

編 修 趣 意 書

(学習指導要領との対照表、配当授業時数表)

受理番号	学校	教科	種目	学年
107-62	高等学校	理科	物理	
※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

- ①様々な学習段階の生徒が無理なく読み進められるようにわかりやすく記述し、また、ユニバーサルデザインフォントを採用し、読みやすさの向上にも配慮した。
- ②各章や各大項目の冒頭には、親しみやすい写真を取り上げ、物理学が日常生活や社会と深く関わっていることを認識できるようにし、学習内容への興味・関心を高められるよう配慮した。
- ③各大項目の冒頭には、身近な物理現象などに関する問いかけを設け、学習に取り組みやすくした。大項目の末尾には「振り返ろう」を設け、学習した内容の振り返りを促した。
- ④観察・実験を重視し、難易度別に「ぼけっとラボ」、「実験」、「探究」を設け、取り組みの指示を本文中の関連する箇所に目立つフォントで挿入し、着実な実施を促した。「探究」では、探究の目的、情報の収集、仮説の設定、実験の計画、実験による検証、実験データの分析・解釈・法則性の導出など、テーマに応じて探究の流れを明確に示し、また、本書全体を通じて探究のすべての過程を経験できるようにし、探究の方法を習得できるようにした。426-429ページの「探究の進め方」では、具体的な例をもとに探究の過程を説明し、取り組み方の基本が身につくようにした。実験に関する基本的な技能の習得とともに、思考力・判断力・表現力等の育成に資するよう配慮している。
- ⑤学習内容と関連する「Movie」や「シミュレータ」を用意し、スマートフォンやタブレットなどの端末を用いて活用できるようにした。また、各学習項目では、Webで一問一答形式のクイズに取り組みるようにし、楽しみながら学習できるようにしている。それぞれのWebコンテンツと関連する箇所には、その旨を示すアイコンを添えた。
- ⑥各学習事項では、「例題」、「類題」、「問」を適所に設け、学習事項の理解の定着を図れるようにした。それぞれの解答・解説はWebで閲覧できるようにし、主体的に取り組みできるようにしている。また、「例題」の解説動画をWebで視聴できるようにし、理解しやすくなるように配慮した。さらに、習得した知識を活用するための内容として「TRY」を設け、思考力・判断力・表現力の育成ができるよう配慮した。各節には「節末問題」を配し、さらに理解を深められるようにした。
- ⑦学習上の重要なポイントを「要(かなめ)」の囲み記事で、わかりにくい内容や誤解しやすい内容に対する注意喚起を「注意」の囲み記事で、補足的な内容や高度な学習内容を「Plus」の囲み記事で扱い、学習のしやすさ、指導のしやすさに配慮した。
- ⑧基礎・基本の習得のために特に重要な内容を「特講」、応用的な力を養成するための内容を「チャレンジ」の特集ページとして取り上げ、理解を深められるようにした。
- ⑨式の導出などを扱う内容では、どのような関係式を導くのかをタイトルとして冒頭に示し、また、他の本文と見た目を区別し、指導しやすく学習しやすくなるよう配慮した。
- ⑩見開き2ページごとに学習内容の区切りを設け、学習の進めやすさ、指導計画の立てやすさの便を図った。
- ⑪前見返し、第I章～第IV章で設置している囲み記事「トピック」、終章「物理学が築く未来」では、物理学と未来につながる科学技術との関わりを取り上げ、物理学への興味・関心を高め、学習意欲の向上を図れるよう配慮した。さらに、終章では、アインシュタインについて英文で紹介し、英語に対する理解も深まるよう配慮した。
- ⑫「物理」の学習をさらに深めたいと考える生徒のために、巻末に「発展的な学習事項」として微分・積分を用いた物理の考え方を取り上げ、適宜学習できるように配慮した。学習指導要領の内容と明確に区別し、関連性を損なうことのないように学習指導要領の内容からの参照ページを付している。

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
前見返し 物理学が築く未来	(4) 原子 (ウ) 物理学が築く未来 ㉞	前見返し	—
第Ⅰ章 運動とエネルギー	(1) 様々な運動	p. 8-9	42
第1節 平面運動と放物運動	(ア) 平面内の運動と剛体のつり合い ㉞①	p. 10-29	
第2節 剛体のつりあい	(ア) 平面内の運動と剛体のつり合い ㉞	p. 30-43	
第3節 運動量の保存	(イ) 運動量 ㉞①㉞	p. 44-65	
第4節 円運動と単振動	(ウ) 円運動と単振動 ㉞① (エ) 万有引力 ㉞①	p. 66-107	
第5節 気体の性質と分子の運動	(オ) 気体分子の運動 ㉞①㉞	p. 108-139	
第Ⅱ章 波動	(2) 波	p. 140-141	24
第1節 波の性質	(ア) 波の伝わり方 ㉞①	p. 142-163	
第2節 音波	(イ) 音 ㉞①	p. 164-177	
第3節 光波	(ウ) 光 ㉞①	p. 178-213	
第Ⅲ章 電気と磁気	(3) 電気と磁気	p. 214-215	41
第1節 電場と電位	(ア) 電気と電流 ㉞①㉞	p. 216-259	
第2節 電流	(ア) 電気と電流 ㊸	p. 260-287	
第3節 電流と磁場	(イ) 電流と磁界 ㉞①	p. 288-309	
第4節 電磁誘導と交流	(イ) 電流と磁界 ㉞㊸	p. 310-355	
第Ⅳ章 原子	(4) 原子	p. 356-357	20
第1節 電子と光	(ア) 電子と光 ㉞①	p. 358-381	
第2節 原子と原子核	(イ) 原子と原子核 ㉞①㉞	p. 382-417	
終章 物理学が築く未来	(4) 原子 (ウ) 物理学が築く未来 ㉞	p. 418-425	1
巻末資料			
探究の進め方	(1) (2) (3) (4)	p. 426-429	
発展 微分・積分と物理	(1) (ア)㉞・(ウ)①・(エ)① (3) (ア)①㉞・(イ)㉞㊸ (4) (イ)①	p. 430-434	—
付表・公式	(1) (2) (3) (4)	p. 435-439	
解答一覧・索引	(1) (2) (3) (4)	p. 440-448	
後見返し 元素の周期表と単体	(4) 原子 (イ) 原子と原子核 ①	後見返し	—
		計	128

※年間授業時数を128時間として配当している。

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
107-62	高等学校	理科	物理	
※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

- ①各学習項目の導入では、身近な物理現象などの親しみやすい題材を取り上げ、物理的な事物・現象への興味・関心を高め、自ら課題を見出し、解決しようとする意欲が高まるようにした。
- ②基礎的・基本的事項を重視しながら、応用的な学習事項も盛り込み、生徒の理解に応じて柔軟に学習できるよう構成し、深い理解と応用力を育成できるようにした。
- ③種々の観察、実験などを通して、物理の基本となる概念や原理・法則を理解し、それらを別の事象の解釈に適用する取り組みなどを行い、思考力・判断力・表現力を養成できるようにした。
- ④生徒自らが課題を見つけ、考え、見通しをもって観察、実験などに取り組むことで、物理学的に探究する能力と態度を養うことができるようにした。
- ⑤観察、実験には、実施上の注意事項を添え、また、必要に応じて自由に視聴できる動画を用意し、安全かつ正確に実施できるよう配慮した。
- ⑥物理学の成果が様々な分野で利用され、未来を築く科学技術の基盤となっていることを示し、物理学の重要性を認識できるようにするとともに興味を喚起するようにした。

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
前見返し	<ul style="list-style-type: none"> ・現在研究が進められている様々な事例について、わが国が関わるものを中心に取り上げ、幅広い知識と教養を身につけるとともに、自国の伝統と文化を尊重する態度を養うことができるようにした(第1号・第5号)。 	前見返し
第I章	<ul style="list-style-type: none"> ・学習の導入や題材として、日常生活や社会と関わりの深い事物・現象を扱うことで、社会における物理学の役割を示し、社会の発展に寄与する態度が身につくようにした(第3号)。 ・思考力・判断力・表現力を要する実験、探究の題材を取り上げ、自主的な取り組みを促すことで、真理を求める態度や勤労を重んずる態度を養うことができるよう配慮した(第1号・第2号)。 ・力学分野の内容について、原理・法則に関する応用的な考え方を取り上げ、幅広い知識と教養が身につくようにした(第1号)。 ・万有引力の学習項目では、わが国の準天頂衛星システム「みちびき」を取り上げ、その機能を紹介し、自国の優れた技術を理解するとともに、郷土を愛する心を養うようにした(第5号)。 	<p>p. 8-10、27、30、44、46-47、66、105、108、131</p> <p>p. 27、33、55、57、73、91、105、109、126</p> <p>p. 28、62-63、94-95</p> <p>p. 105</p>

<p>第Ⅱ章</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・物理学の歴史において、偉大な業績を残した科学者や有名な実験を取り上げ、個人の価値を尊重する心や、社会の発展に寄与する態度が身につくようにした(第2号・第3号)。 ・防波堤(離岸堤)について紹介し、環境の保全に寄与する態度を養うようにした(第4号)。 ・ドップラー効果に関する応用的な事例を提示し、幅広い知識と教養が身につくようにした(第1号)。 	<p>p. 169、178-179、195、200、204、208-209</p> <p>p. 160</p> <p>p. 174-176</p>
<p>第Ⅲ章</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・物理に関わる日常生活や社会に関する写真、実験写真を数多く掲載することで、幅広い知識と教養が身につくようにした(第1号)。 ・物理における学習事項が日常生活や社会と関わりの深いことを示し、物理が科学技術の基盤となっていることを理解し、社会の発展に寄与する態度が身につくようにした(第1号、第3号)。 ・わが国のリニアモーターカーを取り上げ、応用的な技術を紹介し、深い知識の習得を促すとともに、自国を愛する態度を養うようにした(第1号・第5号)。 	<p>p. 214-215、225、244、280、292、304、333、353</p> <p>p. 243、251、265、283、285、291、305、310、321、347、351、352</p> <p>p. 265</p>
<p>第Ⅳ章</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・学習の導入や題材として、日常生活と関わりの深い事物・現象を扱い、物理学の役割を示し、社会の発展に寄与する態度が身につくようにした(第3号)。 ・放射線や原子力の利用について取り上げ、生命と自然を大切にすることへの関心が高まるよう配慮した(第4号)。 ・ニホニウムの発見やニュートリノ振動を取り上げ、わが国の業績を紹介し、自国に対する愛を育み、物理学への興味・関心を喚起した(第1号・第5号)。 	<p>p. 356-358、368、372、383、401、409</p> <p>p. 401、409</p> <p>p. 411、416</p>
<p>終章 巻末資料 後見返し</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・物理学が科学技術の基盤をつくっていることを示し、幅広い教養が身につくようにした(第1号)。 ・探究の進め方を具体例とともに解説し、自主的な取り組みを促し、真理を求める態度や勤労を重んずる態度を養うようにした(第1号・第2号)。 ・微分・積分と物理の関係を「発展的な学習事項」として取り上げ、幅広い知識と教養が身につくようにした(第1号)。 	<p>p. 418-425</p> <p>p. 426-429</p> <p>p. 430-434</p>

3. 上記の記載事項以外に特に意を用いた点や特色

- ・各大項目の冒頭に問いかけを設け、これから学習する内容を明確に示し、大項目の末尾には「振り返ろう」を設け、学習した内容の振り返りを促した。
- ・実験・観察を重視し、難易度別に「ばけっとラボ」、「実験」、「探究」を設けて本文中に指示を挿入、着実な実施を促した。主体的・対話的で深い学びの実践にも活用できるようにしている。
- ・学習した知識を活用する「TRY」を適宜設け、思考力・判断力・表現力の育成に役立つようにした。
- ・思考力・判断力・表現力をさらに養成するため、各節末に「節末問題」を設けた。

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
107-62	高等学校	理科	物理	
※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
343	RLC 並列回路と並列共振	2	(3) 電気と磁気 (イ) 電流と磁界 ㊦電磁誘導 「交流回路の基本的な性質にも触れること。」	1
430-434	微分・積分と物理	2	(1) 様々な運動 (ア) 平面内の運動と剛体のつり合い ㊦曲線運動の速度と加速度 「物体の平面内の運動を表す変位、速度及び加速度はベクトルで表されることを扱うこと。」 (ウ) 円運動と単振動 ㊦単振動 「単振動をする物体の変位、速度、加速度及び復元力を扱うこと。」 (エ) 万有引力 ㊦万有引力 「万有引力による位置エネルギーも扱うこと。」 (3) 電気と磁気 (ア) 電気と電流 ㊦電界と電位 「電界と電位との関係を静電気力による位置エネルギーと関連付けて理解すること。」 ㊦電気容量 「コンデンサーの性質を理解するとともに、電気容量を電界や電位差と関連付けて理解すること。」 (イ) 電流と磁界 ㊦電磁誘導 「電磁誘導の法則を中心に扱い、自己誘導、相互誘導を扱うこと。」 ㊦電磁波 「電気振動、電磁波の発生にも触れること。」 (4) 原子 (イ) 原子と原子核 ㊦原子核 「原子核の構成、原子核の崩壊及び核反応について理解すること。」	5
			合計	6

「類型」欄には、申請図書における発展的な学習内容の記述について、以下の分類により該当する記号を記入する。

- ・学習指導要領上、隣接した後の学年等の学習内容（隣接した学年等以外の学習内容であっても、当該学年等の学習内容と直接的な系統性があるものを含む）とされている内容……1
- ・学習指導要領上、どの学年等でも扱うこととされていない内容……2

常用漢字以外の使用漢字一覧表

漢字	楯	箔	錐	秤	捰	釘	播	橙	縞	浩	燐	甥	塵
初出ページ	4	5	72	73	97	106	169	178	200	283	358	391	402

漢字	曝	莫	梶	驥	牽	溜	獮
初出ページ	401	411	416	416	419	421	425

出典一覧表 【図・表】

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	
96	図 70 地球から見た火星の運動	図	火星の動き (国立天文台ウェブサイト)		国立天文台		令和 7 年 1 月 20 日閲覧	出典をもとに作成
97	表 5 惑星の軌道と公転周期	表	理科年表 2024	78-79	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
130	表 7 単原子分子気体のモル比熱(実測値)	表	化学便覧 基礎編 改訂 6 版	web 版	日本化学会編	丸善	令和 7 年 1 月 20 日閲覧	出典をもとに作成
			化学便覧 基礎編 改訂 4 版 II	234	日本化学会編	丸善	平成 5 年 9 月 30 日	出典をもとに作成
133	表 a 気体のモル比熱 (実測値)	表	化学便覧 基礎編 改訂 6 版	762、764	日本化学会編	丸善	令和 3 年 1 月 20 日	出典をもとに作成
			化学便覧 基礎編 改訂 4 版 II	234-235	日本化学会編	丸善	平成 5 年 9 月 30 日	出典をもとに作成
164	表 1 媒質中の音速	表	理科年表 2024	450-452	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
178	図 42 可視光線の波長と色	図	理科年表 2024	459	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
180	表 2 屈折率	表	理科年表 2024	481-483	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
184	図 47 光の波長と色	図	理科年表 2024	459	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
185	図 48 さまざまなスペクトル	図	理科年表 2024	99、462-463	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
248	表 1 物質の比誘電率(常温)	表	理科年表 2024	441-443	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
262	図 48 物質の抵抗率	図	化学便覧 基礎編 改訂 6 版	1023-1024	日本化学会編	丸善	令和 3 年 1 月 20 日	出典をもとに作成
			理科年表 2024	445	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
263	表 2 抵抗率と温度係数	表	化学便覧 基礎編 改訂 6 版	1023-1024	日本化学会編	丸善	令和 3 年 1 月 20 日	出典をもとに作成
			理科年表 2024	438	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
297	表 4 物質の比透磁率	表	理科年表 2024	396、448-449	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成

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	
353	表 6 さまざまな電磁波	表	理科年表 2024	459	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
			周波数帯ごとの主な用途と電波の特徴 (総務省ウェブサイト)		総務省		令和 7 年 1 月 20 日閲覧	出典をもとに作成
367	表 1 金属の仕事関数と限界振動数	表	化学便覧 基礎編 改訂 6 版	1021-1022	日本化学会編	丸善	令和 3 年 1 月 20 日	出典をもとに作成
369	図 12 ν と K_M の関係	図	化学便覧 基礎編 改訂 6 版	1021	日本化学会編	丸善	令和 3 年 1 月 20 日	出典をもとに作成
373	図 15 X線のスペクトル	図	理科年表 2024	467	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
384	図 27 連続スペクトルと線スペクトル	図	理科年表 2024	462-463	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
392	図 35 ヘリウム原子のモデルと構成粒子	図	理科年表 2024	384-385	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
393	表 2 同位体と存在比	表	化学便覧 基礎編 改訂 6 版	34-60	日本化学会編	丸善	令和 3 年 1 月 20 日	出典をもとに作成
396	図 41 崩壊系列(ウラン系列)	図	理科年表 2024	502-503	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成
397	図 42 核図表	図	理化学研究所 仁科加速器科学研究センター(理化学研究所ウェブサイト)		理化学研究所		令和 7 年 1 月 20 日閲覧	出典をもとに作成
398	表 3 半減期の例	表	化学便覧 基礎編 改訂 6 版	34-60	日本化学会編	丸善	令和 3 年 1 月 20 日	出典をもとに作成
401	図 44 日常生活と放射線	図	放射線被ばくの早見図(放射線医学研究所ウェブサイト)		放射線医学研究所		令和 7 年 1 月 20 日閲覧	出典をもとに作成
403	崩壊系列と半減期	表	化学便覧 基礎編 改訂 6 版	58-59	日本化学会編	丸善	令和 3 年 1 月 20 日	出典をもとに作成

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	
405	図 47 核子 1 個あたりの結合エネルギー	図	化学便覧 基礎編 改訂 6 版	34-62	日本化学会編	丸善	令和 3 年 1 月 20 日	出典をもとに作成
419	図 3 LIGO で検出された信号データ	図	LIGO Gallery (LIGO ウェブサイト)		LIGO		令和 7 年 1 月 20 日閲覧	出典をもとに作成
436	2 物理定数	表	理科年表 2024	383-385、450	国立天文台編	丸善	令和 5 年 11 月 30 日	出典をもとに作成

出典一覧表 【写真】

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		
前見返し	フィルム型太陽電池	写真						積水化学工業	
前見返し	メタマテリアル	写真						産業総合技術研究所	
前見返し	量子コンピュータ	写真						理化学研究所	
前見返し	月を周回する有人拠点	写真						JAXA	
前見返し	発光する量子ドット	写真						産業総合技術研究所	
前見返し	核融合試験装置	写真						国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構	
2	観覧車	写真						小松啓二/アフロ	188362055
2	ウユニ塩湖	写真						保屋野参/アフロ	167493971
3	モザイクランプ	写真						PIXTA	56368580
3	人工衛星	写真						imagebroker/アフロ	99897510
8	観覧車	写真						小松啓二/アフロ	188362055
10	バイク	写真						PIXTA	7981729
18	水の噴射	写真						PIXTA	61761379
20	図12 水平投射と自由落下	写真						自社撮影	
22	図14 斜方投射と鉛直投げ上げ	写真						自社撮影	
26	図17 空気中と真空中での落下(空気中)	写真						自社撮影	
26	図17 空気中と真空中での落下(真空中)	写真						自社撮影	
27	実験① カップの終端速度(1枚)	写真						自社撮影	
27	実験① カップの終端速度(2枚重ね)	写真						自社撮影	
30	天秤	写真						PIXTA	34555446
31	図22 棒のつりあい	写真						自社撮影	
32	図24 モビール	写真						自社撮影	
38	積み木	写真						PIXTA	115567758
42	図a 剛体の放物運動	写真						自社撮影	
44	ラグビー	写真						PIXTA	86325529
44	図37 物体の運動量	写真						PIXTA	31849229
46	撃力(バットとボール)	写真						PIXTA	11113377
46	撃力(ラケットとボール)	写真						PIXTA	14296579
47	図a 衝撃吸収材に落下する生卵	写真						株式会社タイカ	
50	ビリヤード	写真						PIXTA	35587947
56	野球のボール	写真						PIXTA	36887223
66	回転ブランコ	写真						PIXTA	964701
66	図51 等速円運動する物体	写真						自社撮影	
68	図53 速度の向き(等速円運動)	写真						自社撮影	
74	コーヒーカップ	写真						PIXTA	1718823
83	振り子時計	写真						PIXTA	119419323

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	
83	図61 単振動と等速円運動(単振動)	写真						自社撮影
83	図61 単振動と等速円運動(円運動:真上から)	写真						自社撮影
83	図61 単振動と等速円運動(円運動:真横から)	写真						自社撮影
83	図62 単振動(単振動の連続写真)	写真						自社撮影
91	図66 単振り子の運動	写真						自社撮影
96	土星	写真						NASA/JPL-Caltech/宇宙科学研究所 PIA21046
108	ランタン	写真						PIXTA 29245647
109	実験⑦ ボイルの法則	写真						自社撮影
113	スナック菓子の袋(ふもと)	写真						中村文哉
113	スナック菓子の袋(頂上)	写真						中村文哉
114	バスケットボール	写真						PIXTA 87719582
120	蒸気機関車	写真						PIXTA 99505564
126	ぼけっとラボ⑫ 圧縮による発火(装置)	写真						自社撮影
126	ぼけっとラボ⑫ 圧縮による発火(発火の瞬間)	写真						自社撮影
126	ぼけっとラボ⑫ 膨張による雲の発生(指で強く押す)	写真						自社撮影
126	ぼけっとラボ⑫ 膨張による雲の発生(瞬時に力をゆるめる)	写真						自社撮影
131	積乱雲	写真						PIXTA 69006429
140	ウユニ塩湖	写真						保屋野参/アフロ 167493971
142	カルガモ	写真						PIXTA 21842963
151	海岸に打ち寄せる波	写真						PIXTA 111128487
151	図16 波動実験器	写真						自社撮影
151	図17 波の重ねあわせと独立性(5点)	写真						自社撮影
152	図19 自由端反射と固定端反射(自由端反射)(3点)	写真						自社撮影
152	図19 自由端反射と固定端反射(固定端反射)(3点)	写真						自社撮影
154	図22 水面を伝わる波の干渉	写真						自社撮影
156	図25 平面波の反射	写真						自社撮影
156	図26 平面波の屈折	写真						自社撮影
160	図30 波の回折((a)広いすき間)	写真						自社撮影
160	図30 波の回折((b)狭いすき間)	写真						自社撮影
160	図30 波の回折((c)短い波長)	写真						自社撮影
160	図30 波の回折((d)長い波長)	写真						自社撮影
160	波の回折と砂浜	写真						米子市観光協会
164	管楽器	写真						PIXTA 112465561

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	
165	図32 音の波形((a)音の高さ・高い)	写真						自社撮影
165	図32 音の波形((a)音の高さ・低い)	写真						自社撮影
165	図32 音の波形((b)音の大きさ・大きい)	写真						自社撮影
165	図32 音の波形((b)音の大きさ・小さい)	写真						自社撮影
165	図32 音の波形((c)音色・リコーダー)	写真						自社撮影
165	図32 音の波形((c)音色・ギター)	写真						自社撮影
168	図37 うなりの実験	写真						自社撮影
169	踏切を通過する電車	写真						PIXTA 86995816
169	図39 水面波のドップラー効果	写真						自社撮影
178	水面で反射する家	写真						PIXTA 22235542
180	図44 光の反射と屈折	写真						自社撮影
181	ビー玉と消臭ビーズ(空气中)	写真						自社撮影
181	ビー玉と消臭ビーズ(水中)	写真						自社撮影
182	図45 全反射	写真						自社撮影
182	ぼけっとラボ⑮ 全反射	写真						自社撮影
183	光ファイバー	写真						自社撮影
184	図46 プリズムによる光の分散	写真						自社撮影
186	ぼけっとラボ⑯ 光の散乱	写真						自社撮影
186	図49 光の散乱(昼間)	写真						PIXTA 69440502
186	図49 光の散乱(夕方)	写真						PIXTA 43682960
186	月面から見た太陽	写真						NASA
187	図50 偏光(明るい)	写真						自社撮影
187	図50 偏光(暗い)	写真						自社撮影
187	図51 水面からの反射光((a)偏光板を用いない場合)	写真						自社撮影
187	図51 水面からの反射光((b)偏光板を用いた場合)	写真						自社撮影
188	レンズと遠景	写真						PIXTA 110311233
188	図52 凸レンズと凹レンズ((a)凸レンズ)	写真						自社撮影
188	図52 凸レンズと凹レンズ((b)凹レンズ)	写真						自社撮影
190	図55 凸レンズによる像の観察(全体風景)	写真						自社撮影
190	図55 凸レンズによる像の観察(拡大図)	写真						自社撮影
191	図57 虫めがねによる像の観察	写真						自社撮影
192	図59 凹レンズによる虚像の観察	写真						自社撮影
196	図63 凹面鏡と凸面鏡の利用((a)凹面鏡)	写真						Science Source/アフロ 32619550
196	図63 凹面鏡と凸面鏡の利用((b)凸面鏡)	写真						PIXTA 55288313
200	シャボン玉	写真						PIXTA 31349342
201	図71 干渉縞(赤色光)	写真						自社撮影

【写真】

7/11

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		
201	図71 干渉縞(青色光)	写真						自社撮影	
201	図71 干渉縞(白色光)	写真						自社撮影	
204	図72 回折格子	写真						自社撮影	
205	図74 干渉の模様(赤色光)	写真						自社撮影	
205	図74 干渉の模様(青色光)	写真						自社撮影	
205	図74 干渉の模様(白色光)	写真						自社撮影	
205	光ディスク	写真						PIXTA	72700029
205	記録面の拡大写真	写真						ソニー株式会社	
206	図75 シャボン玉	写真						PIXTA	7967466
208	図78 くさび形空気層(装置)	写真						自社撮影	
208	図78 くさび形空気層(干渉縞)	写真						自社撮影	
209	図80 ニュートンリング(装置)	写真						自社撮影	
209	図80 ニュートンリング(干渉縞)	写真						自社撮影	
214	モザイクランプ	写真						PIXTA	56368580
216	落雷	写真						PIXTA	93331864
218	図6 箔検電器	写真						自社撮影	
219	図7 誘電分極	写真						自社撮影	
222	下敷きと静電気	写真						PIXTA	60021202
225	図13 点電荷による電気力線((a)1つの点電荷)	写真						自社撮影	
225	図13 点電荷による電気力線((b)正電荷どうし)	写真						自社撮影	
225	図13 点電荷による電気力線((c)正電荷と負電荷)	写真						自社撮影	
227	図16 金属板間の電気力線	写真						自社撮影	
228	バンデグラフ型起電機(帯電前)	写真						自社撮影	
228	バンデグラフ型起電機(帯電後)	写真						自社撮影	
229	テスター	写真						PIXTA	10521256
244	コンデンサー	写真						PIXTA	6600965
244	実験⑫ コンデンサーの作製(2つを重ねる)	写真						自社撮影	
244	実験⑫ コンデンサーの作製(放電)	写真						自社撮影	
245	図34 コンデンサー(例)(電解コンデンサー)	写真						自社撮影	
245	図34 コンデンサー(例)(フィルムコンデンサー)	写真						自社撮影	
251	図38 コンデンサーの耐電圧	写真						自社撮影	
251	図a 電気二重層コンデンサー	写真						自社撮影	
260	さまざな導線	写真						PIXTA	116472563
264	図52 家庭用の電力量計	写真						自社撮影	
265	リニアモーターカー	写真						JR東海	

【写真】

8/11

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		
266	乾電池	写真						PIXTA	46425314

268	図56 電流計の構造	写真					自社撮影	
269	図58 電圧計の構造	写真					自社撮影	
280	半導体部品の材料	写真					PIXTA	63169972
280	図69 半導体の材料(ケイ素Si)	写真					信越化学工業株式会社	
280	図69 半導体の材料(ゲルマニウムGe)	写真					フォトライブラリー	3557653
281	図72 ダイオードの構造	写真					自社撮影	
283	図a LEDを用いた信号機	写真					PIXTA	92510620
284	図75 太陽電池	写真					PIXTA	77747513
284	実験⑭ 太陽電池の性質	写真					自社撮影	
285	図a トランジスタ	写真					自社撮影	
285	図c 大規模集積回路(LSI) (LSI本体)	写真					サイネットフォト	SPETSWM7K
285	図c 大規模集積回路(LSI) (内部の拡大写真)	写真					ユニフォトプレス	C0147652
288	方位磁針	写真					PIXTA	8197339
290	図61 電流のまわりの磁場を磁針で観測する(拡大)	写真					自社撮影	
290	図61 電流のまわりの磁場を磁針で観測する(拡大)	写真					自社撮影	
292	電流磁場観察器	写真					自社撮影	
292	図83 エルステッドの実験	写真					自社撮影	
292	図84 直線電流がつくる磁場	写真					自社撮影	
293	図85 円形電流がつくる磁場	写真					自社撮影	
294	図86 ソレノイドを流れる電流がつくる磁場	写真					自社撮影	
296	扇風機	写真					PIXTA	11715745
302	加速器の一部分(モニュメント)	写真					PIXTA	57256320
304	図96 電子の円運動((a)観測装置)	写真					自社撮影	
304	図96 電子の円運動((b)電子の軌跡(磁場をかける前))	写真					自社撮影	
304	図96 電子の円運動((c)電子の軌跡(磁場をかけた後))	写真					自社撮影	
305	図98 電子のらせん運動	写真					自社撮影	
305	オーロラ	写真					PIXTA	13346894
307	図a CERN	写真					CERN	
310	エレキギター	写真					PIXTA	37745830
310	図102 電磁誘導の利用例	写真					PIXTA	94415444
322	ワイヤレス充電器	写真					PIXTA	88065803
322	図113 自己誘導(実験のようす)	写真					自社撮影	
322	図113 自己誘導(ネオン管・拡大)	写真					自社撮影	

