をもち、「力がつりあう」とはどういうことを理解しようとしている。 ・「作用・反作用」と「つりあいの2力との違いについて、考えようとしている。 ・力のつりあいや作用反作用の法則を確かめる実験に主体的に取り組んでいる。	・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観点到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	5 4 3 2
評定ごとの人数	2 10 20 7

学年別	試験評価	活動評価
知識・技能	1 2	1 2
思考・判断・表現	1 2	1 2

学年	試験評価			活動評価			総合評価 (計算値)	評定 (計算値)	総合評価 (最終)		
	知識・技能	思考・判断・表現	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年生 01	C	C		A	A	B	B	B	B	B	3
2年生 02	A	C		C	B	B	B	B	B	B	3
3年生 03	B	B		A	A	A	A	A	A	A	5
4年生 04	B	B		B	C	A	B	C	A	B	3
5年生 05	C	A		B	B	B	B	B	B	B	3
6年生 06	C	B		C	C	C	C	C	C	C	1
7年生 07	B	C		B	B	B	B	B	B	B	3
8年生 08	B	B		C	A	B	C	A	B	C	3
9年生 09	A	B		A	A	B	A	A	B	A	4
10年生 10	B	A		B	C	B	B	B	B	B	3

● 教授資料紙面データ NEW!

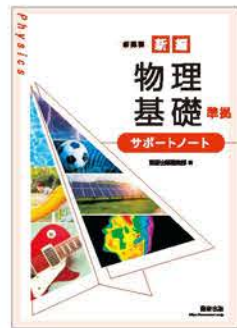
PDF

教授資料紙面のPDFデータです。授業を補助するデータとしてお使いいただけます。

● AL型授業の進め方 NEW!

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。



『新編 物理基礎 準拠 サポートノート』



紙面サンプルはこちら！▲

B5判／本冊88頁（2色）＋別冊解答48頁（2色）／定価638円

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

教科書の参照ページを示しています。

1 速度 (1) **まとめ**
 1. 速度の単位
 (1) 速さは何m/sか。
 (2) 2分間の速さは何m/sか。
 2. 等速直線運動のグラフ
 (1) 横軸は時間t、縦軸は距離sとする。等速直線運動のグラフは直線となる。
 (2) 直線の傾きは速度vである。
 (3) 直線の切片は時刻t=0での位置s_0である。
 (4) 直線の傾きをv、切片をs_0とすると、直線の式は $s = vt + s_0$ となる。

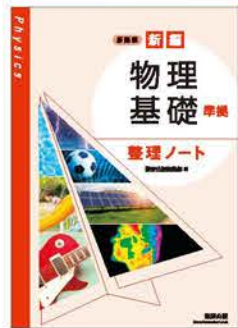
「まとめ」で教科書の内容をしっかりと確認し、「例題」「問題」で教科書での学習にそった問題の演習を行うことができます。

グラフをかく問題や作図の問題を含め、すべての問題に解答欄を完備しています。

巻末特集として、「思考力・判断力・表現力を養う問題」を掲載しました。

教科書の本文や実験と関連づけた問題を豊富に扱っています。

ご採用校には、本冊・別冊のWordおよび紙面PDFデータをご用意しています(専用サイトからダウンロードできます)。



『新編 物理基礎 準拠 整理ノート』



紙面サンプルはこちら！▲

B5判／本冊96頁（2色）＋別冊解答52頁（2色）／定価638円

授業用プリントを本にしたような構成です。配列は教科書に完全準拠しているため、授業では教科書と合わせてお使いいただけます。予習や復習にも最適です。

教科書の参照ページを示しています。

3 加速度 (1) **まとめ**
 1. 加速度の単位
 (1) 加速度は何m/s²か。
 (2) 2分間の加速度は何m/s²か。
 2. 等加速直線運動のグラフ
 (1) 横軸は時間t、縦軸は速度vとする。等加速直線運動のグラフは直線となる。
 (2) 直線の傾きは加速度aである。
 (3) 直線の切片は時刻t=0での速度v_0である。
 (4) 直線の傾きをa、切片をv_0とすると、直線の式は $v = at + v_0$ となる。

