

編 修 趣 意 書

(教育基本法との対照表)

※受理番号	学 校	教 科	種 目	学 年
106-47	高等学校	理 科	物理基礎	
※発行者の 番号・略称	※教科書の 記号・番号	※教 科 書 名		

1. 編修の基本方針

本教科書は、生徒が、自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、物理学の基本的な概念や原理・法則を理解すること、物体の運動とさまざまなエネルギーへの関心を高めること、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成することを目指して編修しました。そのため、生徒の興味・関心を高めるために、身近な事物・現象を題材にした話題を豊富に掲載し、自らの課題意識に基づいて、科学的に探究しようとする態度を養うとともに、物理学特有の考え方や、物理学的に探究する方法を習得することができるように、本文中に、観察、実験の事例を配置しました。また、この学習の過程を通して、身近に見られる物理的な事物・現象に関する基本的な概念や原理・法則を理解し、物理学的な探究の方法を身に付けられるようになるとともに、物理学と日常生活や社会とのかかわりを考えることができるように意を用いました。

本教科書は、それらを踏まえて教育基本法に示された教育の目標を達成し、上記の資質・能力が身に付くよう、下記の基本方針に基づいて編修しました。

- (1) 身近に見られる事物・現象に生徒自ら疑問をもち、仮説の立案や検証、振り返りなどを通して、問題解決的に学習ができるように内容を配列する。
- (2) 身近な事物・現象について探究的に学習することを重視し、課題を把握し、見通しをもって観察、実験を行うようにする。さらに、結果を自分なりに分析・解釈して、自らの考察について表現するなどの一連の過程を具体的に記述し、探究的な学習の方法の基礎が身に付くようにする。
- (3) 主体的・対話的で探究的な学習活動を通して、生徒自らが物理学的な概念を習得し、それらの活動を適切に配置することで、知識を深めたり、系統化したりできるように配慮する。
- (4) 物理学と日常生活や社会との関連にかかわる記述を充実させ、物理学を学ぶ楽しさや、物理学の有用性を実感できるようにする。
- (5) さまざまなエネルギーの利用や、科学技術の発展に伴う諸課題に対する科学的な思考力・判断力を養うとともに、主体的・協働的に行動する、持続可能な社会づくりの担い手を育むようにする。

2. 対照表

図書の構成・内容	特に意を用いた点や特色	該当箇所
1 編 物体の運動とエネルギー ■ 1 章 直線運動の世界 ■ 2 章 力と運動の法則 ■ 3 章 力学的エネルギー	・具体的な観察、実験を通して、自然の事物・現象や科学技術に対する興味・関心を高め、科学的に探究する能力と態度を育成するようにしました（第1号）。	[1章] 14、19、20ページなど [2章] 45、46、47ページなど [3章] 78、83、84ページなど
	・目的意識や見通しをもって学習活動が行えるよう、「Let's start!」「学習の問い」「考えてみよう・やってみよう・調べてみよう」を設けるなど、問題解決的な学習展開を工夫しました（第2号）。 ・物理学の有用性や、物理学と日常生活や社会との関連を、豊富に紹介しました（第2号）。	[1章] 10、18、30ページなど [2章] 34、37、43ページなど [3章] 74、76、82ページなど
	・考察場面や発表、話し合いを行うことのできる題材を豊富に掲載し、協働的な問題解決活動を通して、科学的なものの見方や考え方を育み、主体的に社会の形成に参画し、その発展に寄与する態度を養うように配慮しました（第3号）。	[1章] 19、20、27ページなど [2章] 34、43、47ページなど [3章] 74、84、86ページなど
	・身近な自然とかかわる活動場面や資料を配置し、それらを用いた学習活動を通して、生命を愛護し、自然環境を保全しようとする態度の育成を図るようにしました（第4号）。	[1章] 10、11ページなど [2章] 36、64ページなど [3章] 74、82、92ページなど
	・日本の自然写真や、日本の科学技術、伝統技術に加え、海外の科学史・科学者や自然写真・資料なども掲載し、物理学や科学技術が国際社会の平和と発展に貢献していることを紹介しました（第5号）。	[1章] 11、16ページなど [2章] 34、36、43ページなど [3章] 74、78、82ページなど
2 編 さまざまな物理現象とエネルギー ■ 1 章 熱 ■ 2 章 波 ■ 3 章 電気 ■ 4 章 エネルギーとその利用 ■ 終章 物理学が拓く世界	・具体的な観察・実験を通して、自然の事物・現象や科学技術に対する興味・関心を高め、科学的に探究する能力と態度を育成するようにしました（第1号）。	[1章] 95、96、101ページなど [2章] 110、127、131ページなど [3章] 136、139、140ページなど [4章] 162、163、166ページなど
	・目的意識や見通しをもって学習活動が行えるよう、「Let's start!」「学習の問い」「考えてみよう・やってみよう・調べてみよう」を設けるなど、問題解決的な学習展開を工夫しました（第2号）。 ・物理学の有用性や、物理学と日常生活や社会との関連を、豊富に紹介しました（第2号）。	[1章] 96、99、103ページなど [2章] 110、114、129ページなど [3章] 136、147、152ページなど [4章] 158、166、169ページなど [終章] 204、206ページなど
	・考察場面や発表、話し合いを行うことのできる題材を豊富に掲載し、協働的な問題解決活動を通して、科学的なものの見方や考え方を育み、主体的に社会の形成に参画し、その発展に寄与する態度を養うように配慮しました（第3号）。	[1章] 96、101、105ページなど [2章] 110、127、131ページなど [3章] 136、139、148ページなど [4章] 158、162、166ページなど [終章] 204、205ページなど
	・身近な自然とかかわる活動場面や資料を配置し、それらを用いた学習活動を通して、生命を愛護し、自然環境を保全しようとする態度の育成を図るようにしました（第4号）。	[1章] 96、99、106ページなど [2章] 111ページなど [3章] 150、153ページなど [4章] 158、162、164ページなど [終章] 204、205、206ページなど
	・日本の自然写真や、日本の科学技術、伝統技術に加え、海外の科学史・科学者や自然写真・資料なども掲載し、物理学や科学技術が国際社会の平和と発展に貢献していることを紹介しました（第5号）。	[1章] 94、97、106ページなど [2章] 114、116、126ページなど [3章] 137、141、154ページなど [4章] 159、167、169ページなど [終章] 204、205、206ページなど

3. 上記の記載事項以外に特に意を用いた点や特色

- ・ 中学校での学習内容とのつながりに配慮することで、より学習が深められるよう、側注に中学校の学習内容を振り返るコーナー「復習」を設けたり、二次元コードから中学校の学習内容を確認できるようにしたりしました。（学校教育法第51条1号）。
 - 7、10、14、26、34、36、40、42、46、50、60、66、74、76、78、80、82、86、98、110、124、136、138、141、142、146、148、150、152、158、160、162ページなど
 - ・ 学習内容を基に、日常生活の中での物理学の応用や、物理学と関わる職業などを掲載したり、地球環境に関する課題解決の方法について調べたり考えたりさせる場面を設けたりするなどして、幅広い視野を養い、持続可能な社会づくりの担い手を育むように配慮しました（学校教育法第51条2号、3号）。
 - 11、12、16、21、28、30、34、36、40、42、43、44、50、60、62、64、65、74、76、80、82、86、87、92、93、94、95、96、97、98、99、100、104、106、107、114、116、124、125、126、129、130、137、141、142、146、150、151、152、153、154、155、158、159、162、163、164、165、166、167、168、169、180、181、204、205、206、207、208、②ページなど
 - ・ 物理学的に考察する能力や、数量を処理する能力を養うため、問題解決的に学習を展開できるように疑問文や実験結果についての考察などを配置し、また、身近な自然の事物・現象に関連した数量について、例題や問いを示しました（学校教育法第51条2号）。
 - 3、11、12、13、15、16、17、19、20、21、23、24、25、27、28、29、33、36、37、38、39、41、45、46、47、48、49、51、52、53、54、55、56、57、58、59、61、68、69、72、73、75、76、77、79、80、81、83、84、85、87、88、89、91、99、101、102、103、105、106、109、111、113、115、116、118、119、122、123、125、127、128、129、131、132、133、135、137、138、139、140、143、144、145、147、157、159、160、164、166、170、171、172、173、174、175ページなど
-

編 修 趣 意 書

(学習指導要領との対照表、授業時数配当表)

※受理番号	学 校	教 科	種 目	学 年
106-47	高等学校	理 科	物理基礎	
※発行者の 番号・略称	※教科書の 記号・番号	※教 科 書 名		

1. 編修上特に意を用いた点や特色

本教科書は、自然の事物や現象に興味・関心をもち、探究的・問題解決的に学習し、科学的な思考力、判断力、表現力を育成し、基礎的・基本的な内容を確実に習得することを目指して編修しました。

(1) 目標及び内容

①日常生活や社会との関連を図りながら、物体の運動とさまざまなエネルギーについて理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付ける

- 各節頭には、「Let's start!」を設け、日常生活や社会との関連を意識しながら学習に取り組めるようにしました。
- 本文内のコラムや側注、読み物資料、終章では、「日常生活と物理学のかかわり」「科学技術と物理学のかかわり」「科学史」「物理とかかわる人々」といったさまざまな観点から、物理学についての興味・関心を高めるような内容を取り上げました。
- 実験の方法やデータの整理の仕方の例について、写真や表を用いながら丁寧に示しました。また、必要に応じて、二次元コードで実験操作の補足説明などを行っています。

②物理学的に探究する能力と態度を育てる

- 目的意識や見通しをもって学習活動が行えるように、各節頭に問いかけ「？」を設け、学習の問いを配置し、実験などを通して問題解決的に学習できるようにしました。
- さまざまな活動を行うことを通して主体的に学習を深められるように、「やってみよう」「考えてみよう」「調べてみよう」などの活動場面を豊富に設けました。

③物理学の基本的な概念や原理・法則を理解させる

- 探究的に基本的な概念や原理・法則を獲得できるような学習展開を基本とし、節末に設けた「この節のポイント」、巻末の「フィードバック」、章末の「まとめ」で自らの理解や学習を振り返ったり、整理できたりするようにしました。
- 大切な式については、理解を助けるために、文字式だけでなく、文字の意味や式の意味を併せて掲載しました。

図書の構成		各編の内容	該当箇所
物理量の測定と扱い方		●物理学を学習する上で必要な物理量の表し方や測定における不確かさ、測定値の扱い方、有効数字の計算や科学表記の方法を扱っています。	2～3ページ
1編 物体の運動とエネルギー	1章 直線運動の世界	●物体の運動の表し方について、直線運動を中心に、運動する物体の変位や速度、加速度の表し方などについて学習します。また、自由落下する物体の運動や鉛直投射、水平投射された物体の運動の表し方などを学習します。	10～33ページ
	2章 力と運動の法則	●力の3要素と、物体に接してはたらく力や離れてはたらく力について学習し、力のつり合い、ニュートンの運動の3法則などについて学習します。	34～73ページ
	3章 力学的エネルギー	●仕事、運動エネルギー、重力による位置エネルギー、弾性力による位置エネルギーの表し方を学習し、力学的エネルギーが保存される場合とされない場合などについて学習します。	74～93ページ
2編 さまざまな物理現象とエネルギー	1章 熱	●原子や分子の熱運動と温度との関係や、絶対温度、物質の三態などを学習します。また、熱容量や比熱容量、熱量の保存、内部エネルギー、熱現象の不可逆性や熱効率などを学習します。	96～109ページ
	2章 波	●直線状に伝わる波について、波を表す基本的な量や性質、波の重ね合わせ、定在波、反射などを学習します。また、音波については、うなりや弦の共振、気柱の共鳴などを学習します。	110～135ページ
	3章 電気	●オームの法則、物質の抵抗率の違い、交流の発生、送電、変圧などについて学習します。また、電磁波の種類や性質についても学習します。	136～157ページ
	4章 エネルギーとその利用	●エネルギー保存の法則、エネルギー資源、様々な発電方法の特徴や持続可能な社会との関係などについて学習します。また、原子力については、核分裂や核融合、放射線の特徴や利用、その課題などについて学習します。	158～169ページ
	終章 物理学が拓く世界	●物理基礎で学習した事柄が、日常生活や社会を支えている科学技術とどのように結び付いているかを学習します。また、世界的な諸課題の解決方法と結び付いていることや、物理学とかかわる身のまわりの人々について学習します。	203～後見返し②ページ

(2) 内容の特色と構成

①組織・配列・構成

- 高等学校理科学習指導要領「物理基礎」の「目標」「内容」及び「内容の取扱い」に示された事項のすべてについて、過不足なく取り上げました。
- 中学校までの学習と関連付けながら学習できるように、側注に「復習」を設けました。
- 内容に興味・関心をもたせつつ、見通しをもって問題解決的な学習ができ、振り返りも行えるように、「Let's start!」「学習の問い」「実験」「実験結果とその解釈・考察」「この節のポイント」を軸とした構成としました。本文内には、生徒が理解を深められるように「問」「例題」を、各章末には、その章の学習内容を確認する「まとめ」「章末確認テスト」を設けました。また、演習などに利用できるように、7か所に「レベルアップドリル」を、力と物体の運動については「特集」を、巻末には「チャレンジ問題」を設けました。さらに、自学自習する際に活用しやすいように、巻末にすべての問題の解答と、適宜解説を掲載しました。
- 補足説明が必要な箇所には、「メモ」を設け、学習内容の理解と定着を助けるようにしました。
- 日常生活と物理学のつながりを感じられるように、各編末に「物理のめ」を配置し、巻末資料には、「物理とかかわる人々」について取り上げました。
- 探究的な学習活動を行うにあたり参考となるように、科学の探究活動の進め方の例を巻末に示しました。

②表記・表現

- 平易な文章で、わかりやすく、丁寧な記述を心がけました。また、文章のみでなく、概念図や、表、写真と組み合わせて扱うことで、より丁寧な扱いとなるようにしました。
- 大切な公式は一目でわかるように、囲みや太字で示しました。

③印刷・造本上の工夫

- 製本には針金を使用せず、接着剤で製本することで、リサイクル性を重視しました。
- 用紙には再生紙を用いるとともに、植物油インキを用いて印刷しました。
- レイアウト・図版の色づかいなど、ユニバーサルデザインに配慮して編集しました。また、読みやすいユニバーサルデザインフォントを使用しました。

④教科書を補完する指導書の工夫

- 学習目標・評価規準などをわかりやすく整理した教師用指導書を発行します。指導書には動画コンテンツ、ワークシート、デジタル板書などの豊富なデジタルコンテンツを付属し、ICTを活用した教育の充実をサポートします。

2. 対照表

図書の構成・内容		学習指導要領の内容	該当箇所	配 当 時 数
物理量の測定と扱い方		内容(1) ア(ア)㉔ 内容の取扱い(1)ア、イ(2)ア	2～3ページ	1
1 編 物体の運動とエ ネルギー	1 章 直線運動の世界	内容(1)ア(ア)㉔、㉕、(イ)㉙、 イ 内容の取扱い(1)ア、イ(2)ア	8～33ページ、92～ 93ページ	11
	2 章 力と運動の法則	内容(1)ア(イ)、イ 内容の取扱い(1)ア、イ(2)ア	34～73ページ、92 ～93ページ	14
	3 章 力学的エネルギー	内容(1)ア(ウ)、イ 内容の取扱い(1)ア、イ(2)ア	74～93ページ	8
2 編 さまざまな物理 現象とエネルギ ー	1 章 熱	内容(2)ア(イ)、イ 内容の取扱い(1)ア、イ(2)イ	94～109ページ、 168ページ	6
	2 章 波	内容(2)ア(ア)、イ 内容の取扱い(1)ア、イ(2)イ	110～135ページ、 168ページ	12
	3 章 電気	内容(2)ア(ウ)、イ 内容の取扱い(1)ア、イ(2)イ	136～157ページ、 169ページ	10
	4 章 エネルギーとその利用	内容(2)ア(エ) 内容の取扱い(1)ア、イ(2)イ	158～167ページ、 169ページ	6
	終章 物理学が拓く世界	内容(2)ア(オ) 内容の取扱い(2)イ	203～後見返し②ペ ージ	2
			計	70

編 修 趣 意 書
(発展的な学習内容の記述)

※受理番号	学 校	教 科	種 目	学 年
106-47	高等学校	理科	物理基礎	
※発行者の 番号・略称	※教科書の 記号・番号	※教 科 書 名		

ページ	記 述	類型	関連する学習指導要領の内容や 内容の取扱いに示す事項	ページ数
31	斜め方向に投げられた物体の運動	1	(1) (イ) ㊦	1
129	弦を伝わる波の速さ	2	(2) (ア) ㊦	0.25
150	レンツの法則	1	(2) (ウ) ㊦	0.25
151	フレミングの左手の法則	1	(2) (ウ) ㊦	0.25
合 計				1.75

常用漢字以外の使用漢字一覧表

寓	漕	釘	濡	拌	攪	槌	橙	阿	荻	茅	鉾	樽	曝	綾
15	51	78	99	101	101	105	155	162	162	162	162	162	163	167
眞	均													
204	206													

出典一覧表

※下記以外の図・写真は自社作成

申請図書			出典					備考	
ページ	名 称	種別	名 称	ページ	著作者等	発行者	発行年次等		
2	基本量の表	図							
4	ウォーター 슬라이ダー	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	483185889
5	タービン	写真						株式会社アフロ	162732011
8	ウォーター 슬라이ダー	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	483185889
10	ノロジカ	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	484471829
10	ランニングするノロジカ	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	483067020
11	やってみよう 高速道路の標識	写真						株式会社フォト・オリジナル	4314906
14	女性ランナー	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	585304458
14	模型自動車のマルチストロボ写真	図						有限会社ミラージュ	
16	車内で発車を待つ学生	写真						株式会社アマナイメージズ	33000006270
18	斜面を上る小球のマルチストロボ写真	写真						有限会社コーベット・フォトエージェンシー	cos013240
26	ガラスの瓶に硬貨を落とす	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	507418822
26	自由落下(物理基礎から流用)	写真						有限会社ミラージュ	
28	テニスのサーブ	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	956138804
30	キャッチボール	写真						株式会社アフロ	9970075
30	水平投射のマルチストロボ写真(等速直線運動)	写真						有限会社ミラージュ	
30	水平投射のマルチストロボ写真(自由落下運動)	写真						有限会社ミラージュ	
30	水平投射のマルチストロボ写真(水平投射)	写真						有限会社ミラージュ	
31	斜方投射のマルチストロボ写真(鉛直投げ上げ)	写真						有限会社ミラージュ	
31	斜方投射のマルチストロボ写真(斜方投射)	写真						有限会社ミラージュ	
31	通潤橋	写真						株式会社アマナイメージズ	25222004354
31	バスケットボール	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	146496094
31	スノーボード	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	108179314
34	ボルダリング	写真						株式会社アフロ	84192656
34	弓道	写真						株式会社アフロ	57657165
34	野球	写真						株式会社アフロ	3382670
34	テニス	写真						株式会社アフロ	13978860
34	家の解体	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	926563058
35	力の3要素(サッカーボールを蹴る瞬間)	写真						株式会社アフロ	5628208
36	斜張橋(舞鶴クレインブリッジ)	写真						株式会社アフロ	22807625
40	机の上のりんご	写真						株式会社アフロ	9451639
42	電車内のキャリーケース	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1323890479
42	机の上のりんご	写真						株式会社アフロ	9451639
42	カーリング	写真						株式会社フォート・キシモト	20100228KM00333

50	押し相撲	写真					株式会社アフロ	30400871	
50	力学台車(厚紙つき)	写真					有限会社ミラージュ		
50	力学台車の衝突実験	写真					有限会社ミラージュ		
62	カーリング	写真					株式会社アフロ	237276493	
63	摩擦係数	表	物理学大辞典 第2版	1749	物理学大辞典編集委員会 編	丸善出版	2005年	名鉄局印刷株式会社	
64	ウォータージェット	写真					株式会社スギノマシン		
64	小球とアルミ板の落下(自由落下A)	写真					有限会社ミラージュ		
64	小球とアルミ板の落下(アルミ板B)	写真					有限会社ミラージュ		
64	小球とアルミ板の落下(アルミ板C)	写真					有限会社ミラージュ		
64	真空中での小球と羽の落下	写真					有限会社ミラージュ		
65	スカイダイビング	写真					株式会社アフロ	13357567	
66	ビーチボール	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	477439513	
74	宇宙から見た地球	写真					株式会社アフロ	26054414	
77	オープナー	写真					山崎実業株式会社		
78	那須与一	写真					株式会社アマナイメージズ	20086001133	
78	金づちで釘をうちこむ	写真					株式会社アマナイメージズ	11002062237	
80	おもちゃの水車で遊ぶ子ども	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	863910194	
82	ブランコ	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	695384132	
86	すべり台	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1131683739	
92	羽根	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	74583405	
92	犬	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	491665081	
92	猫	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	546914992	
92	遊覧船と紅葉	写真					株式会社アマナイメージズ	01072042675	
92	流しそうめん	写真					株式会社アマナイメージズ	28056006897	
92	イルカ	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	541063840	
92	花火	写真					株式会社アマナイメージズ	10408003983	
92	ウォータースライダー	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1800208634	
92	ロケット	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1015481008	
92	フィギュアスケート	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	170284607	
92	草原	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1176904830	
92	川原で遊ぶ子供	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1087167100	
92	ビル群	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	642320515	
92	橋	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1296354073	
92	飛行機	写真					株式会社アマナイメージズ	02387001143	
93	車いすテニス	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1163524951	
93	高速道路	写真					株式会社アマナイメージズ	10826000237	
93	ボウリング	写真					株式会社アマナイメージズ	02266011431B	