【写真】

10/11

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	
372	図13 X線写真(レントゲン写真)	写真						ユニフォトプレス SS2240828
374	図16 X線回折の実験装置とラウエ斑点	写真						ユニフォトプレス SS2821676
375	DNAによるX線回折像	写真						サイネットフォト HRJRG8
378	ガラス球内での放電	写真						PIXTA 16819496
378	図21 電子線による回折	写真						国立研究開発法人 物質・材料研究機構 木本
379	図22 弱い光源や電子線によるヤングの実験 (b)弱い光源による実験・開始直後	写真						浜松ホトニクス株式会社
379	図22 弱い光源や電子線によるヤングの実験 (b)弱い光源による実験・時間が十分経過	写真						浜松ホトニクス株式会社
379	図22 弱い光源や電子線によるヤングの実験 (c)電子線による実験・開始直後	写真						株式会社日立製作所研究開発グループ
379	図22 弱い光源や電子線によるヤングの実験 (c)電子線による実験・時間が十分経過	写真						株式会社日立製作所研究開発グループ
382	石英	写真						PIXTA 97666333
392	放射線測定器	写真						PIXTA 2935370
401	ガンマナイフ	写真						BSIP agency/アフロ 113528310
404	太陽	写真						PIXTA 71365714
406	図48 霧箱内に生じた核反応	写真						Science Photo Library/アフロ 12877811
409	図a 事故後の福島第一原子力発電所	写真						朝日新聞社/サイネットフォト ASA110003953
412	アンドロメダ銀河	写真						PIXTA 25204017
416	図a スーパーカミオカンデ	写真						東京大学宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設
418	背景	写真						PIXTA 49924202
418	図1 ブラックホールの衝突による重力波の発生	写真						LIGO/T. Pyle
419	図4 日本の重力波望遠鏡KAGRA(真空管)	写真						東京大学宇宙線研究所 重力波観測研究施設
419	図4 日本の重力波望遠鏡KAGRA(サファイア鏡)	写真						東京大学宇宙線研究所 重力波観測研究施設
420	背景	写真						PIXTA 112762965
420	図1 日時計	写真						PIXTA 1696364
420	図2 クォーツ時計	写真						PIXTA 9064056
420	図3 原子時計	写真						国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT)

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		
420	図4 光格子時計	写真						東京大学大学院 香取研究室	
422	背景	写真						PIXTA	85520613
422	図1 スマートフォンの音声認識	写真						PIXTA	65189927
423	図2 ニュートラルネットワークによる画像認識	写真						PIXTA	39844648
423	図3 AIによる銀河の形態分類	写真						Tadaki et al./国立大文 学	
423	図4 スーパーコンピュータ	写真						理化学研究所	
424	背景	写真						PIXTA	61289041
424	アルベルト・アインシュタイン	写真						ユニフォト	2.02627467
425	アインシュタインが講義で使用した黒板	写真						サイネットフォト	DMT110085178
後見返し	元素の周期表と単体(80点)	写真						自社撮影	

(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	6	URL		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙1添付
	6	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
	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
2	11	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙2-1添付
	13	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙2-1添付
	15	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙2-1添付
	17	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙2-1添付
				自社ページURL	p. 11・問1の解答・解説	別紙2-2添付
				自社ページURL	p. 11・TRYの解答・解説	別紙2-3添付
				自社ページURL	動画（平面上の速度の合成）	別紙2-4添付
				自社ページURL	シミュレータ（速度の合成）	別紙2-5添付
				自社ページURL	学習動画（例題1）	別紙2-6添付
				自社ページURL	p. 13・類題1の解答・解説	別紙2-7添付
				自社ページURL	動画（直線上の相対速度（追い抜かれる場合））	別紙2-8添付
				自社ページURL	動画（直線上の相対速度（追い抜く場合））	別紙2-9添付
				自社ページURL	動画（直線上の相対速度（すれ違う場合））	別紙2-10添付
				自社ページURL	シミュレータ（相対速度）	別紙2-11添付
				自社ページURL	動画（平面上の相対速度（台車の運動））	別紙2-12添付
				自社ページURL	動画（平面上の相対速度（雨滴の落下））	別紙2-13添付
				自社ページURL	学習動画（例題2）	別紙2-14添付
				自社ページURL	p. 15・類題2の解答・解説	別紙2-15添付

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	
				自社ページURL	p. 16・問2の解答・解説	別紙2-16添付
				自社ページURL	p. 16・TRYの解答・解説	別紙2-17添付
				自社ページURL	p. 16・振り返ろうの解答・解説	別紙2-18添付
				自社ページURL	p. 16・一問一答	別紙2-19添付
				自社ページURL	シミュレータ（等加速度直線運動）	別紙2-20添付
3	19	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙3-1添付
	21	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙3-1添付
	23	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙3-1添付
	25	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙3-1添付
	27	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙3-1添付
	28	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙3-1添付
				自社ページURL	シミュレータ（自由落下・鉛直投げおろし）	別紙3-2添付
				自社ページURL	p. 19・問3の解答・解説	別紙3-3添付
				自社ページURL	p. 19・TRYの解答・解説	別紙3-4添付
				自社ページURL	シミュレータ（鉛直投げ上げ）	別紙3-5添付
				自社ページURL	動画（鉛直投げ上げ）	別紙3-6添付
				自社ページURL	動画（水平投射と自由落下）	別紙3-7添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 水平投射と自由落下）	別紙3-8添付
				自社ページURL	シミュレータ（水平投射のグラフ）	別紙3-9添付
				自社ページURL	学習動画（例題3）	別紙3-10添付
				自社ページURL	p. 21・類題3の解答・解説	別紙3-11添付
				自社ページURL	p. 21・問4の解答・解説	別紙3-12添付
				自社ページURL	動画（斜方投射と鉛直投げ上げ）	別紙3-13添付
				自社ページURL	p. 22・TRYの解答・解説	別紙3-14添付

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	
				自社ページURL	動画（小球の落下位置(静止)）	別紙3-15添付
				自社ページURL	動画（小球の落下位置(運動)）	別紙3-16添付
				自社ページURL	シミュレータ（斜方投射のグラフ）	別紙3-17添付
				自社ページURL	学習動画（例題4）	別紙3-18添付
				自社ページURL	p. 24・類題4の解答・解説	別紙3-19添付
				自社ページURL	p. 24・問5の解答・解説	別紙3-20添付
				自社ページURL	動画（慣性の法則）	別紙3-21添付
				自社ページURL	動画（運動の法則(力と加速度の関係)）	別紙3-22添付
				自社ページURL	動画（運動の法則(質量と加速度の関係)）	別紙3-23添付
				自社ページURL	動画（作用・反作用の法則(ばねの引きあい)）	別紙3-24添付
				自社ページURL	動画（落下運動(空気中)）	別紙3-25添付
				自社ページURL	動画（落下運動(真空中)）	別紙3-26添付
				自社ページURL	動画（空気抵抗を受けて落下する物体）	別紙3-27添付
				自社ページURL	p. 27・問6の解答・解説	別紙3-28添付
				自社ページURL	p. 27・TRYの解答・解説	別紙3-29添付
				自社ページURL	動画（実験 カップの終端速度）	別紙3-30添付
				自社ページURL	p. 27・振り返ろうの解答・解説	別紙3-31添付
				自社ページURL	p. 27・一問一答	別紙3-32添付
				自社ページURL	学習動画（チャレンジ 重力加速度の分解）	別紙3-33添付
				自社ページURL	p. 28・練習1の解答・解説	別紙3-34添付
4	29	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙4-1添付
				自社ページURL	p. 29・節末問題の解答・解説	別紙4-2添付
5	31	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙5-1添付
	33	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙5-1添付

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	
	35	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙5-1添付
	37	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙5-1添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ バットのひねりあい）	別紙5-2添付
				自社ページURL	p. 32・問7の解答・解説	別紙5-3添付
				自社ページURL	p. 32・問8の解答・解説	別紙5-4添付
				自社ページURL	動画（ばねばかりの使い方）	別紙5-5添付
				自社ページURL	動画（実験 剛体のつりあい）	別紙5-6添付
				自社ページURL	学習動画（例題5）	別紙5-7添付
				自社ページURL	p. 35・類題5の解答・解説	別紙5-8添付
				自社ページURL	p. 35・問9の解答・解説	別紙5-9添付
				自社ページURL	p. 35・TRYの解答・解説	別紙5-10添付
				自社ページURL	動画（棒を傾けておもいをつるしたようす）	別紙5-11添付
				自社ページURL	p. 37・問10の解答・解説	別紙5-12添付
				自社ページURL	p. 37・問11の解答・解説	別紙5-13添付
				自社ページURL	p. 37・振り返ろうの解答・解説	別紙5-14添付
				自社ページURL	p. 37・一問一答	別紙5-15添付
6	39	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙6-1添付
	41	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙6-1添付
	42	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙6-1添付
				自社ページURL	p. 39・問12の解答・解説	別紙6-2添付
				自社ページURL	p. 39・問13の解答・解説	別紙6-3添付
				自社ページURL	p. 39・問14の解答・解説	別紙6-4添付
				自社ページURL	学習動画（例題6）	別紙6-5添付
				自社ページURL	p. 40・類題6の解答・解説	別紙6-6添付

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	
				自社ページURL	p. 41・TRYの解答・解説	別紙6-7添付
				自社ページURL	動画（やじろべえ）	別紙6-8添付
				自社ページURL	学習動画（例題7）	別紙6-9添付
				自社ページURL	p. 42・類題7の解答・解説	別紙6-10添付
				自社ページURL	動画（剛体の放物運動）	別紙6-11添付
				自社ページURL	p. 42・振り返ろうの解答・解説	別紙6-12添付
				自社ページURL	p. 42・一問一答	別紙6-13添付
7	43	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙7-1添付
				自社ページURL	p. 43・節末問題の解答・解説	別紙7-2添付
8	45	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙8-1添付
	47	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙8-1添付
	49	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙8-1添付
				自社ページURL	p. 44・問15の解答・解説	別紙8-2添付
				自社ページURL	p. 44・TRYの解答・解説	別紙8-3添付
				自社ページURL	動画（運動量の変化と力積(直線上)）	別紙8-4添付
				自社ページURL	p. 45・問16の解答・解説	別紙8-5添付
				自社ページURL	動画（ぽけっとラボ キャッチボールにおける衝撃）	別紙8-6添付
				自社ページURL	学習動画（例題8）	別紙8-7添付
				自社ページURL	p. 47・類題8の解答・解説	別紙8-8添付
				自社ページURL	p. 47・TRYの解答・解説	別紙8-9添付
				自社ページURL	動画（落下する卵）	別紙8-10添付
				自社ページURL	動画（運動量の変化と力積(平面上)）	別紙8-11添付
				自社ページURL	学習動画（例題9）	別紙8-12添付
				自社ページURL	p. 49・類題9の解答・解説	別紙8-13添付

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	
				自社ページURL	p. 49・問17の解答・解説	別紙8-14添付
				自社ページURL	p. 49・TRYの解答・解説	別紙8-15添付
				自社ページURL	p. 49・振り返ろうの解答・解説	別紙8-16添付
				自社ページURL	p. 49・一問一答	別紙8-17添付
9	51	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙9-1添付
	53	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙9-1添付
	55	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙9-1添付
				自社ページURL	動画（運動量保存の法則(直線上の場合)）	別紙9-2添付
				自社ページURL	学習動画（例題10）	別紙9-3添付
				自社ページURL	p. 51・類題10の解答・解説	別紙9-4添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 台車の合体）	別紙9-5添付
				自社ページURL	動画（運動量保存の法則(平面上の場合)）	別紙9-6添付
				自社ページURL	学習動画（例題11）	別紙9-7添付
				自社ページURL	p. 53・類題11の解答・解説	別紙9-8添付
				自社ページURL	p. 53・問18の解答・解説	別紙9-9添付
				自社ページURL	学習動画（例題12）	別紙9-10添付
				自社ページURL	p. 55・類題12の解答・解説	別紙9-11添付
				自社ページURL	p. 55・TRYの解答・解説	別紙9-12添付
				自社ページURL	動画（実験 台車の分裂(同じ質量)）	別紙9-13添付
				自社ページURL	動画（実験 台車の分裂(異なる質量)）	別紙9-14添付
				自社ページURL	p. 55・振り返ろうの解答・解説	別紙9-15添付
				自社ページURL	p. 55・一問一答	別紙9-16添付
10	57	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙10-1添付
	59	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙10-1添付

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	
	61	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙10-1添付
	63	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙10-1添付
				自社ページURL	動画（テニスボールの反発係数）	別紙10-2添付
				自社ページURL	動画（実験 反発係数の測定）	別紙10-3添付
				自社ページURL	p. 56・問19の解答・解説	別紙10-4添付
				自社ページURL	動画（反発係数(2球の衝突)）	別紙10-5添付
				自社ページURL	シミュレータ（2球の衝突と反発係数）	別紙10-6添付
				自社ページURL	学習動画（例題13）	別紙10-7添付
				自社ページURL	p. 58・類題13の解答・解説	別紙10-8添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 10円玉どうしの衝突）	別紙10-9添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 10円玉と1円玉の衝突）	別紙10-10添付
				自社ページURL	学習動画（例題14）	別紙10-11添付
				自社ページURL	p. 59・類題14の解答・解説	別紙10-12添付
				自社ページURL	学習動画（例題15）	別紙10-13添付
				自社ページURL	p. 61・類題15の解答・解説	別紙10-14添付
				自社ページURL	p. 61・振り返ろうの解答・解説	別紙10-15添付
				自社ページURL	p. 61・一問一答	別紙10-16添付
				自社ページURL	学習動画（チャレンジ 運動量保存の法則の応用）	別紙10-17添付
				自社ページURL	学習動画（チャレンジ 特定の方向だけで運動量が保存される場合）	別紙10-18添付
				自社ページURL	p. 62・練習1の解答・解説	別紙10-19添付
				自社ページURL	学習動画（チャレンジ 摩擦力を受けても運動量が保存される場合）	別紙10-20添付
				自社ページURL	p. 63・練習2の解答・解説	別紙10-21添付
11	65	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙11-1添付

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	
				自社ページURL	p. 64-65・節末問題の解答・解説	別紙11-2添付
12	67	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙12-1添付
	69	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙12-1添付
	71	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙12-1添付
	73	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙12-1添付
				自社ページURL	動画（等速円運動をする物体）	別紙12-2添付
				自社ページURL	シミュレータ（等速円運動）	別紙12-3添付
				自社ページURL	p. 67・問20の解答・解説	別紙12-4添付
				自社ページURL	p. 67・問21の解答・解説	別紙12-5添付
				自社ページURL	p. 67・問22の解答・解説	別紙12-6添付
				自社ページURL	p. 67・問23の解答・解説	別紙12-7添付
				自社ページURL	動画（等速円運動の速度(小球)）	別紙12-8添付
				自社ページURL	動画（等速円運動の速度(水滴)）	別紙12-9添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 円運動における速度の向き）	別紙12-10添付
				自社ページURL	p. 69・問24の解答・解説	別紙12-11添付
				自社ページURL	p. 69・TRYの解答・解説	別紙12-12添付
				自社ページURL	p. 70・問25の解答・解説	別紙12-13添付
				自社ページURL	学習動画（例題16）	別紙12-14添付
				自社ページURL	p. 71・類題16の解答・解説	別紙12-15添付
				自社ページURL	p. 71・振り返ろうの解答・解説	別紙12-16添付
				自社ページURL	p. 71・一問一答	別紙12-17添付
				自社ページURL	学習動画（特講 等速円運動の向心力）	別紙12-18添付
				自社ページURL	p. 72・練習1の解答・解説	別紙12-19添付
				自社ページURL	動画（探究 等速円運動の角速度）	別紙12-20添付

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	
13	75	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙13-1添付
	77	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙13-1添付
	79	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙13-1添付
	81	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙13-1添付
	82	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙13-1添付
				自社ページURL	動画（等速直線運動をする車内の振り子）	別紙13-2添付
				自社ページURL	動画（加速する車内の振り子）	別紙13-3添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 水中の振り子(おもり・等速)）	別紙13-4添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 水中の振り子(おもり・加速)）	別紙13-5添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 水中の振り子(浮き・等速)）	別紙13-6添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 水中の振り子(浮き・加速)）	別紙13-7添付
				自社ページURL	学習動画（例題17）	別紙13-8添付
				自社ページURL	p. 76・類題17の解答・解説	別紙13-9添付
				自社ページURL	p. 76・TRYの解答・解説	別紙13-10添付
				自社ページURL	学習動画（例題18）	別紙13-11添付
				自社ページURL	p. 77・類題18の解答・解説	別紙13-12添付
				自社ページURL	動画（加速する車内の水中の振り子）	別紙13-13添付
				自社ページURL	p. 78・問26の解答・解説	別紙13-14添付
				自社ページURL	学習動画（例題19）	別紙13-15添付
				自社ページURL	p. 79・類題19の解答・解説	別紙13-16添付
				自社ページURL	p. 79・TRYの解答・解説	別紙13-17添付
				自社ページURL	動画（鉛直面内の円運動(途中の点)）	別紙13-18添付
				自社ページURL	動画（鉛直面内の円運動(最下点)）	別紙13-19添付
				自社ページURL	学習動画（例題20）	別紙13-20添付

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	
				自社ページURL	p. 81・類題20の解答・解説	別紙13-21添付
				自社ページURL	p. 81・振り返ろうの解答・解説	別紙13-22添付
				自社ページURL	p. 81・一問一答	別紙13-23添付
				自社ページURL	学習動画（特講 慣性系と非慣性系）	別紙13-24添付
				自社ページURL	p. 82・練習1の解答・解説	別紙13-25添付
14	83	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙14-1添付
	85	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙14-1添付
	87	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙14-1添付
	89	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙14-1添付
	91	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙14-1添付
	93	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙14-1添付
	95	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙14-1添付
				自社ページURL	動画（単振動と等速円運動）	別紙14-2添付
				自社ページURL	動画（単振動の $y-t$ グラフ）	別紙14-3添付
				自社ページURL	p. 85・問27の解答・解説	別紙14-4添付
				自社ページURL	p. 85・TRYの解答・解説	別紙14-5添付
				自社ページURL	動画（単振動の変位）	別紙14-6添付
				自社ページURL	シミュレータ（単振動のグラフ）	別紙14-7添付
				自社ページURL	p. 86・問28の解答・解説	別紙14-8添付
				自社ページURL	p. 87・問29の解答・解説	別紙14-9添付
				自社ページURL	p. 87・問30の解答・解説	別紙14-10添付
				自社ページURL	動画（鉛直ばね振り子(振幅の大きさ)）	別紙14-11添付
				自社ページURL	学習動画（例題21）	別紙14-12添付
				自社ページURL	p. 89・類題21の解答・解説	別紙14-13添付

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	
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 鉛直ばね振り子(振幅と周期の関係)）	別紙14-14添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 鉛直ばね振り子(おもりの質量と周期の関係)）	別紙14-15添付
				自社ページURL	動画（単振動のエネルギー）	別紙14-16添付
				自社ページURL	動画（実験 単振り子の周期）	別紙14-17添付
				自社ページURL	p. 93・問31の解答・解説	別紙14-18添付
				自社ページURL	p. 93・TRYの解答・解説	別紙14-19添付
				自社ページURL	p. 93・振り返ろうの解答・解説	別紙14-20添付
				自社ページURL	p. 93・一問一答	別紙14-21添付
				自社ページURL	学習動画（チャレンジ 鉛直ばね振り子の例）	別紙14-22添付
				自社ページURL	学習動画（チャレンジ エネルギー保存の例）	別紙14-23添付
				自社ページURL	p. 95・練習1の解答・解説	別紙14-24添付
				自社ページURL	p. 95・練習2の解答・解説	別紙14-25添付
15	97	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙15-1添付
	99	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙15-1添付
	101	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙15-1添付
	103	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙15-1添付
	105	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙15-1添付
				自社ページURL	p. 97・問32の解答・解説	別紙15-2添付
				自社ページURL	p. 97・問33の解答・解説	別紙15-3添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ ケプラーの第3法則の確認）	別紙15-4添付
				自社ページURL	p. 99・問34の解答・解説	別紙15-5添付
				自社ページURL	動画（万有引力と重力）	別紙15-6添付
				自社ページURL	p. 100・問35の解答・解説	別紙15-7添付

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	
				自社ページURL	学習動画（例題22）	別紙15-8添付
				自社ページURL	p. 101・類題22の解答・解説	別紙15-9添付
				自社ページURL	p. 101・問36の解答・解説	別紙15-10添付
				自社ページURL	動画（万有引力による運動）	別紙15-11添付
				自社ページURL	学習動画（例題23）	別紙15-12添付
				自社ページURL	p. 104・類題23の解答・解説	別紙15-13添付
				自社ページURL	動画（実験 天体からの脱出速度）	別紙15-14添付
				自社ページURL	p. 105・振り返ろうの解答・解説	別紙15-15添付
				自社ページURL	p. 105・一問一答	別紙15-16添付
16	107	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙16-1添付
				自社ページURL	p. 106-107・節末問題の解答・解説	別紙16-2添付
17	109	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙17-1添付
	111	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙17-1添付
	113	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙17-1添付
				自社ページURL	動画（気体の圧力）	別紙17-2添付
				自社ページURL	p. 108・問37の解答・解説	別紙17-3添付
				自社ページURL	p. 109・問38の解答・解説	別紙17-4添付
				自社ページURL	動画（実験 ボイルの法則）	別紙17-5添付
				自社ページURL	p. 110・問39の解答・解説	別紙17-6添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 気体の温度と体積の関係）	別紙17-7添付
				自社ページURL	p. 111・問40の解答・解説	別紙17-8添付
				自社ページURL	p. 113・問41の解答・解説	別紙17-9添付
				自社ページURL	学習動画（例題24）	別紙17-10添付
				自社ページURL	p. 113・類題24の解答・解説	別紙17-11添付

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	
				自社ページURL	p. 113・TRYの解答・解説	別紙17-12添付
			NHK	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005401345_00000	動画（菓子の袋の気圧による変化）	
				自社ページURL	p. 113・振り返ろうの解答・解説	別紙17-13添付
				自社ページURL	p. 113・一問一答	別紙17-14添付
18	115	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙18-1添付
	117	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙18-1添付
	119	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙18-1添付
				自社ページURL	動画（気体の圧力と分子運動①（分子1個から壁Aが受ける力積））	別紙18-2添付
				自社ページURL	動画（気体の圧力と分子運動②（分子1個から壁Aが受ける平均の力））	別紙18-3添付
				自社ページURL	動画（気体の圧力と分子運動③（N個の分子による力と圧力））	別紙18-4添付
				自社ページURL	動画（気体の圧力と分子運動④（容器内の気体の圧力））	別紙18-5添付
				自社ページURL	p. 119・問42の解答・解説	別紙18-6添付
				自社ページURL	p. 119・問43の解答・解説	別紙18-7添付
				自社ページURL	p. 119・振り返ろうの解答・解説	別紙18-8添付
				自社ページURL	p. 119・一問一答	別紙18-9添付
19	121	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙19-1添付
	123	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙19-1添付
	125	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙19-1添付
	127	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙19-1添付
	129	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙19-1添付
	131	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙19-1添付
	133	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙19-1添付

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	
	135	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙19-1添付
	137	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙19-1添付
				自社ページURL	p. 120・問44の解答・解説	別紙19-2添付
				自社ページURL	動画（熱力学の第1法則）	別紙19-3添付
				自社ページURL	p. 121・問45の解答・解説	別紙19-4添付
				自社ページURL	動画（気体がされる仕事と気体が行う仕事）	別紙19-5添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 内部エネルギーと水温）	別紙19-6添付
				自社ページURL	p. 122・問46の解答・解説	別紙19-7添付
				自社ページURL	学習動画（例題25）	別紙19-8添付
				自社ページURL	p. 123・類題25の解答・解説	別紙19-9添付
				自社ページURL	p. 123・TRYの解答・解説	別紙19-10添付
				自社ページURL	動画（気体の状態変化(定積変化)）	別紙19-11添付
				自社ページURL	p. 124・問47の解答・解説	別紙19-12添付
				自社ページURL	動画（気体の状態変化(定圧変化)）	別紙19-13添付
				自社ページURL	p. 125・問48の解答・解説	別紙19-14添付
				自社ページURL	動画（気体の状態変化(等温変化)）	別紙19-15添付
				自社ページURL	p. 125・問49の解答・解説	別紙19-16添付
				自社ページURL	p. 125・TRYの解答・解説	別紙19-17添付
				自社ページURL	動画（気体の状態変化(断熱変化)）	別紙19-18添付
				自社ページURL	シミュレータ（気体の状態変化）	別紙19-19添付
				自社ページURL	p. 126・問50の解答・解説	別紙19-20添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 断熱圧縮による発火）	別紙19-21添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 断熱膨張）	別紙19-22添付
				自社ページURL	学習動画（特講 p-Vグラフの特徴）	別紙19-23添付

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	
				自社ページURL	p. 127・練習1の解答・解説	別紙19-24添付
				自社ページURL	p. 127・練習2の解答・解説	別紙19-25添付
				自社ページURL	p. 127・練習3の解答・解説	別紙19-26添付
				自社ページURL	学習動画（特講 気体の状態変化とp-Vグラフ）	別紙19-27添付
				自社ページURL	学習動画（特講 気体の状態変化とp-Vグラフ(例1)）	別紙19-28添付
				自社ページURL	p. 129・練習1の解答・解説	別紙19-29添付
				自社ページURL	p. 129・練習2の解答・解説	別紙19-30添付
				自社ページURL	p. 130・問51の解答・解説	別紙19-31添付
				自社ページURL	学習動画（例題26）	別紙19-32添付
				自社ページURL	p. 132・類題26の解答・解説	別紙19-33添付
				自社ページURL	p. 132・TRYの解答・解説	別紙19-34添付
				自社ページURL	動画（熱機関の原理）	別紙19-35添付
				自社ページURL	p. 135・問52の解答・解説	別紙19-36添付
				自社ページURL	学習動画（例題27）	別紙19-37添付
				自社ページURL	p. 136・類題27の解答・解説	別紙19-38添付
				自社ページURL	動画（ミルクの拡散）	別紙19-39添付
				自社ページURL	p. 137・振り返ろうの解答・解説	別紙19-40添付
				自社ページURL	p. 137・一問一答	別紙19-41添付
20	139	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙20-1添付
				自社ページURL	p. 138-139・節末問題の解答・解説	別紙20-2添付
21	143	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙21-1添付
	145	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙21-1添付
	147	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙21-1添付
	149	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙21-1添付

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	
	150	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙21-1添付
				自社ページURL	動画（水面を伝わる波）	別紙21-2添付
				自社ページURL	動画（ばねを伝わる波）	別紙21-3添付
				自社ページURL	動画（波の速さ）	別紙21-4添付
				自社ページURL	シミュレータ（波の波形）	別紙21-5添付
				自社ページURL	動画（ $y-x$ グラフと $y-t$ グラフ）	別紙21-6添付
				自社ページURL	シミュレータ（波のグラフ）	別紙21-7添付
				自社ページURL	動画（正弦波の式）	別紙21-8添付
				自社ページURL	シミュレータ（正弦波の式）	別紙21-9添付
				自社ページURL	p. 145・問1の解答・解説	別紙21-10添付
				自社ページURL	p. 146・問2の解答・解説	別紙21-11添付
				自社ページURL	動画（正弦波の位相（同位相と逆位相））	別紙21-12添付
				自社ページURL	p. 147・問3の解答・解説	別紙21-13添付
				自社ページURL	学習動画（例題1）	別紙21-14添付
				自社ページURL	p. 149・類題1の解答・解説	別紙21-15添付
				自社ページURL	p. 149・問4の解答・解説	別紙21-16添付
				自社ページURL	動画（横波と縦波）	別紙21-17添付
				自社ページURL	動画（縦波の横波表示）	別紙21-18添付
				自社ページURL	p. 150・振り返ろうの解答・解説	別紙21-19添付
				自社ページURL	p. 150・一問一答	別紙21-20添付
22	151	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙22-1添付
	153	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙22-1添付
	155	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙22-1添付
	157	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙22-1添付

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	
	159	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙22-1添付
	161	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙22-1添付
	162	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙22-1添付
				自社ページURL	動画（波の重ねあわせ(山と山)）	別紙22-2添付
				自社ページURL	動画（波の重ねあわせ(山と谷)）	別紙22-3添付
				自社ページURL	シミュレータ（波の重ねあわせ）	別紙22-4添付
				自社ページURL	動画（定常波）実写	別紙22-5添付
				自社ページURL	動画（定常波）アニメ	別紙22-6添付
				自社ページURL	動画（パルス波の反射(自由端)）	別紙22-7添付
				自社ページURL	動画（パルス波の反射(固定端)）	別紙22-8添付
				自社ページURL	シミュレータ（波の反射）	別紙22-9添付
				自社ページURL	動画（正弦波の反射(自由端)）	別紙22-10添付
				自社ページURL	動画（正弦波の反射(固定端)）	別紙22-11添付
				自社ページURL	p. 153・問5の解答・解説	別紙22-12添付
				自社ページURL	動画（水面波の干渉(同位相)）	別紙22-13添付
				自社ページURL	動画（水面波の干渉(逆位相)）	別紙22-14添付
				自社ページURL	動画（水面波の干渉(強めあう場所、弱めあう場所)）	別紙22-15添付
				自社ページURL	シミュレータ（水面波の干渉）	別紙22-16添付
				自社ページURL	p. 155・問6の解答・解説	別紙22-17添付
				自社ページURL	動画（平面波の反射）実写	別紙22-18添付
				自社ページURL	動画（平面波の屈折）実写	別紙22-19添付
				自社ページURL	ぼけっとラボ 波の反射・屈折の観察	別紙22-20添付
				自社ページURL	学習動画（例題2）	別紙22-21添付
				自社ページURL	p. 157・類題2の解答・解説	別紙22-22添付

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	
				自社ページURL	p. 157・TRYの解答・解説	別紙22-23添付
				自社ページURL	動画（平面波の反射）アニメ	別紙22-24添付
				自社ページURL	動画（平面波の屈折）アニメ	別紙22-25添付
				自社ページURL	動画（平面波の回折(すき間の広さによる違い)）	別紙22-26添付
				自社ページURL	動画（平面波の回折(物体にあてる波長による違い)）	別紙22-27添付
				自社ページURL	p. 160・振り返ろうの解答・解説	別紙22-28添付
				自社ページURL	p. 160・一問一答	別紙22-29添付
				自社ページURL	動画（探究 水面波の干渉）	別紙22-30添付
23	163	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙23-1添付
				自社ページURL	p. 163・節末問題の解答・解説	別紙23-2添付
24	165	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙24-1添付
	167	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙24-1添付
	168	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙24-1添付
				自社ページURL	動画（真空中における音）	別紙24-2添付
				自社ページURL	p. 164・問7の解答・解説	別紙24-3添付
				自社ページURL	動画（音波の波形(音の高さ)）	別紙24-4添付
				自社ページURL	動画（音波の波形(音の大きさ)）	別紙24-5添付
				自社ページURL	動画（音波の波形(音色)）	別紙24-6添付
				自社ページURL	シミュレータ（音の高さ）	別紙24-7添付
				自社ページURL	p. 165・問8の解答・解説	別紙24-8添付
				自社ページURL	p. 165・問9の解答・解説	別紙24-9添付
				自社ページURL	学習動画（例題3）	別紙24-10添付
				自社ページURL	動画（クインケ管）	別紙24-11添付
				自社ページURL	p. 167・類題3の解答・解説	別紙24-12添付