要点のまとめでは、「空欄補充」で教科書の内容をしっかりと理解・定着させることができます。

問・類題では解答部分を「空欄補充」にすることで、解答のポイントを意識しながら演習できます。

作図などの作業的な要素には、「Work」を掲載しています。

節末の「学んだことを説明してみよう」では、自分の言葉で説明することで、「思考力・判断力・表現力」を養うことができます。

ご採用校には、本冊・別冊のWordおよび紙面PDFデータをご用意しています(専用サイトからダウンロードできます)。

4 加速度 (2) **まとめ**
 1. 加速度の単位
 (1) 加速度は何m/s²か。
 (2) 2分間の加速度は何m/s²か。
 2. 等加速直線運動のグラフ
 (1) 横軸は時間t、縦軸は速度vとする。等加速直線運動のグラフは直線となる。
 (2) 直線の傾きは加速度aである。
 (3) 直線の切片は時刻t=0での速度v_0である。
 (4) 直線の傾きをa、切片をv_0とすると、直線の式は $v = at + v_0$ となる。

適宜「ヒント」や「ポイント」を掲載しています。

新課程版教科書をサポートする充実の周辺教材

令和7年度用 副教材 (予定)

※周辺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
新編 物理基礎 準拠 サポートノート (本冊子▶116)	B5判/88頁(2色) + 別冊解答48頁(2色) / 定価638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。
新編 物理基礎 準拠 整理ノート (本冊子▶117)	B5判/96頁(2色) + 別冊解答52頁(2色) / 定価638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。
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	①A5判/144頁(2色) + 別冊解答128頁(2色) / 定価792円(税込) ②A5判/240頁(2色) + 別冊解答216頁(2色) / 定価979円(税込) ③A5判/336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)	①B5変型判/128頁(2色) + 別冊解答96頁(2色) / 定価814円(税込) ②B5判/120頁(2色) + 別冊解答72頁(2色) / 定価825円(税込) ③B5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 ①40頁+解答20頁/定価341円(税込) ②20頁+解答8頁/定価297円(税込) ③32頁+解答16頁/定価330円(税込) ④32頁+解答16頁/定価330円(税込) ⑤～⑧はB5判, 本冊・解答1色 ⑤40頁+解答20頁/定価352円(税込) ⑥32頁+解答16頁/定価330円(税込) ⑦40頁+解答20頁/定価352円(税込) ⑧16頁+解答8頁/定価297円(税込) ・ドリル演習で基本をマスターできます。
フォトサイエンス 物理図録	AB判/192頁(4色) / 定価891円(税込) ・実験や身のまわりの現象の写真をふんだんに掲載した物理図録。 ・QRコードから映像・アニメーションが見られます。
チャート式シリーズ 新物理基礎 / 新物理	新物理基礎: A5判/256頁(4色) / 定価1,606円(税込) 新物理: A5判/512頁(4色) / 定価2,508円(税込) ・伝統的正統派参考書。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	①B5判/96頁(1色) + 別冊解答64頁(2色) / 定価836円(税込) ②B5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新課程対応の共通テスト対策問題集。
物理重要問題集	A5判/152頁(1色) + 別冊解答168頁(2色) / 定価902円(税込) ・最新傾向の問題を網羅した新課程対応の入試対策問題集。

Studyaid^{DB} 物理シリーズラインアップ

・表記の金額はすべて税込価格です。

商品名	収録内容 <small>赤字はデータが更新または新しく追加される書籍です。</small>	問題数*	オンライン版		DVD-ROM版		購入方法
			価格【教育機関向け】 1ライセンス版	価格【教育機関向け】 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.99641 物理入試 2023 データベース	●1992～2020年センター試験問題・2021～2023年共通テスト問題 ●1992～2023年版「物理入試問題集」 ●2005～2023年版「物理重要問題集」 ●思考力・判断力・表現力を養う 物理考察問題集	約5,200問	11,000円	25,300円	23,100円	11,000円	数研出版ホームページへ 直接数研出版へ
No.55514 物理統合版 2024	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, 物理基礎・物理」 ●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」 ●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」 ●チェック & 演習「物理基礎, 物理」 ●高校物理の基礎 【旧課程】: ●教科書・問題集	約9,400問	13,200円	27,500円	31,900円	13,530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^{DB} オンライン】