93	エレベーター	写真						ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	173757345
93	綱引き	写真						ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	79122233
93	ボールを蹴る	写真						株式会社アマナイメージズ	11010009204
93	滝と紅葉	写真						株式会社アマナイメージズ	02748000789
93	スキージャンプ	写真						ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1190587424
93	すべり台	写真						株式会社アフロ	88063191
93	熱気球	写真						ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	913812780
93	大井川鉄道	写真						株式会社アマナイメージズ	25974004037
93	ジェットコースター	写真						ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	107700530
93	ぶらんこ	写真						ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1469982619
94	タービン	写真						株式会社アフロ	162732011
96	気温を測る女の子	写真						株式会社アフロ	1131683739
98	紙鍋	写真						株式会社マイン	
98	水の温度変化(ピーカー)	写真						有限会社ミラージュ	
99	打ち水	写真						株式会社アフロ	20197749
100	石焼ビビンバ	写真						株式会社アマナイメージズ	20013011861
102	物質の比熱容量(海水以外)	表	化学便覧 基礎編 II 改訂5版	II-217, 218, 235	日本化学会 編	丸善出版	2004年	名鉄局印刷株式会社	
102	物質の比熱容量(海水)	表	理科年表 2018年	514	国立天文台 編	丸善出版	2017年	名鉄局印刷株式会社	
104	サーモグラフィ	写真						株式会社ユニフォトプレスインターナショナル	1821233
106	蒸気機関車	写真						株式会社アマナイメージズ	22594000206
107	可逆変化と不可逆変化(振りの運動)	写真						内田雄二	
107	可逆変化と不可逆変化(インクの拡散)	写真						有限会社ミラージュ	
110	波紋(水風船)	写真						株式会社アフロ	25735815
110	池に浮かべた葉(波紋)3点	写真						有限会社ミラージュ	
111	地震による被害	写真						株式会社毎日新聞社	P19980130dd1dd1phj053000
114	地震計	写真						ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	923504284
116	イヤホンで音楽を聴く女性	写真						ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	974856088
124	楽器	写真						ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	675801180
125	媒質による音の速さの違い	表	理科年表 2020年	446~448	国立天文台 編	丸善出版	2019年	名鉄局印刷株式会社	
126	楽器を演奏する	写真						株式会社アマナイメージズ	20025218396
126	振り子の固有振動と共振2点	写真						有限会社ミラージュ	
126	弦にできる振動	写真						株式会社ナリカ	
130	トランペットを吹く学生	写真						株式会社アマナイメージズ	11031053987
130	ソプラノコーダーとアルトリコーダー	写真						株式会社アマナイメージズ	798010389
136	下敷きで静電気	写真						株式会社アフロ	81778088
136	静電気が及ぼし合う力(反発し合う)	写真						有限会社コーベット・フォトエージェンシー	cos049676
136	静電気が及ぼし合う力(引き合う)	写真						有限会社コーベット・フォトエージェンシー	cos049678
138	電気の回路	写真						株式会社アフロ	30603546

141	さまざまな物質の抵抗率(銀, 銅, アルミニウム, タングステン, 鉄)	図	化学便覧 基礎編 II 改訂5版	II-611	日本化学会 編	丸善出版	2004年	株式会社日本グラフィックス	
141	さまざまな物質の抵抗率(ニクロム, ゲルマニウム, ケイ素)	図	理化学辞典 第5版	12, 47, 177	長倉 三郎 他	岩波書店	1998年	株式会社日本グラフィックス	
141	さまざまな物質の抵抗率(ガラス, ゴム, ポリエチレン)	図	理科年表 2020年	446~448	国立天文台 編	丸善出版	2019年	株式会社日本グラフィックス	
141	スマートフォン	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1288375794
146	電力メーター	写真						株式会社アフロ	95742574
148	電流による磁界	写真						株式会社アフロ	73591451
148	棒磁石のまわりの磁場	写真						有限会社ミラージュ	
149	直流電流のまわりの磁場	写真						有限会社ミラージュ	
150	松浦火力発電所	写真						株式会社アフロ	61600405
150	振るだけで点灯する非常用ライト	写真						大作商事株式会社	
152	コンセント	写真						株式会社アフロ	26580180
152	家庭用コンセント	写真						株式会社アフロ	26580182
152	乾電池	写真						中村英良	
153	太陽光発電	写真						株式会社アフロ	128709147
154	野辺山望遠鏡	写真						株式会社アフロ	26945897
154	すばる望遠鏡	写真						株式会社アフロ	1252011
154	電磁波の分類(スケール)(電磁波の波長と振動数)	図	理科年表 2020年	455	国立天文台 編	丸善出版	2019年	株式会社日本グラフィックス	
154	電磁波の分類(スケール)(分類)	図	我が国の電波の使用状況			総務省	2019年	株式会社日本グラフィックス	
154	ラジオ	写真						有限会社コーベット・フォトエージェンシー	cos012391
154	スマートフォン	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1288375794
154	カーナビ	写真						株式会社アフロ	JTRA008368
154	電子レンジ	写真						有限会社コーベット・フォトエージェンシー	kyc000395
155	すばる望遠鏡	写真						国立天文台	
155	胸部レントゲン写真	写真						株式会社アフロ	CIUA016264
155	手荷物検査	写真						株式会社アフロ	163550185
155	ガンマカメラ画像	写真						株式会社アマナイメージズ	1809036340
158	コーヒー	写真						株式会社アフロ	14301433
158	カーリング	写真						株式会社アフロ	5397768
158	水車	写真						株式会社アフロ	92086228
158	ゴム動力のおもちゃ	写真						株式会社アフロ	30350366
158	火起こし器	写真						内田雄二	
158	スターリングエンジン	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	30350366
159	太陽熱温水器	写真						株式会社アフロ	9890775
159	特急「しおかぜ」(直流電車)	写真						株式会社アマナイメージズ	2772000886
159	ドライヤー	写真						株式会社アフロ	23723395
159	大飯原子力発電所	写真						有限会社コーベット・フォトエージェンシー	HIB001894
159	暖炉の炎	写真						ビクスタ株式会社	43475601_M
160	太陽フレア	写真						NASA	GSFC_20171208_Archive_e001435
162	放射線量に関する記事(2011年4月5日付))	写真						株式会社日本グラフィックス/朝日新聞社	
162	放射線の利用(リニアック)	写真						株式会社ユニフォトプレスインターナショナル	5.C0119431

163	放射線の人体への影響	図	放射線被ばくの見直し図 (2018年5月改訂版)			放射線医学総合 研究所	2018年	株式会社日本グラフィックス	
164	スマートフォンで電話をしている女子学生	写真						株式会社アフロ	22256842
164	日本の家庭のエネルギー源の内訳	図	エネルギー白書2019年	117		経済産業省資源 エネルギー庁	2019年	株式会社日本グラフィックス	
165	日本のエネルギーフロー(2017年)	図	総合エネルギー統計 (エネルギー白書2019年)	106		経済産業省資源 エネルギー庁	2017年	株式会社日本グラフィックス	
165	人類のエネルギー資源消費量の変化	図	世界人口とエネルギー総消費量の変 化			一般社団法人 家 庭電気文化会		沖縄教育プロダクション株式会 社	http://www.kdb. or.jp/shigen01.h tml
166	人類のエネルギー資源消費量の変化	図	人口を考える	8, 9	村松稔	中央公論新社	1977年	沖縄教育プロダクション株式会 社	
165	化石燃料及びウラン(核燃料)の可採年数	図	原子力・エネルギー図面集	1-1-6 世界のエネル ギー資源確認埋蔵量		一般財団法人日 本原子力文化財 団	2017年	株式会社日本グラフィックス	
166	日本の総発電量に占める各発電方式の比率(2017年)	図	原子力・エネルギー図面集			一般財団法人日 本原子力文化財 団	2019年	株式会社日本グラフィックス	
167	燃料電池自動車	写真					2019年	株式会社アフロ	91698016
167	世界の大気中の二酸化炭素濃度の変化	図	気象庁の観測点における二酸化炭素 濃度及び年増加量の経年変化			気象庁		株式会社日本グラフィックス	
167	地表面へのセシウム134,137の沈着量の合計	図	土壌濃度マップ			日本原子力研究 開発機構	2020年	株式会社日本グラフィックス	
167	六ヶ所村(青森県)の貯蔵施設	写真						株式会社アマナイメー ジズ	20397015619
168	SL	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	1364308497
168	氷	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	484782425
168	猿	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	146636206
168	サーモグラフィ	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	1386529041
168	自転車の空気入れ	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	6410-000428
168	ペンギン	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	649521250
168	フライパン	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	1392679876
168	カラオケ	写真						ビクスタ株式会社	41579410
168	ギター	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	1398666849
168	糸電話	写真						株式会社アマナイメー ジズ	11004108229
168	波	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	1319538833
168	コンサートホール	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	147332504
169	電柱	写真						株式会社アマナイメー ジズ	10511003765
169	コンセント	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	170636630
169	衛星	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	200528529-001
169	稲光	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	1345144175
169	リアモーターカー	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	1055157086
169	イルミネーション	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	1452259921
169	スマートフォン	写真						ゲッティ・イメージズ・セール ス・ジャパン合同会社	1215759493

169	風力発電と太陽光パネル	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1681128753
169	陽射し	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1403097147
169	電気自動車	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1497223608
169	夜景	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	645694090
169	地球	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1362727143
173	フォークギター	写真					株式会社アマナイメージズ	10214000940
180	ファラデーのクリスマス・レクチャー	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	90733188
180	サイエンスショー	写真					沖縄科学技術大学院大学	
181	レポートまとめる	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	534372133
181	薬を飲む	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	183987048
203	Society5.0	図					内閣府	https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/
203	グラフやデータが浮かんでいる	図					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1412230925
203	アルマ望遠鏡	図					株式会社日経ナショナルジオグラフィック	1779064
204	Earth in Full View From Apollo 17	写真					NASA	
204	SDGsロゴ	図					国際連合広報センター	
205	Society5.0	図					内閣府	
206	免震構造物	写真					戸田建設	
206	緊急地震速報装置	写真					株式会社Jコーポレーション	
206	X線	写真					株式会社アフロ	21378334
206	MRI画像	写真					株式会社アフロ	12517306
206	超音波画像	写真					株式会社アフロ	21791291
207	ZEB	写真					環境省	https://www.env.go.jp/earth/zeb/case/index_rnw.html
207	太陽電池	写真					株式会社アフロ	162732372
207	ヒートポンプ	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1500932399
207	LED植物工場 水耕栽培	写真					有限会社コーベット・フォトエージェンシー	
207	南極・昭和基地の植物工場	写真					国立極地研究所	https://nipr-blog.nipr.ac.jp/jare/
208	スペースシャトルディスカバリー	写真					株式会社アマナイメージズ	1808017389
208	サイエンスコンサルタント	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1298497373
208	データサイエンティスト	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	547043084
208	サイエンスコミュニケーター	写真					日本科学未来館	
208	教師	写真					株式会社アマナイメージズ	11017016409
208	アスリート(車いすバスケットボール)	写真					ゲッティ・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1182566528

208	アスリート	写真						株式会社アフロ	87034506
208	スポーツアナリスト	写真						アドビ株式会社	110132452
②	情報通信の技術者	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	1094304880
②	光学機器メーカー(アルマ望遠鏡)	写真						日経ナショナルジオグラフィック	1779064
②	車の製造者(自動車製造工場)	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	160554760
②	医師	写真						アドビ株式会社	201323481
②	介護ロボットの開発者	写真						株式会社日経ナショナルジオグラフィック	2734668
②	医療機器メーカー	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	150773035
②	デザイナー	写真						ビクスタ株式会社	48622237_M
②	プロジェクションマッピング(大阪市中央公会堂)	写真						大阪・光の饗宴実行委員会	
②	サウンドプログラマー	写真						Getty・イメージズ・セールス・ジャパン合同会社	701071646

(備考)1「申請図書」の欄については次のとおりとする。

- ① 「ページ」の欄には、引用又は新たに作成した教材や資料等の申請図書における掲載ページを示す。
- ② 「名称」の欄には、引用した教材や資料等の申請図書における名称を示す。
- ③ 「種別」の欄には、国語教材、楽譜、写真、図、挿絵、表、グラフ、地図などの別を示す。

2「出典」の欄については次のとおりとする。

- ① 出典が一般図書の場合は、当該図書の名称(版次を含む。)、掲載ページ、著作者・編集者等、発行者及び発行年次を各欄に示す。
- ② 出典が定期刊行物の場合は、発行年次等欄に巻号、発行月日等を示す。
- ③ 出典が図書でない場合には、備考欄に資料提供者や保有者の氏名又は名称、及び当該資料に付された整理番号等を示すなど、出典を確認することが可能な情報を記入する。

3 出典を基に申請図書の発行者が改変を行った場合又は新たに作成を行った場合は、「備考」欄にその旨を示す。

4 (1) 写真等については、肖像権等の権利処理を必要に応じて行うこと。

(2) 著作物の掲載に当たっては、著作権法第33条に基づき、掲載する旨を著作者に通知するとともに、補償金を著作権者に支払う必要があることに留意すること(別途契約を締結する場合を除く)。

備考4の内容について確認しました。☒

ウェブサイトのアドレスの掲載箇所一覧表

申 請 図 書			学 習 上 の 参 考 に 供 す る 情 報			備 考
番号	ページ	種別	参照先	URL	概要	
1	7 上	URL および 二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙1添付
2	7 中左	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
3	7 中右	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
4	7 下左	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
5	7 下右上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
6	7 下右中	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
7	7 下右下	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
8	11	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
9	15	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
10	16	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
11	17 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
12	17 下左	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
13	17 下右	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
14	19	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
15	21 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
16	21 中左	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
17	21 中右	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
18	21 下	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
19	22	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付

20	23 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
21	23 下	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
22	24	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
23	27	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
24	28	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
25	29 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
26	29 下左	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
27	29 下右	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
28	32	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙3添付
29	36	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
30	37	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
31	38	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
32	41 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
33	41 下	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
34	44	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
35	45	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
36	47	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
37	48 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
38	48 下	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
39	49	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
40	50 左	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
41	50 右	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
42	51	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
43	52	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
44	54	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
45	60	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
46	61 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付

47	61 下	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
48	63	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
49	67	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
50	68	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
51	70	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙4添付
52	74	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
53	75	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
54	76	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
55	79	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
56	80	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
57	81 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
58	81 下	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
59	83	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
60	84	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
61	85	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
62	86	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
63	88	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
64	90	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙5添付
65	96	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
66	97	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
67	100	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
68	101	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
69	102 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
70	102 下	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
71	103	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
72	105 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
73	105 下	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
74	106	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
75	107	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
76	108	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙6添付
77	112	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
78	115	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付

79	116	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
80	117	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
81	121	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
82	122	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
83	125 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
84	125 下	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
85	127	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
86	128	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
87	131	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
88	133	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
89	134 左	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
90	134 右	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙7添付
91	136	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
92	137	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
93	138	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
94	139	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
95	140 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
96	140 下	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
97	143	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
98	144	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
99	146	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
100	147	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
101	150	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
102	151	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
103	156 左	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
104	156 右	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙8添付
105	159 上	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙9添付
106	159 下左	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙9添付

107	160 下右	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙9添付
108	182	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙10添付
109	190	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙10添付
110	204	二次元コード		自社ページURL	物理基礎に関する自社作成情報を掲載	別紙10添付
111	表4	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙1添付

(備考)

申請図書中に発行者が管理するウェブサイトのアドレス(二次元コードその他のこれに代わるものを含む。)を掲載する場合に、本表を以下のとおり作成する。

1 「申請図書」の欄については次のとおりとする。

- ① 「番号」の欄は、複数のページ等に掲載されたウェブサイトのアドレスが同一のウェブサイトを参照させる場合、一つの番号にまとめて記入する。
- ② 「ページ」の欄は、ウェブサイトのアドレスの申請図書における掲載ページを示す。
- ③ 「種別」の欄は、URL、二次元コード等の別を示す。

2 「学習上の参考に供する情報」の欄については次のとおりとする。

- ① 「参照先」の欄には、発行者のページから参照させる学習上の参考に供するページを作成する団体名などを記入する。
- ② 「URL」の欄には、実際に参照させる学習上の参考に供するページのURLを記載する。なお、参照先が発行者の作成したページである場合は、「自社ページURL」と記入する。
- ③ 「概要」欄には、参照先における情報の内容を簡潔に記入する。

3 申請図書中のウェブサイトのアドレスが参照させるウェブサイトの画面を印刷した紙面には、対応する本表の番号を紙面右上に付記し、本表に添付すること。

4 学習上の参考に供する情報を示すウェブサイトが発行者において作成したページの場合、参照先のウェブサイトの画面を印刷した紙面を、本表に添付すること。
その際、「備考」の欄に「別紙1添付」などと記載し、印刷した紙面右上に「別紙1」などと記入すること。

別紙 1

書名入る

コンテンツ一覧
(PDF)

巻頭資料

1 編 物体の運動とエネルギー

2 編 さまざまな物理現象とエネルギー

巻末資料

別紙-2

別紙-3

別紙-6

別紙-10

別紙 2

ホームへ

書名入る

巻頭資料

巻頭資料

資料一覧 (全 10 項目)

7

中学校の学習内容① (1編 1章)

別紙-001

7

中学校の学習内容② (1編 2章)

別紙-002

7

中学校の学習内容③ (1編 3章)

別紙-003

7

中学校の学習内容④ (2編 1章)

別紙-004

7

中学校の学習内容⑤ (2編 2章)

別紙-005

7

中学校の学習内容⑥ (2編 3章)

別紙-006

7

中学校の学習内容⑦ (2編 4章)

別紙-007

7

NHK for School (考えるカラス)

別紙-008

7

NHK for School (大科学実験)

別紙-009

別紙 3

ホームへ		書名入る	
1 編 物体の運動とエネルギー			
1 編 1 章 直線運動の世界		11	公式チェック 速さ
1 編 2 章 カと運動の法則		15	等速直線運動と等加速度直線運動のグラフ
1 編 3 章 力学的エネルギー		16	公式チェック 合成速度
1 編 3 章 力学的エネルギー		17	イメージしようもしも速度が同じだったらー
1 編 3 章 力学的エネルギー		17	公式チェック 相対速度
1 編 3 章 力学的エネルギー		17	ベクトルの扱い方
1 編 3 章 力学的エネルギー		19	実験1 斜面を下る力学台車
1 編 3 章 力学的エネルギー		21	公式チェック 加速度
1 編 3 章 力学的エネルギー		21	イメージしようー加速の大小とはー
1 編 3 章 力学的エネルギー		21	等速直線運動と等加速度直線運動のグラフ
1 編 3 章 力学的エネルギー		21	平均の加速度と瞬間の加速度
1 編 3 章 力学的エネルギー		22	等加速度直線運動の a - t , v - t , x - t グラフ
1 編 3 章 力学的エネルギー		23	公式チェック 等加速度直線運動
1 編 3 章 力学的エネルギー		23	思考問題①
1 編 3 章 力学的エネルギー		24	つまずき解消動画①
1 編 3 章 力学的エネルギー		27	公式チェック 自由落下の式
1 編 3 章 力学的エネルギー		28	公式チェック 投げ下ろし運動の式
1 編 3 章 力学的エネルギー		29	公式チェック 投げ上げ運動の式
1 編 3 章 力学的エネルギー		29	鉛直投げ上げ
1 編 3 章 力学的エネルギー		29	思考問題②
1 編 3 章 力学的エネルギー		32	教科書まとめ (1 編 1 章)

別紙 4

ホームへ		書名入る	
1編 物体の運動とエネルギー			
1編 1章 直線運動の世界		36 合力の作図	別紙-031
1編 2章 カと運動の法則		37 分力の作図	別紙-032
1編 3章 力学的エネルギー		38 つまづき解消動画②	別紙-033
		41 公式チェック フックの法則	別紙-034
		41 思考問題③	別紙-035
		44 国際宇宙ステーションの中での実験映像	別紙-036
		45 実験2 カと加速度の関係	別紙-037
		47 実験3 質量と加速度の関係	別紙-038
		48 公式チェック 運動方程式	別紙-039
		48 思考問題④	別紙-040
		49 公式チェック 物体にはたらく重力の大きさ	別紙-041
		50 公式チェック 作用・反作用の法則	別紙-042
		50 イメージしようー街なかのワンシーンを「作用・反作用の法則」で考察するー	別紙-043
		51 物理学史特集 〈ニュートン力学の勝利〉	別紙-044
		52 つまづき解消動画③	別紙-045
		54 つまづき解消動画④	別紙-046
		60 イメージしようー話話「大きなかぶ」で静止摩擦力を理解しようー	別紙-047
		61 公式チェック 最大摩擦力	別紙-048
		61 思考問題⑤	別紙-049
		63 公式チェック 動摩擦力	別紙-050
		67 公式チェック 浮力	別紙-051
		68 つまづき解消動画⑤	別紙-052
		70 教科書まとめ 〈1編 2章〉	別紙-053

別紙 5

[ホームへ](#)

書名入る

1編 物体の運動とエネルギー

1編1章 直線運動の世界

1編2章 カと運動の法則

1編3章 力学的エネルギー

74

公式チェック 仕事

別紙-054

75

三角比の扱い方

別紙-055

76

公式チェック 仕事率

別紙-056

79

公式チェック 運動エネルギー

別紙-057

80

公式チェック 重力による位置エネルギー

別紙-058

81

公式チェック 弾性エネルギー

別紙-059

81

思考問題⑥

別紙-060

83

実験4 運動エネルギーと位置エネルギーが同時に変化する運動

別紙-061

84

公式チェック 力学的エネルギー保存の法則

別紙-062

85

思考問題⑦

別紙-063

86

公式チェック 力学的エネルギーの変化と仕事

別紙-064

88

つまづき解消動画⑥

別紙-065

90

教科書まとめ (1編3章)

別紙-066

別紙 6

[ホームへ](#)

2 編 さまざまな物理現象とエネルギー

2 編 1 章 熱

2 編 2 章 波

2 編 3 章 電気

2 編 4 章 エネルギーとその利用

2 編 さまざまな物理現象とエネルギー

書名入る

96 ブラウン運動 別紙-067

97 マンガでみるブラウン運動 別紙-068

100 公式チェック 熱量の保存 別紙-069

101 実験5 熱の移動 別紙-070

102 イメージしようー小さな世界では何が起こっているのかー 別紙-071

102 公式チェック 熱量と熱容量・比熱容量 別紙-072

103 思考問題⑤ 別紙-073

105 公式チェック 熱力学第 1 法則 別紙-074

105 イメージしようーホームランの打球の速さー 別紙-075

106 公式チェック 熱効率 別紙-076

107 物理学史特集 (人類はどのように熱をとらえていったのか?) 別紙-077

108 教科書まとめ (2 編 1 章) 別紙-078

別紙 7

[ホームへ](#)

2 編 さまざまな物理現象とエネルギー

2 編 1 章 熱

2 編 2 章 波

2 編 3 章 電気

2 編 4 章 エネルギーとその利用

書名入る

112

公式チェック 波の速さ

別紙-079

115

縦波を横波のように表す

別紙-080

116

つまずき解消動画⑦

別紙-081

117

波の重ね合わせ

別紙-082

121

波の反射

別紙-083

122

つまずき解消動画⑧

別紙-084

125

公式チェック うなり

別紙-085

125

サウンドジェネレータ

別紙-086

127

実験6 弦の固有振動

別紙-087

128

公式チェック 弦の固有振動数

別紙-088

131

実験7 気柱の共鳴

別紙-089

133

思考問題⑤

別紙-090

134

特集 (身のまわりに見られる波特有の現象)

別紙-091

134

教科書まとめ (2 編 2 章)