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	
				自社ページURL	動画（実験 音波の干渉(スピーカー)）	別紙24-13添付
				自社ページURL	動画（うなり）	別紙24-14添付
				自社ページURL	シミュレータ（うなり）	別紙24-15添付
				自社ページURL	p. 168・振り返ろうの解答・解説	別紙24-16添付
				自社ページURL	p. 168・一問一答	別紙24-17添付
25	169	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙25-1添付
	171	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙25-1添付
	173	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙25-1添付
	175	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙25-1添付
	176	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙25-1添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ ドップラー効果(音源が近づく場合)）	別紙25-2添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ ドップラー効果(音源が遠ざかる場合)）	別紙25-3添付
				自社ページURL	動画（波面の移動と波長の変化）	別紙25-4添付
				自社ページURL	p. 169・TRYの解答・解説	別紙25-5添付
				自社ページURL	動画（音源が移動する場合）	別紙25-6添付
				自社ページURL	シミュレータ（ドップラー効果）	別紙25-7添付
				自社ページURL	p. 171・問10の解答・解説	別紙25-8添付
				自社ページURL	動画（観測者が移動する場合）	別紙25-9添付
				自社ページURL	p. 171・問11の解答・解説	別紙25-10添付
				自社ページURL	学習動画（例題4）	別紙25-11添付
				自社ページURL	p. 173・類題4の解答・解説	別紙25-12添付
				自社ページURL	p. 173・振り返ろうの解答・解説	別紙25-13添付
				自社ページURL	p. 173・一問一答	別紙25-14添付

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	
				自社ページURL	学習動画（特講 ①反射板によるドップラー効果）	別紙25-15添付
				自社ページURL	学習動画（特講 さまざまな場合のドップラー効果(例①))	別紙25-16添付
				自社ページURL	p. 175・練習1の解答・解説	別紙25-17添付
				自社ページURL	p. 175・TRYの解答・解説	別紙25-18添付
				自社ページURL	学習動画（特講 ②媒質の移動とドップラー効果）	別紙25-19添付
				自社ページURL	p. 175・練習2の解答・解説	別紙25-20添付
				自社ページURL	学習動画（特講 ③斜め方向のドップラー効果）	別紙25-21添付
				自社ページURL	学習動画（特講 さまざまな場合のドップラー効果(例②))	別紙25-22添付
				自社ページURL	p. 176・練習3の解答・解説	別紙25-23添付
				自社ページURL	p. 176・TRYの解答・解説	別紙25-24添付
26	177	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙26-1添付
				自社ページURL	p. 177・節末問題の解答・解説	別紙26-2添付
27	179	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙27-1添付
	181	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙27-1添付
	183	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙27-1添付
	185	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙27-1添付
	187	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙27-1添付
				自社ページURL	p. 178・問12の解答・解説	別紙27-2添付
				自社ページURL	p. 179・問13の解答・解説	別紙27-3添付
				自社ページURL	動画（光の反射）	別紙27-4添付
				自社ページURL	動画（光の屈折(空気→水)）	別紙27-5添付
				自社ページURL	動画（光の屈折(水→空気)）	別紙27-6添付
				自社ページURL	シミュレータ（光の反射と屈折）	別紙27-7添付

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	
				自社ページURL	学習動画（例題5）	別紙27-8添付
				自社ページURL	p. 181・類題5の解答・解説	別紙27-9添付
				自社ページURL	p. 181・TRYの解答・解説	別紙27-10添付
				自社ページURL	動画（TRY 水中のビー玉と消臭ビーズ）	別紙27-11添付
				自社ページURL	動画（実験 ガラスの屈折率の測定）	別紙27-12添付
				自社ページURL	動画（実験 ガラスの屈折率の測定（レーザー光をあてる））	別紙27-13添付
				自社ページURL	p. 182・問14の解答・解説	別紙27-14添付
				自社ページURL	動画（全反射）	別紙27-15添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 全反射（石鹼水中のレーザー光））	別紙27-16添付
				自社ページURL	学習動画（例題6）	別紙27-17添付
				自社ページURL	p. 183・類題6の解答・解説	別紙27-18添付
				自社ページURL	動画（光ファイバー内のレーザー光）	別紙27-19添付
				自社ページURL	動画（プリズムによる光の分散）	別紙27-20添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 光の散乱）	別紙27-21添付
				自社ページURL	動画（光の散乱と空の色）	別紙27-22添付
				自社ページURL	動画（偏光板を通して見た電球）	別紙27-23添付
				自社ページURL	p. 187・TRYの解答・解説	別紙27-24添付
				自社ページURL	動画（水面からの反射光）	別紙27-25添付
				自社ページURL	p. 187・振り返ろうの解答・解説	別紙27-26添付
				自社ページURL	p. 187・一問一答	別紙27-27添付
28	189	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙28-1添付
	191	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙28-1添付
	193	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙28-1添付

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	
	195	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙28-1添付
	197	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙28-1添付
	199	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙28-1添付
				自社ページURL	動画（凸レンズによる光の進み方）	別紙28-2添付
				自社ページURL	動画（凹レンズによる光の進み方）	別紙28-3添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 凸レンズと凹レンズ）	別紙28-4添付
				自社ページURL	p. 189・問15の解答・解説	別紙28-5添付
				自社ページURL	動画（凸レンズによる実像）	別紙28-6添付
				自社ページURL	p. 190・問16の解答・解説	別紙28-7添付
				自社ページURL	p. 191・問17の解答・解説	別紙28-8添付
				自社ページURL	p. 191・問18の解答・解説	別紙28-9添付
				自社ページURL	p. 191・TRYの解答・解説	別紙28-10添付
				自社ページURL	動画（凸レンズによる実像（レンズ半分を紙で覆う））	別紙28-11添付
				自社ページURL	シミュレータ（レンズによる像の作図）	別紙28-12添付
				自社ページURL	p. 192・問19の解答・解説	別紙28-13添付
				自社ページURL	p. 192・問20の解答・解説	別紙28-14添付
				自社ページURL	学習動画（例題7）	別紙28-15添付
				自社ページURL	p. 193・類題7の解答・解説	別紙28-16添付
				自社ページURL	p. 194・問21の解答・解説	別紙28-17添付
				自社ページURL	p. 194・問22の解答・解説	別紙28-18添付
				自社ページURL	p. 195・TRYの解答・解説	別紙28-19添付
				自社ページURL	動画（凹面鏡による光の進み方）	別紙28-20添付
				自社ページURL	動画（凸面鏡による光の進み方）	別紙28-21添付
				自社ページURL	p. 197・問23の解答・解説	別紙28-22添付

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	
				自社ページURL	p. 198・問24の解答・解説	別紙28-23添付
				自社ページURL	シミュレータ（球面鏡による像の作図）	別紙28-24添付
				自社ページURL	p. 198・問25の解答・解説	別紙28-25添付
				自社ページURL	p. 199・問26の解答・解説	別紙28-26添付
				自社ページURL	p. 199・振り返ろうの解答・解説	別紙28-27添付
				自社ページURL	p. 199・一問一答	別紙28-28添付
29	201	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙29-1添付
	203	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙29-1添付
	205	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙29-1添付
	207	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙29-1添付
	209	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙29-1添付
	211	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙29-1添付
				自社ページURL	動画（ヤングの実験）実写	別紙29-2添付
				自社ページURL	動画（ヤングの実験）アニメ	別紙29-3添付
				自社ページURL	シミュレータ（光の干渉）	別紙29-4添付
				自社ページURL	学習動画（例題8）	別紙29-5添付
				自社ページURL	p. 202・類題8の解答・解説	別紙29-6添付
				自社ページURL	動画（探究 ヤングの実験）	別紙29-7添付
				自社ページURL	動画（回折格子による光の干渉）実写	別紙29-8添付
				自社ページURL	動画（回折格子による光の干渉）アニメ	別紙29-9添付
				自社ページURL	p. 205・問27の解答・解説	別紙29-10添付
				自社ページURL	動画（実験 レーザー光の波長の測定）	別紙29-11添付
				自社ページURL	動画（反射光の位相）	別紙29-12添付
				自社ページURL	学習動画（例題9）	別紙29-13添付

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	
				自社ページURL	p. 207・類題9の解答・解説	別紙29-14添付
				自社ページURL	p. 207・TRYの解答・解説	別紙29-15添付
				自社ページURL	動画（くさび形空気層による光の干渉）実写	別紙29-16添付
				自社ページURL	動画（くさび形空気層による光の干渉）アニメ	別紙29-17添付
				自社ページURL	p. 208・問28の解答・解説	別紙29-18添付
				自社ページURL	動画（ニュートンリング）実写	別紙29-19添付
				自社ページURL	動画（ニュートンリング）アニメ	別紙29-20添付
				自社ページURL	p. 209・問29の解答・解説	別紙29-21添付
				自社ページURL	p. 209・振り返ろうの解答・解説	別紙29-22添付
				自社ページURL	p. 209・一問一答	別紙29-23添付
				自社ページURL	学習動画（特講 光の回折と干渉）	別紙29-24添付
				自社ページURL	p. 211・練習1の解答・解説	別紙29-25添付
				自社ページURL	p. 211・練習2の解答・解説	別紙29-26添付
				自社ページURL	p. 211・練習3の解答・解説	別紙29-27添付
				自社ページURL	p. 211・練習4の解答・解説	別紙29-28添付
				自社ページURL	p. 211・練習5の解答・解説	別紙29-29添付
30	213	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙30-1添付
				自社ページURL	p. 212-213・節末問題の解答・解説	別紙30-2添付
31	217	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙31-1添付
	219	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙31-1添付
	221	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙31-1添付
				自社ページURL	動画（静電気力(異種の電荷間)）	別紙31-2添付
				自社ページURL	動画（静電気力(同種の電荷間)）	別紙31-3添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 静電気力）	別紙31-4添付

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	
				自社ページURL	p. 217・問1の解答・解説	別紙31-5添付
				自社ページURL	p. 219・TRYの解答・解説	別紙31-6添付
				自社ページURL	動画（実験 箔検電器）	別紙31-7添付
				自社ページURL	p. 220・問2の解答・解説	別紙31-8添付
				自社ページURL	学習動画（例題1）	別紙31-9添付
				自社ページURL	p. 221・類題1の解答・解説	別紙31-10添付
				自社ページURL	p. 221・TRYの解答・解説	別紙31-11添付
				自社ページURL	p. 221・振り返ろうの解答・解説	別紙31-12添付
				自社ページURL	p. 221・一問一答	別紙31-13添付
32	223	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙32-1添付
	225	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙32-1添付
	227	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙32-1添付
	228	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙32-1添付
				自社ページURL	p. 222・問3の解答・解説	別紙32-2添付
				自社ページURL	動画（点電荷がつくる電場）	別紙32-3添付
				自社ページURL	p. 223・問4の解答・解説	別紙32-4添付
				自社ページURL	学習動画（例題2）	別紙32-5添付
				自社ページURL	p. 224・類題2の解答・解説	別紙32-6添付
				自社ページURL	動画（電気力線(1個の点電荷)）	別紙32-7添付
				自社ページURL	動画（電気力線(同種の点電荷)）	別紙32-8添付
				自社ページURL	動画（電気力線(異種の点電荷)）	別紙32-9添付
				自社ページURL	ぼけっとラボ 電気力線の観察	別紙32-10添付
				自社ページURL	動画（電気力線(平面上に分布した電荷)）	別紙32-11添付
				自社ページURL	動画（電気力線(金属板間)）実写	別紙32-12添付

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	
				自社ページURL	動画（電気力線(金属板間)）アニメ	別紙32-13添付
				自社ページURL	学習動画（例題3）	別紙32-14添付
				自社ページURL	p. 228・類題3の解答・解説	別紙32-15添付
				自社ページURL	動画（バンデグラフ型起電機）	別紙32-16添付
				自社ページURL	p. 228・振り返ろうの解答・解説	別紙32-17添付
				自社ページURL	p. 228・一問一答	別紙32-18添付
33	229	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙33-1添付
	231	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙33-1添付
	233	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙33-1添付
	235	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙33-1添付
	237	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙33-1添付
	239	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙33-1添付
	241	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙33-1添付
	243	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙33-1添付
				自社ページURL	動画（電位(重力と静電気力)）	別紙33-2添付
				自社ページURL	p. 229・問5の解答・解説	別紙33-3添付
				自社ページURL	p. 230・問6の解答・解説	別紙33-4添付
				自社ページURL	動画（一様な電場と電位差）	別紙33-5添付
				自社ページURL	学習動画（例題4）	別紙33-6添付
				自社ページURL	p. 231・類題4の解答・解説	別紙33-7添付
				自社ページURL	p. 231・TRYの解答・解説	別紙33-8添付
				自社ページURL	動画（電位(点電荷のまわりの電位)）	別紙33-9添付
				自社ページURL	学習動画（例題5）	別紙33-10添付
				自社ページURL	p. 233・類題5の解答・解説	別紙33-11添付

申請図書			学習上の参考にする情報			備考
番号	ページ	種別	参照先	URL	概要	
				自社ページURL	動画（等電位面と電気力線(両者の関係)）	別紙33-12添付
				自社ページURL	動画（等電位面と電気力線(正の点電荷)）	別紙33-13添付
				自社ページURL	動画（等電位面と電気力線(2つの正電荷)）	別紙33-14添付
				自社ページURL	動画（等電位面と電気力線(正電荷と負電荷)）	別紙33-15添付
				自社ページURL	シミュレータ（等電位線と電気力線）	別紙33-16添付
				自社ページURL	p. 235・問7の解答・解説	別紙33-17添付
				自社ページURL	学習動画（例題6）	別紙33-18添付
				自社ページURL	p. 236・類題6の解答・解説	別紙33-19添付
				自社ページURL	動画（探究 等電位線と電気力線）	別紙33-20添付
				自社ページURL	学習動画（特講 電場と電位）	別紙33-21添付
				自社ページURL	p. 239・練習1の解答・解説	別紙33-22添付
				自社ページURL	p. 239・練習2の解答・解説	別紙33-23添付
				自社ページURL	p. 239・練習3の解答・解説	別紙33-24添付
				自社ページURL	p. 240・練習4の解答・解説	別紙33-25添付
				自社ページURL	p. 240・練習5の解答・解説	別紙33-26添付
				自社ページURL	p. 240・練習6の解答・解説	別紙33-27添付
				自社ページURL	p. 240・TRYの解答・解説	別紙33-28添付
				自社ページURL	動画（電場中の導体）	別紙33-29添付
				自社ページURL	p. 241・TRYの解答・解説	別紙33-30添付
				自社ページURL	動画（静電遮蔽(箔検電器・金網なし)）	別紙33-31添付
				自社ページURL	動画（静電遮蔽(箔検電器・金網あり)）	別紙33-32添付
				自社ページURL	動画（静電遮蔽(流動パラフィンを用いた実験)）	別紙33-33添付
				自社ページURL	p. 242・問8の解答・解説	別紙33-34添付
				自社ページURL	p. 243・TRYの解答・解説	別紙33-35添付

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	
				自社ページURL	動画 (TRY 箔検電器とポリエチレンシート)	別紙33-36添付
				自社ページURL	動画 (TRY 箔検電器とアルミシート)	別紙33-37添付
				自社ページURL	p. 243・振り返ろうの解答・解説	別紙33-38添付
				自社ページURL	p. 243・一問一答	別紙33-39添付
34	245	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙34-1添付
	247	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙34-1添付
	249	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙34-1添付
	251	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙34-1添付
	253	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙34-1添付
	255	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙34-1添付
	257	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙34-1添付
				自社ページURL	動画 (実験 コンデンサーの作製)	別紙34-2添付
				自社ページURL	動画 (コンデンサーの充電)	別紙34-3添付
				自社ページURL	動画 (コンデンサーの放電)	別紙34-4添付
				自社ページURL	p. 247・問9の解答・解説	別紙34-5添付
				自社ページURL	p. 248・問10の解答・解説	別紙34-6添付
				自社ページURL	学習動画 (例題7)	別紙34-7添付
				自社ページURL	p. 251・類題7の解答・解説	別紙34-8添付
				自社ページURL	動画 (ぼけっとラボ コンデンサーの誘電体のはたらき)	別紙34-9添付
				自社ページURL	動画 (コンデンサーの接続(並列接続))	別紙34-10添付
				自社ページURL	p. 252・問11の解答・解説	別紙34-11添付
				自社ページURL	動画 (コンデンサーの接続(直列接続))	別紙34-12添付
				自社ページURL	p. 253・問12の解答・解説	別紙34-13添付
				自社ページURL	学習動画 (例題8)	別紙34-14添付

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	
				自社ページURL	動画（コンデンサーのつなぎかえ）	別紙34-15添付
				自社ページURL	p. 254・類題8の解答・解説	別紙34-16添付
				自社ページURL	p. 254・問13の解答・解説	別紙34-17添付
				自社ページURL	学習動画（例題9）	別紙34-18添付
				自社ページURL	p. 255・類題9の解答・解説	別紙34-19添付
				自社ページURL	p. 257・問14の解答・解説	別紙34-20添付
				自社ページURL	p. 257・問15の解答・解説	別紙34-21添付
				自社ページURL	p. 257・TRYの解答・解説	別紙34-22添付
				自社ページURL	p. 257・振り返ろうの解答・解説	別紙34-23添付
				自社ページURL	p. 257・一問一答	別紙34-24添付
35	259	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙35-1添付
				自社ページURL	p. 258-259・節末問題の解答・解説	別紙35-2添付
36	261	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙36-1添付
	263	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙36-1添付
	265	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙36-1添付
				自社ページURL	p. 260・問16の解答・解説	別紙36-2添付
				自社ページURL	p. 261・問17の解答・解説	別紙36-3添付
				自社ページURL	p. 261・問18の解答・解説	別紙36-4添付
				自社ページURL	動画（導線中を運動する自由電子）	別紙36-5添付
				自社ページURL	動画（抵抗率の温度変化）	別紙36-6添付
				自社ページURL	p. 263・問19の解答・解説	別紙36-7添付
				自社ページURL	p. 264・問20の解答・解説	別紙36-8添付
				自社ページURL	p. 265・振り返ろうの解答・解説	別紙36-9添付
				自社ページURL	p. 265・一問一答	別紙36-10添付

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	
37	267	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙37-1添付
	269	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙37-1添付
	271	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙37-1添付
	273	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙37-1添付
	275	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙37-1添付
	277	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙37-1添付
	279	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙37-1添付
				自社ページURL	動画（抵抗の接続(直列接続)）	別紙37-2添付
				自社ページURL	動画（抵抗の接続(並列接続)）	別紙37-3添付
				自社ページURL	p. 267・問21の解答・解説	別紙37-4添付
				自社ページURL	p. 267・TRYの解答・解説	別紙37-5添付
				自社ページURL	動画（電流計の使い方）	別紙37-6添付
				自社ページURL	p. 268・問22の解答・解説	別紙37-7添付
				自社ページURL	p. 268・問23の解答・解説	別紙37-8添付
				自社ページURL	動画（電圧計の使い方）	別紙37-9添付
				自社ページURL	p. 269・問24の解答・解説	別紙37-10添付
				自社ページURL	p. 269・問25の解答・解説	別紙37-11添付
				自社ページURL	p. 269・TRYの解答・解説	別紙37-12添付
				自社ページURL	p. 270・問26の解答・解説	別紙37-13添付
				自社ページURL	動画（探究 電池の起電力と内部抵抗）	別紙37-14添付
				自社ページURL	学習動画（例題10）	別紙37-15添付
				自社ページURL	p. 273・類題10の解答・解説	別紙37-16添付
				自社ページURL	学習動画（特講 キルヒホッフの法則の練習）	別紙37-17添付
				自社ページURL	p. 274・練習1の解答・解説	別紙37-18添付

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	
				自社ページURL	p. 275・問27の解答・解説	別紙37-19添付
				自社ページURL	動画（実験 電気抵抗の測定）	別紙37-20添付
				自社ページURL	p. 276・問28の解答・解説	別紙37-21添付
				自社ページURL	学習動画（例題11）	別紙37-22添付
				自社ページURL	p. 277・類題11の解答・解説	別紙37-23添付
				自社ページURL	p. 277・TRYの解答・解説	別紙37-24添付
				自社ページURL	動画（コンデンサーを含む回路）	別紙37-25添付
				自社ページURL	学習動画（例題12）	別紙37-26添付
				自社ページURL	p. 279・類題12の解答・解説	別紙37-27添付
				自社ページURL	p. 279・振り返ろうの解答・解説	別紙37-28添付
				自社ページURL	p. 279・一問一答	別紙37-29添付
38	281	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙38-1添付
	283	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙38-1添付
	285	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙38-1添付
				自社ページURL	動画（ダイオード(順方向)）	別紙38-2添付
				自社ページURL	動画（ダイオード(逆方向)）	別紙38-3添付
				自社ページURL	学習動画（例題13）	別紙38-4添付
				自社ページURL	p. 283・類題13の解答・解説	別紙38-5添付
				自社ページURL	動画（実験 太陽電池）	別紙38-6添付
				自社ページURL	動画（実験 太陽電池による特性(距離をかえた場合)）	別紙38-7添付
				自社ページURL	動画（実験 太陽電池による特性(直列の場合)）	別紙38-8添付
				自社ページURL	動画（実験 太陽電池による特性(並列の場合)）	別紙38-9添付
				自社ページURL	p. 285・振り返ろうの解答・解説	別紙38-10添付
				自社ページURL	p. 285・一問一答	別紙38-11添付

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	
39	287	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙39-1添付
				自社ページURL	p. 286-287・節末問題の解答・解説	別紙39-2添付
40	289	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙40-1添付
				291	二次元コード	自社ページURL
				自社ページURL	p. 289・問29の解答・解説	別紙40-2添付
				自社ページURL	動画（磁力線(1本の棒磁石)）	別紙40-3添付
				自社ページURL	動画（磁力線(N極とN極)）	別紙40-4添付
				自社ページURL	動画（磁力線(N極とS極)）	別紙40-5添付
				自社ページURL	p. 291・振り返ろうの解答・解説	別紙40-6添付
				自社ページURL	p. 291・一問一答	別紙40-7添付
41	293	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙41-1添付
				295	二次元コード	自社ページURL
				自社ページURL	動画（直線電流がつくる磁場）	別紙41-2添付
				自社ページURL	p. 292・問30の解答・解説	別紙41-3添付
				自社ページURL	動画（円形電流がつくる磁場）	別紙41-4添付
				自社ページURL	p. 293・問31の解答・解説	別紙41-5添付
				自社ページURL	動画（ソレノイドを流れる電流がつくる磁場）	別紙41-6添付
				自社ページURL	p. 294・問32の解答・解説	別紙41-7添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 電流がつくる磁場）	別紙41-8添付
				自社ページURL	学習動画（例題14）	別紙41-9添付
				自社ページURL	p. 295・類題14の解答・解説	別紙41-10添付
				自社ページURL	p. 295・TRYの解答・解説	別紙41-11添付
				自社ページURL	p. 295・振り返ろうの解答・解説	別紙41-12添付
				自社ページURL	p. 295・一問一答	別紙41-13添付

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	
42	297	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙42-1添付
	299	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙42-1添付
	301	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙42-1添付
				自社ページURL	動画 (ぼけっとラボ 電気ブランコの観察)	別紙42-2添付
				自社ページURL	p. 297・問33の解答・解説	別紙42-3添付
				自社ページURL	p. 298・問34の解答・解説	別紙42-4添付
				自社ページURL	p. 298・問35の解答・解説	別紙42-5添付
				自社ページURL	学習動画 (例題15)	別紙42-6添付
				自社ページURL	p. 299・類題15の解答・解説	別紙42-7添付
				自社ページURL	p. 299・TRYの解答・解説	別紙42-8添付
				自社ページURL	学習動画 (例題16)	別紙42-9添付
				自社ページURL	p. 301・類題16の解答・解説	別紙42-10添付
				自社ページURL	動画 (ぼけっとラボ 平行電流間にはたらく力(電流が同じ向き))	別紙42-11添付
				自社ページURL	動画 (ぼけっとラボ 平行電流間にはたらく力(電流が逆向き))	別紙42-12添付
				自社ページURL	p. 301・振り返ろうの解答・解説	別紙42-13添付
				自社ページURL	p. 301・一問一答	別紙42-14添付
43	303	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙43-1添付
	305	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙43-1添付
	307	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙43-1添付
	308	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙43-1添付
				自社ページURL	p. 302・問36の解答・解説	別紙43-2添付
				自社ページURL	動画 (ぼけっとラボ 電解質水溶液の流れ)	別紙43-3添付
				自社ページURL	p. 304・TRYの解答・解説	別紙43-4添付

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	
				自社ページURL	動画（磁場中における電子の運動(円運動)）	別紙43-5添付
				自社ページURL	シミュレータ（らせん運動）	別紙43-6添付
				自社ページURL	動画（磁場中における電子の運動(らせん運動)）	別紙43-7添付
				自社ページURL	学習動画（例題17）	別紙43-8添付
				自社ページURL	p. 306・類題17の解答・解説	別紙43-9添付
				自社ページURL	p. 306・TRYの解答・解説	別紙43-10添付
				自社ページURL	動画（ホール効果）	別紙43-11添付
				自社ページURL	p. 308・振り返ろうの解答・解説	別紙43-12添付
				自社ページURL	p. 308・一問一答	別紙43-13添付
44	309	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙44-1添付
				自社ページURL	p. 309・節末問題の解答・解説	別紙44-2添付
45	311	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙45-1添付
	313	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙45-1添付
	315	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙45-1添付
	317	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙45-1添付
	319	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙45-1添付
	321	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙45-1添付
				自社ページURL	動画（実験 コイルに生じる電磁誘導）	別紙45-2添付
				自社ページURL	動画（電磁誘導(N極の出し入れ)）	別紙45-3添付
				自社ページURL	動画（電磁誘導(出し入れの速さによる違い)）	別紙45-4添付
				自社ページURL	動画（電磁誘導(N極とS極の違い)）	別紙45-5添付
				自社ページURL	学習動画（例題18）	別紙45-6添付
				自社ページURL	p. 313・類題18の解答・解説	別紙45-7添付
				自社ページURL	p. 313・TRYの解答・解説	別紙45-8添付

申請図書			学習上の参考にする情報			備考
番号	ページ	種別	参照先	URL	概要	
				自社ページURL	動画 (ぼけっとラボ コイルを通過する電磁石)	別紙45-9添付
				自社ページURL	動画 (磁場中を運動する導体棒(電磁誘導の法則))	別紙45-10添付
				自社ページURL	動画 (磁場中を運動する導体棒(ローレンツ力))	別紙45-11添付
				自社ページURL	p. 315・問37の解答・解説	別紙45-12添付
				自社ページURL	学習動画 (特講 回路中のコイル)	別紙45-13添付
				自社ページURL	p. 316・練習1の解答・解説	別紙45-14添付
				自社ページURL	学習動画 (特講 回路中の導体棒)	別紙45-15添付
				自社ページURL	p. 317・練習2の解答・解説	別紙45-16添付
				自社ページURL	学習動画 (特講 独立した導体棒)	別紙45-17添付
				自社ページURL	p. 317・練習3の解答・解説	別紙45-18添付
				自社ページURL	p. 317・TRYの解答・解説	別紙45-19添付
				自社ページURL	学習動画 (例題19)	別紙45-20添付
				自社ページURL	p. 319・類題19の解答・解説	別紙45-21添付
				自社ページURL	動画 (渦電流(反時計まわり))	別紙45-22添付
				自社ページURL	動画 (渦電流(時計まわり))	別紙45-23添付
				自社ページURL	動画 (渦電流) アニメ	別紙45-24添付
				自社ページURL	p. 320・TRYの解答・解説	別紙45-25添付
				自社ページURL	動画 (TRY ネオジム磁石と1円玉)	別紙45-26添付
				自社ページURL	動画 (ぼけっとラボ 渦電流(ネオジム磁石の振り子・アクリル板上))	別紙45-27添付
				自社ページURL	動画 (ぼけっとラボ 渦電流(ネオジム磁石の振り子・アルミ板上))	別紙45-28添付
				自社ページURL	動画 (ぼけっとラボ 渦電流(アクリル管を落下するネオジム磁石))	別紙45-29添付
				自社ページURL	動画 (ぼけっとラボ 渦電流(アルミ管を落下するネオジム磁石))	別紙45-30添付

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	
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 渦電流(銅管を落下するネオジム磁石)）	別紙45-31添付
				自社ページURL	p. 321・振り返ろうの解答・解説	別紙45-32添付
				自社ページURL	p. 321・一問一答	別紙45-33添付
46	323	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙46-1添付
	325	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙46-1添付
	327	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙46-1添付
				自社ページURL	動画（自己誘導(ネオン管の点灯)）	別紙46-2添付
				自社ページURL	p. 323・問38の解答・解説	別紙46-3添付
				自社ページURL	p. 325・問39の解答・解説	別紙46-4添付
				自社ページURL	学習動画（例題20）	別紙46-5添付
				自社ページURL	p. 326・類題20の解答・解説	別紙46-6添付
				自社ページURL	p. 327・問40の解答・解説	別紙46-7添付
				自社ページURL	p. 327・振り返ろうの解答・解説	別紙46-8添付
				自社ページURL	p. 327・一問一答	別紙46-9添付
47	329	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙47-1添付
	333	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙47-1添付
	335	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙47-1添付
	337	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙47-1添付
	339	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙47-1添付
	341	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙47-1添付
	343	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙47-1添付
	345	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙47-1添付
	347	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙47-1添付
				自社ページURL	動画（交流電圧の発生のしくみ）	別紙47-2添付