動作環境

デスクトップアプリ版		ブラウザ版	
OS	Windows 10, 11 <small>※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。</small>	OS	Windows 10, 11/iPadOS 16以降 / macOS 13以降 / ChromeOS 最新バージョン
メモリ	2GB以上	ブラウザ	Windows 10, 11: Google Chrome, Microsoft Edge iPadOS, macOS: Safari ChromeOS: Google Chrome
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		

※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、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^{DB} 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^{DB} 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月より有効期限が7年になりました。すでにご購入済みの商品も7年に延長されます。

【Studyaid^{DB} (DVD-ROM版)】

- Studyaid^{DB} (DVD-ROM版)の動作環境は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^{DB} 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のご注文の際は、お持ちの商品のシリアルナンバーが必要です。

※物理・化学・生物・地学は、すべて同一教科(理科シリーズ商品)とみなします。

同一構内の複数台のパソコンでStudyaid^{DB}を使用する場合

Studyaid^{DB}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^{DB} オンラインのご案内

乗り換えサポート【教育機関向け】

Studyaid^{DB} オンライン【教育機関向け】商品をご購入いただいた方を対象に、これまでご購入いただいた Studyaid^{DB} (DVD-ROM版)の問題データを Studyaid^{DB} オンラインで使用できる「乗り換えサポート」を行っております。対象商品や価格など乗り換えサポートについては詳しくは弊社ホームページをご覧ください。 <https://www.chart.co.jp/stdb/online/support/shift.html>

2024年夏 ブラウザ版に問題編集機能(一部)と印刷機能を追加!

リニューアルしたブラウザ版では、いつでも、どこでも、どの端末でもプリント作成から印刷までが可能です。問題編集については、順次機能を充実させていきます。ブラウザ版だけの+αの新機能も追加予定です。

- Point1 インストールなしで、すぐにプリント作成から印刷まで!
- Point2 Windowsはもちろん、ChromebookやiPad, Macでも編集・印刷可能に!
- Point3 より使いやすい画面レイアウトになり、操作性がアップ!

詳しくは弊社ホームページをご覧ください。

https://www.chart.co.jp/stdb/online/function/browser_renewal.html



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をダウンロードしたり、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ホに配信したりできます。
- 新課程デジタル教科書・教材の体験版をお試いただけます。
- 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。



最新の情報・
体験版はこちら！

エスビューア は、Windows, iPad, Chromebook に対応しています。

▶動作環境については弊社ホームページをご覧ください。

教科書はもちろん、問題集や図録も **エスビューア** で利用できます。



基本機能

指 学 学+ 副

操作性を考慮した、一目でわかるアイコンデザインを採用しています。

ペン、ふせん、スタンプ、拡大・縮小などの基本機能は、ツールバーから選択して利用できます。

※指導者用と学習者用の基本機能は共通です。

特別支援機能

指 学 学+ 副

音声読み上げ、総ルビ表示、配色設定、文字サイズ・書体変更などができます。

スライドビュー

指 学 学+ 副

ワンクリックで図や問題を拡大表示できます（別のタブで開きます）。

また、見開き紙面に戻らなくても、「前へ」「次へ」で前後の要素へ移動できます。

※「学習者用デジタル教科書・教材」「学習者用デジタル副教材」ではスライドビューで図・写真を拡大表示できません。

生徒一人一人の学習を支援する機能を搭載！

スムーズな教材連携

指 学 学+ 副

デジタル教科書・教材（指導者用または学習者用）とデジタル副教材をお持ちの場合、教材間でスムーズに連携ができます。

教科書→問題集の関連問題や、教科書→図録の関連ページをすぐに表示できるなど、すべての教材を最大限に活用できます。



生徒一人一人の学習の記録

指 学 学+ 副

問題はワンクリックで拡大表示できます。

生徒は、その問題を解いて得た気づきを、ノート^{※1}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。