別紙-092

別紙 8

ホームへ		書名入る	
2 編 さまざまな物理現象とエネルギー			
2 編 1 章 熱	>	136	手作り測定器で静電気の極性を判定
2 編 2 章 波	>	137	公式チェック 電流の大きさ
2 編 3 章 電気		138	公式チェック オームの法則
2 編 4 章 エネルギー とその利用	>	139	実験8 電気抵抗と物質の形状
2 編 4 章 エネルギー とその利用		140	公式チェック 電気抵抗
2 編 4 章 エネルギー とその利用		140	イメージしよう電気抵抗の値と形状の関係一
2 編 4 章 エネルギー とその利用		143	思考問題⑩
2 編 4 章 エネルギー とその利用		144	つまづき解消動画⑨
2 編 4 章 エネルギー とその利用		146	公式チェック 電力
2 編 4 章 エネルギー とその利用		147	公式チェック 電力量
2 編 4 章 エネルギー とその利用		150	公式チェック 電磁誘導の法則
2 編 4 章 エネルギー とその利用		151	イメージしよう磁力線を「ゴムひも」と考えると……
2 編 4 章 エネルギー とその利用		156	物理学史特集（電気と磁気の研究をめくってたどり着いた 真実）
2 編 4 章 エネルギー とその利用		156	教科書まとめ（2 編 3 章）

別紙 9

ホームへ

2 編 さまざまな物理現象とエネルギー

2 編 1 章 熱

2 編 2 章 波

2 編 3 章 電気

2 編 4 章 エネルギーとその利用

書名入る

159「ペイクドアラスカ」光と熱と温度の関係別紙-107

159公式チェック エネルギー保存の法則別紙-108

159物理学史特集（「エネルギー」の概念はどう成立したのか？）別紙-109

別紙 10

ホームへ

書名入る

巻末資料

巻末資料

巻末資料

182

探究活動の進め方

別紙-110

190

教科書問題の解説

別紙-111

204

SDGs

別紙-112

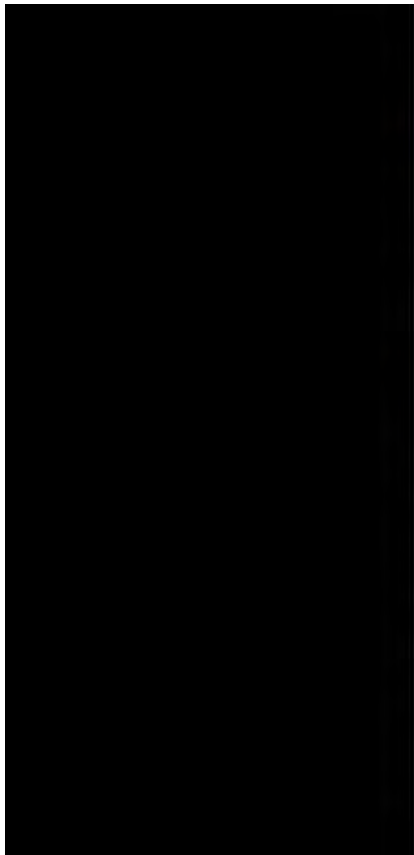


図1-2 荷体の運動

メートル毎秒 (m/s)	速さの単位。このほかにセンチメートル毎秒 (cm/s) やキロメートル毎秒 (km/h) などがある。
平均の速さ	ある距離を一定の時間で移動したときと考える速さ。
瞬間の速さ	瞬間の変化に即して、速さと変化する速さ。スピードメーターが表示する速さ。
等速直線運動	一定の速さで一定の方向で進む運動。
自由落下	静止していた物体が重力によって真下に落下する運動。

第20 力の伝わり方

[illegible]

運動のようすの記録

【記録テープの記録】

速さが定まらない運動(等速直線運動など)

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12

・白は、Aの2倍の速さである。

だんだん遠くなる運動

— 西園遊記

だんだんおそくなる運動

時間經過

速さ(秒速)を求める式

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

力の合成と分解

- 一直線上で向かひ異なり2つの力の合力—2力の和



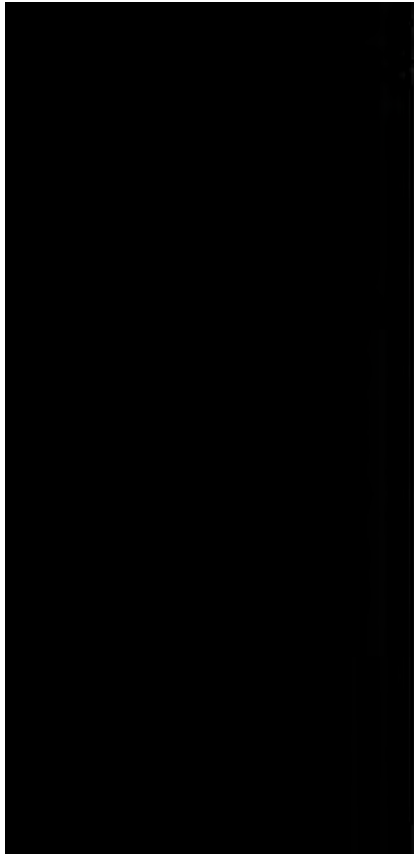
- ・一箇面上で向きが逆の2つの力の合力…2力の差



- ・一直線上にない2つの力の合力…平行四辺形の対角線



-



学習内容の整理

中学1年 物理領域

제2장 圖書部

位置	瀬越して西へ出る部
物のひろがり 度	15 m の空中では秒速約 340 m で、元の海で (秒速約 30 km) と比べてはるかに少ない。
音程	陸上の音程の1/10 程度の音は、水中では音程が失われる。
音響的 (H2)	1 秒間に音波が伝達する距離、高い音は音程が短く、低い音は音程が長い。音速は 1.5 km/s (1500 m/s)。

第三編 刀の世界

重さの力 重力の力	物が物体にわたされたとき、その重さから物体に に作用にはたらく力
曲げ力	物体の端部まで曲げることによって生じる力に はたらく力
弾性	力によって変形させられた物体が、もとにも どろうとする性質
弾性の力 (弾性力)	変形させられた物体において、もとにもど ろう向きに生じる力
重力	地球上の全ての物体において、地球の中心 の向きにはたらく力
磁石の力 (磁力)	磁石によって引きつけられる力のこと。引 き合ったり、反発し合ったりする力
電気の力	こすった下りなどによって、物体が引きあ はれたり、反発しあったりする力
ニュートン(N)	万有引力の単位。1Nは、100gの物体に はたらく重力の大きさとほぼ等しい
フックの法則	ばねの力の、ばねの伸びる力の大きさと は比例する
質量	物体がもっている物質の量。質量そのもの の量。単位にはkg、gなどが使われる
力の3つの 要素	力のたらくべき(作用点)、力の向き、力の 大きさの3つのこと
2つの つりあいの条件	①力が一定方向下にある、②力の大きさ が等しい

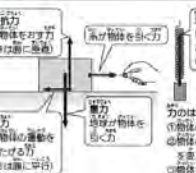
当の大小と距離のしかた



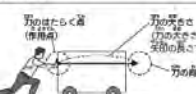
音の高低と振動のしがた



さまざまな力



力の3つの要素



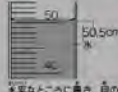
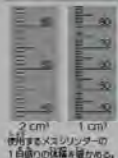
力の矢印をかくときには作用点が始点となる。力が物体全体にわたっている場合は、物体の中心の点を作用点とする。

The diagram illustrates a person pushing a block. A horizontal arrow labeled N represents the force applied to the block. Below the block, a horizontal line segment labeled s represents the distance over which the force is applied.

$$\text{仕事率 (W)} = \frac{\text{仕事 (J)}}{\text{時間 (s)}}$$

[illegible]
$$\text{物質の密度 (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{物質の質量 (g)}}{\text{物質の体積 (cm}^3\text{)}}$$

—PAGE—



位を岩瀬と同じようにし、

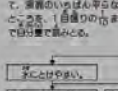


図 6 より図 7 が大きい。 (6)



学習内容の整理

中学1年 物理領域

第2章 波の性質

音源	振動して音を出す物。
音の伝わる速さ	15℃の空気中では秒速約340 mで、光の速さ(秒速約30万km)と比べてはるかに小さい。
振幅	音源の振動の中心からのふれはば、大きい音ほど振幅が大きい。
振動数(Hz)	1秒間に音源が振動する回数を、高い音ほど振動数が多い。単位はヘルツ(記号Hz)。

音の大小と振幅のしかた

音の高低と振動のしかた

第3章 力の性質

重み	物が物体に押されたとき、その面から物体に作用にはたらく力。
重力	物体の重力で運動させたり止める働きにはたらく力。
弾性	力によって変形させられた物体が、もとに戻ろうとする性質。
弾性の力(弾性力)	変形させられた物体において、もとに戻ろうとする力。
重力	地球の重力で物体において、地球の中心の向きにはたらく力。
磁石の力(磁力)	磁石に引き寄せられたり反発すること、引き寄せたり、反発し合ったりする力。
電気力	二つの物体が互いに引き寄せたり、反発し合ったりする力。
ニュートン(N)	力の大きさを単位。1Nは、100gの物体にはたらく重力の大きさとほぼ等しい。
フックの法則	ばねの伸びは、ばねに作用する力の大きさに比例する。
質量	物体が持つ重さや慣性、物質の量の量。単位はkg、gなどが使われる。
力の3つの要素	力の大きさ(作用点)、力の向き、力の作用点。
2力のつり合いの条件	(1)2力が一直線上にある。(2)2力の大きさが等しい。(3)2力の向きが反対。

力の3つの要素

別紙-006

学習内容の整理

中学3年 化学領域

第1章 原子核とイオン

電解質	水にとりかたときに電流が流れる物質。
非電解質	水にとりかたしても電流が流れない物質。
原子核	原子の中心にあり、陽子と中性子からできている核。
電子	原子核のまわりにある ⁻ の電気をもちた。
陽子	原子の中心にある陽子の一部で、 ⁺ の電気をもちた。
中性子	原子の中心にある陽子の一部で、電気をもちない。
同位体	同じ元素としても、中性子の数が異なる原子のこと。
イオン	原子や原子の集団が電気を帯びた核。
陽イオン	原子や原子の集団が電気を帯び、 ⁺ の電気を帯びた核。
陰イオン	原子や原子の集団が電気を帯び、 ⁻ の電気を帯びた核。
電離	物質が水にとりかた、陽イオンと陰イオンにばらばらに分かれること。

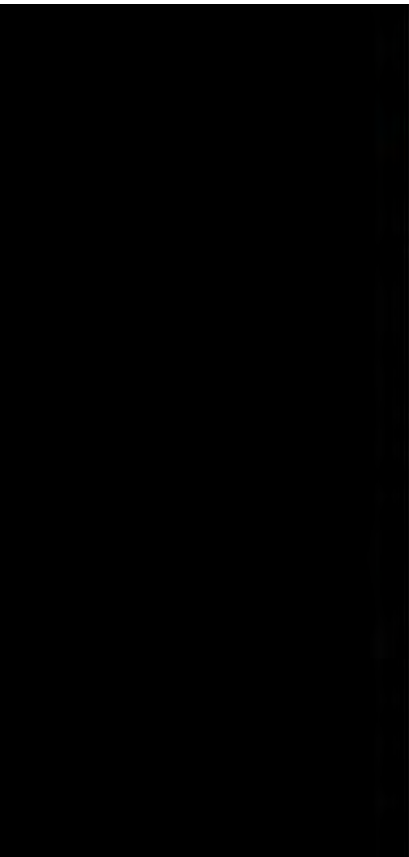
第2章 酸・塩化水素・イオン

酸	水溶液にしたとき、電離して水素イオン(H ⁺)を生じる化合物。																
アルカリ	水溶液にしたとき、電離して水素イオン(OH ⁻)を生じる化合物。																
pH	酸性やアルカリ性の強さを表す値。酸性はpHが低い、アルカリ性はpHが高い。																
中和	水素イオン(H ⁺)と水素イオン(OH ⁻)が結びついて水をつくり、たがいの性質を打ち消しあうこと。																
塩	酸の陽イオンと塩化水素の陰イオンが結びついてできた物質。																
酸性、中性、アルカリ性の水溶液の性質	<table><tr><th></th><th>酸性</th><th>中性</th><th>アルカリ性</th></tr><tr><td>指示薬の色</td><td>赤色になる</td><td>黄色になる</td><td>青色になる</td></tr><tr><td>pH</td><td>酸性</td><td>中性</td><td>アルカリ性</td></tr><tr><td>フェノールフタレイン溶液</td><td>無色</td><td>無色</td><td>赤色</td></tr></table>		酸性	中性	アルカリ性	指示薬の色	赤色になる	黄色になる	青色になる	pH	酸性	中性	アルカリ性	フェノールフタレイン溶液	無色	無色	赤色
	酸性	中性	アルカリ性														
指示薬の色	赤色になる	黄色になる	青色になる														
pH	酸性	中性	アルカリ性														
フェノールフタレイン溶液	無色	無色	赤色														

原子のなり立ち

イオンのでき方

陽イオン	水素イオン	H ⁺
	ナトリウムイオン	Na ⁺
	カルシウムイオン	Ca ²⁺
	銅イオン	Cu ²⁺
	亜鉛イオン	Zn ²⁺
	鉄イオン	Fe ²⁺
	カルシウムイオン	Ca ²⁺
	バリウムイオン	Ba ²⁺
	マグネシウムイオン	Mg ²⁺
	アンモニウムイオン	NH ₄ ⁺
陰イオン	塩化水素イオン	Cl ⁻
	水素イオン	OH ⁻
	硫酸イオン	SO ₄ ²⁻
	硝酸イオン	NO ₃ ⁻
	炭酸イオン	CO ₃ ²⁻



学習内容の整理

中学2年 化学領域

第1章 物質のばり立ち

化学変化

ものや物質とが別の物質ができる変化。化学反応ともいう。

分離

1種類の物質が2種類以上の物質に分かれる化学変化。

精製

物質に混入した不純物を除去すること。

電気分解

物質に電流を流して分離すること。

原子

それ以上、分割することのできない最小の粒子。

元素

原子の種類。

元素記号

元素を表す1文字、または2文字のアルファベットからなる記号。

元素の周期表

性質をもとに元素を整理した表。

分子

いくつかの原子が結びついた粒子。物質の性質を表す最小単位。

化学式

元素記号を用いて物質を表したもの。

単体

1種類の元素からできている物質。

化合物

2種類以上の元素からできている物質。

混合物

2種類以上の物質が混ざり合っている状態。

いろいろな元素とその元素記号

元素記号	元素名
H	水素
He	ヘリウム
C	炭素
N	窒素
O	酸素
Ne	ネオン
Si	ケイ素
S	硫黄
Cl	塩素
Na	ナトリウム
Mg	マグネシウム
Al	アルミニウム
K	カリウム
Ca	カルシウム
Fe	鉄
Cu	銅
Zn	亜鉛
Ag	銀
Ba	バリウム
Au	金

原子の性質

① 化学変化によって、原子はそれ以上に分割することができない。

② 原子の種類によって、質量や大きさなどが決まっている。

③ 化学変化によって、原子がほかの種類の原子に変わったり、なくなったり、新しくできたりすることはない。

元素水素ナトリウムの精製

水素とナトリウムを反応させた後、水素とナトリウムを分離し、水素とナトリウムをそれぞれに分離する。水素とナトリウムをそれぞれに分離する。水素とナトリウムをそれぞれに分離する。

物質の分類

物質の種類を分類する。



NHK for School

先生向け OFF

先生向けとは

ばんぐみ一覧

プレイリスト

おうちで学ぼう！

学びをひろげよう

ヘルプ

リンク集

検索

ねらい

NHK for School で配信中の番組をコンパクトに紹介。

内容

『考えるカラス』は、誰かによって用意された「科学の知識」ではなく、自ら課題を見つけ、観察し、仮説を立てて実験し、その結果を基に考えるという「科学の考え方」を伝える新しい科学（理科）教育番組です。

考えるカラス

～科学の考え方～

理科 小 中 高

再生開始 00 : 00 ~ 再生終了 02 : 13

決定

【紹介します】考えるカラス～科学の考え方～

科学の「知識」ではなく、「考え方」を伝え、育みます。「観察し、仮説を立て、実験し、考察する」という科学的なものの考え方を育むコーナーが盛りだくさんです。

関連キーワード： 考えるカラス～科学の考え方～

プレイリストに追加

シェアする

この動画へのリンクをコピーする

NHK for School

先生向け

OFF

先生向けとは

ばんぐみ一覧

プレイリスト

おうちで学ぼう！

学びをひろげよう

ヘルプ

リンク集

理科

小学1〜6年・中学・高校

Eテレ

(水)午後4:50〜5:00後期

大科学実験

discover science

番組トップ

放送リスト

番組紹介

再生開始

00

:

00

〜再生終了

10

:

00

決定

チャプター

あらすじを読む

scene 01

今日は坂を使って大実験！

ないようを読む

同じ形の10個の坂。スタート地点を変えて、同時にボールを転がすと…。誰もが当たり前だと思っている、自然の法則や科学の知識。でも、それは本当なのでしょうか。答えは、やってみなくちゃわからない、大科学実験で。

scene 02

4つの坂にボールを転がして競争

別紙-010

公式チェック

問題1

3.0秒間に7.5 m 移動したときの速さは何 m/s か。

解答

$$v = \frac{x}{t}$$
$$v = \frac{7.5 \text{ m}}{3.0 \text{ s}} = 2.5 \text{ m/s}$$

問題2

0.70 m/s の速さで歩いている人がいる。この人が2分間で歩く距離は何 m か。

解答

$$v = \frac{x}{t}$$
$$0.70 \text{ m/s} = \frac{x}{2 \times 60 \text{ s}}$$

したがって、 $x = 0.70 \text{ m/s} \times (2 \times 60 \text{ s}) = 84 \text{ m}$

まとめよう！

公式/解/説

5秒間で10 m 進んだとき、1秒あたり何 m 進みましたか？と問われたら

$$\frac{10 \text{ m}}{5 \text{ s}} = \frac{2 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}$$

←分母の1を省略

と計算し、1 s あたり 2 m 進むとわかる。

逆に、速さ 2 m/s と出てきたら分母の1を省略していることに注意して、

$$2 \text{ m/s} = \frac{2 \text{ m}}{1 \text{ s}}$$

と考えることができる(速さ 2 m/s は、1 s あたり 2 m 進むということ)。

このように考えると、「速さは単位時間あたりの移動距離」であることがわかりやすくなる。

別紙-011



別紙-012

公式チェック

問題1 東向きに15 m/sで走る電車の中で、Aさんが東向きに1 m/sの速さで歩いている。このとき、電車の外で止まっている人から見たAさんの速度は何 m/s か。ただし、東向きを正の向きとする。

問題2 静水上で1.0 m/sの速さで泳げる人が、北向きに3.0 m/sで流れる川を南向きに泳いでいる。このとき、岸に静止している観測者から見た、この泳ぐ人の速さは何 m/s か。また、その向きはどちら向きか。

解答例

問題1
 $v = v_A + v_B$ より、
 $v = 1 \text{ m/s} + 15 \text{ m/s} = 16 \text{ m/s}$

問題2
北向きを正の向きとすると、 $v = v_A + v_B$ より、
 $v = -1.0 \text{ m/s} + 3.0 \text{ m/s} = 2.0 \text{ m/s}$
したがって、速さは2.0 m/s、向きは北向き

イメージしよう

もしも速度が同じだったら

第2次世界大戦中、高度2000 mを飛行するフランス空軍の戦闘機の搭乗員が、顔の横を同じ方向によろよろと飛ぶ虫のようなものを手で掴んだところ、ドイツ軍が発射した対空銃弾だった、というエピソードがある。

高速で飛んでいるはずの弾丸も、同じ速度で運動しながら見れば相対速度は0となり、止まって見える。

このエピソードでは、初速800 m/s～900 m/sほどの弾丸が高度2000 mに達するまでに40 m/s程度に減速し、戦闘機との相対速度が偶然0になったのかもしれない。



① 戦闘機とその横を飛ぶ銃弾



公式チェック

- 問題1 右向きに3.0 m/sで運動する物体Aと、右向きに5.0 m/sで運動する物体Bがある。物体Aに対する物体Bの相対速度はいくらか。ただし、右向きを正の向きとする。
- 問題2 東西にまっすぐ伸びる道路を、自動車が東向きに10 m/s、バイクが東向きに20 m/sで走っている。バイクから見ると自動車はどちら向きに何 m/sで走っているように見えるか。

解答解説

問題1
$$v_{AB} = v_B - v_A \text{ より、}$$
$$v_{AB} = 5.0 \text{ m/s} - 3.0 \text{ m/s} = 2.0 \text{ m/s}$$

問題2
東向きを正の向きとすると、 $v_{AB} = v_B - v_A$ より、
$$v_{AB} = 10 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s} = -10 \text{ m/s}$$

したがって、西向きに10 m/sで走っているように見える。

特集 ベクトル

変位、速度などの大きさと向きで定まる物理量はベクトルといわれ、矢印や座標の成分で表される。一方、距離、速さのように大きさだけで定まる物理量をスカラーという。

矢印で表すとき
始点A、終点Bのとき、この2点を結ぶ矢印を $\overrightarrow{AB}$ と表す(1つの文字で $\vec{a}$ のように表すこともある)。ベクトルの大きさは $|\overrightarrow{AB}|$ (または $|\vec{a}|$)と表す。



座標成分で表すとき
座標を定義すると、座標の成分を用いて $\vec{a} = (a_x, a_y)$ と表すことができる(図のように θ をとると、 $\vec{a} = |\vec{a}| \cos \theta, |\vec{a}| \sin \theta$)。図のような座標だと大きさは $|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$



物理では、時間の経過とともに大きさや向きが変化するベクトルを扱うこともある。このとき、はじめのベクトルを $\vec{a}$ 、時間が経過したあとのベクトルを $\vec{a}'$ とすると、これらの関係性は次のように表される。

変化がないとき($\vec{a}' = \vec{a}$)
大きさも向きも変化がなく、 $\vec{a}$ と $\vec{a}'$ が等しいとき。



逆向きになるとき($\vec{a}' = -\vec{a}$)
大きさが同じで向きが逆のときにこの $\vec{a}'$ を $\vec{a}$ の逆ベクトルという。



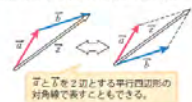
大きさが変わる場合($\vec{a}' = k\vec{a}$)
向きは変わらず大きさがk倍(ここではkを正の実数とする)になるとき、 $k=0$ のとき、 $\vec{a}' = \vec{0}$ と表し、これを零ベクトルという。



k が数の実数だと、逆向き、大きさ(倍)になる。

$\vec{a}$ に $\vec{b}$ を足す、または引くように作用させたものが $\vec{a} \pm \vec{b}$ になるとき、これらの関係性はベクトルの加法と減法を用いて次のように表される。

ベクトルの加法($\vec{a} + \vec{b}$)
 $\vec{a}$ の終点と $\vec{b}$ の始点を重ねたときの、 $\vec{a}$ の始点から $\vec{b}$ の終点に向かうベクトル $\vec{a} + \vec{b}$ が $\vec{a}$ と $\vec{b}$ の和である。