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	
				自社ページURL	シミュレータ（交流の発生）	別紙47-3添付
				自社ページURL	p. 329・問41の解答・解説	別紙47-4添付
				自社ページURL	動画（直流・交流で発光する電球）	別紙47-5添付
				自社ページURL	p. 333・問42の解答・解説	別紙47-6添付
				自社ページURL	動画（コイルと直流・交流）	別紙47-7添付
				自社ページURL	p. 335・問43の解答・解説	別紙47-8添付
				自社ページURL	p. 335・問44の解答・解説	別紙47-9添付
				自社ページURL	動画（コンデンサーと直流・交流）	別紙47-10添付
				自社ページURL	p. 337・問45の解答・解説	別紙47-11添付
				自社ページURL	p. 338・TRYの解答・解説	別紙47-12添付
				自社ページURL	シミュレータ（交流のグラフ）	別紙47-13添付
				自社ページURL	p. 340・TRYの解答・解説	別紙47-14添付
				自社ページURL	学習動画（例題21）	別紙47-15添付
				自社ページURL	p. 341・類題21の解答・解説	別紙47-16添付
				自社ページURL	p. 342・問46の解答・解説	別紙47-17添付
				自社ページURL	動画（電気振動(オシロを使った実験)）	別紙47-18添付
				自社ページURL	動画（電気振動）	別紙47-19添付
				自社ページURL	p. 345・問47の解答・解説	別紙47-20添付
				自社ページURL	p. 345・問48の解答・解説	別紙47-21添付
				自社ページURL	p. 347・問aの解答・解説	別紙47-22添付
				自社ページURL	p. 347・振り返ろうの解答・解説	別紙47-23添付
				自社ページURL	p. 347・一問一答	別紙47-24添付
48	349	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙48-1添付
	351	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙48-1添付

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	
	353	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙48-1添付
				自社ページURL	動画（電場と磁場の関係）	別紙48-2添付
				自社ページURL	p. 349・問49の解答・解説	別紙48-3添付
				自社ページURL	p. 349・TRYの解答・解説	別紙48-4添付
				自社ページURL	動画（実験 電波の受信）	別紙48-5添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 電波の遮蔽）	別紙48-6添付
				自社ページURL	p. 352・振り返ろうの解答・解説	別紙48-7添付
				自社ページURL	p. 352・一問一答	別紙48-8添付
49	355	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙49-1添付
				自社ページURL	p. 354-355・節末問題の解答・解説	別紙49-2添付
50	359	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙50-1添付
	361	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙50-1添付
	363	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙50-1添付
				自社ページURL	動画（真空放電）	別紙50-2添付
				自社ページURL	動画（陰極線の性質(直進性)）	別紙50-3添付
				自社ページURL	動画（陰極線の性質(電場による影響)）	別紙50-4添付
				自社ページURL	動画（陰極線の性質(磁場による影響)）	別紙50-5添付
				自社ページURL	動画（陰極線の性質(粒子性)）	別紙50-6添付
				自社ページURL	p. 359・TRYの解答・解説	別紙50-7添付
				自社ページURL	動画（J J トムソンの実験(電場による比電荷の測定)）	別紙50-8添付
				自社ページURL	動画（J J トムソンの実験(電場と磁場による速度の測定)）	別紙50-9添付
				自社ページURL	p. 361・問1の解答・解説	別紙50-10添付
				自社ページURL	動画（ミリカンの実験）	別紙50-11添付

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	
				自社ページURL	学習動画（例題1）	別紙50-12添付
				自社ページURL	p. 363・類題1の解答・解説	別紙50-13添付
				自社ページURL	p. 363・問2の解答・解説	別紙50-14添付
				自社ページURL	p. 363・振り返ろうの解答・解説	別紙50-15添付
				自社ページURL	p. 363・一問一答	別紙50-16添付
51	365	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙51-1添付
	367	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙51-1添付
	369	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙51-1添付
	371	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙51-1添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 光電効果の観察(可視光線)）	別紙51-2添付
				自社ページURL	動画（ぼけっとラボ 光電効果の観察(紫外線)）	別紙51-3添付
				自社ページURL	動画（光電効果の実験）	別紙51-4添付
				自社ページURL	p. 367・問3の解答・解説	別紙51-5添付
				自社ページURL	p. 369・問4の解答・解説	別紙51-6添付
				自社ページURL	学習動画（例題2）	別紙51-7添付
				自社ページURL	p. 370・類題2の解答・解説	別紙51-8添付
				自社ページURL	p. 370・問5の解答・解説	別紙51-9添付
				自社ページURL	p. 370・TRYの解答・解説	別紙51-10添付
				自社ページURL	p. 370・振り返ろうの解答・解説	別紙51-11添付
				自社ページURL	p. 370・一問一答	別紙51-12添付
				自社ページURL	動画（探究 プランク定数の測定）	別紙51-13添付
52	373	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙52-1添付
	375	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙52-1添付
	377	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙52-1添付

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	
				自社ページURL	動画 (X線の発生 (X線管))	別紙52-2添付
				自社ページURL	学習動画 (例題3)	別紙52-3添付
				自社ページURL	p. 373・類題3の解答・解説	別紙52-4添付
				自社ページURL	p. 375・問6の解答・解説	別紙52-5添付
				自社ページURL	p. 375・TRYの解答・解説	別紙52-6添付
				自社ページURL	p. 377・問7の解答・解説	別紙52-7添付
				自社ページURL	動画 (コンプトン効果)	別紙52-8添付
				自社ページURL	p. 377・振り返ろうの解答・解説	別紙52-9添付
				自社ページURL	p. 377・一問一答	別紙52-10添付
53	379	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙53-1添付
	380	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙53-1添付
				自社ページURL	学習動画 (例題4)	別紙53-2添付
				自社ページURL	p. 378・類題4の解答・解説	別紙53-3添付
				自社ページURL	p. 380・振り返ろうの解答・解説	別紙53-4添付
				自社ページURL	p. 380・一問一答	別紙53-5添付
54	381	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙54-1添付
				自社ページURL	p. 381・節末問題の解答・解説	別紙54-2添付
55	383	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙55-1添付
	385	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙55-1添付
	387	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙55-1添付
	389	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙55-1添付
	391	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙55-1添付
				自社ページURL	動画 (原子核による α 線の散乱)	別紙55-2添付
				自社ページURL	p. 383・問8の解答・解説	別紙55-3添付

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	
				自社ページURL	動画 (ぼけっとラボ スペクトルの観察)	別紙55-4添付
				自社ページURL	p. 385・問9の解答・解説	別紙55-5添付
				自社ページURL	p. 385・TRYの解答・解説	別紙55-6添付
				自社ページURL	動画 (ボーアの原子模型)	別紙55-7添付
				自社ページURL	p. 387・問10の解答・解説	別紙55-8添付
				自社ページURL	p. 389・TRYの解答・解説	別紙55-9添付
				自社ページURL	動画 (X線の発生(特性X線と連続X線))	別紙55-10添付
				自社ページURL	p. 390・振り返ろうの解答・解説	別紙55-11添付
				自社ページURL	p. 390・一問一答	別紙55-12添付
				自社ページURL	動画 (フランク・ヘルツの実験)	別紙55-13添付
				自社ページURL	p. 391・問aの解答・解説	別紙55-14添付
56	393	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙56-1添付
	395	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙56-1添付
	397	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙56-1添付
	399	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙56-1添付
	401	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙56-1添付
	403	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙56-1添付
				自社ページURL	p. 392・問11の解答・解説	別紙56-2添付
				自社ページURL	p. 393・問12の解答・解説	別紙56-3添付
				自社ページURL	p. 393・TRYの解答・解説	別紙56-4添付
				自社ページURL	動画 (実験 放射線の飛跡)	別紙56-5添付
				自社ページURL	学習動画 (例題5)	別紙56-6添付
				自社ページURL	p. 397・類題5の解答・解説	別紙56-7添付
				自社ページURL	動画 (半減期)	別紙56-8添付

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	
				自社ページURL	学習動画（例題6）	別紙56-9添付
				自社ページURL	p. 399・類題6の解答・解説	別紙56-10添付
				自社ページURL	p. 399・問13の解答・解説	別紙56-11添付
				自社ページURL	動画（実験 半減期のモデル）	別紙56-12添付
				自社ページURL	p. 400・問aの解答・解説	別紙56-13添付
				自社ページURL	p. 401・振り返ろうの解答・解説	別紙56-14添付
				自社ページURL	p. 401・一問一答	別紙56-15添付
				自社ページURL	動画（探究 放射性物質とその半減期）	別紙56-16添付
57	405	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙57-1添付
	407	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙57-1添付
	409	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙57-1添付
	411	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙57-1添付
				自社ページURL	学習動画（例題7）	別紙57-2添付
				自社ページURL	p. 405・類題7の解答・解説	別紙57-3添付
				自社ページURL	動画（核反応）	別紙57-4添付
				自社ページURL	p. 406・問14の解答・解説	別紙57-5添付
				自社ページURL	学習動画（例題8）	別紙57-6添付
				自社ページURL	p. 407・類題8の解答・解説	別紙57-7添付
				自社ページURL	動画（核分裂(特徴)）	別紙57-8添付
				自社ページURL	動画（核分裂(連鎖反応)）	別紙57-9添付
				自社ページURL	学習動画（例題9）	別紙57-10添付
				自社ページURL	p. 410・類題9の解答・解説	別紙57-11添付
				自社ページURL	動画（核融合）	別紙57-12添付
				自社ページURL	p. 411・TRYの解答・解説	別紙57-13添付

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	
				自社ページURL	p. 411・振り返ろうの解答・解説	別紙57-14添付
				自社ページURL	p. 411・一問一答	別紙57-15添付
58	415	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙58-1添付
				自社ページURL	p. 414・問15の解答・解説	別紙58-2添付
				自社ページURL	p. 416・振り返ろうの解答・解説	別紙58-3添付
				自社ページURL	p. 416・一問一答	別紙58-4添付
59	417	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙59-1添付
				自社ページURL	p. 417・節末問題の解答・解説	別紙59-2添付
60	441	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙60-1添付
	443	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙60-1添付
	445	二次元コード		自社ページURL	コンテンツリスト	別紙60-1添付
				自社ページURL	第I章 第1節 平面運動と放物運動の解答解説	別紙60-2添付
				自社ページURL	第I章 第2節 剛体のつりあいの解答解説	別紙60-3添付
				自社ページURL	第I章 第3節 運動量の保存の解答解説	別紙60-4添付
				自社ページURL	第I章 第4節 円運動と単振動の解答解説	別紙60-5添付
				自社ページURL	第I章 第5節 気体の性質と分子の運動の解答解説	別紙60-6添付
				自社ページURL	第II章 第1節 波の性質の解答解説	別紙60-7添付
				自社ページURL	第II章 第2節 音波の解答解説	別紙60-8添付
				自社ページURL	第II章 第3節 光波の解答解説	別紙60-9添付
				自社ページURL	第III章 第1節 電場と電位の解答解説	別紙60-10添付
				自社ページURL	第III章 第2節 電流の解答解説	別紙60-11添付
				自社ページURL	第III章 第3節 電流と磁場の解答解説	別紙60-12添付
				自社ページURL	第III章 第4節 電磁誘導と交流の解答解説	別紙60-13添付
				自社ページURL	第IV章 第1節 電子と光の解答解説	別紙60-14添付

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	
				自社ページURL	第IV章 第2節 原子と原子核の解答解説	別紙60-15添付

別紙 1

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) [著作権について](#)

8 ページ	第 I 章 運動とエネルギー
140 ページ	第 II 章 波動
214 ページ	第 III 章 電気と磁気
356 ページ	第 IV 章 原子
440 ページ	問題の解答解説

別紙 2 - 1

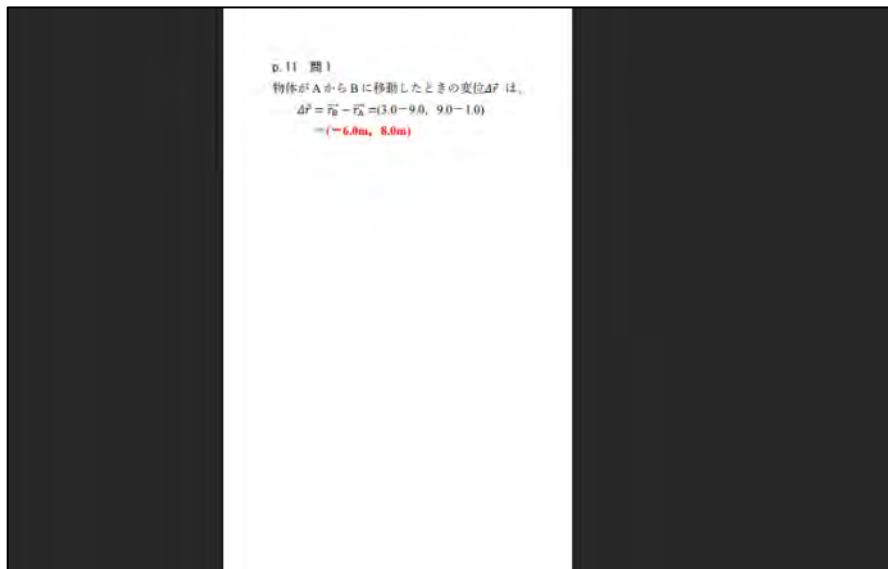
H5A3 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第 I 章 運動とエネルギー / 第 1 節 平面運動と物体運動 / 1 平面運動 [著作権について](#)

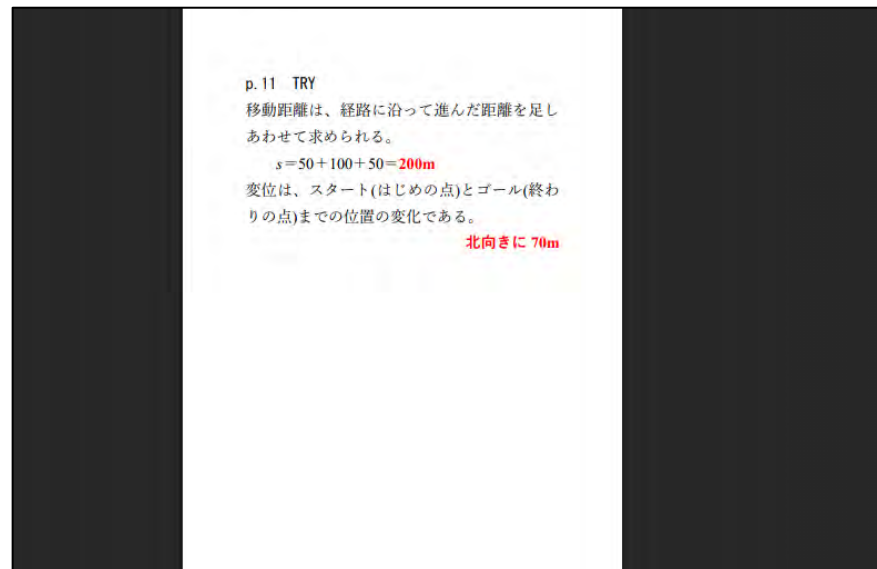
11 ページ	図 1
11 ページ	TRY 移動距離と変位の違い
12 ページ	平面上の速度の合成
12 ページ	【シミュレータ】速度の合成
13 ページ	【学習動画】例題 1 速度の合成
13 ページ	問題 1
14 ページ	直線上の相対速度
14 ページ	【シミュレータ】相対速度
14 ページ	平面上の相対速度 (台車の増殖)
15 ページ	【学習動画】例題 2 相対速度
15 ページ	平面上の相対速度 (雨滴の落下)
15 ページ	問題 2
16 ページ	図 2
16 ページ	TRY 自動車の運動
16 ページ	振り返ろう
16 ページ	一問一答
17 ページ	【シミュレータ】等加速直線運動

© 2020-2025 社名入る

別紙 2 - 2



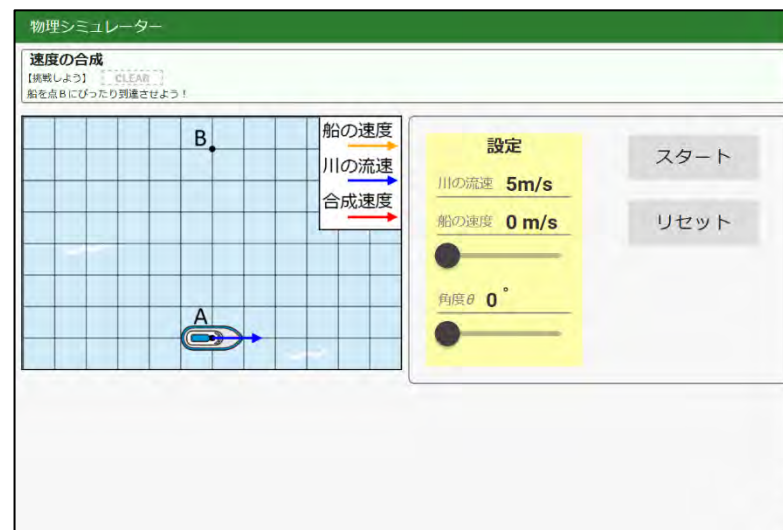
別紙 2 - 3



別紙 2 - 4



別紙 2 - 5



お名前 科目名/ナンバ
107-62 (番号入)

【学習動画】 例題1 速度の合成

学習動画

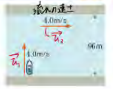
例題1 速度の合成

船が水の流れに速さ 4.0 m/s で進む船が、流れの速さ 4.0 m/s 、川幅 96 m の川を、船首を流れに直角に向けて渡る。

(1) 岸から見た船の速さを求めよ。
 (2) 船が川を横切るのに要する時間は何秒か。また、船が対岸に達したとき、出発点の真向かいの点から何 m 下流に到着するか。

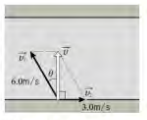
速度の合成「 $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$ 」

(1) 岸から見た船の速さ... \vec{v} の大きさを
 三平方の定理から、
 $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{4.0^2 + 4.0^2}$
 $= 4.0 \times \sqrt{2} = 4.0 \times 1.41 = 5.64 \approx 5.6\text{ m/s}$



p.13 類題1

船が進む向きを、川の流れに直角な方向から上流に角度 θ とする。船が岸に対して直角に進むようすは、図のように示される。図の角度 θ は、



$\sin \theta = \frac{3.0}{6.0} = \frac{1}{2} \quad \theta = 30^\circ$

船の速度 v は、

$\cos 30^\circ = \frac{v}{6.0}$
 $v = 6.0 \cos 30^\circ$
 $= 6.0 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 6.0 \times \frac{1.73}{2} = 5.19\text{ m/s}$

川幅 80 m の川を渡るのに要する時間 t は、

$t = \frac{x}{v} = \frac{80}{3.0\sqrt{3}} = \frac{80 \times \sqrt{3}}{3.0 \times 3} = \frac{80 \times 1.73}{9.0}$
 $= 15.3\text{ s}$

お名前 科目名/ナンバ
107-62 (番号入)

直線上の相対速度

直線上の相対速度 (追い抜かれる場合)



運動する台車からは、ゆっくりと運動しているように見える

お名前 科目名/ナンバ
107-62 (番号入)

直線上の相対速度 (追い抜く場合)



運動する台車からは、ゆっくりと近づいてくるように見える

別紙 2 - 10



別紙 2 - 11



別紙 2 - 12



別紙 2 - 13



姓名入る 教科書のページ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題2 相対速度

学習動画

例題2 相対速度

鉛直下向きに落下する雨滴を、水平方向に速さ 5.0m/s で進行する電車の中から見たとき、図のように、雨滴は、鉛直方向から 30° 傾いて落下するように見えた。このとき、地面に対する雨滴の速さは何 m/s か。

★ 相対速度の式 $\vec{v}_{AB} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$

$\Rightarrow \vec{v}_{AB} = \vec{v}_B + (-\vec{v}_A)$
(\vec{v}_B と $-\vec{v}_A$ の和)

(ベクトルの差の出し方
始点をそろえる)

p.15 類題 2

(1) 東向きを正とする。
電車の速度: $v_T = 20\text{m/s}$
自動車 A の速度: $v_A = -10\text{m/s}$
と表される。電車に対する自動車 A の相対速度 v_{TA} は、
 $v_{TA} = v_A - v_T = -10 - 20 = -30\text{m/s}$
西向きに 30m/s

(2) 電車と自動車 B の速度 \vec{v}_T 、 \vec{v}_B は、図のように示される。
電車に対する自動車 B の相対速度 \vec{v}_{TB} の向きは、図から北西向きである。相対速度の大きさ v_{TB} は、
 $v_{TB} = \sqrt{2} \times v_T = 1.41 \times 20 = 28.2\text{m/s}$
北西向きに 28m/s

p.16 問 2

変化する前の速度を \vec{v}_1 、変化した後の速度を \vec{v}_2 とする。速度変化 $\Delta\vec{v}$ は図のように示され、北西向きであることが示される。その大きさ Δv は、
 $\Delta v = \sqrt{2} \times v_1 = 1.41 \times 10 = 14.1\text{m/s}$
平均の加速度の大きさを \bar{a} とすると、
 $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{14.1}{5.0} = 2.82\text{m/s}^2$
北西向きに 2.8m/s^2

p.16 TRY

速さが一定であっても、進む向きが変われば速度は変化をする。その区間は、加速度運動をしている。したがって、加速度運動をしている区間は、**B-C、D-E** である。

p.16 振り返ろう

①物体の位置の変化量を変位といい、単位時間あたりの変位が速度、単位時間あたりの速度の変化が加速度である。

②運動する物体 A 上で、物体 B が運動するとき、物体 A の速度に物体 B の速度を加えることを速度の合成という。また、運動している観測者から見た、他の物体の速度を相対速度という。

1問 / 3問

物体が、 x_1 平面上の点A(2.0m, 1.0m)から点B(5.0m, -2.0m)に移動した。この間の変位は、どのように表されるか。

(7.0m, -1.0m)

(3.0m, 3.0m)

(3.0m, -3.0m)

解答

物理シミュレーター

等加速度直線運動

【挑戦しよう】
50mで折り返そう。

設定

初速度 5 m/s

加速度 -1 m/s²

再生速度 × 1

スタート

リセット

ベクトル


















残像

→ 加速度ベクトル

→ 速度ベクトル

別紙 3-1

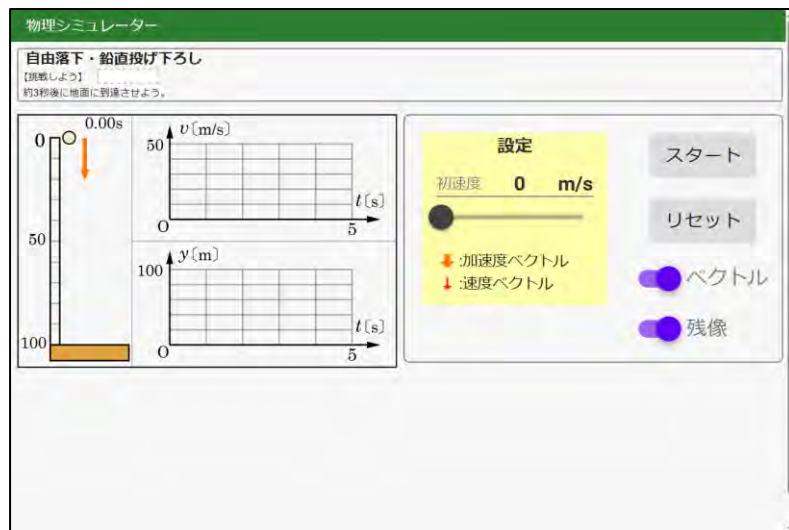
107-62 (署名入る) 第1章 運動とエネルギー 第1節 平面運動と物体運動 / 2 放物運動 保存権について

18 ページ		【シミュレータ】自由落下・鉛直投げおろし
19 ページ		問題3
19 ページ		TRY 投げ上げの加速度
19 ページ		鉛直投げ上げ
19 ページ		【シミュレータ】鉛直投げ上げ
20 ページ		水平投射と自由落下
20 ページ		ほけラボ1 水平投射と自由落下
20 ページ		【シミュレータ】水平投射のグラフ
21 ページ		【学習動画】例題3 水平投射
21 ページ		問題3
21 ページ		問題4
22 ページ		斜方投射と鉛直投げ上げ
22 ページ		TRY 小球の落下位置
23 ページ		【シミュレータ】斜方投射のグラフ
24 ページ		【学習動画】例題4 斜方投射
24 ページ		問題4
24 ページ		問題5

25 ページ		復習 運動の3法則
26 ページ		落下運動
26 ページ		空気抵抗を受けて落下する物体
27 ページ		問題6
27 ページ		TRY 落下する小球の運動
27 ページ		実験1 カップの終端速度
27 ページ		振り返ろう
27 ページ		一問一答
28 ページ		【学習動画】チャレンジ 斜面への投射
28 ページ		練習1

© 2020-2025 社名入る

別紙 3-2



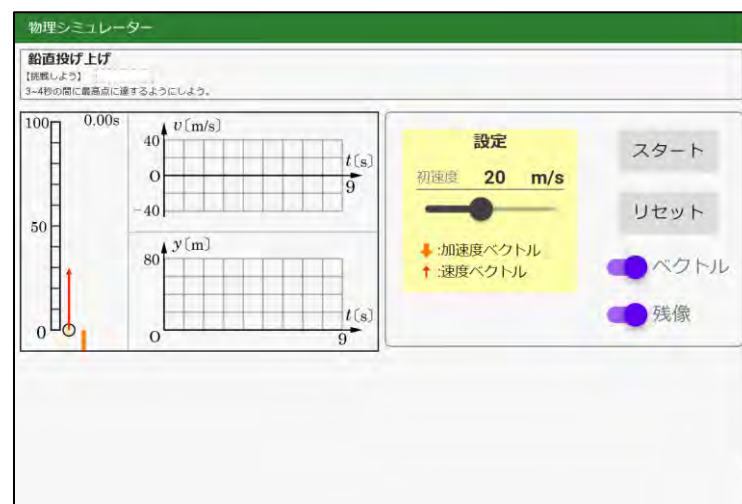
別紙 3-3

p. 19 問3
 最高点では、鉛直方向の速さが0になる。
 「 $v = v_0 - gt$ 」から、
 $0 = 9.8 - 9.8t$ $t = 1.0\text{s}$
 最高点の高さ y は、「 $v^2 - v_0^2 = -2gy$ 」から、
 $0^2 - 9.8^2 = -2 \times 9.8 \times y$ $y = 4.9\text{m}$

別紙 3-4

p. 19 TRY
 投げ上げられた物体は、常に鉛直下向きに重力を受けており、鉛直下向きの加速度をもっている。
 上昇中：鉛直下向きに 9.8m/s^2 、
 最高点：鉛直下向きに 9.8m/s^2 、
 下降中：鉛直下向きに 9.8m/s^2

別紙 3-5



別紙 3-6

107-62 (匿名入る)

鉛直投げ上げ

0.03秒ごとの位置

重力加速度

経路

下降中…
下向きに加速

1:08 / 1:23

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第1節 平面運動と放物運動 / 2 放物運動 / 鉛直投げ上げ

© 2020-2025 社名入る

別紙 3-7

107-62 (匿名入る)

水平投射と自由落下

鉛直方向に着目

鉛直方向…
自由落下と同じ運動

1:09 / 1:28

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第1節 平面運動と放物運動 / 2 放物運動 / 水平投射と自由落下

© 2020-2025 社名入る

別紙 3-8

107-62 (匿名入る)

ほけラボ1 水平投射と自由落下

ほけラボ 水平投射と自由落下

2枚のコインはほぼ同時に落下することがわかる。

1:04 / 1:04

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第1節 平面運動と放物運動 / 2 放物運動 / ほけラボ1 水平投射と自由落下

© 2020-2025 社名入る

別紙 3-9

物理シミュレーター

水平投射

【閲覧しよう】
ボールをがこの中に入れよう。

設定

初速度 10 m/s

スタート

リセット

加速度ベクトル

速度ベクトル

ベクトル

残像

40 (m)

30

20

10

0

0 10 20 30 40 50 60 (m)

別紙 3-10

姓名入力 教科書ウェブ
107-62 (匿名入力)

【学習動画】 例題3 水平投射

学習動画

例題3 水平投射

図のように、地面からの高さが 10 m の塔上で、小球を水平方向に速さ 10 m/s で投げ出した。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(1) 投げ出してから、地面に達するまでの時間は何秒か。
(2) 小球が地面に落下した点は、投げ出した点から水平方向に何 m 離れた点にあるか。

水平投射
鉛直方向と水平方向に分けて考える。

(1) 鉛直方向は自由落下を用いる。
地面に達する時間 t [s] とする。
式「 $y = \frac{1}{2}gt^2$ 」から、
 $10 \text{ m} = \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times t^2$ $t^2 = 4.0$

別紙 3-11

p. 21 類題 3

(1) 水平投射の鉛直方向は、自由落下運動である。「 $y = \frac{1}{2}gt^2$ 」から、打ち出した地点の高さ y は、

$$y = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1.0^2 \quad y = 4.9 \text{ m}$$

(2) 水平投射の水平方向は、等速直線運動である。「 $x = vt$ 」から、水平距離 x は、

$$x = 5.0 \times 1.0 \quad x = 5.0 \text{ m}$$

別紙 3-12

p. 21 問 4

(1) 点 P から打ち出す速さを 2.0 倍にしても、地面に落下する時間は変わらない。したがって、**3.0 秒後**

(2) 水平距離 x [m] は、式「 $x = vt$ 」から、
 $x = (4.0 \times 2.0) \times 3.0 = 24 \text{ m}$

別紙 3-13

姓名入力 教科書ウェブ
107-62 (匿名入力)

斜方投射と鉛直投げ上げ

斜方投射と鉛直投げ上げ

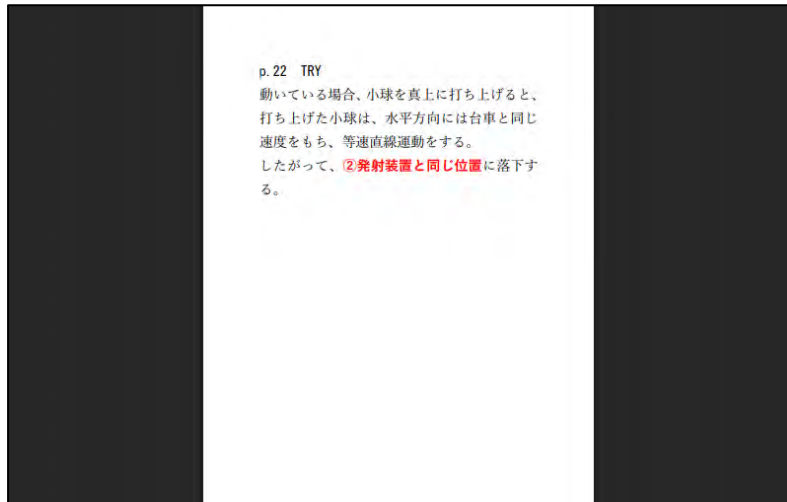
鉛直投げ上げ
水平方向…等速直線運動と同じ
鉛直方向…鉛直投げ上げと同じ
等速直線運動