先生と生徒をつなぐ宿題管理^{※2}

指 学 学+ 副

生徒の **エスビューア** へ宿題を配信することができます。配信できるデータは、「教材の問題^{※3}」「Studyaid プリント」「PDF」の3種類です。生徒が提出した宿題の結果を確認し、コメントを書き込んで返却することもできます。



柔軟な設定ができる表示制御^{※2}

指 学 学+ 副

先生は、生徒が利用する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（例題解説動画）」などについて、要素ごとに「見せる／見せない」を切り替えることができます。

※1 紙のノートやスライドビューへ書き込んだ内容を写真やスクリーンショットとして記録できます。

※2 先生向け機能「宿題管理」「表示制御」は、「エスビューア 先生用サイト」で行うことができます。

※3 生徒が利用しているデジタル教科書・教材／デジタル副教材に収録されている問題です。

ここでご紹介するコンテンツは、「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」「学習者用デジタル副教材」に収録しています。

※1「学習者用デジタル教科書」には、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。

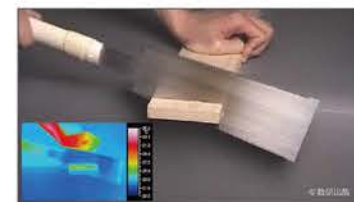
※2「学習者用デジタル副教材」は教材ごとに含まれるコンテンツの種類が異なります。

ムービー（映像）

指 学 学+ 副

教科書の内容に関する映像コンテンツです。

実験や、映像で見たほうがよいものなどを動画で見せることができます。

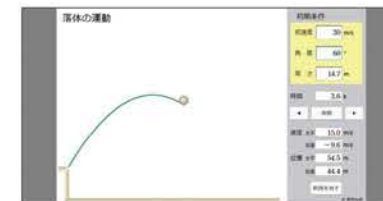
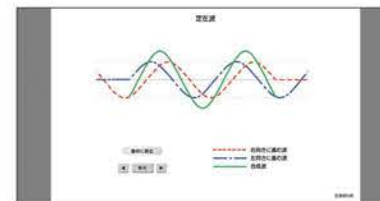
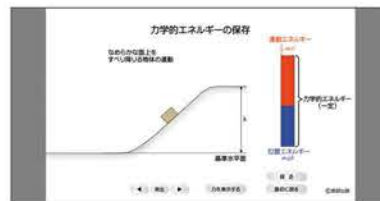


アニメーション

指 学 学+ 副

教科書の内容に関するアニメーションやシミュレーションのコンテンツです。

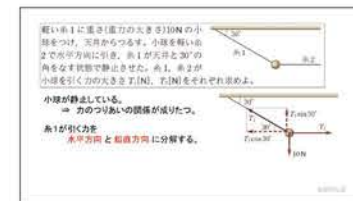
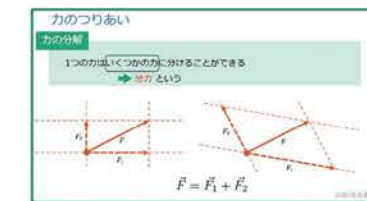
板書での説明が難しい内容も、わかりやすく解説することができます。



内容解説動画

指 学 学+ 副

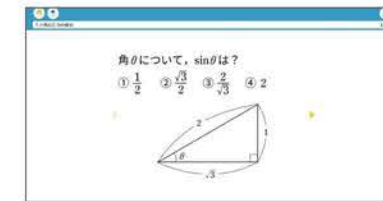
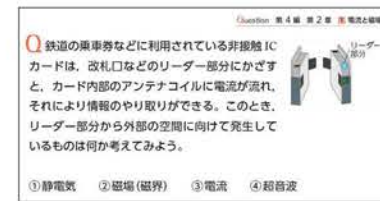
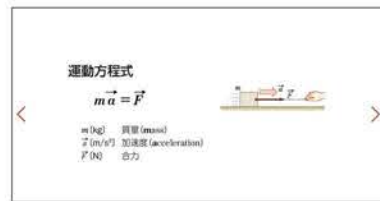
教科書の本文ページや例題スライドビューから、ダイレクトに解説動画をよびだして視聴することができます（視聴時はインターネット接続が必要です）。自宅学習などをされる際に、予習復習の助けとなります。