$\vec{a}$ と $\vec{b}$ を2辺とする平行四辺形の対角線で表すこともできる。

※座標成分
 $\vec{a} = (a_x, a_y), \vec{b} = (b_x, b_y)$
 $\vec{a} + \vec{b} = (a_x + b_x, a_y + b_y)$

ベクトルの減法($\vec{a} - \vec{b}$)
 $\vec{a}$ の始点と $\vec{b}$ の終点を重ねたときの、 $\vec{b}$ の終点から $\vec{a}$ の終点に向かうベクトル $\vec{a} - \vec{b}$ が $\vec{a}$ と $\vec{b}$ の差である。



$\vec{a} - \vec{b}$ を $\vec{a} + (-\vec{b})$ というように加法で考えることもできる。

※座標成分
 $\vec{a} = (a_x, a_y), \vec{b} = (b_x, b_y)$
 $\vec{a} - \vec{b} = (a_x - b_x, a_y - b_y)$

※このページでは、 $\vec{a} = (a_x, a_y), \vec{b} = (b_x, b_y), \vec{c} = (c_x, c_z)$ とする。

メニューへ

実験1 斜面を下る力学台車

【記録タイマーと記録テープ】操作説明



【記録タイマーと記録テープ】結果例



【距離センサ】操作説明



【距離センサ】結果例



公式チェック

【例1】直線上を一定の加速度で運動する物体の速度が2秒間に4 m/s増加した。この間の物体の加速度の大きさは何 m/s²か。

【例2】東西にまっすぐ伸びる線路上を東向きに15 m/sで走行している電車が時刻 $t=0$ sにブレーキをかけはじめたところ、時刻 $t=10$ sに停止した。時刻 $t=0$ sから $t=10$ sまでの平均の加速度の大きさは何 m/s²か。また、このときの加速度の向きは東向き、西向きのどちらか。

解答解説

【例1】

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \text{ より、}$$

$$a = \frac{4 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$$

【例2】

$$\text{東向きを正とすると、} a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \text{ より、}$$

$$a = \frac{0 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s}}{10 \text{ s} - 0 \text{ s}} = -1.5 \text{ m/s}^2$$

したがって、加速度の大きさは1.5 m/s²

加速度の向きは西向き

※東向きを正としているため、速度と加速度は、正の値のときは東向き、負の値のときは西向きとなることに注意する。

イメージしよう

加速度の大小とは

停止している車を一気に加速させ、ゴールまでの時間を競うドラッグレース（下記※参照）と呼ばれるものがある。このレースにはわずかに数秒で時速500 km/hになる車もあるという。このように、短時間で一気に速度が上がる運動（いわゆるロケットスタート）を**加速度が大きい**と表現する。



① ドラッグレースの車



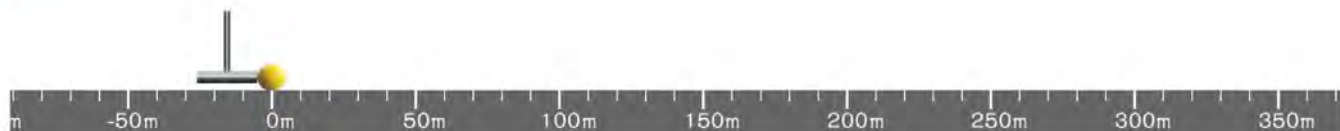
② 電車

これに対して、電車が出発するときは、乗客が転倒しないよう、ゆっくりと速度を上げていく。このように、時間をかけてじわじわと速くなる運動を**加速度が小さい**と表現する。

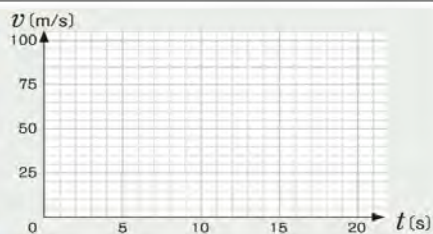
※引っ張られているように見えるほど速いことから、Drag（引く）レースと呼ばれている。



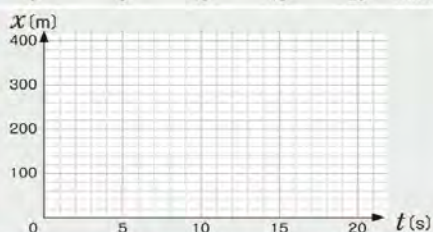
別紙-019



v-tグラフ



x-tグラフ



初速度 **0 m/s**

加速度 **0.0 m/s²**



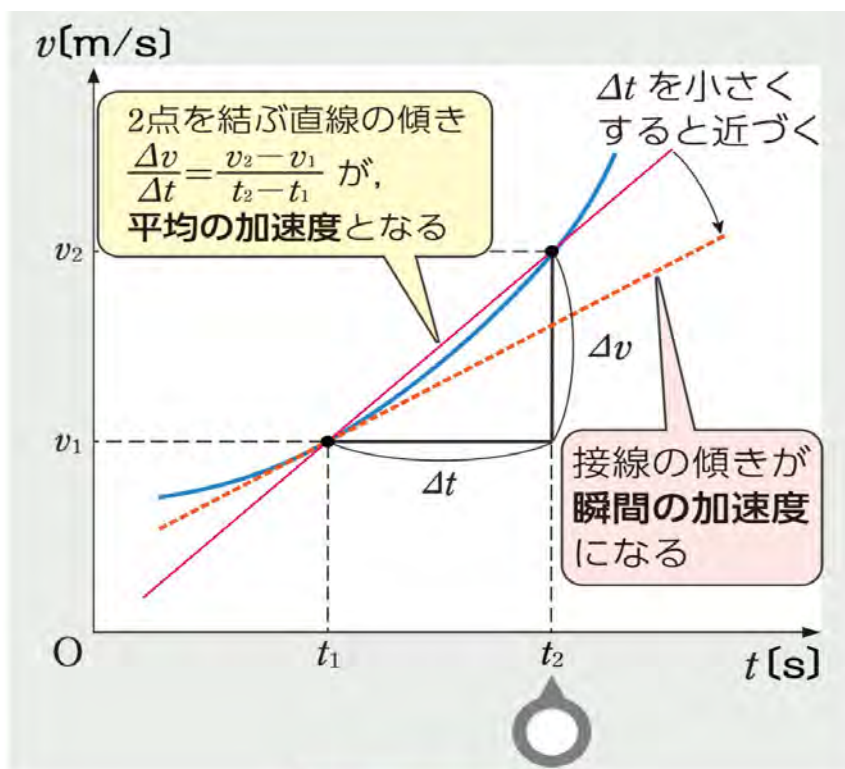
ストロボ

リセット

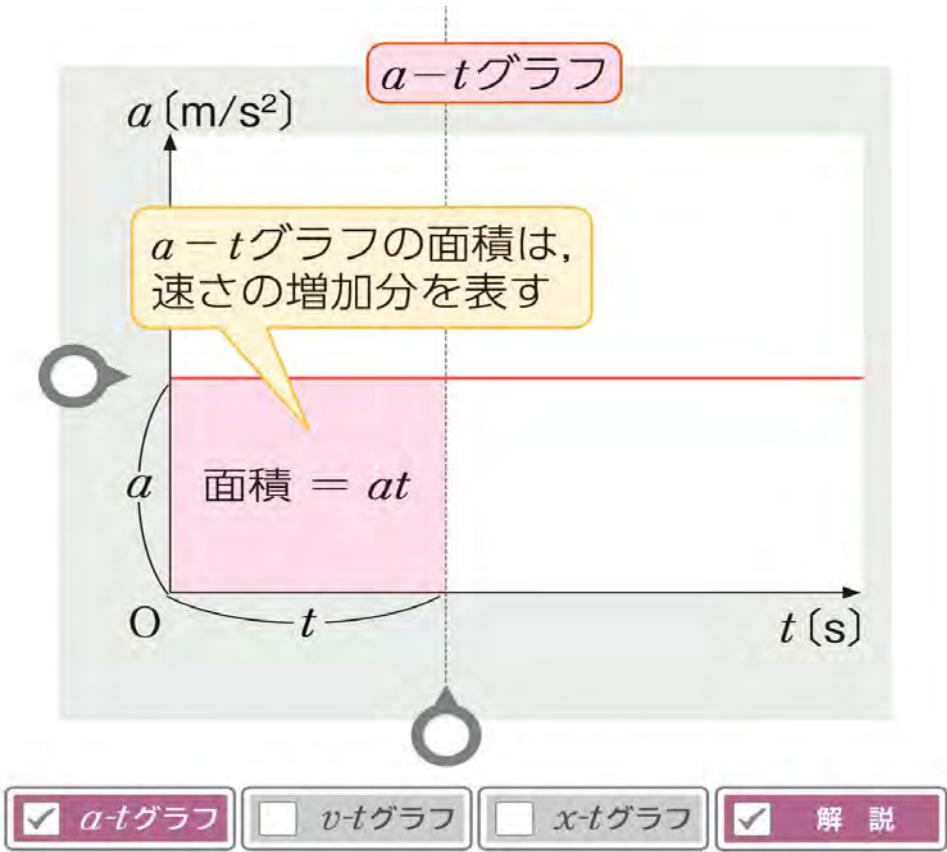
ヘルプ

☒ 実験

別紙-020



解説



公式チェック

- 問題1 一定の加速度 3.0 m/s^2 で等加速度直線運動している物体がある。この物体の速度が 1.0 m/s となつてから 2.0 秒後の物体の速度は何 m/s か。また、この 2.0 秒間での物体の移動距離は何 m か。
- 問題2 x 軸上を一定の加速度 -2.0 m/s^2 で運動している物体が原点 O を速度 10 m/s で通過した。物体の速度が 0 m/s となるのは何秒後か。また、速度が 0 m/s となる位置の x 座標は何 m か。

解答解説

- 問題1
- $v = v_0 + at$ より、 $v = 1.0 \text{ m/s} + 3.0 \text{ m/s}^2 \times 2.0 \text{ s} = 7.0 \text{ m/s}$
- $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ より、 $x = 1.0 \text{ m/s} \times 2.0 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 3.0 \text{ m/s}^2 \times (2.0 \text{ s})^2 = 8.0 \text{ m}$
- 問題2
- $v = v_0 + at$ より、 $0 \text{ m/s} = 10 \text{ m/s} - 2.0 \text{ m/s}^2 \times t$
- $t = \frac{10 \text{ m/s}}{2.0 \text{ m/s}^2} = 5.0 \text{ s}$ よって、 5.0 秒後
- $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ より、 $x = 10 \text{ m/s} \times 5.0 \text{ s} + \frac{1}{2} \times (-2.0 \text{ m/s}^2) \times (5.0 \text{ s})^2 = 25 \text{ m}$
- または、 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ より、 $(0 \text{ m/s})^2 - (10 \text{ m/s})^2 = 2 \times (-2.0 \text{ m/s}^2) \times x$ よって、 $x = 25 \text{ m}$

まとめ

公式解説

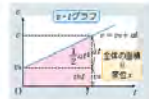
$a = 0 \text{ m/s}^2$ とすれば、 $v = v_0$ 、 $x = v_0 t$ となり、これらは等速直線運動の公式そのものである。

変位 x は、等速で進み続けた場合の変位 ($v_0 t$) に、加速度によって余分に進んだ変位 ($\frac{1}{2} at^2$) を加えたので、 $v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ という式になる。

これは $v-t$ グラフにおいて、全体の面積を長方形の面積 (等速分) と三角形の面積 (加速分) に分けて考えることに等しい。

全体の面積を台形の面積として考えると、 $\frac{1}{2} \times (\text{上底} + \text{下底}) \times \text{高さ} = \frac{v_0 + v}{2} \times t$ と表される。

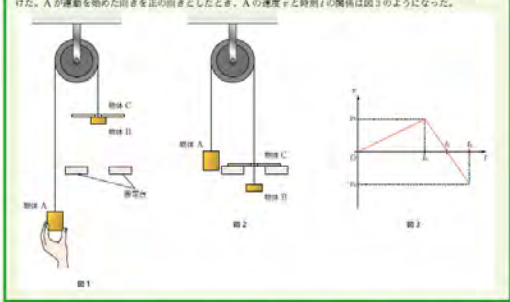
最初と最後の速度を足して2で割った $\frac{v_0 + v}{2}$ は、等加速度直線運動する物体の平均の速度 $\bar{v}$ であり、変位 x は、平均の速度 $\bar{v}$ かかった時間、つまり $x = \bar{v} \times t$ として求めることもできる。 $v = v_0 + at$ を代入して確認してみると、 $x = \frac{v_0 + v}{2} \times t = \frac{v_0 + (v_0 + at)}{2} \times t = \left(v_0 + \frac{1}{2} at \right) \times t = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ となり、教科書に掲載された公式と一致する。



加速度運動のグラフ

物体 A、B が軽い糸で結ばれており、糸は、天井に固定された滑らかに回る軽い滑車にかけられている。B の上には中央に穴の開いた物体 C がのっている。B の下側には中央に空洞のある固定台があり、B はこの台に接触せず、空洞を通り抜けるようになっている。

図 1 のように、A を手で静止させ、時刻 $t=0$ s で A を静かにはずすと、B と C は一体となって下落し、A は上昇した。C の下側が固定台の上側に通じたとき、C は固定台によって取り除かれたが、A と B はその後も運動を続けた。A が運動を始めた向きを正の向きとしたとき、A の速度 v と時刻 t の関係は図 2 のようになった。



(1) 次の文章中の空欄 、 に当てはまる組み合わせとして最も適切なものを、下の選択肢①～⑧のうちから 1 つ選べ。

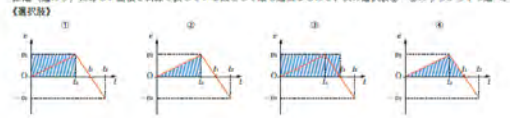
物体 A の運動について、物体 A が最高点に達する時刻は $t=$ であり、加速度の向きが変わる時刻は $t=$ である。

《選択肢》

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	2	2	4	4	4	4	2	2
イ	上	上	上	上	上	上	下	下

(2) $t=0$ から物体 C が固定台によって取り除かれるまでの物体 A の運動について考える。このとき、物体 A の移動した距離 (道のり) に等しい面積を斜線で表している図として最も適切なものを、次の選択肢①～④のうちから 1 つ選べ。

《選択肢》

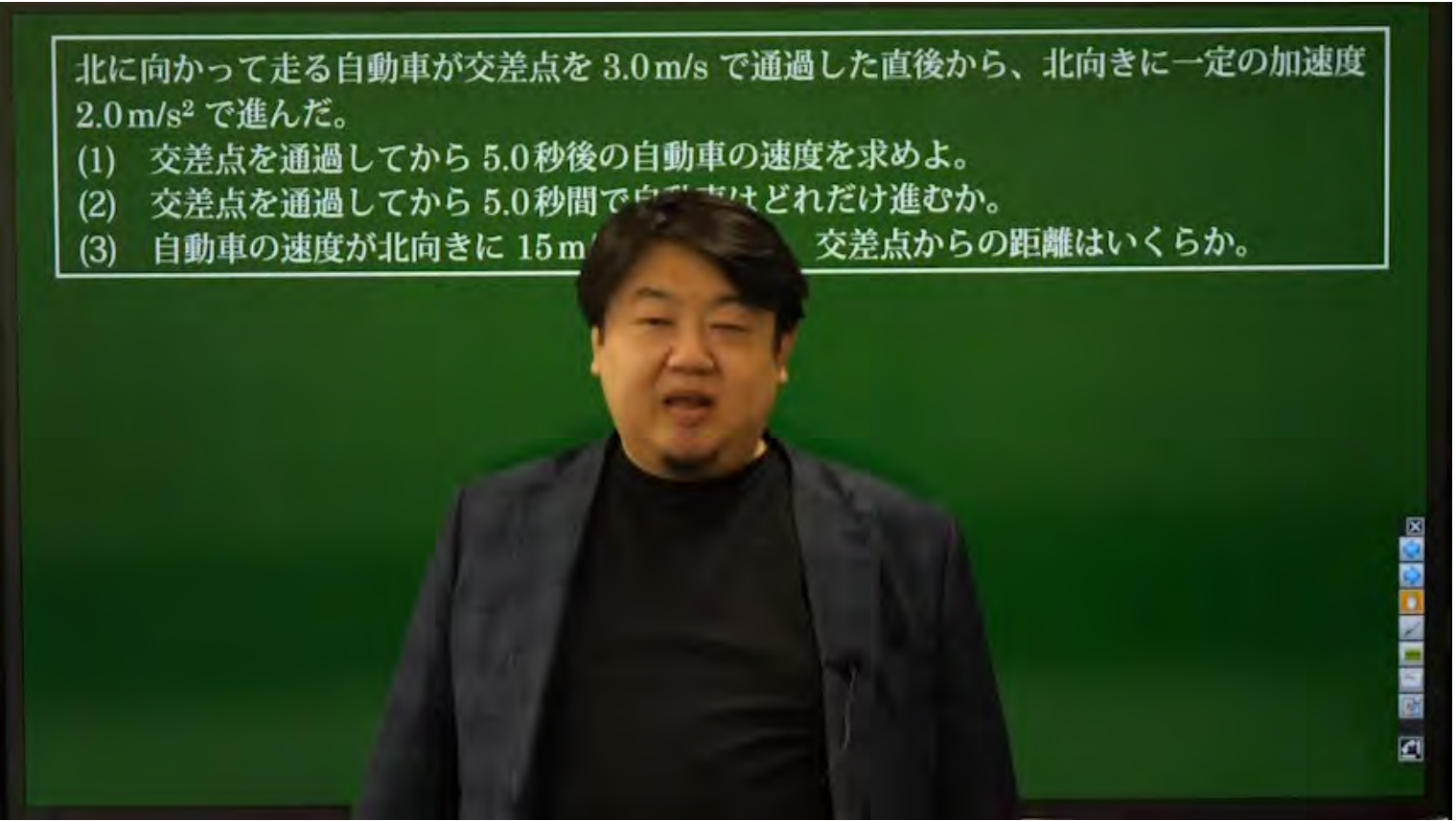


北に向かって走る自動車が交差点を 3.0 m/s で通過した直後から、北向きに一定の加速度 2.0 m/s^2 で進んだ。

(1) 交差点を通過してから 5.0 秒後の自動車の速度を求めよ。

(2) 交差点を通過してから 5.0 秒間で自動車はどれだけ進むか。

(3) 自動車の速度が北向きに 15 m/s になったとき、交差点からの距離はいくらか。



公式チェック

- 問題1 ゴールを自由落下させてから3.0秒後のゴールの速さは何 m/s か。また、この3.0秒間でゴールの落下距離は何 m か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、空気抵抗はないものとする。
- 問題2 小石を自由落下させてから、小石の速さが 6.0 m/s になるまでの落下距離は何 m か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、空気抵抗はないものとする。

解答解説

問題1

$$v = gt \text{ より、}$$
$$v = 9.8 \text{ m/s}^2 \times 3.0 \text{ s} = 29.4 \text{ m/s} \approx 29 \text{ m/s}$$
$$y = \frac{1}{2}gt^2 \text{ より、}$$
$$y = \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times (3.0 \text{ s})^2 = 44.1 \text{ m} \approx 44 \text{ m}$$

問題2

$$v^2 = 2gy \text{ より、}$$
$$(6.0 \text{ m/s})^2 = 2 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times y$$

したがって、

$$y = \frac{(6.0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.8 \text{ m/s}^2} \approx 1.8 \text{ m}$$

公式チェック

- 問題1 ゴールを鉛直下向きに 2.5 m/s で投げ下ろしてから4.0秒後のゴールの速さは何 m/s か。また、この4.0秒間でゴールの落下距離は何 m か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、空気抵抗はないものとする。
- 問題2 小石を鉛直下向きに 3.0 m/s で投げ下ろしてから、小石の速さが 8.0 m/s になるまでの落下距離は何 m か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、空気抵抗はないものとする。

解答解説

問題1

鉛直下向きを正とすると、 $v = v_0 + gt$ より、

$$v = 2.5 \text{ m/s} + 9.8 \text{ m/s}^2 \times 4.0 \text{ s} = 41.7 \text{ m/s} \approx 42 \text{ m/s}$$
$$y = v_0t + \frac{1}{2}gt^2 \text{ より、}$$
$$y = 2.5 \text{ m/s} \times 4.0 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times (4.0 \text{ s})^2 = 88.4 \text{ m} \approx 88 \text{ m}$$

問題2

鉛直下向きを正とすると、 $v^2 - v_0^2 = 2gy$ より、

$$(8.0 \text{ m/s})^2 - (3.0 \text{ m/s})^2 = 2 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times y$$

したがって、

$$y = \frac{(8.0 \text{ m/s})^2 - (3.0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.8 \text{ m/s}^2} \approx 2.8 \text{ m}$$

公式エッセンス

問題1 小球を速さ v_0 (m/s) で鉛直上向きに投げ上げてから最高点に達するまでの時間は何 s か。また、投げ上げてから最高点に達するまでの小球の移動距離は何 m か。重力加速度の大きさを g (m/s²) とし、空気抵抗はないものとする。

問題2 ボールを鉛直上向きに 7.0 m/s で投げ上げてから、ボールの速さが鉛直上向きに 1.0 m/s となるまでの上昇距離は何 m か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s² とし、空気抵抗はないものとする。

解答解説

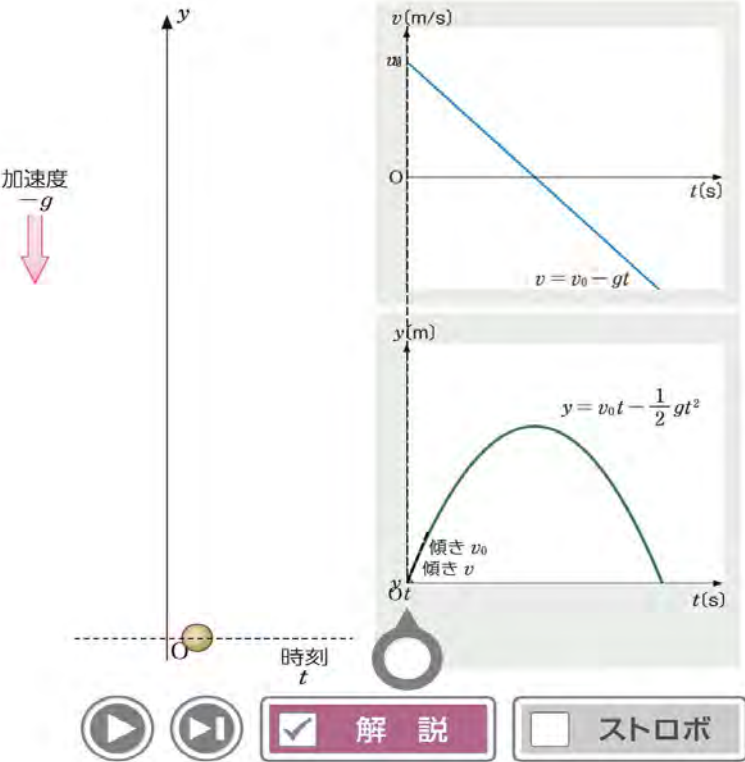
問題1

最高点では、小球の速さは 0 m/s になる。鉛直上向きを正とすると、 $v = v_0 - gt$ より、
 $0 = v_0 - gt$
したがって、
 $t = \frac{v_0}{g}$ (s)