0:37 / 0:48

107-62 (匿名入力) / 第1章 運動とエネルギー / 第1節 平面運動と等速運動 / 2. 等速運動 / 斜方投射と鉛直投げ上げ

© 2020-2025 株式会社

別紙 3-14



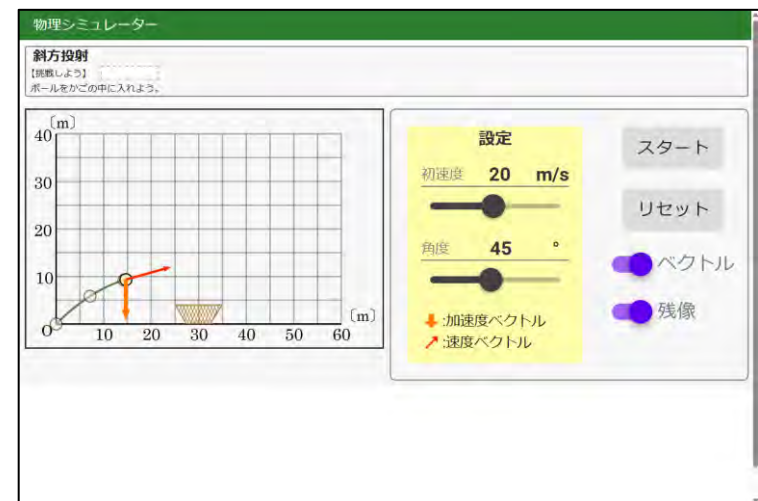
別紙 3-15



別紙 3-16



別紙 3-17



作成する 動画のシブ
107-62 (お名入る)

【学習動画】 例題4 斜方投射

学習動画

例題4 斜方投射

水平な地面上で、水平と角 θ をなす向きに、速さ v_0 (m/s)で小球を投げ上げる。重力加速度の大きさを g (m/s²)として、次の各問に答えよ。

(1) 投げ上げてから最高点に達するまでの時間 t_1 (s)と、地面から最高点までの高さ h (m)はいくらか。

(2) 投げ上げてから地面に落下するまでの時間 t_2 (s)と、その間に進む水平距離 L (m)はいくらか。ただし、 $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ 、 $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ を用いて答えよ。

(3) 投げ上げた地点が一定の高さ H 、水平距離 x_0 (m)にある場合には、 x_0 をいくらにすればよいが、また、そのときの水平距離の最大値 L_{max} (m)はいくらか。

斜方投射
→鉛直方向は水平方向に分けて考える。
(1) 鉛直方向の初速度 v_{y0}
 $v_{y0} = v_0 \sin \theta$

p.24 類題 4

初速度の鉛直方向の速度成分 v_y (m/s) は、
 $v_y = 19.6 \times \sin 30^\circ = 9.8 \text{ m/s}$

投げ上げてから地面に達するまでの時間を t (s) とすると、
 $0 = 9.8 \times t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

$t(t-2) = 0$ $t = 0, 2.0 \text{ s}$
 $t > 0$ より、**2.0 秒**

初速度の水平方向の速度成分 v_x (m/s) は、
 $v_x = 19.6 \times \cos 30^\circ$

$= 19.6 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 19.6 \times \frac{1.73}{2} = 16.9 \text{ m/s}$

水平到達距離 L (m) は、
 $L = 16.9 \times 2.0 = 33.8 \text{ m}$ **34m**

p.24 問 5

初速度の鉛直方向の速度成分 v_y (m/s) は、
 $v_y = 19.6 \times \sin 30^\circ = 9.8 \text{ m/s}$

投げ上げた地点の高さを 0 m とすると、海面の高さは -39.2 m となる。投げ上げてから海面に達するまでの時間を t (s) とすると、
 $-39.2 = 9.8 \times t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

$t^2 - 2t - 8 = 0$ $(t+2)(t-4) = 0$
 $t = -2.0, 4.0 \text{ s}$ $t > 0$ より、**4.0 秒後**

初速度の水平方向の速度成分 v_x (m/s) は、
 $v_x = 19.6 \times \cos 30^\circ$

$= 19.6 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 19.6 \times \frac{1.73}{2} = 16.9 \text{ m/s}$

水平到達距離 L (m) は、
 $L = 16.9 \times 4.0 = 67.6 \text{ m}$ **68m**

海面に達する直前の鉛直方向の速度成分 v_y (m/s) は、
 $v_y = 9.8 - 9.8 \times 4.0 = -29.4 \text{ m/s}$

作成する 動画のシブ
107-62 (お名入る)

復習 運動の3法則

慣性の法則

0:50 / 0:57

別紙 3-22

107-62 (匿名入る)

運動の法則 (力と加速度の関係)

力 1 倍
力 2 倍
力 3 倍

力が大きいほど、速度変化が大きくなる。

【質量が一定の場合】
力の大きさが大きいほど、
加速度は大きくなる。

▶ 1:01 / 1:10

別紙 3-23

107-62 (匿名入る)

運動の法則 (質量と加速度の関係)

質量 1 倍
質量 2 倍
質量 3 倍

質量が大きいほど、速度変化が小さくなる。

【力が一定の場合】
質量が大きいほど、加速度は小さくなる。

▶ 1:04 / 1:08

別紙 3-24

107-62 (匿名入る)

作用・反作用の法則 (はねの引きあい)

作用・反作用の法則
同一作用線上で逆向きに、同じ大きさの力がそれぞれにはたらく。

はねのはねに
はたらく力

▶ 0:54 / 1:04

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第1節 平均運動と等速運動 / 2 等速運動 / 運動の法則

© 2020-2025 匿名入る

別紙 3-25

107-62 (匿名入る)

落下運動

落下運動(空気中)

空気中

0.03秒ごとの位置

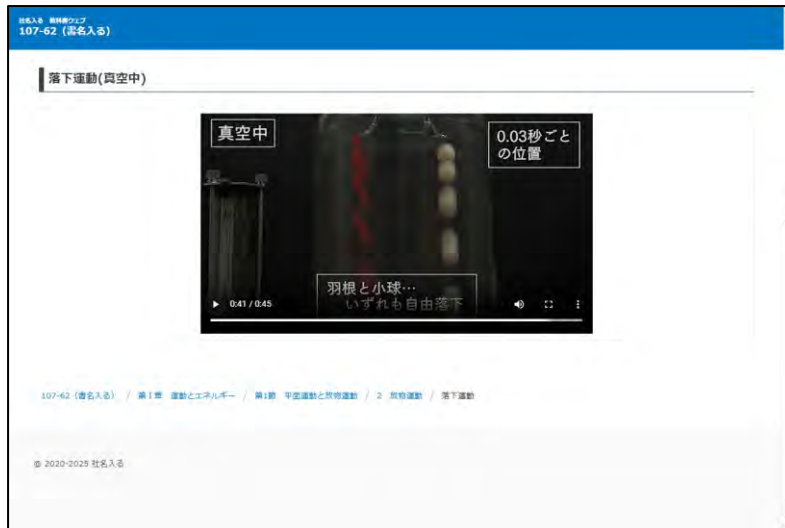
羽根…
空気抵抗の影響が大きく、
ゆっくりと落下

小球…自由落下

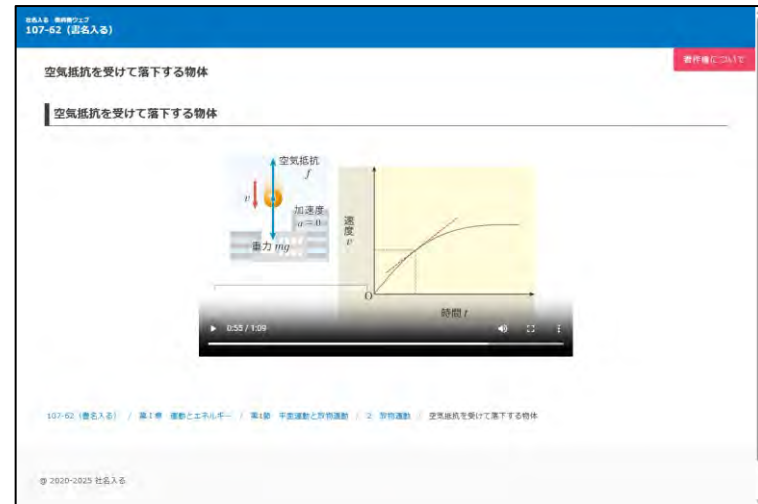
▶ 0:43 / 0:49

事件簿について

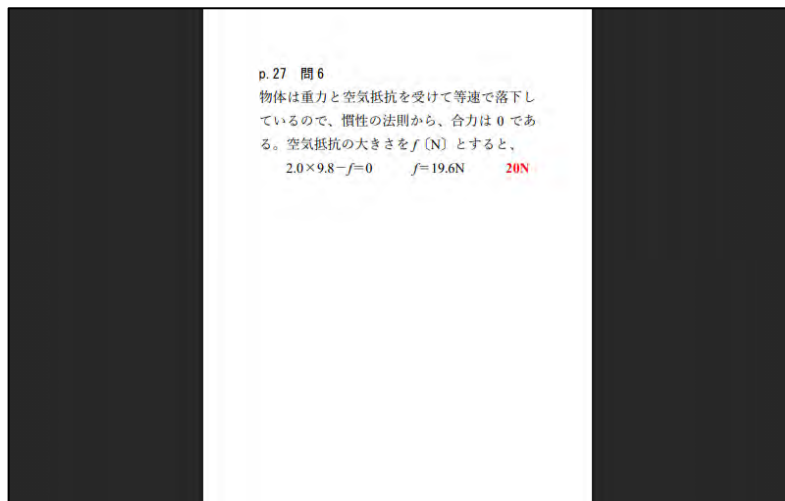
別紙 3-26



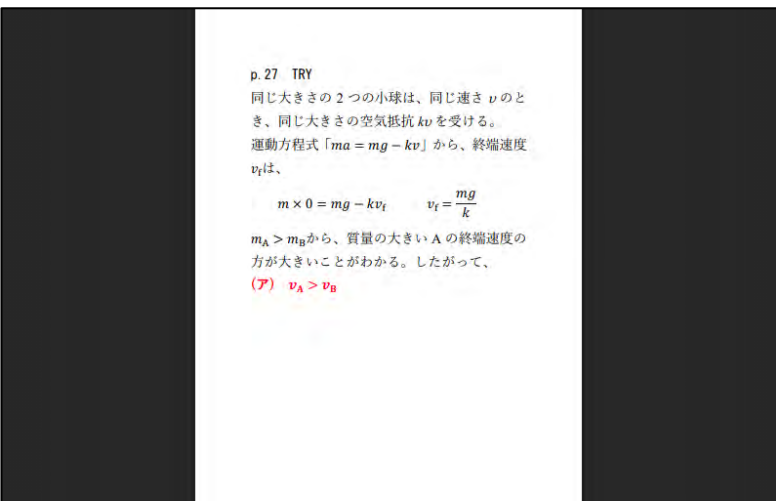
別紙 3-27



別紙 3-28



別紙 3-29



107-62 (匿名入る)

実験1 カップの終端速度

著作権について

実験 カップの終端速度



107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第1節 平面運動と放物運動 / 2 放物運動 / 実験1 カップの終端速度

p. 27 振り返ろう

①水平投射: 水平方向には等速直線運動、鉛直方向には自由落下と同じ運動をする。
 斜方投射: 水平方向には等速直線運動、鉛直方向には鉛直投げ上げと同じ運動をする。
 放物線の軌道を描く。

②物体が落下する速さとともに空気抵抗は大きくなり、やがて重力とつりあい、物体は一定の速度(終端速度)で落下する。

1問 / 4問

物体を速さ v_0 で水平右向きに投射した。物体は水平方向にはどのような運動をするか。ただし、水平方向は右向きを正、鉛直方向は下向きを正とし、重力加速度の大きさを g とする。

速さ v_0 等速直線運動

初速度 v_0 、加速度 g の等加速度直線運動

初速度 v_0 、加速度 $-g$ の等加速度直線運動

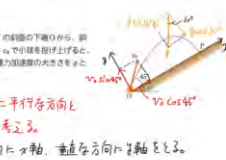
解答

107-62 (匿名入る)

【学習動画】 チャレンジ 斜面への投射

著作権について

学習動画



斜面への投射 傾きが 30° の斜面の下端から、斜面と 45° の角をなす方向に、速さ v_0 で小球を投げ上げる。小球は斜面と平行な方向に落下し、斜面の距離を求めよ。

小球の運動を斜面に平行な方向と垂直な方向に分解して考える。

斜面に平行な方向にx軸、垂直な方向にy軸をとる。

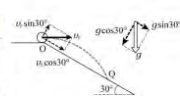
小球の初速度

$$\begin{cases} x\text{軸} - v_{x0} = v_0 \cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} v_0 \\ y\text{軸} - v_{y0} = v_0 \sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} v_0 \end{cases}$$

加速度

$$\begin{cases} x\text{軸} - a_x = -g \sin 30^\circ = -\frac{1}{2} g \\ y\text{軸} - a_y = -g \cos 30^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2} g \end{cases}$$

p. 28 練習 1



初速度と重力
加速度を、斜面
に平行な方向
と垂直な方向
に分解すると、図のように表される。

- ・斜面と垂直な方向について
初速度は $v_0 \sin 30^\circ = \frac{1}{2} v_0$ 、加速度は $-g \cos 30^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2} g$ の等加速度運動である。

斜面上の Q ($y=0$) に到達する時間を t とすると、等加速度直線運動の式「 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 」から、

$$0 = \frac{1}{2} v_0 \times t + \frac{1}{2} \times \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} g\right) \times t^2$$

$$t(\sqrt{3}gt - 2v_0) = 0 \quad t = 0, \frac{2v_0}{\sqrt{3}g}$$

$t > 0$ から、 $t = \frac{2v_0}{\sqrt{3}g}$

別紙 4-1 別冊のページ
107-62 (お名入る)

107-62 (お名入る) / 第 1 章 運動とエネルギー / 第 1 節 平面運動と放物運動 / 動点問題

保存種について


20 ページ 節末問題

第 1 章 第 1 節 平面運動と放物運動
節末問題 解答・解説

p. 29 節末問題 1

(1) 北向きを正とする。自動車の速度 v_A は 10m/s 、トラックの速度 v_B は 0m/s である。自動車に対するトラックの相対速度 v_{AB} は、
 $v_{AB} = v_B - v_A = 0 - 10 = -10\text{m/s}$
南向きに 10m/s

(2) 電車の速度を v_C とし、自動車と電車の速度、相対速度の関係は、図のようになる。電車の向きは、直角三角形の比 $1 : 1 : \sqrt{2}$ から、東から北向きに 45° (北東) となる。電車の速さ v_C (m/s) は、
 $10 : v_C = 1 : \sqrt{2}$
 $v_C = 10\sqrt{2} = 10 \times 1.41 = 14.1\text{m/s}$
北東向きに 14m/s



社名入る 資料集ウェブ
107-62 (社名入る)

107-62 (社名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第2節 剛体のつりあい / 1 剛体にはたらく力とその合力 資料集について

- 31 ページ ばねラボ2 バットのひねりあい
- 32 ページ 問題7
- 32 ページ 問題8
- 33 ページ 実験2 剛体のつりあい
- 35 ページ 【学習動画】 例題5 棒のつりあい
- 35 ページ 問題5
- 35 ページ 問題9
- 35 ページ TRY つりあいの状態にある棒の動き
- 37 ページ 問題10
- 37 ページ 問題11
- 37 ページ 振り子ろう
- 37 ページ 一問一答

© 2020-2025 社名入る

社名入る 資料集ウェブ
107-62 (社名入る)

ばねラボ2 バットのひねりあい 資料集について

ばねラボ2 バットのひねりあい



0:13 / 0:32

107-62 (社名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第2節 剛体のつりあい / 1 剛体にはたらく力とその合力 / ばねラボ2 バットのひねりあい

© 2020-2025 社名入る

別紙 5-3

p. 32 問 7

(1) 力のモーメントの大きさを M とすると、
 $M = FL = 10 \times 0.25 = 2.5 \text{ N} \cdot \text{m}$

(2) 力のモーメントの大きさを M とする。うでの長さは $0.20 \sin 60^\circ \text{ m}$ であるから、
 $M = 10 \times 0.20 \sin 60^\circ = 10 \times 0.20 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$
 $= 1.73 \text{ N} \cdot \text{m} \quad 1.7 \text{ N} \cdot \text{m}$

別紙 5-4

p. 32 問 8

A のまわりの力のモーメント：
 $M = 2.0 \times 0 - 4.0 \times 0.20 + 3.0 \times 0.30$
 $= 0.10 \text{ N} \cdot \text{m}$

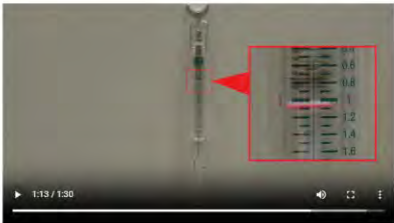
B のまわりの力のモーメント：
 $M = -2.0 \times 0.30 + 4.0 \times 0.10 + 3.0 \times 0$
 $= -0.20 \text{ N} \cdot \text{m}$

別紙 5-5

107-62 (匿名入る)

実験2 剛体のつりあい

ばねばかりの使い方



1:13 / 1:30

別紙 5-6

107-62 (匿名入る)

実験 剛体のつりあい



0:22 / 0:35

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第2節 剛体のつりあい / 1 剛体にはたらく力とその合力 / 実験2 剛体のつりあい

会員登録 無料講座のレポート
107-62 (お名入る)

【学習動画】 例題5 棒のつりあい

学習動画

例題5 棒のつりあい

図のように、軽い棒の両端A、Bに、それぞれ重さ10N、20Nのおもりをつるし、水平に静止させる。回転軸Oから端Aまでの長さは0.30mである。次の各問に答えよ。

(1) 棒が、回転軸Oで転倒しようとする向きに受ける力の大きさは何Nか。
(2) O点の長さは何mか。

力のつりあい $\dots \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \vec{0}$
 おもりのつりあい $\dots \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n = 0$
 両向きに釣り合う

(1) 回転軸Oが受ける力 $F[N]$ (2) OB間の長さ $L[m]$
 左のつりあい $F - 10 - 20 = 0$ $F = 30N$
 点Oのまわりの力のモーメントのつりあい
 $10 \times 0.30 - 20 \times L = 0$
 $L = 0.15m$

p. 35 類題 5

(1) Bに加える力の大きさを F とする。点Oを中心とした力のモーメントのつりあいの式は、
 $F \times (0.50 - 0.30) - 20 \times 0.30 = 0$
 $F = 30N$

(2) 糸の張力を T とする。鉛直方向の力のつりあいの式は、
 $T - (20 + 30) = 0$ $T = 50N$

p. 35 問 9

力40Nのうでの長さは
 $0.20 \times \cos 60^\circ = 0.10m$
 である。点Oを中心とする力のモーメントのつりあいの式は、
 $40 \times 0.10 - F \times 0.20 = 0$ $F = 20N$

p. 35 TRY

棒を傾けた状態であっても、棒にはたらく力、および力のモーメントはそれぞれつりあっている。したがって、棒は傾いたまま静止する。

107-62 (音名入る)

棒を傾けておもりをつるしたようす

107-62 (音名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第2節 物体のつりあい / 1 物体にはたらく力とその合力 / TRY つりあいの状態にある棒の動き

© 2020-2025 社名入る

p. 37 問 10

(1) 合力の向きは、図の下向き。合力の作用点は、2力の作用点間の距離 0.50m を 2:3 に内分する点。合力の大きさは

$$3.0 + 2.0 = 5.0\text{N} \quad \text{下向きに } 5.0\text{N}$$

(2) 合力の向きは、3.0N の力と同じ向き (図の上向き)。合力の作用点は、2力の作用点間の距離 1.0m を 3:2 に外分する点。合力の大きさは

$$3.0 - 2.0 = 1.0\text{N} \quad \text{上向きに } 1.0\text{N}$$

(3) 合力の向きは、3.0N の力と同じ向き (図の下向き)。合力の作用点は、2力の作用点間の距離 0.50m を 3:1 に外分する点。合力の大きさは

$$3.0 - 1.0 = 2.0\text{N} \quad \text{下向きに } 2.0\text{N}$$

p. 37 問 11

偶力間の距離 a は、

$$a = 0.20 \sin 60^\circ = 0.20 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= 0.20 \times \frac{1.73}{2} = 0.173\text{m}$$

偶力のモーメント M は、

$$M = Fa = 20 \times 0.173 = 3.46\text{N}\cdot\text{m} \quad \text{3.5N}\cdot\text{m}$$

p. 37 振り返ろう

①力のモーメント：ある点のまわりに剛体を回転させる力のはたらきである。式「 $M=FL$ 」で表され、単位はニュートンメートル($\text{N}\cdot\text{m}$)。剛体のつりあいの条件：力のつりあいと力のモーメントのつりあいが同時に成り立つこと。

②平行で同じ向きの 2 力の合力の作用線は、2 力の作用点間を 2 力の大きさの逆比に内分する点を通る。平行で逆向きの 2 力の合力の作用線は、2 力の作用点間を 2 力の大きさの逆比に外分する点を通る。

1問 / 5問

大きさをもち、力を加えても変形しない理想的な物体を何というか。

質点
 剛体
 固体

解答

107-62 (匿名入る)

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第2節 物体のつりあい / 2 剛体の重心とつりあい 操作権について

- 39 ページ 問題12
- 39 ページ 問題13
- 39 ページ 問題14
- 40 ページ 【学習動画】 例題6 棒のつりあい
- 40 ページ 問題6
- 41 ページ TRY やりるへえ
- 42 ページ 【学習動画】 例題7 直方体のつりあい
- 42 ページ 問題7
- 42 ページ 剛体の放物運動
- 42 ページ 振り子ろう
- 42 ページ 一問一答

© 2020-2025 匿名入る

別紙 6-2

p. 39 問 12
 棒の左端を原点にとり、棒に沿って右向きを x 軸の正の向きとする。重心の x 座標は、

$$x = \frac{10 \times 0 + 20 \times 0.30 + 30 \times 0.70}{10 + 20 + 30}$$

$$= 0.45\text{m}$$

別紙 6-3

p. 39 問 13
 針金の長さ 0.10m あたりの質量を $M(\text{kg})$ とする。

- ・ x 軸に沿った長さ 0.30m の部分
 質量: $3M(\text{kg})$ 、重心の座標: $(0.15\text{m}, 0)$
- ・ y 軸に沿った長さ 0.20m の部分
 質量: $2M(\text{kg})$ 、重心の座標: $(0, 0.10\text{m})$

重心の座標を (x_G, y_G) とすると、

$$x_G = \frac{2M \times 0 + 3M \times 0.15}{2M + 3M} = 9.0 \times 10^{-2}\text{m}$$

$$y_G = \frac{2M \times 0.10 + 3M \times 0}{2M + 3M} = 4.0 \times 10^{-2}\text{m}$$

重心の座標は、 $(9.0 \times 10^{-2}\text{m}, 4.0 \times 10^{-2}\text{m})$

別紙 6-4

p. 39 問 14

(1) 端 A から重心までの距離を x とする。B を中心とする力のモーメントのつりあいから、

$$30 \times 2.0 - 75 \times (2.0 - x) = 0 \quad x = 1.2\text{m}$$

(2) 求める力を F とする。A を中心とする力のモーメントのつりあいから、

$$F \times 2.0 - 75 \times 1.2 = 0 \quad F = 45\text{N}$$

別紙 6-5

社名入力 資料集ウェブ
 107-62 (社名入力)

【学習動画】 例題6 棒のつりあい

著作権について

学習動画

例題6 棒のつりあい

大きさと位置が一定な棒 A B (長さ l 、質量 M) が、水平で傾いたとき、鉛直でないからななめに、鉛直方向から角 θ が傾けて立てられている。棒が傾きから戻ろうとする復元力と静止摩擦力の大きさは、それぞれいくらか。

復元力のモーメントのつりあいを考えよう。
 復元力のモーメントのつりあいは A と B の両方から考えよう。

- ・ 力のつりあい
 - 水平方向: $N - F = 0 \quad \text{①}$
 - 鉛直方向: $N' - W = 0 \quad N' = W$
- ・ 力のモーメントのつりあい (点 B を中心)
 - $W \times l \sin \theta - N \times L \cos \theta = 0$

p. 40 類題 6

糸の張力を T 、棒が壁から受ける垂直抗力を F_1 、摩擦力を F_2 とする。

力のつりあい：

鉛直方向

$$T \sin 30^\circ + F_2 - W = 0 \quad \dots ①$$

水平方向

$$F_1 - T \cos 30^\circ = 0 \quad \dots ②$$

棒の長さを L とし、点 A を中心とする力のモーメントのつりあいから、

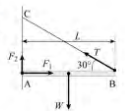
$$T \times L \sin 30^\circ - W \times \frac{L}{2} = 0 \quad \dots ③$$

式③より、 $T = W$

式①、②にそれぞれ代入して、

$$F_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}W, F_2 = \frac{1}{2}W$$

力の向きは、 F_1 、 F_2 の大ききから、右向きで水平から 30° 上向きとなる。



p. 41 TRY

やじろべえが静止しているとき、重心は支持点の真下にある。

やじろべえを傾けても、支持点まわりの重力によるモーメントは、常にもとの状態に戻るようにはたらくため、やじろべえはもとに戻る。

107-62 (書名入る)

やじろべえ

支持点のまわりの力のモーメントは時計まわり



107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第2節 剛体のつりあい / 2 剛体の重心とつりあい / TRY やじろべえ

© 2020-2025 社名入る

107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題7 直方体のつりあい

学習動画

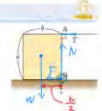
例題7 直方体のつりあい

水平で粗い床の上に、高さ b 、高さ h の均質な直方体が置かれている。図は、直方体の側面に平行で重心を通る傾斜を誘う。点 A に糸をとりつけ、水平方向に大ききした張力を加える。直方体の側面は静止していたが、 T を徐々に大きくすると、やじろべえのまわりに回転した。直方体が回転し始めるのは、 T がいくら大きくなったときか。

反回転し始めるのは、重心のまわり

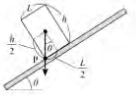
→ 回転する直前のつりあいを考える。
(垂直抗力、静止摩擦力の作用点から点 B に存在)

回転する直前の、点 B のまわりの力のモーメントのつりあいを、

$$W \times \frac{b}{2} - T \times a = 0 \quad T = \frac{b}{2a} W$$


p. 42 類題 7

転倒する直前、重心の作用線は点 P を通る。図より、

$$\tan\theta = \frac{\frac{L}{2}}{\frac{h}{2}} = \frac{L}{h}$$


107-62 (匿名入)

剛体の放物運動

剛体の放物運動



剛体の放物運動

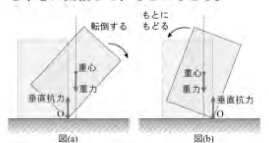
- ・重心の運動は放物運動をする。
- ・物体は、重心を軸に一定の速さで回転する。

107-62 (匿名入) / 第1章 運動とエネルギー / 第2節 物体のつりあい / 2 物体の重心とつりあい / 剛体の放物運動

p. 42 振り返ろう

①剛体を、小さな部分の集まりと考えると、各部分には鉛直下向きに重力がはたらく。それらの合力の作用点が重心である。

②重力の作用線が、垂直抗力の作用線の外側にある(図(a))と転倒し、垂直抗力の作用線の内側にある(図(b))と、垂直抗力の作用点を中心に回転して、もとにもどる。



1問 / 4問

質量 m の球 A と質量 $2m$ の球 B が、軽い棒でつながれている。この物体の重心の位置を G とし、距離 AG と BG の比は、どのように表されるか。



1:2
 1:4
 3:1

解答

別紙 7-1

107-62 (お名入る)

107-62 (お名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第2節 剛体のつりあい / 節末問題

43 ページ 節末問題


条件書について

別紙 7-2

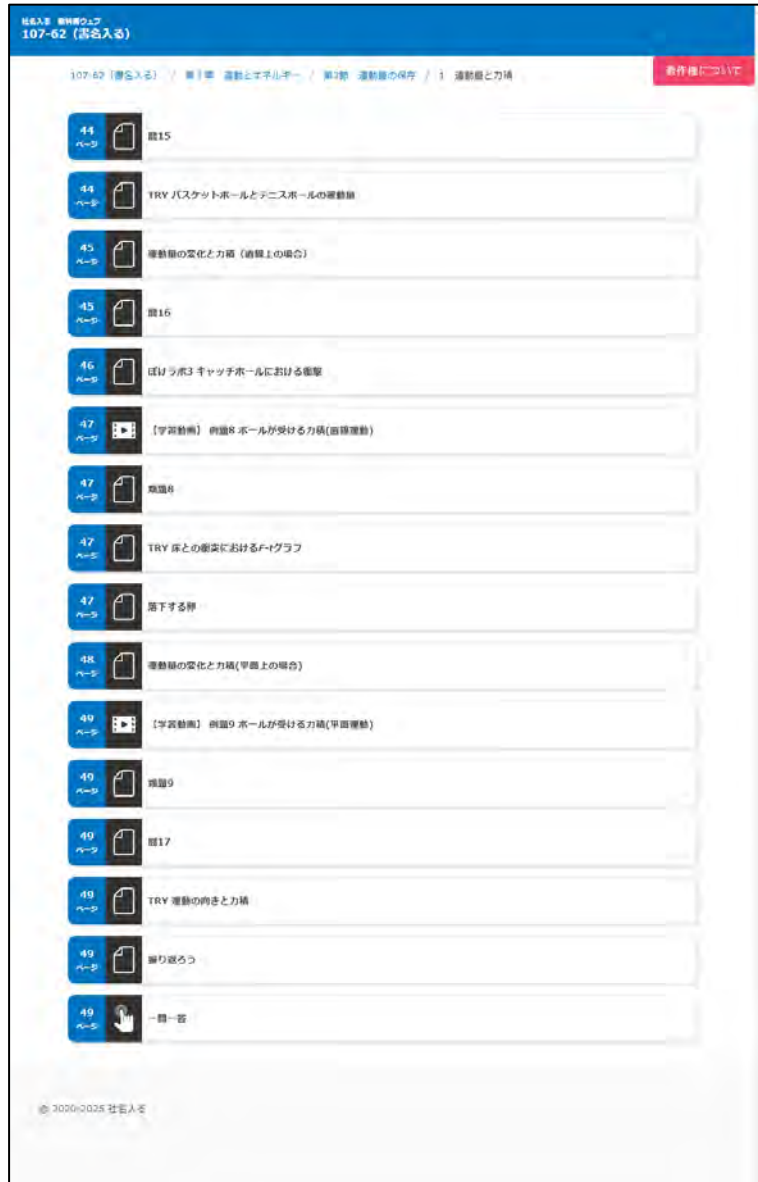
第1章第2節 剛体のつりあい
節末問題 解答・解説

p. 43 節末問題 1
正しくない。
理由：
剛体のつりあいの条件から、糸の張力の作用点まわりの力のモーメントは0である。切り分けた後のそれぞれの物体の重心が、糸がにんじんにおよぶ張力の作用線から水平方向に同じ距離だけはなれていれば、質量は等しいが、必ずしも同じ距離だけはなれているとは限らないから。