その他のコンテンツ

指 学 学+ 副

他にも、公式集や選択問題、ドリルなど、簡単に復習ができるコンテンツを収録しています。



▲公式集

▲選択問題

▲ドリル

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】

ご購入いただいたエスビューア対象商品は、その商品が販売終了するまでの期間ご利用いただけます。

また、販売終了後も一定の利用期間を設けます。（利用期間終了後、配信を停止します）

各商品の利用期間（配信期限）の最新情報は、弊社HP（<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)

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。

教科書と同一の内容 コンテンツ

商品名	収録書籍	No.	価格(税込)	データサイズ
指導者用デジタル教科書(教材) 物理基礎	「物理基礎」[新編 物理基礎]	55304	40,700 円	約 3GB
指導者用デジタル教科書(教材) 物理	「物理」[総合物理 1 -力と運動・熱-] 「総合物理 2 -波・電気と磁気・原子-」	55320	40,700 円	約 5.5GB

■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

学習者用デジタル教科書(①)／学習者用デジタル教科書・教材(②)

①生徒一人一人の端末で使用、制度化された「学習者用デジタル教科書」です。

教科書と同一の内容

②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。

教科書と同一の内容 コンテンツ

科目	商品名	収録書籍	No.	価格(税込)	データサイズ
物理基礎	学習者用デジタル教科書 物理基礎	デジタル教科書(①)	4381221D12	各 550 円	約 1GB
	学習者用デジタル教科書 新編 物理基礎		4381226D12		約 0.5GB
物理	学習者用デジタル教科書 物理	デジタル教科書(①)	4381281D12	550 円	約 1GB
	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
物理基礎	学習者用デジタル教科書・教材 物理基礎	デジタル教科書・教材(②)	4381221D11	各 935 円	約 2.5GB
	学習者用デジタル教科書・教材 新編 物理基礎		4381226D11		約 2GB
物理	学習者用デジタル教科書・教材 物理	デジタル教科書・教材(②)	4381281D11	935 円	約 3GB
	学習者用デジタル教科書・教材 総合物理 1		4381204D11	各 448 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

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、デジタル副教材です。

書籍と同一の内容 コンテンツ

シリーズ	商品名	No.	ライセンス	価格(税込)		データサイズ
				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	ユーザーライセンス	891 円	440 円	約 2GB
		4226314D01	提示用オプション	1,100 円		
問題集	学習者用デジタル版 改訂版 リードα 物理基礎	4326163D01	ユーザーライセンス	792 円	330 円	約 0.5GB
		4226163D01	提示用オプション	1,100 円		
	学習者用デジタル版 リードα 物理	4326183D01	ユーザーライセンス	979 円	440 円	約 0.5GB
		4226183D01	提示用オプション	1,100 円		
	学習者用デジタル版 リードα 物理基礎・物理	4326278D01	ユーザーライセンス	1,089 円	440 円	約 1GB
		4226278D01	提示用オプション	1,100 円		
学習者用デジタル版 改訂版 リード Light ノート物理基礎	4326080D01	ユーザーライセンス	825 円	330 円	約 0.5GB	
4226080D01	提示用オプション	1,100 円				

■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

	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	先生向け機能	
						宿題管理	表示制御
指導者用デジタル教科書(教材)	○	○	○	○	○	一※1	一※1
学習者用デジタル教科書	○	—	一※2	—	—	—	—
学習者用デジタル教科書・教材	○	○※3	○	○	○	○※5	○※5
学習者用デジタル副教材(図録)	○※4	—	—	—	—	○※5	—
学習者用デジタル副教材(問題集)	○※4	○	一※2	○	○	○※5	○※5

※1「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。 ※2教科書または副教材の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。

※3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。 ※4特別支援機能は含まれません。

※5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専用データをチャートメタボからダウンロードできます。

ご利用までの流れ、および動作環境等の詳細につきましては、弊社ホームページをご覧ください。または営業員までお問い合わせ下さい。

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



この「バレット」は、植物油インクを使用しています。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アの登録商標です。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、お客様の都合による商品の返品・交換は受けられません。

151464