$y = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2$ より、
 $y = v_0 \times \frac{v_0}{g} - \frac{1}{2} g \times \frac{v_0^2}{g^2} = \frac{v_0^2}{2g}$ (m)

問題2

鉛直上向きを正とすると、 $v^2 - v_0^2 = -2gy$ より、
 $(1.0 \text{ m/s})^2 - (7.0 \text{ m/s})^2 = -2 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times y$
したがって、
 $y = \frac{(7.0 \text{ m/s})^2 - (1.0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.8 \text{ m/s}^2} \approx 2.4 \text{ m}$



鉛直投げ上げ運動の位置

図のように、点Oから鉛直上向きに小球を投げ上げたところ、点Aまで上昇し、その後下落して再び点Oに戻ってきた。点Oと点Aの中間点を点Bとする。この小球の運動について述べている文章として適切なものを、下の選択肢①～⑤のうちから2つ選べ。ただし、空気の抵抗は無視できるものとする。



《選択肢》

① 小球が上昇中、BA間を移動する時間とOB間を移動する時間は等しい。

② 小球が上昇中、BA間を移動する時間の方が、OB間を移動する時間よりも長い。

③ 小球が上昇中、BA間を移動する時間の方が、OB間を移動する時間よりも短い。

④ 小球が上昇中にOA間を移動する時間と下落中にAO間を移動する時間は等しい。

⑤ 小球が上昇中にOA間を移動する時間の方が、下落中にAO間を移動する時間よりも長い。

⑥ 小球が上昇中にOA間を移動する時間の方が、下落中にAO間を移動する時間よりも短い。

1章 まとめ

1 速さ・速度

速さ
単位時間あたりの移動距離。

$v \text{ (m/s)}$

$v \text{ (m/s)} = \frac{x \text{ (m)}}{t \text{ (s)}}$

速度
速さと運動の向きを合わせてもつ量。

$v_1 \text{ (m/s)}$
 $v_2 \text{ (m/s)}$
 $v_3 \text{ (m/s)}$

変位
移動距離と移動した向きを合わせてもつ量。

$x_1 \text{ (m)}$
 $x_2 \text{ (m)}$
 $x_3 \text{ (m)}$

等速直線運動
向きも速さも変化しない運動。

$v \text{ (m/s)}$

2 合成速度・相対速度

合成速度

$v_1 + v_2$

2つの動くものの速度を足し合わせた速度。

相対速度

v_1
 v_2

動いている状態で別の動くものを見たときの、見た目の速度。

3 加速度・等加速度直線運動

加速度
単位時間あたりの速度の変化。

$a \text{ (m/s}^2\text{)}$

$a \text{ (m/s}^2\text{)} = \frac{v_2 - v_1 \text{ (m/s)}}{t_2 - t_1 \text{ (s)}}$

等加速度直線運動
一定の加速度での直線運動。

0秒 $v_0 \text{ (m/s)}$ $x_0 \text{ (m)}$
 t_1 秒 $v_1 \text{ (m/s)}$ $x_1 \text{ (m)}$
 t_2 秒 $v_2 \text{ (m/s)}$ $x_2 \text{ (m)}$
 t 秒 $v \text{ (m/s)}$ $x \text{ (m)}$

t 秒後の速度 $v = v_0 + at$ t 秒後の変位 $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$

4 自由落下と水平投射

自由落下
重力だけがはたらいて、加速度の大きさで $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ で落下する物体の運動。

0秒 0 m/s
1秒後 9.8 m/s
 t 秒後 $v \text{ (m/s)}$

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$
 t 秒後の速度 $v = gt$

水平投射
初速度方向は自由落下

水平方向は等速直線運動

斜方投射
初速度方向は鉛直上向きに物体と向き運動

水平方向は等速直線運動

32 1章 1章 運動の性質

動いている。水平投射では初速度方向には自由落下するた。地面に届くまでの時間は水平方向の初速度によらず同じになる。

別紙-031



2力の合力を作図せよ。



操作説明

リセット

☐ 補助線

問題を変更する

✓ 判定

別紙-032



力を破線で示す2方向に分解せよ。



操作説明

リセット

☐ 補助線

問題を変更する

✓ 判定

別紙-033

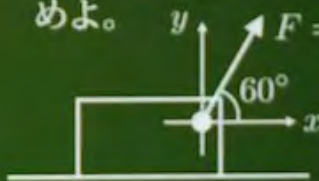
(1) 次の2力を合成し、合力を描け。



(2) 次の力を破線の方方向に分解し、分力を描け。



(3) 次の力 F の x 成分、 y 成分の大きさをそれぞれ求めよ。



別紙-034

公式于エック

問題

ばね定数 60 N/m のばねが次の状態のとき、このばねの弾性力の大きさは何 N か。

(1) 0.20 m 伸びている。
(2) 0.40 m 縮んでいる。

解答

(1) $F = kx$ より、
 $F = 60 \text{ N/m} \times 0.20 \text{ m} = 12 \text{ N}$

(2) $F = kx$ より、
 $F = 60 \text{ N/m} \times 0.40 \text{ m} = 24 \text{ N}$

※ばねが伸びているが縮んでいるかに関わらず、弾性力の大きさは同じ公式で求めることができる。
※弾性力の大きさでは、ばねの伸び(縮み)に比例する。(1)のばねの縮みは、(2)のばねの伸びの2倍であるから、弾性力の大きさも2倍となる。

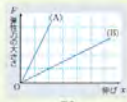
問題

$F = kx$ より、
 $45 \text{ N} = k \times 0.30 \text{ m}$

したがって、
 $k = \frac{45 \text{ N}}{0.30 \text{ m}} = 1.5 \times 10^2 \text{ N/m}$

弾性力の特徴と性質

問1 2本のばねAとBがある。これらのばねにおもりをつるし、ばねの伸びと弾性力の大きさを調べたところ、図2のような関係が得られた。次の文章中の空欄【ア】【イ】に当てはまる組み合わせとして最も適切なものを、下の選択肢①～④のうちから1つ選べ。



3本のばねのうち、ばね定数大きいのは【ア】である。また、ばね定数の大きなばねは、ばね定数の小さなばねに比べて【イ】。

《選択肢》

	ア	イ
①	ばねA	伸びやすい
②	ばねA	伸びにくい
③	ばねB	伸びやすい
④	ばねB	伸びにくい

問2 軽いばねを天井からつるし、その先端におもりを付けた。自然の長さの状態から、右図のように指でおもりの下側を支え、力のつり合いを保ちながら下降させたところ、ある位置でおもりが指から離れた。



下降中のおもりにはたらく力について述べた次の文章中の空欄【ア】～【イ】に当てはまるものとして最も適切なものを、下の選択肢①～④のうちから1つ選べ。必要があれば、同じ選択肢を何度用いてもよい。

おもりがばねから受ける力（弾性力）の向きは鉛直【ア】向きであり、その大きさは【イ】。また、おもりが指から受ける力の向きは鉛直【ア】向きであり、その大きさは【イ】。

《選択肢》

① 上	② 下	③ 下降とともに大きくなる	④ 下降とともに小さくなる	⑤ 下降しても変化しない
-----	-----	---------------	---------------	--------------



メニューへ

実験2 力と加速度の関係

【記録タイマーと記録テープ】 操作説明

【記録タイマーと記録テープ】 結果例

【距離センサ】 操作説明

【距離センサ】 結果例

メニューへ

実験3 質量と加速度の関係

【記録タイマーと記録テープ】 操作説明

【記録タイマーと記録テープ】 結果例

【距離センサ】 操作説明

【距離センサ】 結果例

公式チエック

- 問題 質量 10 kg の物体が運動している。
- (1) この物体の加速度の大きさが 4.5 m/s^2 であるとき、物体が受けている力の大きさは何 N か。
- (2) この物体が大きさ 7.0 N の力を受けているとき、物体の加速度の大きさは何 m/s^2 か。
- 問題 右向きに運動している質量 4.0 kg の物体が左向きに大きさ 8.0 N の力を受けているとき、この物体の加速度の大きさは何 m/s^2 か。また、その向きはどちら向きか。

解答解説

- 問題 (1) $ma = F$ より、
 $F = 10 \text{ kg} \times 4.5 \text{ m/s}^2 = 45 \text{ N}$
- (2) $ma = F$ より、
 $10 \text{ kg} \times a = 7.0 \text{ N}$
したがって、
 $a = \frac{7.0 \text{ N}}{10 \text{ kg}} = 0.70 \text{ m/s}^2$

- 問題 (2) 右向きを正とすると、 $ma = F$ より、
 $4.0 \text{ kg} \times a = -8.0 \text{ N}$
したがって、
 $a = \frac{-8.0 \text{ N}}{4.0 \text{ kg}} = -2.0 \text{ m/s}^2$
以上より、加速度の大きさは 2.0 m/s^2 、向きは左向き

※加速度と力には向きがある。大きさだけでなく向きを考える場合は、正の向きに注意して、加速度 a と力 F には正負を改めて値を代入する。

もっと知ろう! 公/式/解/説

地面を蹴ってジャンプをするとき、人は上向きに動くが、地球は動いていないように感じる。この事実を運動方程式で考えてみよう。

地球の質量を m (kg)、地面を蹴った力を F (N) とすると、地球に生じる加速度 a (m/s^2) は、
 $a = \frac{F}{m}$
となる。 m は十分に大きい*ため、 a はほぼ 0 となる。よって、地球はほとんど動かないことがわかる。

* $\frac{1}{1000} \approx 0.001$ 、 $\frac{1}{10000} \approx 0.0001$ と分母が大きくなると、値は 0 に近づく。

運動方程式は、ここで紹介した地球のように質量が大きい物体にも、原子のように質量が小さい物体にも成り立つ法則である。

運動方程式の意味

水平面上に置かれた力学台車に水平方向に力を加えて一定の距離を動かすレースを考える。スタート地点を速さ v で同時に出発したとして、先にゴール地点に到達するのはどれか。最も速いものを、下の選択肢①～⑤のうちから 1 つ選べ。ただし、使用する力学台車は全て同じ質量であり積み上げて用いることも可能で、運動中に落下することはない (例えば、③は力学台車を 3 つ積み上げている)。スタートからゴールに至るまでの間、力学台車に加えた力の大きさは変わらず、水平面と力学台車との間の摩擦は無視できるものとする。

《選択肢》 スタート ゴール

① 

② 

③ 

④ 

⑤ 

物理基礎
力学問題

公式チェック

- 問題1 質量 $1.0 \times 10^2 \text{ g}$ の物体にはたらく重力の大きさは何 N か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。
- 問題2 はたらく重力の大きさが $4.9 \times 10^2 \text{ N}$ となる物体の質量は何 kg か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

解答解説

- 問題1
 $W = mg$ より、
 $W = 0.10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 0.98 \text{ N}$
- ※質量 1 kg の物体が大きさ 1 m/s^2 の加速度で運動するときに受ける力の大きさが 1 N であり、 $[\text{N}] = (\text{kg} \cdot \text{m/s}^2)$ が成り立つ。したがって、力が何 N かを求める場合は、質量の単位を kg に変換する必要がある。
- 問題2
 $W = mg$ より、
 $4.9 \times 10^2 \text{ N} = m \times 9.8 \text{ m/s}^2$
したがって、
 $m = \frac{4.9 \times 10^2 \text{ N}}{9.8 \text{ m/s}^2} = 5.0 \times 10^2 \text{ kg}$

公式チェック

- 問題1 物体が水平な床に置かれており、物体は床から鉛直上向きに垂直抗力を受けている。この力と作用・反作用の関係にある力は何の物体がどの物体から受ける力か。[○が△から受ける力]と答えよ。また、この力の向きはどちら向きか。
- 問題2 体重 40 kg の子ども A さんと、体重 70 kg の大人 B さんが互いの手を合わせて押し合っている。以下の説明の正誤を答えよ。
(1) A さんが B さんを水平右向きに押しているとき、B さんが A さんを押す力は水平左向きである。
(2) A さんが B さんを押す力よりも、B さんが A さんを押す力の方が強い。

解答解説

- 問題1
物体が床から受ける力と作用・反作用の関係にある力は、床が物体から受ける力である。作用・反作用の法則より、作用・反作用の関係にある力は互いに逆向きである。したがって、床が物体から受ける力の向きは鉛直下向きである。
- 問題2
(1) 「A さんが B さんを押す力」と「B さんが A さんを押す力」は作用・反作用の関係にある。したがって、作用・反作用の法則より、これらの力は逆向きであるから、説明は正しい。
(2) 作用・反作用の法則より、「A さんが B さんを押す力」と「B さんが A さんを押す力」の大きさは等しい。したがって、説明は誤っている。

イメージしよう

街中のワンシーンを「作用・反作用の法則」で考察してみた

人混みの中で、すれ違う人と肩がぶつかってしまったでしょう。このワンシーンを「作用・反作用の法則」で考察してみる。

①体格差などから自分と相手が受けた力の大きさを比べたくなるが、両者にはたらく力の大きさは等しく、この点において差異はない（どちらかが大きいということはない）。



① 肩がぶつかってしまったとき

②どちらが先にぶつかったのかとトラブルの原因を追究したくなるが、自分にも相手にも肩がぶつかったと同時に力ははたらくため、どちらが先かの特定をすることはできない。この点において「どっちもどっち」である。

*「作用・反作用の法則」に因果関係（原因と結果）を求めることはできない。



ニュートン力学の勝利

地上でも宇宙でも成り立つ法則
ニュートン力学

イギリスのニュートンは、自然哲学の数学的原理「プリンキピア」(1687年)のなかで、物体の運動と力の関係を数学を用いて体系立てて説明した。このニュートン力学と呼ばれる法則によれば、物体の質量と物体にはたらく力が決まると、物体に生じる加速度が決定され、その後の物体の運動を予測することができる。逆に物体に加速度が生じたとき、物体には力がはたらくていてとわかる。

例えば、りんごが地上に落下(加速度運動)することから、りんごには地面に向かう力がはたらくていなければならない。りんごの落下地点は計算できても、タンポポの綿毛がいつどこに落ちるかを予測することは極めて難しい。しかし、これも原理的には、綿毛にはたらくすべての力がわかれば、その落下地点も予測できると考えられる。

地上で成り立つ法則が宇宙でも成り立つと考えれば、38万kmかなたの月にも、地球に向かう力がはたらくべきである。とすれば、月がまっすぐに進まずに地球に向かって曲がる軌道を画くことがうまく説明できる。同様に、火星が太陽のまわりを回ることから、火星の進行方向を太陽の側に曲げる力が、火星にはたらくていことがわかる。同じ物理法則が太陽にも成り立つとすれば、太陽には火星が引かれる力がはたらくていはずである。

このように、すべての物体には離れていても引き合う力(万有引力)といふ、地上の重力の原因となっている力がはたらくてい。ニュートン力学は、地上にいたが宇宙の天体にはたらく力まで推測でき、天文学界や国際宇宙ステーションに物資を送るHIV(宇宙ステーション補給機)の軌道計算などに利用されている。

新たな惑星の発見
175年分の思いをのせて

ニュートン力学の正しさを人類に確信させたのは、海王星の発見である。

1781年に発見された天王星は、観測により土星よりも外側の軌道を回っていることがわかった。ところが、天王星の動きがニュートン力学の計算どおりにならないこともわかってきた。この説明の1つとして、天王星よりも外側に未知の惑星があり、これが天王星の軌道を乱しているとの観測がされた。フランスのルベリエは未知の惑星の軌道を予測する計算を行い、そのあるべき位置を割り出した。1846年9月、ベルリン天文台のガレに自分の計算結果を手紙で送り、未知の惑星の捜索を依頼した。手紙の計算位置に望遠鏡を向け観測を始めたガレは、間もなく、計算どおりの位置に未知の惑星

(海王星)を見つけた。まさにニュートン力学の勝利であった。

1977年に打ち出された太陽系惑星探査機ボイジャーは、木星、土星、天王星、海王星に次々と接近し、それらの写真撮影に成功した。この打ち上げのタイミングも、軌道も、ニュートン力学により精密に計算されたものである。これらの惑星にすべて接近し、最終的には太陽系外に飛び出すために、これらの惑星の引力や運動をうまく利用して、より遠くまで到達できるタイミングと軌道を、計算から決定したのである。この軌道に乗せる機会は、175年に一度だけといわれる。ボイジャー打ち上げの175年前、人類はまだ海王星の存在に気がついておらず、宇宙に飛び出す技術もなかった。

175年後、人類はどのような宇宙探査をしているのだろうか。そのときにも、ニュートン力学に基づく軌道計算がされているのだろうか。



次の各物体にはたらく力すべてを矢印で図中に記入せよ。また、その力の名称も記入せよ。

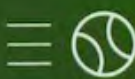
(1) 自由落下するボール (2) 机の上に静止する消しゴム (3) ばねで支えられ静止するおもり





次の物体にはたらく力をすべて描け。

① 空中を飛んでいるボールにはたらく力 ② 積み木を2つ重ねたときの、下の積み木にはたらく力




イメージしよう

童話「おおきなかぶ」で静止摩擦力を理解しよう

引っ張る力を大きくしていても、力がある程度の大きさになるまでは「かぶ」は抜けない。これは、地面から「かぶ」に静止摩擦力がはたらき、加えた力とつり合うためである。



① おじいさんがかぶを引っ張る



② 2人でかぶを引っ張る

おじいさんが1人で引っ張っても「かぶ」が抜けないとき、おじいさん1人の引っ張る力と静止摩擦力がつり合っている。

より大きな力で引っ張るために、おじいさんとおばあさんが2人で引っ張っても「かぶ」が抜けなかったとする。このとき、おじいさんとおばあさん2人の引っ張る力と静止摩擦力がつり合っている。

このように**加えた力の大きさにより静止摩擦力の大きさは変化し、静止摩擦力は一定値をとらない。**



公式チェック

【例1】 水平な粗い床の上に置かれた物体が床から受ける垂直抗力の大きさは 40 N で、物体と床との間の静止摩擦係数は 0.60 である。このとき、物体が床から受ける最大摩擦力の大きさは何 N か。

【例2】 水平な粗い床に置かれた物体が床から受ける垂直抗力の大きさは 60 N で、物体と床との間の静止摩擦係数は 0.70 である。静止した物体に水平方向に外力を加え、外力の大きさを 0 N から少しずつ大きくしていくと、やがて物体が床を滑り出した。物体が床を滑り出す直前の外力の大きさは何 N か。

解答解説

【例1】

$$F_N = \mu N \text{ より、} \\ F_N = 0.60 \times 40\text{ N} = 24\text{ N}$$

【例2】

物体が床を滑り出す直前の外力の大きさは、物体が床から受ける最大摩擦力の大きさと等しい。したがって、
 $F_N = \mu N \text{ より、} \\ F_N = 0.70 \times 60\text{ N} = 42\text{ N}$

斜面における静止摩擦力

ある角度をなす粗い斜面上に物体を置いたところ、物体は斜面上を動くことなく静止した。この物体に図のようにおもりを付け、ゆっくり引くと、おのり力は0から徐々に大きくなった。このとき、物体にはたらく摩擦力 F を縦軸に、おのり力の大きさ T を横軸にしたグラフとして最も適切なものを、下の選択肢①～④のうちから1つ選べ。ただし、摩擦力 F は斜面に沿って上向きを正とし、グラフは物体が動き出すまでのようすを描いているものとする。



【選択肢】

①

②

③

④

⑤

⑥

⑦

⑧

公式チェック

【問1】 水平な粗い床の上を滑っている物体があり、物体が床から受ける垂直抗力の大きさは50 Nで、物体と床との間の動摩擦係数は0.50である。このとき、物体が床から受ける動摩擦力の大きさは何 N か。

【問2】 粗い斜面上を滑っている物体が斜面から受ける動摩擦力の大きさは10 N、垂直抗力の大きさは25 Nであった。このとき、物体と斜面の間の動摩擦係数はいくらか。

解答例

【問1】
 $F = \mu N$ より、
 $F = 0.50 \times 50 \text{ N} = 25 \text{ N}$

【問2】
 $F = \mu N$ より、
 $10 \text{ N} = \mu \times 25 \text{ N}$
したがって、
 $\mu = \frac{10 \text{ N}}{25 \text{ N}} = 0.40$

公式チェック

- 問題1 体積 $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ の金属球が水の中に完全に浸っている。この金属球にはたらく浮力の大きさは何 N か。水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。
- 問題2 底面積 $4.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ 、高さ $4.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ の円柱が、底面から半分の高さまで水に入った状態で浮かんでいる。この円柱にはたらく浮力の大きさは何 N か。水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

解答解説

問題1
 $F = \rho V g$ より、
 $F = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 19.6 \text{ N} \approx 20 \text{ N}$

問題2
水の中に入っている部分の体積 $V \text{ [m}^3\text{]}$ は、円柱全体の体積のうち半分であるから、
 $V = \frac{1}{2} \times 4.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \times 4.0 \times 10^{-2} \text{ m} = 8.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
 $F = \rho V g$ より、
 $F = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 8.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 7.84 \text{ N} \approx 7.8 \text{ N}$

もつと知ろう！

公 / 式 / 解 / 説

- ① ρ は物体の密度ではなく、物体のまわりにある流体（液体や気体）の密度。
[浮力がまわりの流体の密度に関係することの具体例]
プールの水よりも海水の方が塩分を含んでいる分、密度が大きい。このため、プールよりも海の方が人の体は浮きやすい。
- ② V は物体の体積ではなく、流体中にある物体の体積。
[浮力が流体中にある物体の体積に関係することの具体例]
ビーチボールを水に浮かべて指で水中に押し込み、指を離したときのボールの動きを観察する。図1のボールのほうが水中にある部分の体積が大きいので、ボールにはたらく浮力も大きい。指を離したとき、図2のボールのほうが水面に向かって勢いよく運動するのはこのためである。



人を載せたエレベーターが上の階に向かっていて、エレベーターに接続されたロープの引く力 F を次のように変えたとき、エレベーターはどのような運動をするか。人とエレベーターを合わせた質量を $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$ 、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

- (1) $F = 1.0 \times 10^4 \text{ N}$ のとき
(2) $F = 9.8 \times 10^3 \text{ N}$ のとき
(3) $F = 9.4 \times 10^3 \text{ N}$ のとき