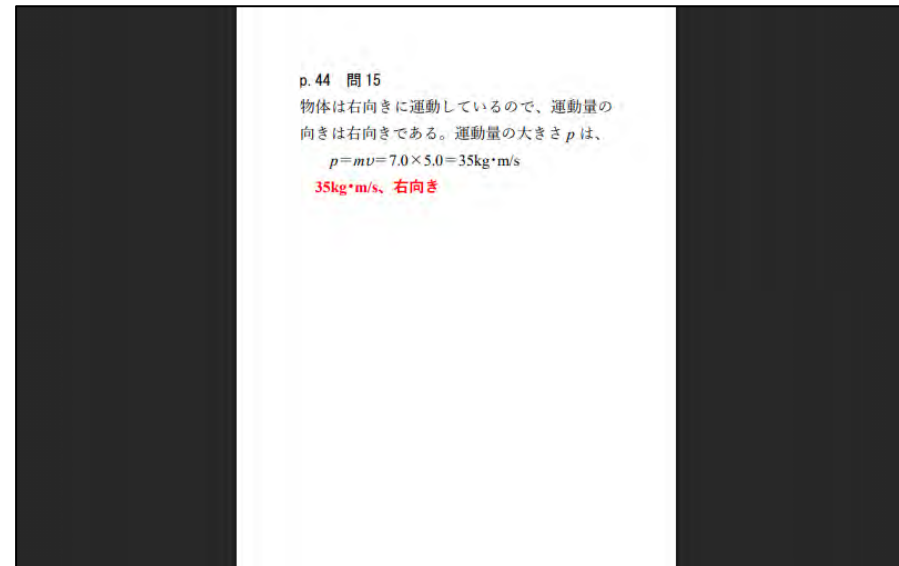
p. 43 節末問題 2
(1) 糸の張力 T は、水平成分 $T\cos 30^\circ$ と鉛直成分



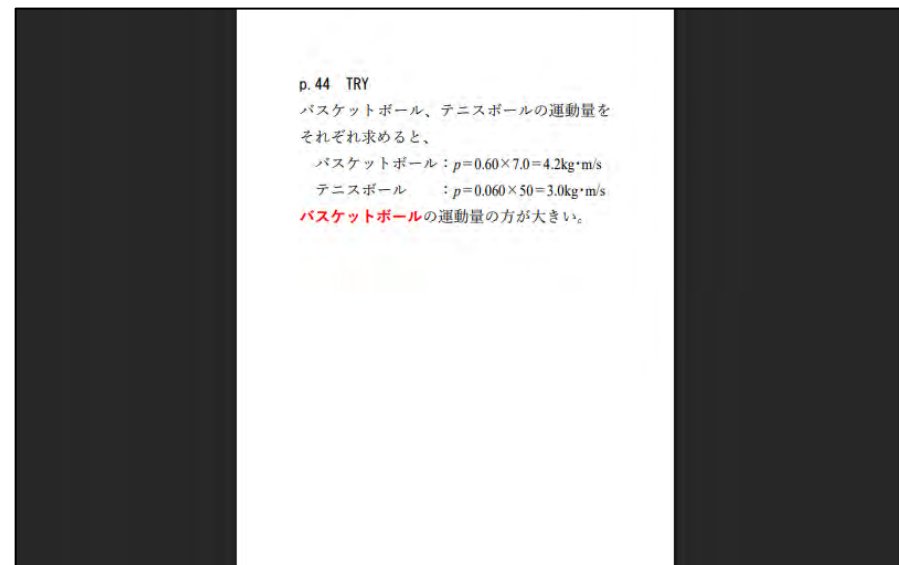
別紙 8-1



別紙 8-2



別紙 8-3



別紙 8-4

社名入る 資料集ウェブ
107-62 (書名入る)

運動量の変化と力積 (直線上の場合)

運動量の変化と力積 (直線上の場合)

運動量の変化と力積に着目

時間 Δt 後

力積を受ける前の運動量 mv

力積 $F\Delta t$

力積を受けた後の運動量 mv'

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 1. 運動量と力積 / 運動量の変化と力積 (直線上の場合)

© 2020-2025 社名入る

別紙 8-5

p. 45 問 16

$$F\Delta t = (5.0 \times 10^3) \times (3.0 \times 10^{-3}) = 15 \text{ N}\cdot\text{s}$$

別紙 8-6

社名入る 資料集ウェブ
107-62 (書名入る)

ほけラボ3 キャッチボールにおける衝撃

ほけラボ3 キャッチボールにおける衝撃

別紙 8-7

社名入る 資料集ウェブ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題8 ボールが受ける力積(直線運動)

学習動画

例題8 ボールが受ける力積(直線運動)

図のように、速さ 30 m/s で投げた用人数センチ重さの 150 g のボールを、バットで打ったところ、ボールは、飛入できた内さる瞬間に 10 m/s で飛入った。ボールが受けた力積の大きさを求めよ。また、ボールとバットの接触時間を $1.0 \times 10^{-2} \text{ s}$ とすると、ボールが受けた平均の力の大きさを求めよ。

衝突前後の運動量の変化 = ボールが受ける力積

方向を正とすると、ボールの運動量

衝突前: $0.15 \times (-30) \text{ kg}\cdot\text{m/s}$

衝突後: $0.15 \times 10 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$

ボールの運動量の変化 = ボールが受ける力積

$$\hookrightarrow 0.15 \times 10 - 0.15 \times (-30) = 6.0 \text{ N}\cdot\text{s}$$

別紙 8-8

p. 47 類題 8

衝突後の運動の向きを正とすると、衝突後の速度は 15m/s 、衝突前の速度は -20m/s である。

ボールが壁から受ける力積は、

$$0.20 \times 15 - 0.20 \times (-20) = 7.0\text{N}\cdot\text{s}$$

力積の大きさは $7.0\text{N}\cdot\text{s}$

ボールが受けた平均の力の大きさ $\bar{F}[\text{N}]$ は、

$$\bar{F} = \frac{I}{\Delta t} = \frac{7.0}{2.0 \times 10^{-2}} = 3.5 \times 10^2\text{N}$$

別紙 8-9

p. 47 TRY

スーパーボールと粘土の質量を m 、床から受けた力積をそれぞれ I_A 、 I_B 、床に衝突する直前の両物体の速さを v とする。衝突後、スーパーボールはある速さ v' ではね上がるが、粘土ははね上がらない。鉛直上向きを正とすると、スーパーボールが床から受けた力積 I_A は運動量の変化と等しいので、

$$I_A = mv' - m(-v) = m(v' + v) \quad \dots \textcircled{1}$$

粘土が床から受けた力積 I_B は、

$$I_B = m \times 0 - m(-v) = mv \quad \dots \textcircled{2}$$

式①、②から、 $I_A > I_B$ なので、 $F-t$ グラフの面積の大きいほうがスーパーボールの力積を表しており、面積の小さいほうが粘土の力積を表している。

スーパーボール：(ア)、粘土：(イ)

別紙 8-10

107-62 (匿名入る)

落下する卵

落下する卵

生卵は割れることなく衝撃吸収材の上に着地する。

0:27 / 0:48

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 1. 運動量と力積 / 落下する卵

© 2020-2025 社名入る

別紙 8-11

107-62 (匿名入る)

運動量の変化と力積(平面上の場合)

運動量の変化と力積(平面上の場合)

物体の運動量の変化は、その間に物体が受けた力積に等しい。

0:59 / 1:05

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 1. 運動量と力積 / 運動量の変化と力積(平面上の場合)

© 2020-2025 社名入る

【学習動画】 例題9 ボールが受ける力積(平面運動)

学習動画

例題9 ボールが受ける力積(平面運動)

速さ 30m/s で東向きに飛んできた質量 0.15kg のボールを、バットで打ったところ、図のように、ボールは北向きに速さ 30m/s で飛んでいった。このとき、ボールがバットから受けた力積の大きさと向きを求めよ。

★平面運動の運動量の変化と力積
→ベクトル図を用いて考えよ。

衝突前後の運動量と力積を図示する。
三平方の定理より、力積は、

$$\sqrt{(0.15 \times 30)^2 + (0.15 \times 30)^2}$$

$$= 0.15 \times 30 \times \sqrt{2}$$

$$= 0.15 \times 30 \times 1.41$$

p. 49 類題 9

運動量の変化と力積の関係は、図のようになる。

力積を受けた後の運動量

力積を受けた後の物体の運動の向きは、図から水平右向きから鉛直上方へ 45° の向きである。速さを v' とすると、運動量の大きさ p' は、

$$p' = 0.20 \times v' = \sqrt{2.0^2 + 2.0^2}$$

$$= 2.0\sqrt{2} = 2.0 \times 1.41 = 2.82 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$v' = \frac{2.82}{0.20} = 14.1 \text{ m/s}$$

水平右向きから鉛直上方へ 45° の向き、14 m/s

p. 49 問 17

運動量の変化と力積の関係は、図のように直角三角形の形となる。

ボールが受けた力積の大きさは、直角三角形の三角比の関係から、

$$F \Delta t : 0.40 \times 10 = \sqrt{3} : 1$$

$$F \Delta t = \sqrt{3} \times 0.40 \times 10 = 1.73 \times 4.0$$

$$= 6.92 \quad 6.9 \text{ N} \cdot \text{s}$$

したがって、求める力積の大きさと向きは、**6.9 N·s、x 軸の負の向きから y 軸の正の向きへ 30° の向き**

p. 49 TRY

ボールの質量を m 、ボールが飛んできた右向きを正として、そのときの速度を v とする。

① ボールを受け止めて静止させるので、その後の速度は 0 となる。したがって、ボールが受ける力積 $F_1 \Delta t$ は、

$$F_1 \Delta t = m \times 0 - mv = -mv$$

② ボールを逆向きに同じ速さで打ち返すので、打ち返された後の速度は $-v$ となる。したがって、ボールが受ける力積 $F_2 \Delta t$ は、

$$F_2 \Delta t = m \times (-v) - mv = -2mv$$

③ ボールを 90° 向きを変えた方向に、同じ速さで打ち返すので、打

p. 49 振り返ろう

物体の運動量の変化は、その間に物体が受けた力積に等しく、 $m\vec{v} = m\vec{v} + \vec{F}\Delta t$ で表される。

1問 / 3問

運動の激しさを示す量の1つとして、質量と速度の積で表した物理量を何というか。

- 運動エネルギー
- 運動量
- 作用

解答

社名入力 資料集ウェブ
107-62 (社名入力)

107-62 (社名入力) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 2 運動量保存の法則 著作権について

- 30 へろ 運動量保存の法則(直線上の場合)
- 51 へろ 【学習動画】 例題10 直線上の2球の衝突
- 51 へろ 例題10
- 51 へろ ほけしほ4 カ学台車の衝突
- 52 へろ 運動量保存の法則(平面上の場合)
- 53 へろ 【学習動画】 例題11 平面上の衝突
- 53 へろ 例題11
- 53 へろ 例18
- 55 へろ 【学習動画】 例題12 回転する物体
- 55 へろ 例題12
- 55 へろ TRY 自転車を歩く人
- 55 へろ 実験3 カ学台車の回転
- 55 へろ 振り返ろう
- 55 へろ 一問一答

© 2020-2025 社名入力

社名入力 資料集ウェブ
107-62 (社名入力) 著作権について

運動量保存の法則(直線上の場合)

【学習動画】 運動量保存の法則(直線上の場合)

衝突前の運動量
A B
 $m_1 v_1$ $m_2 v_2$

運動量の和
 $m_1 v_1 + m_2 v_2$

1:20 / 1:51

107-62 (社名入力) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 2 運動量保存の法則 / 運動量保存の法則(直線上の場合)

© 2020-2025 社名入力

社名入力 資料集ウェブ
107-62 (社名入力) 著作権について

【学習動画】 例題10 直線上の2球の衝突

学習動画

例題10 直線上の2球の衝突

厚さAがはたはたない

互に力である平面上で、質量0.2kgの小球Aが右向きに速さ1.0m/sで動き、静止している質量0.4kgの小球Bと衝突した。衝突後、小球Bは右向きに速さ1.6m/sで動き、小球Aの速さは0m/sとなるか。ただし、右向きを正とする。

★ A, B以外から力を受けない(=内力のみがはたはた)

→ 衝突の前後で、AとBの運動量の和は保存される。(運動量保存の法則)

右向きを正の向きと仮定する。

	運動量 (kg・m/s)	
	A	B
衝突前	0.2 × 1.0	0.4 × 0
衝突後	0.2 × 0	0.4 × 1.6

別紙 9-4

p.51 類題 10
 衝突後の小球 A の速度 v_A' (m/s) は、運動量保存の法則から、

$$1.0 \times 4.0 + 2.0 \times 0 = 1.0 \times v_A' + 2.0 \times 1.5$$

$$v_A' = 1.0 \text{ m/s}$$

別紙 9-5

ぼけラボ4 力学台車の衝突

ぼけラボ 台車の合体

初め位置 止まった位置 初め位置

それぞれの台車の移動距離の比は、
 1 : 2 となる。

107-62 (書き入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 2 運動量保存の法則 / ぼけラボ4 力学台車の衝突

© 2020-2025 社名入る

別紙 9-6

運動量保存の法則(平面上の場合)

運動量保存の法則(平面上の場合)

A, Bの運動量に着目

衝突前の運動量の和
 $m_A v_A + m_B v_B$

衝突後の運動量の和
 $m_A v_A' + m_B v_B'$

107-62 (書き入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 2 運動量保存の法則 / 運動量保存の法則(平面上の場合)

© 2020-2025 社名入る

別紙 9-7

【学習動画】例題11 平面上の衝突

学習動画

例題11 平面上の衝突

図のようは、右のつりなみ糸で吊るし、衝突前に速度 2.0 m/s で運動する質量 0.10 kg の小球 A と、左向きに速度 3.0 m/s で運動する質量 0.10 kg の小球 B が衝突し、A は速度 1.0 m/s で右向きに運動した。次の問いに答えよ。

(1) 衝突後の小球 B は、どの向きにどれだけの速度で運動するか。
 (2) 衝突前に小球 A が持っていた力積の大きさを求めよ。

★ 平面運動の考え方...
 運動量保存：5-11の考え方を2次元に分けて考える。
 運動方程式(過程)：x, y 方向に別々

(1) 小球 A, B の物体系を外力は存在しない(内力のみ)
 → 運動量保存の法則が成り立つ。垂直方向は、北向き: 7 方向は3。
 衝突後 A, B の速度成分: v_{Ax}', v_{By}' を求む
 方程式: $0.10 \times 2.0 + 0.10 \times 0 = 0.10 \times v_{Ax}' + 0.10 \times v_{By}'$ $v_{Ax}' = 2.0 \text{ m/s}$
 $0.10 \times 0 + 0.10 \times (-3.0) = 0.10 \times v_{Ax}' + 0.10 \times v_{By}'$ $v_{By}' = -4.0 \text{ m/s}$

衝突前 A 衝突前 B 衝突後 A 衝突後 B

p. 53 類題 11

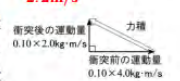
(1) 衝突後の小球 A の速度の x 成分を v_{Ax}' 、y 成分を v_{Ay}' とする。x 方向、y 方向における運動量保存の法則から、

x 方向：
 $0.20 \times 0 + 0.10 \times 4.0 = 0.20 \times v_{Ax}' + 0.10 \times 0$
 $v_{Ax}' = 2.0 \text{ m/s}$

y 方向：
 $0.20 \times 0 + 0.10 \times 0 = 0.20 \times v_{Ay}' + 0.10 \times 2.0$
 $v_{Ay}' = -1.0 \text{ m/s}$

小球 A の速さ v_A' は、
 $v_A' = \sqrt{2.0^2 + (-1.0)^2} = \sqrt{5.0}$
 $= 2.23 \text{ m/s}$ **2.2 m/s**

(2) 小球 B の運動量の変化は図のようになる。小球 B が受けた力積の大きさは、
 $\sqrt{0.40^2 + 0.20^2}$
 $= \sqrt{(0.20 \times 2)^2 + (0.20 \times 1)^2}$



p. 53 問 18

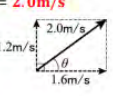
衝突後に一体となった 2 物体の速度の東向きの成分を v_x' 、北向きの成分を v_y' とする。東西、南北の各方向における運動量保存の法則から、

東西： $2.0 \times 4.0 + 3.0 \times 0 = (2.0 + 3.0)v_x'$
 $v_x' = 1.6 \text{ m/s}$

南北： $2.0 \times 0 + 3.0 \times 2.0 = (2.0 + 3.0)v_y'$
 $v_y' = 1.2 \text{ m/s}$

2 物体の速さ v' は、
 $v' = \sqrt{1.6^2 + 1.2^2} = \sqrt{4.0} = \mathbf{2.0 \text{ m/s}}$

衝突後の 2 物体の進む向きと東西方向とのなす角を θ とすると、



$\tan \theta = \frac{v_y'}{v_x'} = \frac{1.2}{1.6} = \mathbf{0.75}$

(三角関数表から、 $\theta = 37^\circ$ となる)

お名入る 資料集ウェブ
107-62 (お名入る)

【学習動画】 例題12 分裂する物体

学習動画

例題12 分裂する物体

■ 分裂する場合：① 運動量の保存の法則

(分裂前の運動量) = (分裂後の運動量之和)


分裂後の B の x 軸方向、y 軸方向の速度成分： v_x' 、 v_y'

運動量保存の法則より

x 軸方向： $5.0 \times 1^2 = 3.0 \times 1^2 + 2.0 \times v_x'$ $v_x' = 1.0 \text{ m/s}$

y 軸方向： $0.0 \times 0 = 3.0 \times 0 + 2.0 \times v_y'$ $v_y' = 0.0 \text{ m/s}$

分裂後の B の速さ v_B' は、三平方の定理から



p. 55 類題 12

右向きを正とし、押した後の子供の速度を v' とする。運動量保存の法則から、

$20 \times 0 + 80 \times 0 = 20 \times v' + 80 \times 0.50$
 $v' = -2.0 \text{ m/s}$ **左向きに 2.0 m/s**

子供が受けた力積は、子供の運動量の変化に相当するので、

$20 \times (-2.0) - 20 \times 0 = -40 \text{ N} \cdot \text{s}$
左向きに 40 N·s

別紙 9-12

p. 55 TRY


人と台車を1つの物体系として考えると、人と台車の運動量の和は保存され、0である。したがって、人が右向きに歩くと、台車は左向きに一定の速さで運動する。

別紙 9-13

107-62 (書名入る)

実験3 カ字台車の分裂

実験 台車の分裂 (同じ質量)




1:28 / 1:59

別紙 9-14

107-62 (書名入る)

実験 台車の分裂 (異なる質量)



1:28 / 2:02

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 2 運動量保存の法則 / 実験3 カ字台車の分裂

© 2020-2025 社名入る

別紙 9-15

p. 55 振り返ろう

物体系が内力をおよぼしあうだけで、外力を受けなければ、物体系の運動量の総和は変化しない。

1問 / 3問

2つの物体を1つの物体系と考えたとき、2つの物体の間で互いにおよぼしあう力のことを何というか。

内力
 外力
 偶力

解答

107-62 (音名入る) 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 3 反動係数 [保存欄に閉じる]

- 56 ページ テニスボールの反動係数
- 57 ページ 実験4 反動係数の測定
- 57 ページ 問題19
- 57 ページ 反動係数(2球の衝突)
- 57 ページ 【シミュレータ】2球の衝突と反動係数
- 58 ページ 【学習動画】例題13 反動係数と運動量保存の法則
- 58 ページ 問題13
- 58 ページ 反打ソフトボールの衝突
- 59 ページ 【学習動画】例題14 弾性の衝突
- 59 ページ 問題14
- 61 ページ 【学習動画】例題15 衝突と力学的エネルギー
- 61 ページ 問題15
- 61 ページ 振り子ろう
- 61 ページ 一題一答
- 62 ページ 【学習動画】チャレンジ 運動量保存の法則の応用(まとめ)
- 62 ページ 【学習動画】チャレンジ 台と小球の運動
- 62 ページ 練習1
- 63 ページ 【学習動画】チャレンジ 摩擦のある台へのすべりこみ
- 63 ページ 練習2

別紙 10-2

社名入力 資料種ウェブ
107-62 (指名入力)

著作権について

テニスボールの反発係数

テニスボールの反発係数



高さ $h' = 26\text{cm}$

0:46 / 1:09

107-62 (指名入力) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 3 反発係数 / テニスボールの反発係数

© 2020-2025 社名入力

別紙 10-3

社名入力 資料種ウェブ
107-62 (指名入力)

著作権について

実験4 反発係数の測定

実験 反発係数の測定



107-62 (指名入力) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 3 反発係数 / 実験4 反発係数の測定

© 2020-2025 社名入力

別紙 10-4

p. 57 問19

壁に衝突する前の小球の進む向きを正とすると、衝突前は $v = 4.0\text{m/s}$ 、衝突後は $v' = -2.6\text{m/s}$ となる。反発係数 e は、式(51)から、

$$e = -\frac{v'}{v} = -\frac{-2.6}{4.0} = 0.65$$

別紙 10-5

社名入力 資料種ウェブ
107-62 (指名入力)

著作権について

反発係数(2球の衝突)

反発係数(2球の衝突)

A、Bの速度に着目

正の向き \rightarrow ($v'_1 < v'_2$)



107-62 (指名入力) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 3 反発係数 / 反発係数(2球の衝突)

© 2020-2025 社名入力

物理シミュレーター

2球の衝突と反発係数

【挑戦しよう】
衝突後に両者が静止するようにしよう。

球A : ● 球B : ○

2球の速度
球A : 6 m/s 球B : -6 m/s

設定

Bの質量
1 kg

Bの速度
-6 m/s

反発係数
0.5

球Aの設定
質量 : 1.0kg
速度 : 6.0m/s

スタート

リセット

ほけらぼ 物理実験ソフト
107-62 (匿名入る)

【学習動画】 例題13 反発係数と運動量保存の法則

学習動画

例題13 反発係数と運動量保存の法則

なめらかな水平面上で、初速度に4.0m/sで進む小球Aと、定速度に2.0m/sで進む小球Bが正面衝突した。AとBの質量は等しく、両球間の反発係数が0.5のとき、衝突後の小球A、Bの速度 v_A' (m/s)、 v_B' (m/s) をそれぞれ求めよ。ただし、右向きを正の向きとする。

(1) $v_A = 0$ (2) $v_B = 0$

正の向き

運動量保存の法則 = 反発係数の式!

と同時!

小球A, Bの質量を m とする。

運動量保存の法則から、
 $m \times 4.0 + m \times (-2.0) = m v_A' + m v_B'$
 $\Rightarrow v_A' + v_B' = 2.0 \text{ ①}$

p. 58 類題 13

衝突後の A、B の速度を v_A' 、 v_B' とする。運動量保存の法則から、

$$2.0 \times 4.0 + 1.0 \times 1.0 = 2.0 \times v_A' + 1.0 \times v_B'$$

$$2.0 v_A' + v_B' = 9.0 \quad \dots \text{①}$$

反発係数の式から、

$$0.50 = -\frac{v_A' - v_B'}{4.0 - 1.0}$$

$$v_A' - v_B' = -1.5 \quad \dots \text{②}$$

式①+②から、 v_B' を消去すると、

$$3.0 v_A' = 7.5 \quad v_A' = 2.5 \text{ m/s}$$

式①に代入して、 v_B' を求めると、

$$5.0 + v_B' = 9.0 \quad v_B' = 4.0 \text{ m/s}$$

ほけらぼ 物理実験ソフト
107-62 (匿名入る)

ほけらぼ5 硬貨の衝突

ほけらぼ 10円玉どうしの衝突

はじめの位置

衝突した位置で10円玉が止まっていることから、衝突の前後で互いの速度が入れ替わっていることがわかる。

107-62 (書き入る)

ほけラボ 10円玉と1円玉の衝突

はじめの位置

左から10円玉をはじき、右側の10円玉と1円玉に衝突させる。

107-62 (書き入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 2 反発係数 / ほけラボ3 運動の衝突

© 2020-2025 書き入る。

107-62 (書き入る)

【学習動画】 例題14 斜めの衝突

学習動画

例題14 斜めの衝突

図のように、なめらかな水平面に、小球が斜めに衝突した。このとき、小球と床との間の反発係数をいくらか、答えは分数のままでよいものとする。

女床に平行成分と、垂直成分に分けて考える。
 ・平行成分... 床がある場合は、力を受けない → 速度一定
 ・垂直成分... 床との衝突で力を受けて速度変化 → 反発係数の式を用いる。

衝突直前、直径の小球の速度 v 、 v' とする。
 0床に平行成分: 速度一定
 $v \sin 30^\circ = v' \sin 60^\circ \dots \textcircled{1}$

p. 59 類題 14

衝突直前の小球の速さを v とする。床に平行な方向の速度成分 v_x 、垂直な方向の速度成分 v_y は、

$$v_x = v \sin 30^\circ = \frac{1}{2}v$$

$$v_y = v \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}v$$

衝突後の床に平行な方向の速度成分 v'_x 、垂直な方向の速度成分 v'_y は、

$$v'_x = v_x = \frac{1}{2}v$$

$$v'_y = -ev_y = -\frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{2}v = -\frac{1}{2}v$$

図の角 θ は、

$$\tan \theta = \frac{|v'_y|}{|v'_x|} = 1.0 \quad \theta = 45^\circ$$

107-62 (書き入る)

【学習動画】 例題15 衝突と力学的エネルギー

学習動画

例題15 衝突と力学的エネルギー

質量 M の物体を糸でつるし、質量 m の弾丸を、水平方向に速度 v_0 で正面衝突させる。両者は一体となり、ある高さまで上昇した。弾丸の初速度の大きさを v とする。

- 両者が一体となった直後の速さをいくらか。
- 両者が達する最高点の高さは、衝突前比べてどれだけ高いか。
- 衝突によって変わった力学的エネルギーはいくらか。

女①衝突直前直後2段階、運動量・物は保存した。
 ②衝突した後の運動は、弾丸の2段階保存した。

(1) 2つの物体が一体となった場合は、運動量保存の法則が成り立つ。
 $m v_0 + M \times 0 = (M+m) v$
 $v = \frac{m}{M+m} v_0$

p. 61 類題 15

(1) 衝突直後に一体となった速度を v' とする。
運動量保存の法則から、
$$M \times 0 + mv_0 = (M + m)v'$$

$$v' = \frac{m}{M + m}v_0$$

ばねの最大の縮みを x とする。衝突直後と、ばねの縮みが最大になったときとで、力学的エネルギー保存の法則の式を立てると、
$$\frac{1}{2}(M + m) \times \left(\frac{m}{M + m}v_0\right)^2 + \frac{1}{2}k \times 0^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (M + m) \times 0^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

$$x^2 = \frac{m^2}{k(M + m)}v_0^2 \quad x = \frac{mv_0}{\sqrt{k(M + m)}}$$

(2) 力学的エネルギーの変化量 ΔE は、
$$\Delta E = \frac{m^2}{2(M + m)}v_0^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$= -\frac{Mmv_0^2}{2(M + m)}$$

p. 61 振り返ろう

① 物体どうしのはねかえりの度合いを表す物理量。
② 弾性衝突($e=1$)のとき、力学的エネルギーは保存され、非弾性衝突($0 \leq e < 1$)のとき、力学的エネルギーは減少する。

1問 / 5問

ボールを床に落とすと、はね返った。ボールが床に衝突する直前の速さを u 、ボールと床との間の反発係数を e としたとき、ボールが床からはね上がった直後の速さはいくらになるか。

$\frac{u}{e}$
 $e u$
 $e^2 u$

解答

107-62 (匿名入る)

【学習動画】 チャレンジ 運動量保存の法則の応用(まとめ)

学習動画

運動量保存の法則の応用

ポイント

- ① 2つ以上の物体を含む物体系に注目!
- ② 物体にはたらく力が、内力・外力と区別して考える。
 { 内力: 物体系の中を及ぼしあう力
 { 外力: 物体系の外から及ぼす力
- ③ 内力のみのときは、右向き。運動量保存の法則が成り立つ。
 ※ 外力がはたらく方向では、保存の法則が成り立たない。

比入る 資料集ウェブ 107-62 (匿名入る)

【学習動画】 チャレンジ 台と小球の運動

学習動画

台と小球の運動

図のように、摩擦のない水平な床の上に、なめらかな水平面と垂直面をもった質量 M の台 B を置く。台 B の水平面上から、質量 m の小球 A を右向きに速さ v で送ると、A は B の斜面をよじ、垂直面に達した。A が B の垂直面で瞬間的に静止したときの、A、B の球に対する速度を求めよ。

★ ① 2つ以上の物体を含む 物体系を考慮す。
 ② 運動量保存の法則は、成り立つ方向で見つけよ。
 ③ 内力と外力を区別すよ。

① 小球 A と台 B を物体系と考慮す。
 ⇒ A が B から受ける垂直抗力 } 内力と区別す。
 B が A から受ける反作用 }

p. 62 練習 1

右向きを正とし、小球 A がすべりおろしたときの台 B の速度を v_B' とする。

運動量保存の法則から、

$$m \times 0 + M \times 0 = m \times (-v) + M v_B'$$

$$v_B' = \frac{m}{M} v \quad \text{右向きに } \frac{m}{M} v$$

比入る 資料集ウェブ 107-62 (匿名入る)

【学習動画】 チャレンジ 摩擦のある台上へのすべりこみ

学習動画

摩擦のある台上へのすべりこみ

図のように、摩擦のある水平な床の上に、図に示すように質量 M の台 B が置かれている。台 B は、図と同じ高さの傾いた斜面をもつ。質量 m の物体 A を、斜面の底から床との面に平行に速さ v で送り、A は斜面を駆け上り、斜面の頂上で静止した。A、B は床に対して何れも速度をもち、その状態を調べよ。

(1) A が B に対して静止したときの、床に対する A、B の運動を求めよ。
 (2) この一連の運動によって与えられた力学的エネルギーを求めよ。

★ ① 2つ以上の物体を含む 物体系を考慮す。
 ② 運動量保存の法則は、成り立つ方向で見つけよ。
 ③ 内力と外力を区別すよ。

物体 A、B との物体系と区別す。
 ⇒ A、B 間にはたらく動摩擦力は内力と区別す。
 (なお床と物体 A、B との間は摩擦力は外力)

p. 63 練習 2

(1) 点 P を通過するときの A の速さを v_A とする。点 P の高さを基準として、力学的エネルギー保存の法則の式を立てると、

$$\frac{1}{2} m \times 0^2 + mgh = \frac{1}{2} m v_A^2 + mg \times 0$$

$$v_A = \sqrt{2gh}$$

(2) A が B に対して静止したときの、床に対する A、B の速度を v' とする。A と B をまとめて 1 つの物体系とすると、A が B の上面をすべり始めた直後と B に対して静止したときとで、物体系の運動量は保存される。

$$m\sqrt{2gh} + M \times 0 = (m + M)v'$$

$$v' = \frac{m\sqrt{2gh}}{M + m} \quad \text{A、B ともに } \frac{m\sqrt{2gh}}{M + m}$$

(3) 力学的エネルギーの変化量 ΔE は、

$$\Delta E = \frac{1}{2}(M + m) \left(\frac{m\sqrt{2gh}}{M + m} \right)^2 - \frac{1}{2} m (\sqrt{2gh})^2$$

お申し込み 資料集ウェブ
107-62 (お名入る)

107-62 (お名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第3節 運動量の保存 / 節末問題

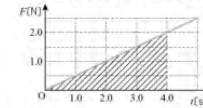
64
ページ

節末問題

第1章第3節 運動量の保存
節末問題 解答・解説

p. 64 節末問題 1

(1) 物体が受ける力積の大きさは、 $F-t$ グラフの面積で表され、図の斜線部分となる。



力積の大きさ I ($\text{N}\cdot\text{s}$) は、

$$I = \frac{1}{2} \times 4.0 \times 2.0 = 4.0 \text{ N}\cdot\text{s}$$

(2) 力を加えられた後の物体の速さを v' (m/s) とすると、運動量の変化と力積の式から、

$$5.0 \times v' - 5.0 \times 0 = 4.0 \quad v' = 0.80 \text{ m/s}$$

別紙 12-1

物理シミュレーター 107-62 (名前入力)

107-62 (名前入力) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 1 円運動

66 ページ 等速円運動をする物体

66 ページ 【シミュレーター】 等速円運動

67 ページ 図20

67 ページ 図21

67 ページ 図22

67 ページ 図23

68 ページ 等速円運動の速度

68 ページ ばねラホ6 円運動における速度の向き

69 ページ 図24

69 ページ TRY カーブを走る自動車の運動

70 ページ 図25

71 ページ 【学習動画】 動画16 等速円運動

71 ページ 動画16

71 ページ 振り子ろう

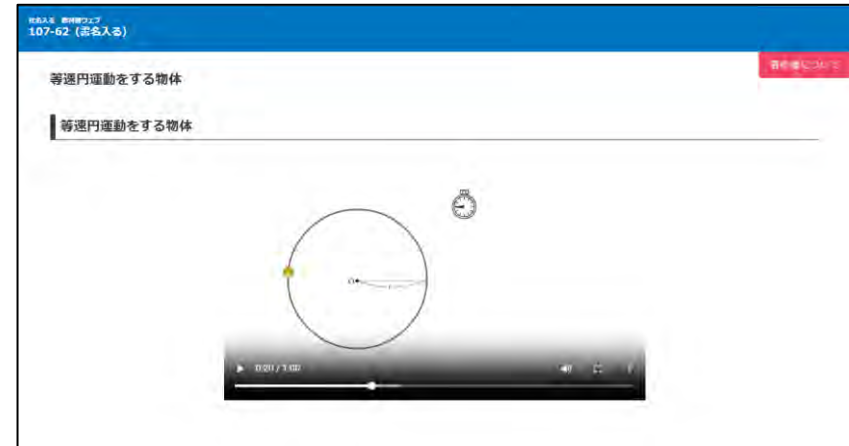
71 ページ 一問一答

72 ページ 【学習動画】 特講 等速円運動の向心力(例)

72 ページ 練習1

73 ページ 探究1 等速円運動の角速度

別紙 12-2



別紙 12-3

物理シミュレーター

等速円運動

【挑戦しよう】
同じ時間で一周するようにしよう。

球A: ○ 球B: ○

00:00 s

設定

Aの速度
0 m/s

Bの速度
0 m/s

速さ
 角速度

半径
A : 1.0m
B : 2.0m

スタート

リセット

別紙 12-4

p. 67 問 20

角速度 ω は、1 回転の中心角を、かかった時間で割ると求められる。

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{4.0} = 1.57 \text{rad/s}$$

1.6rad/s

別紙 12-5

p. 67 問 21

物体の速さを v [m/s] とすると、「 $v=r\omega$ 」から、

$$v=r\omega=5.0 \times 3.0=15 \text{m/s}$$

別紙 12-6

p. 67 問 22

「 $T=\frac{2\pi}{\omega}$ 」と「 $n=\frac{1}{T}$ 」から、 ω と n について整理すると、

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

別紙 12-7

p. 67 問 23

半径 2.0m の円周上を 10 秒間に 2.0 回転で等速円運動するので、

$$\text{周期: } T = \frac{10}{2.0} = 5.0 \text{s}$$

$$\text{回転数: } n = \frac{1}{T} = \frac{1}{5.0} = 0.20 \text{Hz}$$

$$\text{角速度: } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{5.0} = 1.25 \text{rad/s}$$

1.3rad/s

$$\text{速さ: } v=r\omega=2.0 \times 1.25=2.5 \text{m/s}$$


別紙 12-8

比喩入る 教科書ウェブ
107-62 (匿名入る)

等速円運動の速度

著作権について

等速円運動の速度 (小球)



0:27 / 1:10

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 1 円運動 / 等速円運動の速度

別紙 12-9

等速円運動の速度 (水滴)



0:22 / 0:53

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 1 円運動 / 等速円運動の速度

別紙 12-10

比喩入る 教科書ウェブ
107-62 (匿名入る)

ぼけラボ6 円運動における速度の向き

著作権について

ぼけラボ6 円運動における速度の向き



107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 1 円運動 / ぼけラボ6 円運動における速度の向き

別紙 12-11

p. 69 問 24
半径 0.20m、角速度 5.0rad/s の等速円運動をして
いるので、
速さ： $v = r\omega = 0.20 \times 5.0 = 1.0\text{m/s}$
加速度： $a = r\omega^2 = 0.20 \times 5.0^2 = 5.0\text{m/s}^2$

別紙 12-12

p. 69 TRY

点 A を通過した直後から、自動車は等速円運動をする。したがって、点 A、B において、自動車は等速円運動をしており、速度のベクトルは軌道の接線の向き、加速度はカーブの円の中心の向きとなる。また、点 C において、自動車は等速直線運動をしている。したがって、速度のベクトルは右向きで、加速度は 0 である。

別紙 12-13

p. 70 問 25

物体は重力、垂直抗力、ばねの弾性力を受ける。向心力の役割を果たしている力は、**ばねの弾性力**となる。

向心力の大きさを F (N) とすると、「 $m\frac{v^2}{r} = F$ 」から、

$$F = m\frac{v^2}{r} = 0.20 \times \frac{4.0^2}{0.40} = 8.0 \text{ N}$$

別紙 12-14

比入る 教科書のウェブ 107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題 16 等速円運動

著作権について

学習動画

例題 16 等速円運動

ばね定数 25 N/m のばねの一端に、質量 0.10 kg のおもりをつけ、他端を固定して、図のように、なめらかな水平面上で等速円運動をさせる。角速度が 10 rad/s のとき、ばねの長さは 0.50 m になった。円周率を 3.14 として、次の各問に答えよ。

(1) このときの等速円運動の周期はいくらか。
 (2) ばねの自然の長さはいくらか。

ばねの弾性力と向心力は等速円運動

(1) 周期 T [s] は、 $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$ より
 $T = \frac{2 \times 3.14}{10} = 0.628 \text{ s} = 0.63 \text{ s}$

(2) 向心力 = 弾性力 F 7.7.7 a. 法則より、 $F = kx$
 自然の長さを L_0 [m] とすると、ばねの伸び $x = 0.50 - L_0$ [m]
 円周率 π の値を 3.14 とする。

107-62 (書名入る) / 第 1 章 運動とエネルギー / 第 4 節 円運動と単振動 / 1 円運動 / 【学習動画】 例題 16 等速円運動

別紙 12-15

p. 71 類題 16

半径 0.20 m 、速さ 2.0 m/s の等速円運動の周期 T (s) は、

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3.14 \times 0.20}{2.0}$$

$$= 0.628 \text{ s} = 0.63 \text{ s}$$

小球は重力、垂直抗力、糸の張力を受ける。向心力は糸の張力である。糸の張力の大きさを T (N) とすると、「 $m\frac{v^2}{r} = F$ 」から、

$$T = m\frac{v^2}{r} = 0.10 \times \frac{2.0^2}{0.20} = 2.0 \text{ N}$$

別紙 12-16

p.71 振り返ろう

①速度は、大きさが一定で、向きが円周の接線方向である。加速度は、大きさが一定で、向きが円の中心向きである。

②向心力は、重力や摩擦力のような力の種類を表す名称ではなく、円運動を生じさせる原因となる力の総称である。

別紙 12-17

1問 / 5問

物体が半径の円周上等速円運動するとき、物体の速さ v と角速度 ω との間にどのような関係があるか。

$v = \omega r$

$v = \omega$

$v = \omega r^2$

解答

別紙 12-18

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (社名入る)

【学習動画】 特講 等速円運動の向心力(例)

学習動画

図のように、ばねの一端に物体をつけ、他端を固定して、なめらかな水平上で等速円運動をさせる。物体が受ける力をすべて図示し、どの力が向心力であるかを示せ。

物体は、重力のほか、接触している他の物体から力を受けます。

物体は重力のほか、接している面から垂直抗力、ばねから弾性力を受けます。

・重力と垂直抗力…円の中心方向の成分をEと仮定し、
⇒ 向心力は、ばねの弾性力である。

別紙 12-19

p.72 練習1

(1) 物体は重力、台からの垂直抗力、糸の張力を受ける。向心力は、糸の張力である。

(2) 物体は重力、台からの垂直抗力、台からの静止摩擦力を受ける。向心力は、静止摩擦力である。

(3) 小球は重力、ばねの弾性力を受ける。向心力は、重力とばねの弾性力の合力である。

(4) 小球は重力、床からの垂直抗力、糸の張力を受ける。向心力は、重力、垂直抗力、糸の張力の合力である。

(5) 物体は重力、円錐面からの垂直抗力を受ける。向心力は、重力と垂直抗力の合力である。

(6) 物体は重力、円筒の内側の面から垂直抗力、静止摩擦力を受ける。向心力は、垂直抗力である。

別紙 12-20

107-62 (匿名入る)

107-62 (匿名入る)

探究1 等速円運動の角速度

探究 等速円運動の角速度

0:10 / 0:16

別紙 13-1

107-62 (匿名入る)

107-62 (匿名入る)

107-62 (匿名入る) > 第1章 運動とエネルギー > 第4節 円運動と角運動 > 2. 慣性力と遠心力

74 ページ 等速直線運動をする車内の振り子

74 ページ 加速する車内の振り子

75 ページ 投げたボール 水中のおもりと浮き

76 ページ 【学習動画】 例題17 加速度運動をする電車

76 ページ 例題17

76 ページ TRY 加速する電車内でのおもりの落下

77 ページ 【学習動画】 例題18 加速度運動をするエレベーター

77 ページ 例題18

77 ページ 加速する車内の水中の振り子

78 ページ 例26

79 ページ 【学習動画】 例題19 円運動振り子

79 ページ 例題19

79 ページ TRY カーブを曲がるときの遠心力

80 ページ 斜面内での円運動

81 ページ 【学習動画】 例題20 斜面内での円運動

81 ページ 例題20

81 ページ 振り送ろう

81 ページ 一問一答

82 ページ 【学習動画】 特講 慣性系と非慣性系(まとめ)

82 ページ 練習1

別紙 13-2

氏名入力 資料番号入力
107-62 (番号入力) 著作権について

等速直線運動をする車内の振り子

■ 等速直線運動をする車内の振り子




© Daichi Gakushusha

別紙 13-3

氏名入力 資料番号入力
107-62 (番号入力) 著作権について

加速する車内の振り子

■ 加速する車内の振り子



▶ 0:30 / 0:39

別紙 13-4

氏名入力 資料番号入力
107-62 (番号入力) 著作権について

ほけラボ7 水中のおもりと浮き

■ ほけラボ7 水中の振り子 (おもり・等速)



▶ 0:18 / 0:51

別紙 13-5

ほけラボ7 水中の振り子 (おもり・加速)



▶ 0:15 / 0:42

別紙 13-6



別紙 13-7



別紙 13-8

社会人 資料用ウェブ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題17 加速度運動をする電車

著作権について

学習動画

例題17 加速度運動をする電車

水平に等加速度直線運動をする電車内、おもりが天井から糸でつるされ、おもりは、糸と鉛直方向となす角が θ となる位置で、電車に対して静止している。このとき、電車の加速度の大きさ a (m/s^2) を求めよ。ただし、重力加速度の大きさを g (m/s^2) として、次の観測者の立場から考えよ。

(1) 電車内の観測者 (2) 地上に静止する観測者

★ (1)では、おもりは慣性力がはたらく、おもりは静止しているように見える。
(2)では、おもりには重力がはたらく、加速度運動をしているように見える。

(1) 電車内の観測者から見た場合
おもりには、重力、張力、慣性力がはたらく。

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 2 慣性力と遠心力 / 【学習動画】 例題17 加速度運動をする電車

別紙 13-9

p.76 類題 17

(1) 電車は左向きに 0.49m/s^2 の等加速度直線運動をしている。電車内の観測者からおもりを見ると、おもりには、重力と糸の張力、慣性力がはたらい、図のようにつりあっている。右向きを正とし、慣性力の大きさを F' (N) とすると、
「 $F' = -ma$ 」から、
 $F' = -1.0 \times (-0.49) = 0.49\text{N}$
右向きに 0.49N

(2) $\tan\theta$ の値は、図から、

$$\tan\theta = \frac{\text{慣性力}}{\text{重力}} = \frac{0.49}{1.0 \times 9.8} = 5.0 \times 10^{-2}$$

別紙 13-10

p. 76 TRY

イの向きに落下する。

理由：
慣性力は糸が切れてもはたらいており、おもりは糸の張っていた方向に落下するため、おもりはイの向きに落下する。

別紙 13-11

社会人 理科科ウェブ
107-62 (匿名入る)

著作権について

【学習動画】 例題18 加速度運動をするエレベーター

学習動画

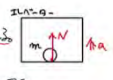

例題 18 加速度運動をするエレベーター

エレベーターの床に、質量 m (kg) の物体が置かれている。エレベーターが次の運動をするとき、物体が床から受ける垂直抗力の大きさをいくらか。ただし、重力加速度の大きさを a (m/s²) とする。

(1) 大きさ a (m/s²) の鉛直上向き加速度で運動しているとき。
(2) 等速で上昇しているとき。
(3) 大きさ a (m/s²) ($a < g$) の鉛直下向き加速度で運動しているとき。

★ エレベーター内の観測者
…慣性力がはたらず、物体は静止して見える
→ 力のつりあい
・地上に静止している観測者
…重力と垂直抗力がはたらず、一定の初速度で運動
→ 運動方程式

(1) エレベーター内の観測者が見る場合
力のつりあいの式は、

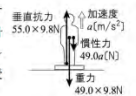
107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 2 慣性力と遠心力 / 【学習動画】 例題18 加速度運動をするエレベーター

別紙 13-12

p. 77 類題 18

鉛直上向きを正とす
人、重力、体重計からの垂直抗力、エレベーターの慣性力を受けて静止している。
エレベーターの加速度を a (m/s²) として、つりあいの式を立てると、

鉛直上向きに 1.2m/s²



鉛直上向きを正とす
垂直抗力 55.0×9.8 N
慣性力 $49.0a$ (N)
重力 49.0×9.8 N
加速度 a (m/s²)

$55.0 \times 9.8 - 49.0 \times 9.8 - 49.0 \times a = 0$
 $49.0a = 58.8 \quad a = 1.2 \text{ m/s}^2$


別紙 13-13

社会人 理科科ウェブ
107-62 (匿名入る)

著作権について

加速する車内の水中の振り子

加速する車内の水中の振り子



0:09 / 0:34

別紙 13-14

p. 78 問 26
 人が受ける遠心力の大きさを F' [N] とすると、 $F' = m \frac{v^2}{r}$ から、

$$F' = m \frac{v^2}{r} = 50 \times \frac{10^2}{20} = 2.5 \times 10^2 \text{ N}$$

別紙 13-15

社名入る 教科書ウェブ
 107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題19 円錐振り子

著作権について

学習動画

例題 19 円錐振り子

糸の一端を天井に固定し、他端におもりをつけて、水平面内で等速円運動をさせる(円錐振り子)。糸と鉛直方向となす角を θ 、糸の長さ L を l 、重力加速度の大きさを g として、次のそれぞれの観測者の立場から、おもりの周期 T を求めよ。

(1) おもりとともに回転する観測者 (2) 地上に静止する観測者

★円錐振り子の円運動

- ・鉛直方向: 重力と張力の鉛直成分が釣り合う。
- ・水平方向: (1) 張力の水平成分が遠心力が釣り合う (2) 張力の水平成分が向心力となり、等速円運動をする。

(1) 等速円運動の半径 r は、 $r = L \sin \theta$
 円速度 $v = \omega r$ 従、遠心力 F' は $F' = m \omega^2 r = m L \omega^2 \sin \theta$

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 2 慣性力と遠心力 / 【学習動画】 例題19 円錐振り子

別紙 13-16

p. 79 類題 19
 角速度を ω 、静止摩擦力を F 、垂直抗力を N とすると、力のつりあいから、

水平方向: $F - m r \omega^2 = 0$ …①

鉛直方向: $N - m g = 0$ …②

式②から、最大摩擦力 F_0 は、
 $F_0 = \mu N = \mu m g$

である。すべり出す直前の角速度を ω_0 とすると、式①から、

$$F_0 = m r \omega_0^2 = \mu m g \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$$

別紙 13-17

p. 79 TRY

自転車でカーブを曲がるとき、自転車と人には、カーブの外向きに遠心力がはたらく。そのため、自転車を内側に傾けると曲がりやすい。

別紙 13-18

107-62 (書名入る)

鉛直面内の円運動

鉛直面内の円運動(途中の点)

球は鉛直面内で円軌道に沿って運動する

0:00 / 1:49

別紙 13-19

鉛直面内の円運動(最下点)

点Aから静かにほなす

0:15 / 1:27

別紙 13-20

107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題20 鉛直面内の円運動

学習動画

例題20 鉛直面内の円運動

台車が高さHの地点から静かに出発して、図のように、鉛直面内にある半径rのなめらかな円形のレールを一周する。台車の質量をm、重力加速度の大きさをgとする。

- 円形のレールの最下点Pを通過するとき、台車の速さvを求めよ。
- 点Pで、台車がレールから受ける垂直抗力の大きさをNを求めよ。
- 台車がレールからはなれずに一周するための、高さHの最小値を求めよ。

*★円周運動→L運動...速さ時刻と変化
→各瞬間において、速さvの等速円運動と見做す
「a = v^2/r」と書くことが出来る。
円形レール→同一半径r、力学エネルギーは保存される。
(1) 台車から受ける力...重力、垂直抗力のみ
仕事をしていない。*

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 2 慣性力と遠心力 / 【学習動画】 例題20 鉛直面内の円運動

別紙 13-21

p.81 類題20

小球とともに円運動をする観測者の立場で考える。小球の質量をm、糸がたるむ直前の速さをvとする。糸がたるむ直前は、糸の張力は0となる。円の中心方向の力のつりあいから、

$$mg \sin 30^\circ - m \frac{v^2}{L} = 0 \quad v = \sqrt{\frac{gL}{2}}$$

初速度をv₀とする。小球が運動を開始した直後と糸がたるんだ直後とで、力学的エネルギー保存の法則を用いる。糸がたるんだときの高さは、L(1+sin30°)となり、

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + mg \times 0 = \frac{1}{2}mv^2 + mgL(1 + \sin 30^\circ)$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mgL + \frac{3}{2}mgL = \frac{7}{2}mgL$$

$$v_0^2 = \frac{7gL}{2} \quad v_0 = \sqrt{\frac{7gL}{2}}$$

別紙 13-22

p. 81 振り返ろう

慣性力は、観測者が非慣性系にあるときに現れる見かけの力である。遠心力は、慣性力の1種であり、観測者が物体とともに円運動をするときに現れる見かけの力である。

別紙 13-23

1問 / 5問

電車が右向きに等速直線運動するとき、電車内の人には、重力・垂直抗力のほか、どのような力がはたらくか。

右向きに慣性力がはたらく。

左向きに慣性力がはたらく。

力ははたらくがない。

修正

別紙 13-24

社会人 教科書ウェブ 107-62 (書名入)

著作権について

【学習動画】 特講 慣性系と非慣性系(まとめ)

学習動画

	慣性系	非慣性系
観測者の運動	静止または等速直線運動	加速度が生じている運動
慣性力の有無	はたらくない	はたらく
【例】 加速する電車内につるされた物体	●観測者の立場 物体は右向きに力を受けて加速運動で運動している。	●観測者の立場 物体は右向きに慣性力 $-m\vec{a}$ がつりあっており、物体は静止している。
運動方程式	$m\vec{a} = \vec{F}$	力のつりあい $\vec{F} + (-m\vec{a}) = 0$

107-62 (書名入) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 2 慣性力と遠心力 / 【学習動画】 特講 慣性系と非慣性系(まとめ)

別紙 13-25

p. 82 練習 1

(1) 物体は重力と糸の張力を受け、鉛直上向きに加速度運動をする。非慣性系では、鉛直下向きに慣性力を受け、つりあいの状態になる。

【慣性系】 糸の張力、重力、加速度

【非慣性系】 糸の張力、重力、慣性力、加速度

(2) 物体は、重力と垂直抗力、静止摩擦力を受け、右向きに加速度運動をする。非慣性系では、左向きに慣性力を受け、つりあいの状態になる。

【慣性系】 垂直抗力、静止摩擦力、重力、加速度

【非慣性系】 垂直抗力、静止摩擦力、慣性力、重力、加速度

(3) 物体は、重力と垂直抗力を受け、左向きに加速度運動をする。非慣性系では、右向きに慣性力を受け、つりあいの状態になる。

【慣性系】 垂直抗力、重力、加速度

【非慣性系】 垂直抗力、重力、慣性力、加速度

(4) 物体は、重力と糸の張力を受け、円の中心向きに加速度運動をする。非慣性系では、円の外側向きに慣性力(遠心力)を受け、つりあいの状態になる。

【慣性系】 糸の張力、重力、加速度

【非慣性系】 糸の張力、重力、慣性力、加速度

別紙 14-1

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 3 単振動

単振動と等速円運動

単振動のy-グラフ

問27

TRY 単振動のグラフ

単振動の速度

【シミュレータ】単振動のグラフ

問28

問29

問30

ばねばね振り子(振幅の大きさ)

【学習動画】例題21 ばねばね振り子

例題21

ばねばね振り子 ばねばね振り子の周期

単振動のエネルギー

実験5 単振り子の周期

問31

TRY ばねばね振り子と単振り子の周期

振り返ろう

一問一答

【学習動画】チャレンジ ばねばね振り子の例

【学習動画】チャレンジ エネルギー保存の例

練習1

練習2

別紙 14-2

107-62 (書名入る)

単振動と等速円運動

単振動と等速円運動



0:14 / 0:51

別紙 14-3

107-62 (書名入る)

単振動のy-グラフ

単振動のy-グラフ



単振動している物体を一定の速さで横に移動させると、その軌道は正弦曲線となる。

© Daichi Gakushusha

別紙 14-4

p. 85 問 27

(1) 「 $x = A \sin \omega t$ 」と比較して、
 振幅：**0.30m**
 振動数： $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{4.0\pi}{2\pi} = \mathbf{2.0\text{Hz}}$
 周期： $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2.0} = \mathbf{0.50\text{s}}$

(2) 「 $x = A \sin \omega t$ 」から、 v 、 a の式を立てると、
 $v = A\omega \cos \omega t = 0.30 \times (4.0\pi) \cos 4.0\pi t$
 $= \mathbf{1.2\pi \cos 4.0\pi t}$
 $a = -A\omega^2 \sin \omega t = -0.30 \times (4.0\pi)^2 \sin 4.0\pi t$
 $= \mathbf{-4.8\pi^2 \sin 4.0\pi t}$

別紙 14-5

p. 85 TRY

「 $x = A \cos \omega t$ 」を「 $\sin \square$ 」の形で表すと、
 $x = A \cos \omega t = A \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$
 となる。この式から、 v 、 a の式を立てると、
 $v = A\omega \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = -A\omega \sin \omega t$
 $a = -A\omega^2 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = -A\omega^2 \cos \omega t$

したがって、 $v-t$ グラフ、 $a-t$ グラフは、次のように表される。

別紙 14-6

物理入門 動画解説ファイル
107-62 (高名入る)

単振動の要位

単振動の要位

別紙 14-7

物理シミュレーター

単振動のグラフ

【挑戦しよう!】
速度、加速度が最大になるときの物体の位置を調べてみよう。

別紙 14-8

p. 86 問 28
 $F = -2.0x$ から、 $K = 2.0$ である。
 角振動数 ω は、「 $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$ 」から、

$$\omega = \sqrt{\frac{2.0}{0.50}} = \sqrt{4.0} = 2.0 \text{ rad/s}$$

また、周期 T は、「 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ 」から、

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2 \times 3.14}{2.0} = 3.14 \text{ s} \quad \mathbf{3.1 \text{ 秒}}$$

別紙 14-9

p. 87 問 29
 周期 T は、「 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 」から、

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{1.0}{25}}$$

$$= 2 \times 3.14 \times 0.20 = 1.25 \text{ s} \quad \mathbf{1.3 \text{ 秒}}$$

別紙 14-10

p. 87 問 30
 (1) どちらのばねも、最初は自然の長さであったので、最初の位置が振動の中心となる。この点を原点、右向きを正とする。位置 x で、物体がばねから受ける力は、
 $F = -k_1x - k_2x = -(k_1 + k_2)x$
 ここから、復元力の比例定数 K は、
 $K = k_1 + k_2$
 となる。単振動の周期 T は、

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}$$

(2) 物体の速さを v とすると、力学的エネルギー保存の法則から、

$$\frac{1}{2}m \times 0^2 + \frac{1}{2}k_1x^2 + \frac{1}{2}k_2x^2$$

$$= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k_1 \times 0^2 + \frac{1}{2}k_2 \times 0^2$$


$$v^2 = \frac{k_1 + k_2}{m}x^2 \quad v = x\sqrt{\frac{k_1 + k_2}{m}}$$

別紙 14-11

107-62 (匿名入る)

鉛直ばね振り子(振幅の大きさ)

鉛直ばね振り子(振幅の大きさ)



0:26 / 1:39

社会人 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題21 鉛直ばね振り子

著作権について

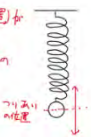
学習動画

例題21 鉛直ばね振り子

ばね定数 50 N/m の軽いばねの上端を固定し、下端に質量 0.50 kg のおもりをつるす。つりあいの位置から、おもりを $2.0 \times 10^{-2}\text{ m}$ 引き下げ、静かにはなすと、おもりは単振動をした。つりあいの位置を原点として、鉛直下向きに x 軸をとる。円周率を 3.14 として、次の各問に答えよ。

(1) 単振動の中心の位置を求めよ。
(2) 単振動の振幅、周期、速さの最大値をそれぞれ求めよ。

おもりが受け止める合力が 0 の位置 (つりあいの位置) が振動の中心。
振幅 \rightarrow 静かにはなした位置から、振動の中心までの距離。
周期 $\rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$
(m : おもりの質量、 k : ばね定数)



107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 3 単振動 / 【学習動画】 例題21 鉛直ばね振り子

p. 89 類題 21

(1) 自然の長さの位置を原点として、鉛直下向きに x 軸をとる。おもりのつりあいの位置を x とすると、

$$mg = kx \quad x = \frac{mg}{k}$$

単振動の振幅 A は、つりあいの位置からおもりをはなした位置までの距離となるので、

$$A = \frac{mg}{k} \text{ (m)}$$

周期 T は、

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ (s)}$$

速さの最大値は、つりあいの位置を通過したときであり、

$$v_{\text{max}} = A\omega = A \frac{2\pi}{T} = \frac{mg}{k} \times \frac{2\pi}{2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}} = \sqrt{\frac{m}{k}} g \text{ (m/s)}$$

(2) 最下点となる地点は、おもりをはなした自然の長さの位置から $2A$ となる。

$$2A = \frac{2mg}{k} \text{ (m)}$$

(3) おもりをはなしてから、振動の中心を通過するまでの時間は、 $\frac{T}{4}$ である。

$$\frac{T}{4} = \frac{2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ (s)}$$

社会人 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

ほけラボ8 鉛直ばね振り子の周期

著作権について

ほけラボ 鉛直ばね振り子(振幅と周期の関係)

振幅: 小



計測時間 10.0 秒
0:45 / 2:23
周期 = 時間 / 回数 = 10.0 / 1 = 10.0 秒

ほけラボ ばね振り子(おもりの質量と周期の関係)