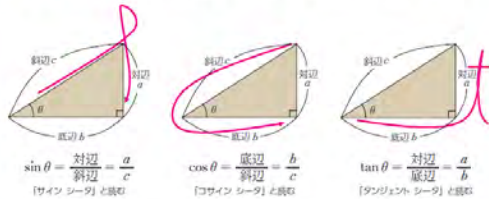
特集

力の成分と三角比

力を互いに垂直な2方向に分解するとき、数学1で学ぶ三角比を用いると、それぞれの力の成分を表すことができる。

ポイント

図のような直角三角形の角度に対して、以下のように定義した辺の比を三角比という。



例えば $\sin \theta$ は、分母が斜辺 c 、分子が対辺 a となっている。そこで、分母から分子へ図のように $\sin$ の頭文字である「s」の筆記体を描くように辺をなぞってみると、位置関係がわかりやすくなる。 $\cos \theta$ 、 $\tan \theta$ も同様に考えることができる。

三角比は「三角関数表」を用いて具体的な値を求めることができる。三角定規に使われている以下の角度(有名角という)の三角比はよく出てくるので、知っておくと便利である。

角度 θ	0°	30°	45°	60°	90°
$\sin \theta = \frac{\text{対辺}}{\text{斜辺}}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos \theta = \frac{\text{隣辺}}{\text{斜辺}}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{2}$	0
$\tan \theta = \frac{\text{対辺}}{\text{隣辺}}$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	

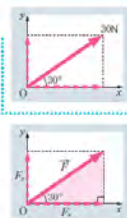
$\tan 90^\circ$ は、定義されない。

直角三角形で1つの辺と1つの角度の大きさが分かれば、残りの辺の長さを三角比を用いて表すことができる。これを利用して、例題を通して、力の成分を求めてみよう。

例題 a 力の成分と三角比①

右図の力の x 成分、 y 成分の大きさを求めよ。 $\sqrt{3} = 1.73$ とする。

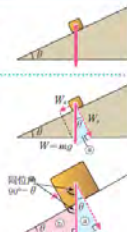
【解説】
30 N の力 F の大きさを F とし、 x 成分を F_x 、 y 成分を F_y とする。図の直角三角形を考えれば
 $\cos 30^\circ = \frac{F_x}{F}$ 、 $\sin 30^\circ = \frac{F_y}{F}$
と表せる。したがって
 $F_x = F \cos 30^\circ$
 $= 30 \text{ N} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 30 \times \frac{1.73}{2} \text{ N} = 25.95 \text{ N} \approx 26 \text{ N}$
 $F_y = F \sin 30^\circ = 30 \text{ N} \times \frac{1}{2} = 15 \text{ N}$



例題 b 力の成分と三角比②

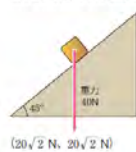
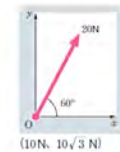
右図のような斜面上にある質量 m の物体にはたらく重力は、重力加速度の大きさを g とすると、 mg となる。重力の斜面に平行な成分と斜面に垂直な成分の大きさを求めよ。

【解説】
重力 mg の斜面に平行な成分を W_x 、斜面に垂直な成分を W_y とする。図の④の直角三角形を考えれば、
 $\sin \theta = \frac{W_x}{mg}$ 、 $\cos \theta = \frac{W_y}{mg}$
と表せる。したがって、
 $W_x = mg \sin \theta$ 、 $W_y = mg \cos \theta$
※右図の④と⑤の直角三角形の角度の関係から、斜面の角度と図の角度 θ は一致することがわかる。



問 a 次の(1)(2)の力の成分の大きさを求めよ。答えはルートをつけたままでよい。

- (1) 図の力の x 成分、 y 成分
(2) 物体にはたらく重力の斜面に垂直な成分と、斜面に平行な成分



公式チエック

【問題1】 質量 30 kg の荷物を一定の速さで鉛直上向きに 1.2 m 持ち上げるのに 0.90 秒かった。このとき、持ち上げる力の仕事率は何 W か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

【問題2】 物体に一定の大きさ F [N] の力を加え、力と同じ向きに一定の速さ v [m/s] で時間 t [s] だけ移動したとき、この力のする仕事は何 J か。また、この力の仕事率は何 W か。

解答解説

【問題1】 一定の速さで持ち上げるから、荷物にはたらく重力と荷物を持ち上げる力がつり合っており、持ち上げる力の大きさ F [N] は、

$$F = 30 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

したがって、 $P = \frac{W}{t}$ より、

$$P = \frac{30 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 1.2 \text{ m}}{0.90 \text{ s}} = 392 \text{ W} \approx 3.9 \times 10^2 \text{ W}$$

【問題2】 移動距離は vt (m) であるから、 $W = Fx$ より、
 $W = Fvt$ (J)

したがって、 $P = \frac{W}{t}$ より、

$$P = \frac{Fvt}{t} = Fv \text{ (W)}$$

公式チェック

- 問題1 速さ 6.0 m/s で運動する質量 5.0 kg の物体がもつ運動エネルギーは何 J か。
- 問題2 質量 100 g のボールを速さ 90 km/h で投げたとき、ボールのもつ運動エネルギーは何 J か。

解答解説

問題1

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \text{ より、}$$
$$K = \frac{1}{2} \times 5.0\text{ kg} \times (6.0\text{ m/s})^2 = 90\text{ J}$$

問題2

質量は 0.100 kg 、速さ 90 km/h は 25 m/s であるから、 $K = \frac{1}{2}mv^2$ より、

$$K = \frac{1}{2} \times 0.100\text{ kg} \times (25\text{ m/s})^2 = 31.25\text{ J} \approx 31\text{ J}$$

※ $[J] = [\text{kg} \cdot (\text{m/s})^2]$ であるから、エネルギーが何 J かを求める場合は、質量の単位を kg に、速さの単位を m/s に変換する必要がある。

公式チェック

- 問題1 基準面からの高さが 2.0 m の位置にある質量 5.0 kg の物体がもつ重力による位置エネルギーは何 J か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。
- 問題2 ビルの屋上に質量 10 kg の薄い板が置いてある。地面からビルの屋上までの高さは 50 m である。
- (1)、(2)それぞれの場合において、この板がもつ重力による位置エネルギーは何 J か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。
- (1) 地面を基準面とする。
- (2) ビルの屋上を基準面とする。

解答解説

問題1

$$U = mgh \text{ より、}$$
$$U = 5.0\text{ kg} \times 9.8\text{ m/s}^2 \times 2.0\text{ m} = 98\text{ J}$$

問題2

(1) 基準面からの高さは 50 m であるから、 $U = mgh$ より、

$$U = 10\text{ kg} \times 9.8\text{ m/s}^2 \times 50\text{ m} = 4.9 \times 10^3\text{ J}$$

(2) 基準面からの高さは 0 m であるから、 $U = mgh$ より、

$$U = 10\text{ kg} \times 9.8\text{ m/s}^2 \times 0\text{ m} = 0\text{ J}$$

※ $U = mgh$ に付ける h は基準面からの高さであり、基準面のとり方によって変わることには注意する。

公式チエック

問題1ばね定数 80 N/m のばねにおもりを取り付けて自然長 (自然の長さ) から 0.10 m 伸ばしたとき、おもりがもつ弾性エネルギーは何 J か。

問題2ばね定数 $1.0 \times 10^3\text{ N/m}$ のばねにおもりを取り付ける。ばねを縮めておもりがもつ弾性エネルギーが $8.0 \times 10^2\text{ J}$ となるようにするとき、ばねの自然長 (自然の長さ) からの縮みは何 m か。

解答欄

問題1

$U = \frac{1}{2} kx^2$ より、

$$U = \frac{1}{2} \times 80\text{ N/m} \times (0.10\text{ m})^2 = 0.40\text{ J}$$

問題2

$U = \frac{1}{2} kx^2$ より、

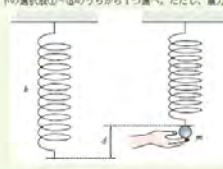
$$8.0 \times 10^2\text{ J} = \frac{1}{2} \times 1.0 \times 10^3\text{ N/m} \times x^2$$

したがって、

$$x = \sqrt{\frac{2 \times 8.0 \times 10^2\text{ J}}{1.0 \times 10^3\text{ N/m}}} = \sqrt{(4.0\text{ m})^2} = 4.0\text{ m}$$

位置エネルギーとは何か

図のように、ばね定数 k の軽いばねを天井からつり下げ、質量 m の小物体を手で下からばねに押し当て、ばねを自然の長さから鉛直上向きに d だけ縮めた。この状態から小物体を支える手を離すと、重力とばねの力により、小物体は初速度 0 で鉛直下向きに運動を始めた。小物体は、ばねが自然の長さに達した後に、ばねから離れて、落下運動をした。ばねが自然の長さに達するまでの、重力が小物体にした仕事を W_1 、ばねの力が小物体にした仕事を W_2 とし、ばねが自然の長さに達した瞬間の小物体の運動エネルギーを K とする。 W_1 、 W_2 、 K の間に成り立つ関係式として最も適切なものを、下の選択肢①～④のうちから1つ選べ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。



《選択肢》

① $K = W_1 + W_2$

② $K = W_1 - W_2$

③ $K = mgd + W_1 + W_2$

④ $K = mgd + W_1 - W_2$

⑤ $K = \frac{1}{2} k d^2 + W_1 + W_2$

⑥ $K = \frac{1}{2} k d^2 + W_1 - W_2$

⑦ $K = mgd + \frac{1}{2} k d^2 + W_1 + W_2$

⑧ $K = mgd + \frac{1}{2} k d^2 + W_1 - W_2$

メニューへ

実験4 運動エネルギーと位置エネルギーが同時に変化する運動

【自由落下】操作説明



【自由落下】結果例



【振り子】操作説明



【振り子】結果例



公式エッセンス

【問題1】 傾いた斜面の上の点Pにおいて小球を静かにはなす。小球は斜面上を運動し、斜面上の点Qを通過した。点Qを基準とした点Pの高さは5 mである。点Qでの小球の速さは何 m/s か。重力加速度の大きさを 10 m/s^2 とする。

【問題2】 傾いた水平面に置いた質量 5.0 kg の物体に、ばね定数 80 N/m の軽いばねの一端を取り付け、ばねが水平で自然長(自然の長さ)となるように他端を固定する。ここで、物体に対してばねが縮む向きに、ばねに沿って大きさ 9.0 m/s の初速度を与える。ばねが最も縮んで物体の速度が 0 m/s となるときばねの縮みは何 m か。

解答解説

【問題1】 小球が斜面から受ける垂直抗力は、運動方向に対して常に垂直で仕事をしないので、仕事をするのは重力のみとなり、力学的エネルギーは保存される。小球の質量を $m \text{ [kg]}$ 、点Qでの小球の速さを $v \text{ [m/s]}$ 、重力加速度の大きさを $g \text{ [m/s}^2]$ とし、点Qを通る水平面を重力による位置エネルギーの基準面とすると、

$$K + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = \text{一定より、}$$
$$\frac{1}{2}m \times (0 \text{ m/s})^2 + mg \times 5 \text{ m} = \frac{1}{2}mv^2 + mg \times 0 \text{ m}$$

この式を v について解き、 $g = 10 \text{ m/s}^2$ を代入すると、

$$v = \sqrt{2 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 5 \text{ m}} = \sqrt{(10 \text{ m/s})^2} = 10 \text{ m/s}$$

【問題2】 物体にはたらく重力および物体が水平面から受ける垂直抗力は運動方向に対して常に垂直で仕事をしないので、仕事をするのは弾性力のみとなり、力学的エネルギーは保存される。

$$K + U = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \text{一定より、求める縮みを } x \text{ [m] とすると、}$$
$$\frac{1}{2} \times 5.0 \text{ kg} \times (9.0 \text{ m/s})^2 + \frac{1}{2} \times 80 \text{ N/m} \times (0 \text{ m})^2 = \frac{1}{2} \times 5.0 \text{ kg} \times (0 \text{ m/s})^2 + \frac{1}{2} \times 80 \text{ N/m} \times x^2$$

したがって、

$$x = 9.0 \text{ m/s} \times \sqrt{\frac{5.0 \text{ kg}}{80 \text{ N/m}}} = \frac{9.0 \text{ m/s}}{\sqrt{(4.0 \text{ /s})^2}} = \frac{9.0 \text{ m/s}}{4.0 \text{ /s}} = 2.25 \text{ m} \approx 2.3 \text{ m}$$

初速度 0 m/s の状態で、高さ 10 m の斜面から水平面へ自転車で下りる場合を考える。ただし、人と自転車を合わせた質量を 80 kg、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(1) ブレーキをかけずに下りると、水平面での自転車の速さはいくらになるか。ただし、摩擦はないとする。

(2) 実際は、水平面での自転車の速さが減った。このとき、失われた力学的エネルギーはいくらになるか。



3章 まとめ

1 仕事

仕事 物体に力を加えて移動させたとき、「力は物体に仕事をした」と考える。このときの仕事の大きさは次のように決める。

仕事 $W[\text{J}] = \text{移動した方向に加えた力 } F[\text{N}] \times \text{移動した距離 } x[\text{m}]$



$W[\text{J}] = F[\text{N}] \times x[\text{m}]$



$W[\text{J}] = F\cos\theta[\text{N}] \times x[\text{m}]$

仕事の原理 物体を同じように動かすには、どのような方法を使っても結局は同じだけの仕事が必要になる。

仕事率 単位時間あたりにする仕事。

仕事率 $P[\text{W}] = \frac{W[\text{J}]}{t[\text{s}]}$

2 力学的エネルギー

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

$U = \frac{1}{2}kx^2$ k :ばね定数

力学的エネルギー 運動エネルギーと位置エネルギーを足したものを、

力学的エネルギー $= \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}kx^2 = \text{一定}$

力学的エネルギー保存の法則 物体に重力や弾性力だけが仕事をする運動では力学的エネルギーは一定に保たれる。

運動エネルギーと仕事 運動エネルギーの変化はその物体がされた仕事と等しい。

$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = W$

エネルギー保存の法則 力学的エネルギーが保存されていない場合でも、摩擦によって生じる熱などのすべてのエネルギーを考慮したエネルギーの合計は常に一定に保たれる。

90 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100



公式チェック

容器に冷水を入れて全体の温度が一定になったあと、水の中に熱した鉄球を入れたところ、やがて全体の温度が一定になった。このときの熱の移動について説明した次のア～ウの文のうち正しいものはどれか。外部との熱のやり取りはなかったものとする。

ア 鉄球は熱量を失った。

イ 鉄球は熱量を得た。

ウ 鉄球は熱量を失っても得てもいない。

温度の異なる物体を接触させたときに、やがて熱平衡に達し、温度は一定になる。このときの熱のやり取りについて説明した次のア～エの文のうち正しいものはどれか。外部との熱のやり取りはないものとする。

ア 低温の物体が失った熱量と、高温の物体が得た熱量は等しい。

イ 低温の物体が失った熱量と、高温の物体が失った熱量は等しい。

ウ 低温の物体が得た熱量と、高温の物体が得た熱量は等しい。

エ 低温の物体が得た熱量と、高温の物体が失った熱量は等しい。

解答解説

問題1

低温の容器＋水と高温の鉄球の間で熱の移動が起こり、熱平衡に達した。このとき、鉄球は熱量を失い、容器＋水は熱量を得ている。よって、正しいのはアである。

問題2

高温の物体から低温の物体へ熱が移動し、一定の温度になる。このとき、高温の物体が失った熱量と、低温の物体が得た熱量は等しい。これも熱量の保存という。よって、正しいのはエである。

発泡スチロール容器

温度計

銅

鉄

アルミニウム

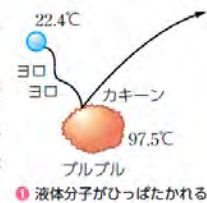
台はかり

イメージしよう

小さな世界では何が起きているのか

試料が銅の場合を例にとって、小さな世界では何が起きているのかをイメージしてみよう。

高温の固体（銅）原子は激しく振動しており、低温の液体（水）分子は元気がなく泳いでいる。両者が接触すると、固体原子の振動により液体分子は引っぱたかれて「カキーン」と飛んでいく。これは、固体原子の振動のエネルギーの一部が液体分子の運動エネルギーとして受け渡されたことを表している。小さな世界におけるエネルギーのやりとりはこのようにイメージできる。また、固体原子の振動が弱まったことを温度が下がった、液体分子の動きが活発になったことを温度が上がったと表現する。両者が同じ温度になると、エネルギーのやりとりがなくなる。この状態を熱平衡という。



公式チェック

- 問題1 水 100 g の温度を 20 °C 上げるのに必要な熱量は何 J か。水の比熱容量を $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ とする。
- 問題2 鉄 50 g に 900 J の熱量を与えたとき、温度は何 °C 上昇するか。鉄の比熱容量を $0.45 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ とする。

解答解説

問題1
 $Q = mc\Delta T$ より、
 $Q = 100 \text{ g} \times 4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K}) \times 20 \text{ K} = 8.4 \times 10^3 \text{ J}$
 ※ 1 °C $\approx$ 1 K だが、温度の増えとつたときの値は等しくなる。

問題2
 $Q = mc\Delta T$ より、
 $900 \text{ J} = 50 \text{ g} \times 0.45 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K}) \times \Delta T$
 したがって、
 $\Delta T = \frac{900 \text{ J}}{50 \text{ g} \times 0.45 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})} = 40 \text{ K}$
 よって、40 °C

もっと知ろう！

公/式/解/説

高真空の鉄球を海の中に入れても、海全体の温度はほとんど変わらない。この事実を熱量と比熱容量の関係式で考えてみよう。

質量 $m \text{ (g)}$ 、比熱容量 $c \text{ [J/(g} \cdot \text{K)]}$ の物体に熱量 $Q \text{ (J)}$ を与えたときの温度変化 $\Delta T \text{ (K)}$ は、

$$\Delta T = \frac{Q}{mc}$$

となる。海全体の質量 m は十分に大きい*から ΔT はほぼ 0 となるため、海全体の温度はほとんど変わらないことがわかる。

* $\frac{1}{1000} = 0.001$ 、 $\frac{1}{10000} = 0.0001$ と分母が大きくなると、値は 0 に近づく。

物理ではこのような極端な状況を考えることで、与えられた関係式を定性的に理解しやすくなることが多い。

比熱容量（比熱）の定性的理解

問1 氷を氷の状態から一定の割合で熱を加え溶めたところ、図のように温度が変化した。下の文章中の空欄「ア」、「イ」に当てはまる組み合わせとして最も適切なものを、下の選択肢①～⑤のうちから1つ選べ。

図1 氷を氷の状態から一定の割合で熱を加え溶めたところ、図のように温度が変化した。下の文章中の空欄「ア」、「イ」に当てはまる組み合わせとして最も適切なものを、下の選択肢①～⑤のうちから1つ選べ。

区間Aと区間Bでは温度が変化しなかった。これは加えた熱が「ア」に変われるためである。グラフの傾きが、固体状態のときより液体状態のときの方が小さいので、比熱容量（比熱）は液体状態の方が「イ」ことがわかる。

《選択肢》

	ア	イ
①	分子どうしの結びつきを弱めたり切ったりする	大きい
②	分子どうしの結びつきを強めたり切ったりする	小さい
③	化学反応を引き起こす	大きい
④	化学反応を引き起こす	小さい
⑤	全体の分子の数を増やす	大きい
⑥	全体の分子の数を増やす	小さい

公式于エック

問1 気体に40 Jの熱を加えながら、気体を圧縮して60 Jの仕事をしたとき、気体の内部エネルギーの変化は何Jか。加えた熱はすべて気体が吸収し、加えた熱と圧縮による仕事のほかには、気体と外部とのエネルギーのやり取りはないものとする。

問2 気体が500 Jの仕事をしたとき、この気体の内部エネルギーは800 J増加した。このとき、気体が吸収した熱量は何Jか。

解答解説

問1 $\Delta U = Q + W$ より、
 $\Delta U = 40 \text{ J} + 60 \text{ J} = 100 \text{ J}$

問2 $\Delta U = Q + W$ より、
 $800 \text{ J} = Q + 500 \text{ J}$
したがって、
 $Q = 800 \text{ J} - 500 \text{ J} = 300 \text{ J}$

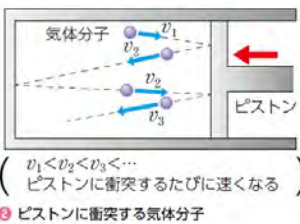
※「物体に加えた熱量」と「物体が吸収した熱量」、「物体にした仕事」と「物体がされた仕事」はそれぞれ等しいことに注意する。

イメージしよう

ホームラン打球の速さ

ホームランの打球の速さは多くの場合 160 km/h 以上であり、ピッチャーが投げる球速を上回る。これは、バットがボールと逆向きに高速（約 120 km/h 以上）で運動して衝突するためである。

空気を圧縮すると温度が上がるのは、高速の気体分子が逆向き ① バットと衝突するボールに運動するピストンと繰り返し衝突するたびに、さらに速さを増すためである。



公式チェック

- 問題1 熱機関に高温の物体から 500 J の熱量が与えられたとき、外部に 65 J の仕事をした。この熱機関の熱効率はいくらか。
- 問題2 熱機関に高温の物体から 900 J の熱量が与えられたとき、低温の物体に 720 J の熱量を排出した。この熱機関の熱効率はいくらか。

解答欄

問題1
$$e = \frac{W}{Q_1} \text{ より、}$$
$$e = \frac{65 \text{ J}}{500 \text{ J}} = 0.13$$

問題2
$$e = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \text{ より、}$$
$$e = \frac{900 \text{ J} - 720 \text{ J}}{900 \text{ J}} = 0.2$$

熱を含めたエネルギーの総和は一定である

熱力学第1法則

人類は火を使うことで高度な文明を築いてきた。原始人がいきなり火を扱えたわけではなく、落雷や山火事などによって自然発火した火を利用したと考えられている。火を加熱調理や明かりとして利用することを見えた一方、暖をとることができるようになった。やがて力学の概念が、筋肉が収縮する感覚から生まれたのと同様に、熱力学の概念は、物体に触るときの熱い、冷たいという感覚から生まれた。

物体を火にかけると熱くなる。また、運動している物体が摩擦により静止する場合、物体の運動エネルギーは摩擦熱に変わる。このことを探究していくなかで、熱の本性は運動であることがわかった。このことから、内部エネルギーを U 、気体が吸収した熱量を Q 、気体がされた仕事を W として、 $\Delta U = Q + W$ と表現される熱力学第1法則が導かれるようになっていった。

熱をすべて仕事に変えることはできない

熱力学第2法則

私たちは、熱に関連した現象が一般に不可逆変化であるということを経験的に知っている。もし、熱力学第1法則だけが基本法則であるとすれば、例えば海の上に置いたやかんの中の水は、海から内部エネルギーを受け取って、お湯になってしまかまわないはずである。しかし、実際にはそのようなことは決して起きない。このように、熱はそのエネルギーすべてを仕事に変換することはできないことがわかった。このことから熱力学第2法則が見いだされた。

熱力学第2法則にはいろいろな表現がある。例えば、「高温の物体から低温の物体に熱が移る現象は不可逆である。」「仕事が熱に変わる

人類はどのように熱をとらえていったのか？



現象は不可逆である。」「熱効率100%の熱機関は実現できない。」などと表現されるが、内容としてはすべて同じである。このほかにも次のように表すこともできる。

0°Cの水50gと100°Cの熱湯50gがあるとすると(状態A)。これは別に50°Cのお湯100gがあるとすると(状態B)。状態Aの水と熱湯を混ぜれば状態Bと同じことになるので、エネルギーの総和は変わらない。しかし、状態Bのお湯を水と熱湯に分けることはできない。状態AもBもエネルギーの総和は同じなのに何かが違う。この違いを表す量がエントロピーである。エントロピーとは、物質を構成する分子や原子の運動の乱雑さと結び付いた量といえる。熱力学的な変化はエントロピーが増大する向きに進む傾向があり、これをエントロピー増大の法則という。これも熱力学第2法則と同じ内容である。

熱のある世界から広がる夢 永機関という夢を追って

エネルギーを利用する過程で、人々は昔からさまざまな永機関を考え出してきた。永機関とはエネルギーを外部から加えなくても、永

久に仕事をし続けるというまさに夢のような熱機関である。そのような熱機関が存在しないことは、エネルギー保存の法則より自明であるとわかるのだが、どうしてもそのような熱機関がつかないものかという思いにとらわれるのも、人間の性かもしれない。

永機関のうち、熱力学第1法則を破ろうとするものを第1種永機関といい、熱力学第2法則を破ろうとするものを第2種永機関という。第1種永機関は、外部からエネルギーをもらうことなく仕事をし続ける装置であるが、数多くの試みがなされたにもかかわらず、実現できなかった。

第2種永機関は、まわりの海水からエネルギーをもらって進む潜水艦などであり、熱力学第1法則には矛盾しないが、海水のような低温熱源だけから熱をもらい、仕事をし続けることはできないので、これも実現不可能であった。

人類が自然発火による火を利用して以降さまざまな研究がなされていき、熱という概念は熱力学第1法則(エネルギー保存の法則)と、熱力学第2法則(エントロピー増大の法則)を大きな柱として形成されていった。

1章 まとめ

1 温度と熱

熱運動

物体を形づくる原子や分子が常にしている乱雑な運動。



ブラウン運動

熱運動している分子が微小粒子にぶつかって起こる現象。



温度

熱運動の激しさを表す値。

$$T = t + 273$$

T : 絶対温度(K)
 t : セルシウス温度(°C)

熱平衡

物体間で熱の移動がない状態。



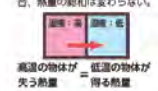
2 熱と物質の状態

熱量

高温の物体から低温の物体に移るエネルギーの量。

熱量の保存

外部との熱のやりとりがない場合、熱量の総和は変わらない。



熱容量

物体の温度を1K変化させるのに必要な熱量。

物質の三態

物質は気体、液体、固体のいずれかの状態をとる。

融解熱

物質が固体から液体になる時に必要な熱。



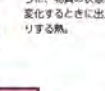
蒸発熱

物質が液体から気体になる時に必要な熱。



凝縮熱

凝縮熱や融解熱のように、物質の状態が変化するときに入出力する熱。



比熱容量(比熱)

単位質量あたりの熱容量。比熱容量 c (J/(g·K))

質量 m (g)

温度上昇 ΔT (K)

熱量 Q (J)

$$熱容量 C = mc$$

$$Q = mc\Delta T$$

3 熱と仕事

内部エネルギー

物体に含まれる原子・分子の熱運動による運動エネルギーと、原子間や分子間の力による位置エネルギーの総和。

熱力学第1法則

$$\Delta U = Q + W$$

熱量 Q (J)

内部エネルギーの変化 ΔU (J)

物体にした仕事 W (J)

4 熱機関と不可逆変化

熱機関

熱から仕事を取り出すことを繰り返し行う装置。



熱機関の熱効率

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

熱をすべて仕事に変える装置は存在しない $\eta < 1$ ($Q_2 \neq 0$)

可逆変化

外部に影響を与えずに元の状態に戻ることができる変化のこと。

不可逆変化

外部に影響を与えないと元の状態に戻ることができない変化のこと。

公式チエック

問題1

波長が2.0 mで、周期が0.40 sの波の伝わる速さは何 m/s か。

問題2

振動数が100 Hzの波の波長は何 m か。波の伝わる速さを20 m/s とする。

解答解説

問題1

$v = \frac{\lambda}{T}$ より、
$$v = \frac{2.0 \text{ m}}{0.40 \text{ s}} = 5.0 \text{ m/s}$$

問題2

$v = f\lambda$ より、
 $20 \text{ m/s} = 100 \text{ Hz} \times \lambda$
したがって、
$$\lambda = \frac{20 \text{ m/s}}{100 \text{ Hz}} = 0.2 \text{ m}$$

ひとあそび！

公 / 式 / 解 / 説

波の伝わる速さ v 、振動数 f 、波長 λ の関係式
「波の伝わる速さ」は「単位時間で波が伝わる距離」のことである。
「波の振動数」は「単位時間で発せられた波の数」、「波の波長」は「波1つ分の長さ」なので、「発せられた波の数と波1つ分の長さの積」は波が伝わる距離となる。
「振動数」と「波長」の積は、単位時間あたりに波が伝わる距離、つまり波の伝わる速さとなる。

波の速さは媒質にのみ関係しているので、同一の媒質で波の振動数を大きくすると波長は短くなる。ウェーブマシンでためしてみよう。

別紙-080

別紙-081

下図で2つの波が1秒間に1マスの速さでそれぞれ矢印の向きに進んでいるとき、2秒後と3秒後の合成波の波形を描け。

別紙-082



左右から送り出す波の形を選択して,両端のボタンをタップしてください。



左端から送り出される波の形



右端から送り出される波の形

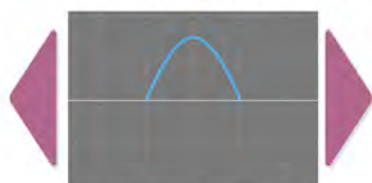
ヘルプ

一時停止

リセット



波の形を選択して,左端のボタンをタップしてください。



左端から送り出す波の形

☒ 自由端反射

☐ 固定端反射

☒ 仮想の進行波

ヘルプ

一時停止

リセット

(1) 下図の波は、速さ 2.0 cm/s で右向きに進み、端で反射される。2.0 秒後に見える波を、端が自由端の場合と固定端の場合についてそれぞれ作図せよ。



(2) 下図のような、波長 4.0 cm の連続波が右向きに進んでいる。端が自由端の場合と固定端の場合のそれぞれについて、このときできる定在波の腹の位置を、節の位置に×をつけよ。



別紙-085

公式チエック

問題1 振動数 498 Hz のおんきと 500 Hz のおんきを同時に鳴らしたときに発生する 1 秒間あたりのうなりの回数は何回か。

問題2 振動数 400 Hz のおんき A と、おんき A よりも音がわずかに高いおんき B を同時に鳴らすと、1 秒間あたりのうなりの回数が 3 回だった。おんき B の振動数は何 Hz か。

解答解説

問題1 $f = |f_1 - f_2|$ より、
 $f = |498 \text{ Hz} - 500 \text{ Hz}| = 2 \text{ Hz}$
したがって、1 秒間あたりのうなりの回数は 2 回

問題2 おんき B の方が振動数が大きいから、おんき B の振動数を f_B [Hz] とすると、 $f = |f_1 - f_2|$ より、
 $3 \text{ Hz} = f_B - 400 \text{ Hz}$
したがって、
 $f_B = 400 \text{ Hz} + 3 \text{ Hz} = 403 \text{ Hz}$

別紙-086



0 Hz

025005000750010000125001500017500 [Hz]

0 Hz

025005000750010000125001500017500 [Hz]

リセット

ヘルプ

メニューへ

実験6 弦の固有振動

波源の製作

結果例

公式チェック

問題1 基本振動の振動数が f_1 [Hz] となる弦がある。この弦に2倍振動を発生させたときの弦長は何 m か。
弦を伝わる波の速さを v [m/s] とする。

問題2 波の伝わる速さが 200 m/s である 1.0 m の弦に3倍振動が生じている。
(1) 弦の振動数は何 Hz か。
(2) この弦に生じる基本振動の振動数は何 Hz か。

解答例

問題1

$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = n f_1$ より、2倍振動の波長を λ_2 [m]、振動数を f_2 [Hz] とすると、

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = 2 f_1$$

したがって、

$$\lambda_2 = \frac{v}{2 f_1} \text{ [m]}$$

問題2

(1) $f_n = \frac{v}{2L} \times n$ より、

$$f_3 = \frac{200 \text{ m/s}}{2 \times 1.0 \text{ m}} \times 3 = 300 \text{ Hz}$$

(2) $f_n = n f_1$ より、

$$f_3 = 3 f_1$$

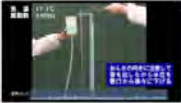
(1)より、 $f_3 = 300 \text{ Hz}$ であるから、

$$f_1 = \frac{300 \text{ Hz}}{3} = 100 \text{ Hz}$$

メニューへ

実験7 気柱の共鳴

閉管の場合



【開管の場合】アナログ式低周波発振器



【開管の場合】アンプ内蔵低周波発振器



【開管の場合】タブレット端末の発振器アプリ



物理基礎
気体・熱

気体と気柱の共鳴

次の文章は、管楽器に関する生徒 A、B、C の会話である。生徒たちの説明が科学的に正しい場合となるように、次の文章中の空欄「ア」～「ウ」に当てはまる組み合わせとして最も適切なものを、下の選択肢①～⑧のうちから1つ選べ。

A：気温が変わると管楽器の音の高さが変化するって本当かな。

B：管楽器は気柱の振動を利用する楽器だから、気柱の基本振動数で音の高さを考えてみようか。

C：気温が下がると、音速だけが小さくなるから基本振動数は「ア」になって音の高さが変化するんじゃないかな。

B：音の高さだって温度によって変化するだろう。気温が下がると管の長さも縮むから、音速が変わらないとする基本振動数は「イ」になるだろう。

A：どちらの影響もあるね。2つの影響の割合を比べてみよう。

B：調べてみると、気温が下がると管の長さは1Kあたり全長の数万分の1程度縮むようだ。

C：音速は15℃では約340m/sで、この温度付近では1K下がると約0.5m/s小さくなる。この変化の割合は1Kあたり600分の1ぐらいになるね。

A：ということは、「ウ」の変化の方が影響が大きそうだね。予想通りになるか、実験してみよう。

《選択肢》

	ア	イ	ウ
①	小さく	小さく	音速
②	小さく	小さく	管の長さ
③	小さく	大きく	音速
④	小さく	大きく	管の長さ
⑤	大きく	小さく	音速
⑥	大きく	小さく	管の長さ
⑦	大きく	大きく	音速
⑧	大きく	大きく	管の長さ

波には、進む向きが変わる反射、屈折のほかにもさまざまな現象が見られる。このような現象は、私たちの身のまわりのどのようなところに見つけることができるだろうか。

反射

ささやきの回廊

風呂場で歌うと残響によって、歌が上手になったような気がする。これは音が壁で反射を繰り返すことが原因である。音は壁や天井で何度も反射して耳まで届く。その経路は何通りもあり、届くまでの距離が異なる。その音のうち遅れて届くものが残響として聞こえる。コンサートホールは、心地よい残響が生じるように設計されている。

このように建物の中では、複雑な経路をたどって音が伝わることが多い。しかし、建物の形によって特殊な伝わり方をする場合がある。例えば、四角い壁で囲まれているところでは、壁の近くで声を出すと、ふつうならば届きそうにもない反対側まで、その音が伝わるという現象が起こる。これは、音が円形の壁の内側に沿うように反射を繰り返して、遠くまで伝わるからである。

ロンドンのセントポール大聖堂には、丸い天井の下を1周する廊下がある。そこでは、ある地点で発した声が反対側にいる人に、まるでそばでささやかれたかのように聞こえる。この廊下は「ささやきの回廊」と呼ばれており、それを試すためにここを訪れる観光客も多い。

屈折

津波の進路

津波は海岸近くで大きくなりやすいことが知られている。これは波の屈折と関係がある。

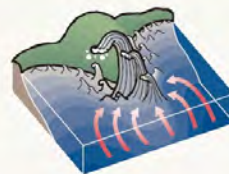
波は伝わる速さの異なる媒質の境界で屈折する性質がある。空気とガラスの境界で光が屈折するのは、光が空気中よりもガラス中の方が遅

身のまわりで見られる 波特有の現象



く伝わるからである。このように、波の屈折は速さの違いによって引き込まれるような向きに伝わる性質がある。

これは海の波も同様である。海の波が伝わる速さは、水深が浅い方が遅い。したがって、水深の異なるところを波が伝わるときに、浅い方に向かって進むようになる。海岸付近の海域は浅いので津波が集中し、大きな波となる。ここにエネルギーが集中するために、岸に被害を及ぼすことがある。



回折

航空写真で見える波の回折

波は障害物の背後に回り込む性質がある。これを回折という。例えば、ついでにの向こうで話をしている人の会話が聞こえるのは、音波が障壁を回り込んで進む性質があるからである。また、障害物と障害物のすき間を波が進む場合、回折によって、そのすき間から広がるように進む。このような現象は波に共通する性質であり、海の波にも見られる。

鳥取県豊後海岸の航空写真を見ると、波の回折がよくわかる。海岸から離れたところには、波を弱めるために防波堤と呼ばれるものが設置されている。防波堤のすき間を通った波が回折して広がり、海岸を侵食しているようすがわかる。



干渉

音を消すための音

工場ではエンジンや発電機の高スパービンなどの大型機器は、排気口から大きな音が出て騒音問題を引き起こすことがある。騒音を軽減するために、防音壁や吸音材が利用されているが、その効果にも限界がある。そこで、よけいな音を取り去るのではなく、もとの音と逆の波の音を生じさせ、もとの音と重ね合わせで音を消す方法が考案された。このような方法を「アクティブノイズコントロール」といい、ヘッドホンや自動車にこのしくみを用いて雑音を軽減させているものもある。

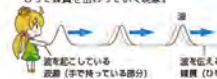


2章 まとめ

1 波の特徴

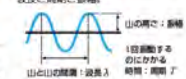
波

波源で生じた振動がエネルギーや情報をもちて媒質を伝わっていく現象。



波の特徴

波を表現するのに必要な要素は波速と周期と振幅。



波の速さ

波の速さと波長、周期、振動数は次のような関係がある。

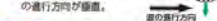
$$v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

$$\left(\frac{1}{T} = f\right)$$

横波と縦波

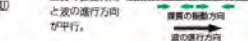
横波

媒質の振動方向と波の進行方向が垂直。



縦波

媒質の振動方向と波の進行方向が平行。



2 波の重ね合わせ・定在波・反射

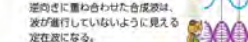
波の重ね合わせ

2つの波が重なったところの変位は、2つの波の変位を足し合わせたもの。



定在波

縦波、横波、縦波の同じ連続波を逆向きに重ね合わせた合波は、波が進行していないように見える定在波になる。



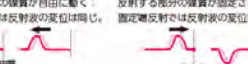
波の反射

波は媒質の境で反射する。

反射する部分の媒質が自由に動く：自由端反射では反射波の変位は同じ。



反射する部分の媒質が固定されている：固定端反射では反射波の変位は逆転する。



3 音波・弦の振動・気柱の振動

音の3要素

大きさ：振幅の大きさ。

高さ：振動数の大きさ。

音色：波形。

乾燥した空気中の音の速さ

$$V = 331.5 + 0.6t$$

$$V: \text{音速 (m/s)} \quad t: \text{温度 (}^{\circ}\text{C)}$$

うなり

振動数の近い2つの音源があるとうなりを聞くことができる。

$$f = |f_1 - f_2| \quad f_1, f_2: \text{2つの音源の振動数}$$

弦の固有振動

材質や形状によって特定の振動数(固有振動数)があり、それに一致する振動を与えると強く振動するようになる(共振)。

固有振動数 $f_n = \frac{v}{2L}n$ ($n = 1, 2, 3, \dots$)

v (m/s): 弦を伝わる波の速さ

L (m): 弦の長さ

管の内部の空気を気柱といい、管の長さなどによって固有振動数を求めることができる。

$$V \text{ (m/s): 気柱中の音速}$$

$$L \text{ (m): 気柱の長さ}$$

固有振動数 $f_n = \frac{v}{2L}n$ ($n = 1, 3, 5, \dots$)

開管: $f_n = \frac{v}{2L}n$ ($n = 1, 2, 3, \dots$)

閉管: $f_n = \frac{v}{4L}n$ ($n = 1, 3, 5, \dots$)

$n = 1$

$n = 2$

$n = 3$

$n = 4$

公式チエック

問題1

金属線の両端に5.0 Vの電圧をかけたとき、大きさ0.40 Aの電流が流れた。この金属線の電気抵抗は何Ωか。

問題2

電気抵抗が12 Ωである抵抗の両端に電圧30 Vをかけたとき、この抵抗に流れる電流の大きさは何 Aか。また、両端にかける電圧を $\frac{1}{3}$ 倍にしたとき、流れる電流の大きさは何倍になるか。

解答解説

問題1

$V=RI$ より、
 $5.0\text{ V}=R\times 0.40\text{ A}$
したがって、
 $R=\frac{5.0\text{ V}}{0.40\text{ A}}=12.5\text{ }\Omega\approx 13\text{ }\Omega$

問題2

$V=RI$ より、
 $30\text{ V}=12\text{ }\Omega\times I$
したがって、
 $I=\frac{30\text{ V}}{12\text{ }\Omega}=2.5\text{ A}$
また、流れる電流の大きさは両端にかかる電圧に比例するため、両端にかける電圧を $\frac{1}{3}$ 倍にしたとき、流れる電流の大きさは $\frac{1}{3}$ 倍になる。

メニューへ

実験8 電気抵抗と物質の形状

操作説明



結果例



公式チェック

同じ材質の金属線について、次のように変化させるとき、抵抗値は変化前の何倍になるか。

(1) 長さを変えずに断面積を3倍にする。

(2) 長さを12倍にし、断面積を4倍にする。

長さ24 m、断面積 $3.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ の金属線の抵抗値が8.0 Ωであった。この金属線の抵抗率は、何Ω・mか。

解答

(1) $R = \rho \frac{l}{S}$ より、抵抗値は断面積に反比例するから、長さを変えずに断面積を3倍にすると抵抗値は $\frac{1}{3}$ 倍となる。

(2) $R = \rho \frac{l}{S}$ より、抵抗値は長さに比例し、断面積に反比例するから、長さを12倍にし、断面積を4倍にすると抵抗値は $\frac{12}{4} = 3$ 倍となる。

$R = \rho \frac{l}{S}$ より、

$$8.0 \text{ } \Omega = \rho \times \frac{24 \text{ m}}{3.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2}$$

したがって、

$$\rho = 8.0 \text{ } \Omega \times \frac{3.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2}{24 \text{ m}} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$$

イメージしよう

電気抵抗の値と形状の関係

滑り台を滑る「電子くん」でイメージする

①

電子くんたちは一定の間隔を保ち、傾きに応じた一定の速度で滑り台を滑り降りる。

⇓

自由電子は一定の密度を保ち、電気的な勾配に応じた一定の速さで電気抵抗の内部を移動する。

②

①よりも長い抵抗

滑り台が長くなると(高さは①と同じ)傾きが小さくなり滑り降りる速度が小さくなるため、一定時間に通過する人数が減る。

⇓

電気抵抗が長くなると、電気的な勾配が緩やかになり自由電子の速度が遅くなるため、電流が減少する。

③

①よりも断面積が大きい抵抗

滑り台が広くなると(傾きは①と同じ)一度に滑り降りる人数が増えるため、一定時間に通過する人数が増える。

⇓

電気抵抗の断面積が大きくなると同じ断面にある自由電子の数が増えるため、電流が増加する。

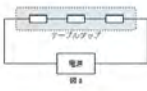
テーブルタップへの接続

電源に接続されたコードの先に、五つのコンセントを備えたテーブルタップ(電卓タップ)がある。図は1つの電気器具をテーブルタップに接続したようすを表しており、その他のコンセントが未使用な状態でも接続された電気器具には電流が流れる。さらにもう1つの電気器具を使用したい場合は、未使用のコンセントから任意の1つを選び、そこに接続をすればよい。このテーブルタップを使えば最大で五つの電気器具を同時に使用することができる。



(1) 次の文章中の空欄 ア イ に当てはまる組み合わせとして最も適切なものを、下の選択肢①～⑤のうちから1つ選べ。

互いに異なる抵抗値をもつ電気器具を五つ準備し、このうちの三つをテーブルタップに接続した。このときの回路図として適切なものは図aと図bのうち ア イ の方であり、三つの電気器具に ア イ は同じになる。





《選択肢》

	ア	イ
①	図a	流れる電流
②	図a	加わる電圧
③	図a	流れる電流と加わる電圧
④	図b	流れる電流
⑤	図b	加わる電圧
⑥	図b	流れる電流と加わる電圧

(2) 接続する電気器具を多くした際の、コード部分に流れる電流について述べた次の文章中の空欄 ア イ に当てはまる組み合わせとして最も適切なものを、下の選択肢①～⑤のうちから1つ選べ。

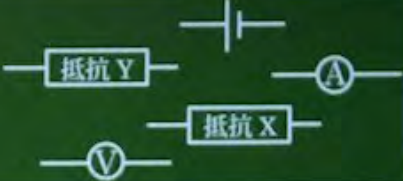
接続する電気器具を多くすると、接続された電気器具による合成抵抗が ア となり、コード部分に流れる電流の値は イ なる。

《選択肢》

	ア	イ
①	大きく	大きく
②	大きく	小さく
③	小さく	大きく
④	小さく	小さく

別紙-100

抵抗 X と Y を並列に接続し、抵抗 X にかかる電圧と流れる電流を測れるように素子をつなげ。また、そのときの電圧計の値と電流計の値はそれぞれいくらになるか。ただし、電源の電圧を 10V、抵抗 X と Y の抵抗値はどちらも 20Ω とする。





公式于エツク

- 問題1 抵抗に6.0 Vの電圧をかけると大きさ8.5 Aの電流が流れた。このとき、抵抗で消費される電力は何Wか。
- 問題2 電熱線に1.0×10² Vの電圧をかけると消費される電力が1.2×10³ Wになった。このとき、電熱線に流れている電流は何Aか。

解答解説

問題1
 $P=VI$ より、
 $P=6.0\text{ V}\times 8.5\text{ A}=51\text{ W}$

問題2
 $P=VI$ より、
 $1.2\times 10^3\text{ W}=1.0\times 10^2\text{ V}\times I$
したがって、
 $I=\frac{1.2\times 10^3\text{ W}}{1.0\times 10^2\text{ V}}=12\text{ A}$

もつと知ろう！ 公/式/解/説

- ① $P=RI^2$ で考えると、消費電力は抵抗値 R に比例する。
比較したい抵抗が並列に並んでいる場合は、こちらの表記を用いることが多い。各抵抗に流れる電流が一定であることから、消費される電力は抵抗値に比例する。
- ② $P=\frac{V^2}{R}$ で考えると、消費電力は抵抗値 R に反比例する。
比較したい抵抗が並列に並んでいる場合は、こちらの表記を用いることが多い。各抵抗に加わる電圧が一定であることから、消費される電力は抵抗値に反比例する。
- 一見すると矛盾した結論に感じるかもしれないが、両者は共に正しい。電流が一定なのか、電圧が一定なのかに注意して公式の使い分けを行うこと。

公式于エツク

- 問題1 ニクロム線に電流を流すと消費される電力が600 Wになった。この状態で電流を10分間流し続けたとき、ニクロム線が消費される電力量は何Jか。
- 問題2 ある電熱線に100 Vの電圧をかけ、大きさ4.0 Aの電流を30秒間流す。
(1) 30秒間で電熱線が消費する電力量は何Jか。
また、次の各場合に、電熱線が消費する電力量は(1)のときの何倍になるか。
(2) 電流を流す時間を変えずに、流す電流の大きさを2倍にする。
(3) 電流を流す時間を変えずに、かける電圧を2倍にする。

解答解説

問題1
 $W=Pt$ より、
 $W=600\text{ W}\times 10\times 60\text{ s}=3.6\times 10^3\text{ J}$

- 問題2
(1) $W=VIt$ より、
 $W=100\text{ V}\times 4.0\text{ A}\times 30\text{ s}=1.2\times 10^4\text{ J}$
(2) 抵抗値は変化しないから、 $W=RI^2t$ より、電流を流す時間を変えずに、流す電流の大きさを2倍にすると、電力量は2²=4倍になる。
(3) 抵抗値は変化しないから、 $W=\frac{V^2}{R}t$ より、電流を流す時間を変えずに、かける電圧を2倍にすると、電力量は2²=4倍になる。

公式チェック

問題1

コイルに永久磁石を差し入れたり引き抜いたりするとき生じる誘導起電力や誘導電流について説明した次のア～ウの文のうち正しいものはどれか。
ア コイルの巻数を増やすと誘導起電力は小さくなる。
イ 磁石の動きを速くすると誘導起電力は小さくなる。
ウ 磁石を近づけると引き抜くときでは、誘導電流の向きは逆になる。

問題2

電磁誘導について説明した次のア～イの文のうち正しいものはどちらか。
ア 手回し発電機のハンドルを速く回すと、コイルを貫く磁力線の単位時間あたりの変化が大きくなり、大きな電圧が得られる。
イ 風力発電において風が弱いと風車の回転が遅くなるため、コイルを貫く磁力線の単位時間あたりの変化が大きくなり、大きな電圧が得られる。

解答解説

問題1

ア 電磁誘導の法則より、コイルの巻数を増やすと、コイルを貫く磁力線の単位時間あたりの変化が大きくなり、誘導起電力は大きくなる。したがって、誤り。
イ 電磁誘導の法則より、磁石の動きを速くすると、コイルを貫く磁力線の単位時間あたりの変化が大きくなり、誘導起電力は大きくなる。したがって、誤り。
ウ 電磁誘導の法則より、磁石を近づけコイルを貫く磁力線が増えるときと、磁石を遠ざけコイルを貫く磁力線が減るときでは、誘導電流の向きは逆になる。したがって、正しい。
以上より、正しいものはウである。

問題2

電磁誘導の法則より、コイルを貫く磁力線の単位時間あたりの変化が大きくなると誘導起電力は大きくなる。
ア ハンドルを速く回すと、コイルを貫く磁力線の単位時間あたりの変化は大きくなり、大きな電圧が得られるので正しい。
イ 風車の回転が遅くなると、コイルを貫く磁力線の単位時間あたりの変化は小さくなり、得られる電圧は小さくなるので誤っている。
以上より、正しいものはアである。

別紙-104

イメージしよう

磁力線を「ゴムひも」と考えると…？

それぞれの「ゴムひも」はなるべく縮もうとする

N極とS極は引き合う

「ゴムひも」どうしは反発し合う

2つのN極は反発し合う

電流の左の「ゴムひも」はなるべく縮もうとする

電流は右向きの力を受ける

① 磁力線をゴムひものようなものと考え

磁力線を、引き伸ばされた「ゴムひも」のようなものと考え、磁石どうしが及ぼし合う磁力や、磁場中の電流が受ける力をうまく説明できる。磁力線は、本物のゴムひもと同じようになるべく縮もうとするだけでなく、ほかの磁力線とは反発し合う性質がある。

電気と磁気の研究をめぐるたどり着いた真実



電気と磁気の研究の歴史は、16世紀、イギリスのエリザベス女王の侍臣であったギルバートの研究にまでさかのぼる。電気による力と磁気による力を初めて区別したギルバートの時代には、この章で学んだ電流や電圧、電気抵抗といった言葉はまだなかった。これらの言葉や概念は、その後数百年の間に、さまざまな紆余曲折を経て、しだいに確立してきたのである。

プラスとマイナスは誰が決めた？

18世紀、静電気の研究が進むにつれ、皮でガラスを摩擦するときに発生する電気と、皮で樹脂を摩擦するときに発生する電気とは種類が

違うことがわかった。「ガラス電気」どうし、あるいは「樹脂電気」どうしは反発し合うが「ガラス電気」と「樹脂電気」とは引き合うのである。しかし、ガラスを摩擦した皮は「樹脂電気」を帯び、逆に樹脂を摩擦した皮は「ガラス電気」を帯びることから、アメリカのフランクリンは摩擦によって一方の物体から他方の物体に、目に見えない「電気流体」が移動すると考え、便宜的に

ガラス電気→電気流体が過剰→「プラス」電気
樹脂電気→電気流体が不足→「マイナス」電気と名付けた。

電流の向きは誰が決めた？ ちょっと残念だったことに「電圧」の偶然

18世紀の終わりに、イタリアのボルタが電池を発明し、持続的な電気の流れが得られるようになった。ボルタはこれを「電流」と名付けた。まもなく、デンマークのエルステッドによって電流が磁石に力を及ぼすことが発見され、磁石が受ける力によって電流の大きさを測ることができるようになった。電流の研究で多くの成果を上げたフランスのアンペールは、論文の中で便宜的に「プラス電気」が流れる向きを「電流の向き」と定めた。ところが、20世紀初頭に電子が発見され、物体の帯電は「マイナス」電気を帯びた電子の過不足によって起こることがわかった。すなわち、

「プラス」電気 = 電子不足
「マイナス」電気 = 電子過剰

であった。導線を通るのも「プラス」電気ではなく、「マイナス」電気を帯びた電子であった。電流の向きと、実際の電子の移動の向きとが逆なのは、このためである。もし初期にフランクリンが「プラス」「マイナス」を逆に定めていたら、このような混乱は起こらなかったのだが……



オームが実験で確かめたこと オームの法則の真実

この章では、抵抗の両端に加わる「電圧」と、抵抗を流れる「電流」とが比例することを学んだ（オームの法則）。しかし、オームが発見した当時、実はまだ「電圧」という言葉は存在しなかったのだ！これは一体どういうことだろうか？

エルステッドの発見によって、電流の大きさを磁石を用いて測ることができるようになった。ドイツのオームはこれを利用して、金属によって電流の流れやすさにどのような違いがあるかを調べようとしたが、電源に電池を用いた実験ではなかなかよい結果が得られなかった。当時の電池はなかなか安定した電圧が得られなかったためである。そこでオームは、電池の代わりに熱電対という装置を用い、熱電流（2種の金属の両端を接合し、その2つの接合部に温度差を与えると流れる電流）を測定した結果、「流れる電流の大きさは、2つの接合部の温度差に比例する」とを発見した。この発見が、やがて「電圧」や「電気抵抗」といった概念の確立へとつながったのである。

電磁誘導から熱の運動説へ

2編1章で、物体に熱を加えると、物体を構成する分子や原子の熱運動のエネルギーが増加し、温度が上がることを学んだ。熱はエネルギーの1つの形である。しかし19世紀初め、「エネルギー」の概念がまだ十分に確立されないころ、物体の温度を上げる「熱」を「熱量（caloric）」という粒子の移動によって説明する「熱の物質説」と、物質を構成する粒子の運動によって説明する「熱の運動説」とが対立していた。

ソーターの改良を試みていたイギリスのジュールは、やがてソーターの発熱に興味を持ち、電流による発熱について研究を進めた。電池につないだ導線の温度が上昇するのは、「物質説」によれば、電池から熱量が送り込まれるためである。しかし、ジュールは電磁誘導を利用して、電池につながらないコイルに電流を流しても、やはり発熱が起こることを確かめた。熱量ではなく、コイルを回転させるのに要した力学的な仕事で温度を上昇させたのである。こうして、熱は物質ではなく、力学的エネルギーや電気エネルギーと同じくエネルギーの1つの形であることが明らかになった。

3章 まとめ

1 電流・電気抵抗

※静電気力
電気には正(+)と負(-)があり同種であれば反発し、異種であれば引き合う。

※電荷
物体や原子、電子などがもっている電気の量。

※電流の向き
正の電荷の流れの向きを電流の向きとするので、電子の流れの向きとは逆になる。

※電流の大きさ
単位時間に導線の断面積を通過する電流量。

※オームの法則
電気抵抗の両端の電圧と電流の大きさは比例する。
 $V = RI$

※電気抵抗率
一般的に、電気抵抗は電流が流れる物質の長さ、断面積に反比例し、電流が流れる物質の材質や温度などで決まる電気抵抗率を比例定数とする。

※抵抗の直列接続・並列接続
直列接続の合成抵抗。並列接続の合成抵抗。

電気抵抗率 ρ (Ω・m)
断面積 S (m²)
長さ l (m)
電気抵抗 $R = \rho \frac{l}{S}$

直列接続: $R = R_1 + R_2$
並列接続: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

2 電力とジュール熱

※電力
単位時間に電流がする仕事。
電力 $P = \text{電圧 } V \times \text{電流 } I$

※電力量
電流がする仕事(量)。
電力量 $W = \text{電力 } P \times \text{時間 } t$

※ジュール熱
抵抗などに電流が流れるときに発生する熱。
ジュール熱 $Q = \text{電力 } P \times \text{時間 } t$
 $= VIt = RI^2t = \frac{V^2}{R}t$

3 電流と磁場

※電流がつくる磁場
電流を取り巻くように磁場は発生する。

※電磁誘導
コイルの巻数が増えるほど、磁場の変化が大きければ、流れる電流は大きくなる。

4 直流と交流・電磁波

※直流
常に一方に流れる電流。

※交流
向きと大きさが一定の周期で変化する電流。

※変圧器
コイルと電磁誘導を使って交流の電圧を変える装置。

※電磁波
空間を伝わる電気と磁気の波。真空中では 3.0×10^8 m/s で伝わる。

NGKサイエンスサイト

おいしい / アソギ



ベイクドアラサガ
雪山ケーキ

温冷スイーツを発見したのは物理学者!?



ベイクドアラサガの雪山ケーキのレシピは、さらに詳しい解説が待っています。

冬の美しい月夜が冷え込むのはなぜか

空気をたっぷり抱き込むことができるダウンジャケットを見ると、体温で温まった空気が逃げさず外の冷気を断熱できるので、暖かいですよね。乾燥した空気はトップクラスの断熱材なのです。今回は、この熱エネルギーを伝えにくい断熱効果に対して、電磁波エネルギーを伝えにくい断熱効果について紹介しましょう。

地球は、昼間に太陽から放射された電磁波エネルギーを受け取っています。電磁波は、地表に当たると熱に変わって地表の温度が高くなります。すると、温まった地表が電磁波の一種である赤外線を放射するようになり、地表が宇宙空間に放射します。そして夜になると太陽が沈み、地球からの放射の方が多くなって気温が下がります。ところが、空が雲で覆われると、宇宙空間に放射されるはずのエネルギーが遮られて大気は冷えにくくなります。これが断熱効果です。反対に、晴れた冬の夜は雲で覆われることなく、エネルギーが宇宙空間に放射されるため、とても冷え込みます。天気予報でも耳にする放射冷却です。雲の少ない静かな夜が冷え込むのも同じ理由です。気温が下がると湿度は低くなり、空気が澄んでお月さまがきれいに見えるのです。

また、雲だけでなく大気中の二酸化炭素やエアロゾルの濃度も断熱効果をもたらす。地球温暖化や寒冷化の要因になるとされています。



NGKサイエンスサイト

アソギ / TV

おいしい / アソギ

観る / アソギ

Surprising Ceramics.

日本ガイシ

公式チェック

問題1

エネルギーについて説明した次のア～ウの文のうち正しいものはどれか。
ア 太陽での核融合によって、エネルギーの総量は増加する。
イ 回路の抵抗でのエネルギー消費によって、エネルギーの総量は減少する。
ウ 発電機では力学的エネルギーが電気エネルギーへと変換されるため、エネルギーの総量は変化していない。

問題2

エネルギーについて説明した次のア～ウの文のうち誤りを含むものはどれか。
ア エネルギーが他のエネルギーへと形態を変えるとき、熱が発生すると、その分だけエネルギーの総量は減少する。
イ 熱伝導では、高温の物体から吸収した熱の一部は外部への仕事となり、残りは低温の物体へと放出され、エネルギーの総量は変化しない。
ウ 白熱電球は、熱エネルギーを光エネルギーへと変換して、エネルギーの形態を変えるが、エネルギーの総量を変えてはいない。

解答解説

問題1

エネルギー保存の法則より、エネルギーはさまざまに形態を変えるが、その総量は一定である。したがって、ア、イは誤りで、正しいのはウである。

問題2

エネルギー保存の法則より、エネルギーはさまざまに形態を変えるが、その総量は一定である。
ア 発生した熱もエネルギーであり、エネルギーの総量は変化しないから、誤っている。
イ 正しい。
ウ 正しい。
以上より、誤りを含むものはアである。



資料5 問題解答(前・中・後編テスト・レポート・ディベート問題)

問題 解答

物理量の単位と扱い方

p.3 問 ①2秒 ②3秒 ③3秒 ④9秒

1画1画

p.11 問1 A: 0.018 m/s ($1.8 \times 10^{-2} \text{ m/s}$)
B: 0.022 m/s ($2.2 \times 10^{-2} \text{ m/s}$)

解説 A: 10秒間で16cm ($= 0.16 \text{ m}$) 移動したので、
 $v = \frac{0.16 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 0.016 \text{ m/s}$ ($= 1.6 \times 10^{-2} \text{ m/s}$)
 B: 15秒間で33cm ($= 0.33 \text{ m}$) 移動したので、
 $v = \frac{0.33 \text{ m}}{15 \text{ s}} = 0.022 \text{ m/s}$ ($= 2.2 \times 10^{-2} \text{ m/s}$)

問2 54 km/h, 15 m/s

解説 2時間で108 km 走ったので、
 $v = \frac{108 \text{ km}}{2 \text{ h}} = 54 \text{ km/h}$
 $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$, $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ より、
 $54 \text{ km/h} = \frac{54000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 15 \text{ m/s}$

p.12 問3 学校から自宅: 西向きに 0.75 m/s 自宅から郵便局: 北向きに 1 m/s

解説 学校から自宅まで、西向きに 50 分 (1200 秒)

で 900 m 歩いたので、

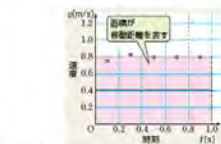
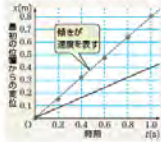
 $v = \frac{900 \text{ m}}{1200 \text{ s}} = 0.75 \text{ m/s}$

自宅から郵便局まで、北向きに 10 分 (600 秒)

で 600 m 歩いたので、

 $v = \frac{600 \text{ m}}{600 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$ p.13 問4 B 駅から D 駅: 12 m/s D 駅から A 駅: -10 m/s 解説 $v = \frac{7200 \text{ m}}{12 \text{ m/s}} = 12 \text{ m/s}$ $v = \frac{6000 \text{ m}}{600 \text{ s}} = -10 \text{ m/s}$

p.15 問5 グラフ中の実線部分のようになる。



p.16 問6 ①17 m/s ②1 m/s

解説 ① $v = mv + v_0$ より、 $v = 1 \text{ m/s} + 16 \text{ m/s} = 17 \text{ m/s}$ ② $v = v_0 + at$ より、 $v = 1 \text{ m/s} + (-2 \text{ m/s}^2) \times 1 \text{ s} = 1 \text{ m/s}$

p.17 問7 3 m/s

解説 右向きが正であるので、自動車に対する電車の

相対速度は、自動車の速度を $v_A \text{ (m/s)}$ 、電車の速度を $v_B \text{ (m/s)}$ とすると、 $v_B - v_A = 10 \text{ m/s} - 7 \text{ m/s}$ $= 3 \text{ m/s}$ 問8 左向きに 35 m/s 解説 右向きを正として、自動車の速度を $v_A \text{ (m/s)}$ 、バスの速度を $v_B \text{ (m/s)}$ とすると、 $v_B - v_A = 15 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s}$ $= -5 \text{ m/s}$ p.21 問9 ①15秒 ② -3 m/s^2 解説 ① 1秒かかる時間を $t \text{ (s)}$ とすると、 $1.2 \text{ m/s}^2 = \frac{0 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{t}$ $t = 5 \text{ s}$ ② 求める加速度を $a \text{ (m/s}^2\text{)}$ とすると、 $0 \text{ m/s} - 6 \text{ m/s} = -3 \text{ m/s}^2$

p.23 問10 ①6.0 m/s, 15 m

②(図は下記), 27 m

解説 ① $v = v_0 + at$ より、 $v = 9.0 \text{ m/s} + (-1.5 \text{ m/s}^2) \times 2.0 \text{ s}$ $= 6.0 \text{ m/s}$ $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ より、 $x = 9.0 \text{ m/s} \times 2.0 \text{ s} + \frac{1}{2} \times (-1.5 \text{ m/s}^2)$ $\times (2.0 \text{ s})^2 = 15 \text{ m}$ ② 静止するまでの時間を $t \text{ (s)}$ とすると、 $v = v_0 + at$ より、 $0 \text{ m/s} = 9.0 \text{ m/s} + (-1.5 \text{ m/s}^2) \times t$ $t = 6.0 \text{ s}$ よって、 $t = 0 \text{ s}$, $v = 9.0 \text{ m/s}$ の点と、 $t = 6.0 \text{ s}$, $v = 0 \text{ m/s}$ の点の2点を通る $v-t$ グラフを描く。 $v-t$ グラフの面積が移動距離を表すので、 $\frac{9.0 \times 6.0}{2} = 27$

よって、27 m

p.27 問11 ①1.0秒後 ②9.8 m/s

解説 ① $y = \frac{1}{2} at^2$ より、 $4.9 \text{ m} = \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times t^2$ $t = 1.0 \text{ s}$ ② $v = gt$ より、 $v = 9.8 \text{ m/s}^2 \times 1.0 \text{ s} = 9.8 \text{ m/s}$

問12 20 m, 20 m/s

解説 $y = \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 2.0 \text{ s} \times 2.0 \text{ s}$ $= 19.6 \text{ m} \approx 20 \text{ m}$ $v = 9.8 \text{ m/s}^2 \times 2.0 \text{ s} = 19.6 \text{ m/s} \approx 20 \text{ m/s}$

p.28 問13 12 m/s

解説 橋の高さを $h \text{ (m)}$ とすると、 $y = \frac{1}{2} at^2$ より、 $h = \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 3.0 \text{ s} \times 3.0 \text{ s} = 44.1 \text{ m}$ よって、 $y = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ より、 $44.1 \text{ m} = v_0 \times 3.0 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times (3.0 \text{ s})^2$ よって、 $v_0 = 12.25 \text{ m/s} \approx 12 \text{ m/s}$

p.29 問14 ビルの高さ: 9.8 m

池底: 水面下向きに 15 m/s

解説 水面下向きを正として、

 $y = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ より、 $y = 4.9 \text{ m/s} \times 2.0 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2$ $\times (2.0 \text{ s})^2 = 9.8 \text{ m}$ $v = v_0 + at$ より、 $v = 4.9 \text{ m/s} + 9.8 \text{ m/s}^2 \times 2.0 \text{ s}$ $= 14.7 \text{ m/s} \approx 15 \text{ m/s}$

1画2画

p.36 問1 (図は下記), 56 N

解説 重力の大きさ G は、三平方の定理の比より、 $G = 40 \text{ N} \times \frac{3}{4} = 30 \text{ N}$ p.37 問2 平行な方向: 10 N 、垂直な方向: 17 N 解説 平行な方向は、 $20 \text{ N} \times \frac{1}{2} = 10 \text{ N}$ 垂直な方向は、 $20 \text{ N} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 17 \text{ N}$

p.41 問3 50 N/m

解説 ばね定数を $k \text{ (N/m)}$ とすると、フックの法

則より、

 $10 \text{ N} = k \times 0.20 \text{ m}$ $k = 50 \text{ N/m}$

p.48 問4 4.5 N

解説 $ma = F$ より、 $9.0 \text{ kg} \times 0.50 \text{ m/s}^2 = F$ $F = 4.5 \text{ N}$

p.49 問5 0.98 N

解説 $W = mg$ より、 $W = 0.10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$ $= 0.98 \text{ N}$ ここから、質量 100 g (0.10 kg) の物体にはたらく重力の大きさはおよそ 1 N であるこ

とがわかる。

p.51 問6 作用・反作用: 1と2, 3と4

つり合い: 1と3

解説 作用・反作用の2力は、2つの物体 (この問

題では、棒とりんご、地球とりんご) にはた

らく力であり、実質と目的物が違っているこ

とに注意する。また、つり合いの2力は、

1つの物体 (この問題では、りんご) にはた

らく力であることに注意する。

p.51 問7 静止摩擦力の大きさ: 8.0 N 動かすために必要な力の大きさ: 9.8 N

解説 引く力と静止摩擦力はつり合うので、静止摩

擦力の大きさは 8.0 N 。

最大摩擦力は、

 $F_s = \mu N = 0.50 \times 2.0 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$ $= 9.8 \text{ N}$

SDGsとは



SDGsってなんだろう

SDGsとは
SDGsって
なんだろう5つの「P」
SDGsの
5つの「P」17の目標
SDGsの目標
って何だろうみんなで取り
組むSDGs