おもりの質量 1個
計測時間 8.2 秒
0:36 / 1:46

別紙 14-16

単振動のエネルギー

単振動のエネルギー

弾性エネルギー $E_s = \frac{1}{2}kx^2$

運動エネルギー $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

0:56 / 1:30

別紙 14-17

実験5 単振り子の周期

実験 単振り子の周期

0:18 / 0:34

別紙 14-18

p.93 問31

長さ $L=0.80\text{m}$ を式(93)に代入すると、周期 T (s) は、

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{0.80}{9.8}}$$

$$= 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{4.0}{49}}$$

$$= 2 \times 3.14 \times \frac{(2.0)^2}{(7.0)^2} = 2 \times 3.14 \times \frac{2.0}{7.0}$$

$$= 1.79\text{s}$$

したがって、周期 T は **1.8 秒**

p. 93 TRY

鉛直ばね振り子の周期の式「 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 」、単振り子の周期の式「 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 」にそれぞれ代入して、検証する。

①おもりの質量を2倍にする。おもりの質量 m を $2m$ にする。

- 鉛直ばね振り子

$$T' = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}} = \sqrt{2} \times 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{2}T$$

長くなる

- 単振り子

おもりの質量に関係なく一定である。**変わらない**

②月面上で振動させる。重力加速度 g を $\frac{g}{6}$ にする。

- 鉛直ばね振り子

重力加速度の大きさに関係なく一定である。**変わらない**

- 単振り子

$$T' = 2\pi\sqrt{\frac{L}{\frac{g}{6}}} = \sqrt{6} \times 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = \sqrt{6}T$$

長くなる

③振幅を $\frac{1}{2}$ 倍にする。
どちらも振幅の大きさに関係なく一定である。

鉛直ばね振り子…**変わらない**、
単振り子…**変わらない**

④ばねや糸を半分に切って、各振り子の長さを短くする。

- 鉛直ばね振り子

p. 93 振り返ろう

①復元力は、物体の位置を振動の中心にもどす役割を果たし、振動の中心からの変位を x としたとき、復元力 F は比例定数 K を用いて、 $F = Kx$ と表される。

②ばね振り子の周期は、 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ と表され、物体の質量の平方根 \sqrt{m} に比例し、復元力の比例定数の平方根 \sqrt{k} に反比例する。単振り子の周期は、 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 表され、振り子の長さ L だけによって決まる。

1問 / 5問

物体が周期0.50秒で単振動をしている。このときの物体の振動数は何Hzか。

0.50Hz

4.00Hz

100Hz

解答

別紙 14-22

社名入力 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

【学習動画】 チャレンジ 鉛直ばね振り子の例

操作権について

学習動画

復元力による位置エネルギー

(復元力)

$F = -kx$
- 振動の中心に振り子
||
復元力

振動の中心
つりあいの位置

107-62 (書名入力) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 3 単振動 /
【学習動画】 チャレンジ 鉛直ばね振り子の例

別紙 14-23

社名入力 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

【学習動画】 チャレンジ エネルギー保存の例

操作権について

学習動画

復元力による位置エネルギー

① エネルギー保存の例
② 復元力による位置エネルギーを用いる場合

	運動エネルギー	復元力による位置エネルギー
物体が つりあ位置	0	$\frac{1}{2}kA^2$
振動の中心 (つりあ位置)	$\frac{1}{2}mv^2$	0

つりあいの位置
最低点

107-62 (書名入力) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 3 単振動 /
【学習動画】 チャレンジ エネルギー保存の例

別紙 14-24

p. 95 練習 1

つりあいの位置を基準とすると、おもりを
なした位置でのエネルギーは、復元力による
位置エネルギー $\frac{1}{2}kd^2$ だけとなる。おもりが
 $x = \frac{d}{2}$ の位置を通過するときの速さ v は、エ
ネルギー保存の式を立てて、

$$\frac{1}{2}kd^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k\left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$v^2 = \frac{3kd^2}{4m} \quad v = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{3k}{m}}d$$

別紙 14-25

p. 95 練習 2

つりあいの位置を基準とすると、おもりを
なした位置でのエネルギーは、復元力による
位置エネルギー $\frac{1}{2}kd^2$ だけとなる。おもりが
つりあいの位置 ($x = 0$) を通るとき速さ v は、
エネルギー保存の式を立てて、

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

$$v^2 = \frac{kd^2}{m} \quad v = \sqrt{\frac{k}{m}}d$$

別紙 15-1

目次

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 4 万有引力による運動

97 ページ 問32

97 ページ 問33

98 ページ ほかほか9 ケプラーの第3法則の導出

99 ページ 問34

100 ページ 万有引力と重力

100 ページ 問35

101 ページ 【学習動画】 例題22 第1宇宙速度

101 ページ 例題22

103 ページ 問36

104 ページ 【シミュレーター】 万有引力による運動

104 ページ 【学習動画】 例題23 第2宇宙速度

104 ページ 例題23

105 ページ 実例6 天体からの射出速度—実例—

105 ページ 振り返ろう

105 ページ 一問一答

別紙 15-2

p. 97 問32
 ケプラーの第2法則から、単位時間に線分が
 描く面積は一定であるから、

$$\frac{1}{2}r_1v_1 = \frac{1}{2}r_2v_2 \quad r_1v_1 = r_2v_2$$

別紙 15-3

p. 97 問33
 木星の公転周期を T [年] とする。ケプラーの
 第3法則の式 $\left[\frac{T^2}{a^3} = k(\text{一定})\right]$ から、地球の公
 転周期と比較して、

$$\begin{aligned} \frac{T^2}{4.0^3} &= \frac{1.0^2}{1.0^3} & T^2 &= 4.0^3 \\ T &= \sqrt{4.0^3} = \sqrt{(2.0^2)^3} \\ &= \sqrt{2.0^6} = 2.0^3 = 8.0 \text{年} \end{aligned}$$

別紙 15-4

ぼけラボ 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

ぼけラボ ケプラーの第3法則の確認

保存権について

ぼけラボ ケプラーの第3法則の確認

107-62 (書名入力) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 4 万有引力による運動 / ぼけラボ ケプラーの第3法則の確認

別紙 15-5

p. 99 問 34

万有引力の法則の式「 $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 」から、

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.7 \times 10^{-11} \times \frac{20 \times 20}{1.0^2}$$

$$= 2.68 \times 10^{-8} \text{N} \quad \color{red}{2.7 \times 10^{-8} \text{N}}$$

別紙 15-6

ぼけラボ 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

万有引力と重力

保存権について

万有引力と重力

万有引力
2つの物体の間には、万有引力がはたらく。
万有引力の大きさは、各物体の質量 m_1 、 m_2 の積に比例し、各物体の距離 r の2乗に反比例する。
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

G: 万有引力定数

0:30 / 1:46

別紙 15-7

p. 100 問 35

地表の重力加速度の式「 $g = \frac{GM}{R^2}$ 」から、 M について求めると、

$$9.8 = \frac{6.7 \times 10^{-11} \times M}{(6.4 \times 10^6)^2}$$

$$M = 9.8 \times \frac{(6.4 \times 10^6)^2}{6.7 \times 10^{-11}} = 5.99 \times 10^{24} \text{kg}$$

$$\color{red}{6.0 \times 10^{24} \text{kg}}$$

別紙 15-8

比入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題22 第1宇宙速度

著作権について

学習動画

例題22 第1宇宙速度

質量 m の人工衛星が、地表近くを高さ r (第1宇宙高度) で円軌道を描いてまわっている。
 (1) 地球の質量を M 、半径を R 、万有引力定数を G としたとき、 v を、 M 、 R 、 G を用いて表せ。
 (2) 地表付近の重力加速度の大きさを g としたとき、 v を、 g 、 R を用いて表せ。
 (3) $g=9.8\text{m/s}^2$ 、 $R=6.4\times 10^6\text{m}$ として、第1宇宙速度 v を計算せよ。

人工衛星... 地球から受ける万有引力
 → 向心力として等速円運動。
 (1) 地表近くを軌道。
 → 半径は地球の半径とほぼ等しい (R 付近)。
 人工衛星が受ける万有引力の大きさは、

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

 等速円運動の運動方程式の代わりに、

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 4 万有引力による運動 / 【学習動画】 例題22 第1宇宙速度

別紙 15-9

p.101 類題 22

人工衛星の質量を m 、円軌道の半径を r 、速さを v とすると、人工衛星は万有引力を向心力にして等速円運動をする。万有引力の式

$F = G \frac{Mm}{r^2}$ と向心力の式 $F = m \frac{v^2}{r}$ から、
 v について求めると、

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad v^2 = \frac{GM}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

また、周期 T から、等速円運動の周期の式 $T = \frac{2\pi r}{v}$ を用いて、 r について求めると、

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{GM}{r}}} = \frac{2\pi}{\sqrt{GM}} \times r^{1.5}$$

$$r^{1.5} = \frac{T\sqrt{GM}}{2\pi}$$

ここで両辺を 2 乗して、 r^3 を求めると、

$$r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2} \quad r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

別紙 15-10

p. 103 問 36

地表から高度が $2R$ に達したときの人工衛星の半径 r は、 $r = R + 2R = 3R$ となる。人工衛星の速さを v とすると、人工衛星は万有引力を向心力にして等速円運動をする。万有引力の式 $F = G \frac{Mm}{r^2}$ と向心力の式 $F = m \frac{v^2}{r}$ から、 v について求めると、

$$G \frac{Mm}{(3R)^2} = m \frac{v^2}{3R} \quad v^2 = \frac{GM}{3R}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{3R}}$$

人工衛星の力学的エネルギー E は、運動エネルギーと万有引力による位置エネルギーの和であるから、

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \left(-G \frac{Mm}{r}\right)$$

$$= \frac{1}{2}m \times \left(\sqrt{\frac{GM}{3R}}\right)^2 - G \frac{Mm}{3R}$$

$$= \frac{GMm}{6R} - G \frac{Mm}{3R} = -G \frac{Mm}{6R}$$

別紙 15-11

物理シミュレーター

万有引力による運動

【挑戦しよう】
地球の周りをグルグルまわるようにしよう。

設定

初速度：
第1宇宙速度

スタート

リセット

比名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

【学習動画】 例題23 第2宇宙速度

学習動画

例題23 第2宇宙速度

質量 m の物体が、地表からある高さで打ち上げられた。地球の質量を M 、半径を R 、万有引力定数を G とする。万有引力による位置エネルギーの基準を無限遠として、次の各問に答えよ。

(1) 物体が、地球から飛び去るのに必要な最小の初速度の大きさ v_0 (第2宇宙速度) を求めよ。

(2) (1) で求めた v_0 を、 R と地表付近の重力加速度の大きさ g を用いて表せ。

★ 物体 - 地球 → 無限遠へ送る。運動エネルギーが 0 以上。

↓

地球から飛び去ることになる。

(1) 打ち上げられた物体の力学的エネルギー U_1

$$U_1 = (\text{運動エネルギー}) + (\text{万有引力による位置エネルギー})_{\text{地球}}$$

$$= \frac{1}{2}mv^2 + \left(-G\frac{Mm}{R}\right)$$

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 4 万有引力による運動 / 【学習動画】 例題23 第2宇宙速度

p. 104 類題 23

(1) 地表から高度が $2R$ に達したときの物体の位置 r は、 $r=R+2R=3R$ となる。物体の力学的エネルギー E は、運動エネルギーと万有引力による位置エネルギーの和であるから、

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \left(-G\frac{Mm}{r}\right)$$

$$= \frac{1}{2}m \times (\sqrt{gR})^2 - G\frac{Mm}{3R}$$

$$= \frac{1}{2}mgR - G\frac{Mm}{3R}$$

ここで、「 $GM=gR^2$ 」を代入すると、

$$E = \frac{1}{2}mgR - gR^2 \times \frac{m}{3R} = \frac{1}{6}mgR$$

(2) 無限遠($r \rightarrow \infty$)に達したときの物体の速さを v' とすると、力学的エネルギー保存の法則から、

$$\frac{1}{2}mv'^2 - G\frac{Mm}{\infty} = \frac{1}{6}mgR$$

$$v'^2 = \frac{1}{3}gR \quad v' = \sqrt{\frac{gR}{3}}$$

比名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

実験6 天体からの脱出速度—実習—

実験 天体からの脱出速度

実験6 天体からの脱出速度

天体	質量 M ($\times 10^{24}$ kg)	半径 R (km)	脱出速度 v_0 (km/s)
① 水星	0.33	2440	4.25
② 金星	4.87	6052	10.37
③ 地球	5.97	6371	11.2
④ 火星	0.64	3397	5.03
⑤ 木星	318	71492	59.5
⑥ 土星	95.2	60268	35.5
⑦ 天王星	45.9	25389	21.3
⑧ 海王星	171	24322	23.5
⑨ 冥王星	0.047	2370	1.23

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 4 万有引力による運動 / 実験6 天体からの脱出速度—実習—

p. 105 振り返ろう

①ケプラーの法則とは、惑星運動に関する 3 つの法則である。3 つの法則は次のように表される。

第1法則：惑星は、太陽を1つの焦点とする楕円軌道を描く。

第2法則：惑星と太陽を結ぶ線分が、一定時間に描く面積は一定である(面積速度一定の法則)。

第3法則：惑星の公転周期 T の2乗と、楕円軌道の半長軸 a の3乗の比は、すべての惑星で同じ値となる。

②質量 m の物体が、地球の中心から距離 r の位置を、速さ v で運動しているとき、地球の質量 M 、万有引力定数 G を用いて、次のように表される。

$$\frac{1}{2}mv^2 + \left(-G\frac{Mm}{r}\right) = \text{一定}$$

別紙 15-16

1問 / 5問

ケプラーの法則について、惑星の公転周期 T と楕円軌道の半長軸 a の間には、定数を k として、どのような関係があるか。

$T^2 \propto a^3$
 $T \propto a^2$
 $T^2 \propto a^2$

解答

別紙 16-1

107-62 (赤名入る)

第1章 運動とエネルギー / 第4節 円運動と単振動 / 節末問題

106 円運動

節末問題

別紙 16-2

第1章第4節 円運動と単振動
節末問題 解答・解説

p. 106 節末問題 1

(1) 周期 $T=4.0\text{s}$ であるから、角速度 ω は、

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4.0} = 1.57\text{rad/s} \quad \mathbf{1.6\text{rad/s}}$$

(2) 物体は、摩擦力が向心力となって等速円運動をしている。向心力を F として、

$$F = m\omega^2 = 0.40 \times 0.50 \times 1.57^2 = 0.492\text{N}$$

中心 O の向き、0.49N

p. 106 節末問題 2

(1) 最下点 B における小球の速さ v は、力学的エネルギー保存の法則から、

$$mg \times 2L(1 - \cos 60^\circ) = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{2gL}$$

 である。小球とともに移動する座標系(非慣性系)で考えると、糸が釘にあたる直前：
 小球には鉛直下向きに重力 mg と、遠心力

$$\frac{mv^2}{2L} = \frac{m \times 2gL}{2L} = mg$$

 がはたらくので、鉛直上向きの糸の張力は、

$$mg + mg = \mathbf{2mg}$$

 糸が釘にあたった直後：
 小球には鉛直下向きに重力 mg と、遠心力

$$\frac{mv^2}{L} = \frac{m \times 2gL}{L} = 2mg$$

 がはたらくので、鉛直上向きの糸の張力は、

$$mg + 2mg = \mathbf{3mg}$$

別紙 17-1

107-62 (お名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第5節 気体の性質と分子の運動 / 1 気体の運動

108 ページ 気体の圧力

108 ページ 問37

109 ページ 問38

109 ページ 実験7 ボイルの法則

110 ページ 問39

110 ページ ばねつばね10 気体の温度と体積の関係

111 ページ 問40

113 ページ 問41

113 ページ 【学習動画】 例題24 理想気体の状態方程式とボイル・シャルルの法則

113 ページ 例題24

113 ページ TRY 両端と取組における気体の状態

113 ページ 振り返ろう

113 ページ 一語一言

別紙 17-2



別紙 17-3

p. 108 問 37

容器内の気体の圧力 p は、大気圧 p_0 と質量 10kg のおもりからの圧力の和となる。

$$p = p_0 + \frac{mg}{S} = 1.0 \times 10^5 + \frac{10 \times 9.8}{9.8 \times 10^{-3}}$$

$$= 1.0 \times 10^5 + 1.0 \times 10^4 = 1.1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

別紙 17-4

p. 109 問38
 求める気体の圧力を p' とすると、ボイルの法則「 $pV = \text{一定}$ 」から、
 $(1.2 \times 10^5) \times (6.0 \times 10^{-3}) = p' \times (1.5 \times 10^{-3})$

$$p' = \frac{(1.2 \times 10^5) \times (6.0 \times 10^{-3})}{1.5 \times 10^{-3}}$$


$$= 4.8 \times 10^5 \text{Pa}$$

別紙 17-5

目次へ戻る 資料集トップ
107-62 (匿名入る) 著作権について

実験7 ボイルの法則

実験 ボイルの法則



0:18 / 0:46

別紙 17-6

p. 110 問39
 求める体積を V' とすると、シャルルの法則「 $\frac{V}{T} = \text{一定}$ 」から、
 $\frac{3.0 \times 10^{-2}}{27 + 273} = \frac{V'}{87 + 273}$

$$V' = \frac{3.0 \times 10^{-2}}{300} \times 360 = 3.6 \times 10^{-2} \text{m}^3$$

別紙 17-7

目次へ戻る 資料集トップ
107-62 (匿名入る) 著作権について

ほけラボ10 気体の温度と体積の関係

ほけラボ 気体の温度と体積の関係



0:18 / 1:00

別紙 17-8

p. 111 問 40
 求める温度を T' とすると、ボイル・シャルルの法則「 $\frac{pV}{T} = \text{一定}$ 」から、

$$\frac{(1.0 \times 10^5) \times (3.0 \times 10^{-3})}{3.0 \times 10^2} = \frac{(3.2 \times 10^5) \times (1.0 \times 10^{-3})}{T'}$$

$$T' = \frac{(3.2 \times 10^5) \times (1.0 \times 10^{-3}) \times (3.0 \times 10^2)}{(1.0 \times 10^5) \times (3.0 \times 10^{-3})}$$

$$= 3.2 \times 10^2 \text{ K}$$

別紙 17-9

p. 113 問 41
 気体の物質量を n とすると、気体の状態方程式「 $pV = nRT$ 」から、

$$(1.0 \times 10^5) \times (8.3 \times 10^{-2}) = n \times 8.3 \times (273 + 127)$$

$$n = \frac{(1.0 \times 10^5) \times (8.3 \times 10^{-2})}{8.3 \times 400} = 2.5 \text{ mol}$$

別紙 17-10

107-62 (書名入る) 107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題24 理想気体の状態方程式とボイル・シャルルの法則

学習動画

例題24 理想気体の状態方程式とボイル・シャルルの法則

圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、体積 $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 、温度 27°C の理想気体の状態を、図のように、A→B→C→A と変化させた。B→C の変化では、気体の温度は一定であるとして、次の各問に答えよ。ただし、気体定数を $8.3 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ とする。

(1) 気体の物質量を何 mol か。
 (2) B、C の温度は何 K か。
 (3) C の体積は何 m^3 か。

(1) 理想気体の状態方程式、
 (2)(3) ボイル・シャルルの法則 } 調べる

(1) 27°C は 絶対温度 $T = 273 + 27 = 300 \text{ K}$ 。
 気体の物質量を n とし、理想気体の状態方程式「 $pV = nRT$ 」より、
 $(1.0 \times 10^5) \times (1.0 \times 10^{-3}) = n \times 8.3 \times 300$
 $n = \frac{(1.0 \times 10^5) \times (1.0 \times 10^{-3})}{8.3 \times 300} = 0.40 \text{ mol}$ 0.40 mol

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第5節 気体の性質と分子の運動 / 1 気体の法則 / 【学習動画】 例題24 理想気体の状態方程式とボイル・シャルルの法則

別紙 17-11

p. 113 類題 24
 空気の物質量 n を求める。体積 1.0 cm^3 は、
 $1.0 \text{ cm}^3 = (1.0 \times 10^{-2})^3 \text{ m}^3 = 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3$
 である。気体の状態方程式「 $pV = nRT$ 」から、

$$(1.0 \times 10^5) \times (1.0 \times 10^{-6}) = n \times 8.3 \times (273 + 27)$$

$$n = \frac{(1.0 \times 10^5) \times (1.0 \times 10^{-6})}{8.3 \times 300}$$

$$= 4.01 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

分子の数を N とすると、
 $N = (4.01 \times 10^{-5}) \times (6.0 \times 10^{23})$
 $= 2.40 \times 10^{19}$ 個
 したがって、分子の数は 2.4×10^{19} 個

別紙 17-12

p. 113 TRY

ふもとにあるときのスナック菓子の袋の中の空気の体積を V 、頂上での体積を V' として、ボイル・シャルルの法則を立てると、

$$\frac{(1.0 \times 10^5) \times V}{273 + 27} = \frac{(8.0 \times 10^4) \times V'}{273 + 15}$$

$$V' = \frac{1.0 \times 10^5}{300} \times \frac{288}{8.0 \times 10^4} V = 1.2V$$

したがって、頂上での袋の体積は、ふもとでの袋の体積の 1.2 倍となり、袋は膨らむ。

別紙 17-13

p. 113 振り返ろう

一定質量の気体の体積 V は、絶対温度 T に比例し、圧力 p に反比例する(ボイル・シャルルの法則)。特に、物質数 n の場合、気体定数を R として、理想気体の状態方程式「 $pV = nRT$ 」が成り立つ。

別紙 17-14

1問 / 5問

面積 $1.0 \times 10^{-2} \text{m}^2$ の板に、 $2.0 \times 10^2 \text{N}$ の力を板に垂直に加えた。板が受ける圧力は何 Pa か。

3.0Pa
 $2.0 \times 10^2 \text{Pa}$
 $2.0 \times 10^{12} \text{Pa}$

解答

別紙 18-1

目次 / 107-62 (匿名入る)

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第5節 気体の性質と分子の運動 / 2. 気体の分子運動

114 ページ 気体の圧力と分子運動①(分子1個から壁Aが受ける力積)

115 ページ 気体の圧力と分子運動②(分子1個から壁Aが受ける平均の力)

116 ページ 気体の圧力と分子運動③(N個の分子による力と圧力)

116 ページ 気体の圧力と分子運動④(容器内の気体の圧力)

119 ページ 問42

119 ページ 問43

119 ページ 振り返ろう

119 ページ 一問一答

別紙 18-2

107-62 (名前入力)

気体の圧力と分子運動①(分子1個から壁Aが受ける力積)

1個の分子に着目

壁Aとの弾性衝突のようすを調べる。

0:40 / 1:27

別紙 18-3

107-62 (名前入力)

気体の圧力と分子運動②(分子1個から壁Aが受ける平均の力)

1個の分子の往復運動

壁Aに衝突した後、再び壁Aに衝突するまでの時間を調べる。
衝突までに往復する距離: $2L$ (軸方向の長さ)

0:22 / 1:38

別紙 18-4

107-62 (名前入力)

気体の圧力と分子運動③(N個の分子による力と圧力)

N個の分子による力と圧力

個々の分子のx軸方向の速度成分は異なる。
N個の分子についての v_x^2 の平均を $\overline{v_x^2}$ とする。
1個の分子から壁Aが受ける平均の力 $f = \frac{mv_x^2}{L}$

0:19 / 0:44

別紙 18-5

107-62 (名前入力)

気体の圧力と分子運動④(容器内の気体の圧力)

分子の速度

分子の速度成分 v_x, v_y, v_z と速さ v の関係
 $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$
 $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$
 N個の分子についての2乗平均を $\overline{v_x^2}, \overline{v_y^2}, \overline{v_z^2}$ とする。

0:31 / 1:26

p.119 問42

気体分子の二乗平均速度の式

$$[\sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}] \text{ を用いる。}$$

27°Cでのヘリウムの二乗平均速度を $\sqrt{v_1^2}$ 、ネ

オンの二乗平均速度を $\sqrt{v_2^2}$ とすると、それぞれ、

$$\sqrt{v_1^2} = \sqrt{\frac{3R \times (273 + 27)}{4 \times 10^{-3}}}$$

$$\sqrt{v_2^2} = \sqrt{\frac{3R \times (273 + 27)}{20 \times 10^{-3}}}$$

となる。その比は、

$$\frac{\sqrt{v_1^2}}{\sqrt{v_2^2}} = \frac{\sqrt{\frac{3R \cdot 300}{20 \times 10^{-3}}}}{\sqrt{\frac{3R \cdot 300}{4 \times 10^{-3}}}} = \frac{\sqrt{4}}{\sqrt{20}} = \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{1}{\sqrt{5}} \text{ 倍}$$

また、ネオンの15°Cでの二乗平均速度を

$\sqrt{v_3^2}$ 、303°Cでの二乗平均速度を $\sqrt{v_4^2}$ とすると、それぞれ、

$$\sqrt{v_3^2} = \sqrt{\frac{3R \times (273 + 15)}{20 \times 10^{-3}}}$$

$$\sqrt{v_4^2} = \sqrt{\frac{3R \times (273 + 303)}{20 \times 10^{-3}}}$$

となる。その比は、

$$\frac{\sqrt{v_4^2}}{\sqrt{v_3^2}} = \frac{\sqrt{\frac{3R \cdot 576}{20 \times 10^{-3}}}}{\sqrt{\frac{3R \cdot 288}{20 \times 10^{-3}}}} = \sqrt{2} = \sqrt{2} \text{ 倍}$$

p.119 問43

27°C、327°Cにおける単原子分子の気体の分子の1個当たりの運動エネルギーの平均値を K_{27} 、 K_{327} とすると、これらは絶対温度 T に比例する。27°Cと327°Cの絶対温度はそれぞれ、

$$27^\circ\text{C} = 273 + 27 = 300\text{K}$$

$$327^\circ\text{C} = 273 + 327 = 600\text{K}$$

と表される。したがって、運動エネルギーの平均の比は、

$$K_{27} : K_{327} = 300 : 600$$

$$K_{327} = \frac{600}{300} K_{27} = 2.0 K_{27} \quad \mathbf{2.0 \text{ 倍}}$$

また、運動エネルギーの平均は気体の圧力にはよらないので、同じ27°Cであれば、運動エネルギーの平均は同じになる。 $\mathbf{1.0 \text{ 倍}}$

p.119 振り返ろう

教科書 p.114~116 の①~④を順に求めることで導かれる。

1辺の長さが L (m) の立方体の容器に質量 m (kg) の理想気体の分子が N 個入っているときを考える。

気体分子の壁Aに垂直な方向の速度成分を v_x (m/s) とすると、1回の衝突で分子1個から壁Aが受ける力積は $2mv_x$ (N·s) と表される。時間 t の間に、分子は壁Aに $\frac{v_x t}{L}$ 回衝突するから、分子1個から壁Aが受ける平均の力は、

$$\bar{f} = \frac{mv_x^2}{L}$$

このとき、 N 個の分子から壁Aが受ける力は、

$$F = \frac{Nmv_x^2}{L}$$

であり、壁Aが受ける圧力は、

$$p = \frac{F}{L^2} = \frac{Nmv_x^2}{L^3} = \frac{Nmv_x^2}{V}$$

容器内では、分子の運動方向に偏りがなく、各方向における速度成分の2乗の平均値が等しいので、分子の速さの2乗の平均を $\overline{v^2}$ とすると、 $\overline{v_x^2} = \frac{1}{3}\overline{v^2}$ が成り立つ。したがって、気体の圧力は、

$$p = \frac{Nm\overline{v^2}}{3V}$$

と表される。

別紙 18-9

1問 / 5問

質量 m 、 x 軸方向の速度が v_x の気体分子が、図のように、容器の壁Aに弾性衝突をした。このとき、壁Aが気体分子から受ける力積はいくらか。



mv_x

$2mv_x$

$-mv_x$

解答

別紙 19-1

<small>既読</small> 既読済み / <small>107-62 (改名入る)</small>	
<small>107-62 (改名入る)</small> / <small>第1章 運動とエネルギー / 第5節 気体の性質と分子の運動 / 3 気体の内部エネルギーと仕事</small>	
120	図44
121	熱力学の第1法則
121	図45
121	気体が行われる仕事と気体が行う仕事
122	ばねつばね11 内部エネルギーと水素
122	図46
123	【学習動画】 例題25 気体の混合と内部エネルギー
123	例題25
123	TRY ホールの内部エネルギー
124	気体の状態変化(定積変化)
124	図47
124	気体の状態変化(定圧変化)
125	図48
125	気体の状態変化(等温変化)
125	図49
125	TRY 気体の状態変化と熱
126	気体の状態変化(断熱変化)
126	【シミュレータ】 気体の状態変化
126	図50
126	ばねつばね12 断熱圧縮と断熱膨張
127	【学習動画】 特講 p-Vグラフの特徴(まとめ)
127	練習1
127	練習2
127	練習3
128	【学習動画】 特講 気体の状態変化とp-Vグラフ(まとめ)
128	【学習動画】 特講 気体の状態変化とp-Vグラフ(例)
129	練習1
129	練習2
130	図51
132	【学習動画】 例題26 定圧変化
132	例題26
132	TRY 気体の状態変化
134	熱機関の原理
135	図52
136	【学習動画】 例題27 気体の状態変化と熱効率
136	例題27
137	ミルクの凝縮
137	振り返ろう
137	一問一答

別紙 19-2

p. 120 問 44
 内部エネルギー U は、 $U = \frac{3}{2}nRT$ から、

$$U = \frac{3}{2} \times 2.0 \times 8.3 \times (3.0 \times 10^2)$$

$$= 7.47 \times 10^3 \text{ J} \quad \mathbf{7.5 \times 10^3 \text{ J}}$$
 単原子分子の数は、 $2.0 \times (6.0 \times 10^{23})$ 個なので、
 分子 1 個当たりの運動エネルギーの平均を \bar{K} とすると、

$$\bar{K} = \frac{7.47 \times 10^3}{2 \times (6.0 \times 10^{23})}$$

$$= 6.22 \times 10^{-21} \text{ J} \quad \mathbf{6.2 \times 10^{-21} \text{ J}}$$

別紙 19-3

107-62 (英名入る) 著作権について

熱力学の第1法則

熱力学の第1法則

0:34 / 1:39

別紙 19-4

p. 121 問 45
 熱力学第1法則「 $\Delta U = Q + W$ 」において、 W は気体のされた仕事であるため、気体が外部にした仕事が 50 J であるとき、 $W = -50 \text{ J}$ となる。したがって、内部エネルギーの増加 ΔU は、

$$\Delta U = 80 + (-50) = \mathbf{30 \text{ J}}$$

別紙 19-5

107-62 (英名入る) 著作権について

気体がされる仕事と気体が行う仕事

気体がされる仕事と気体が行う仕事

気体が外部から受ける力の向き…左向き → 気体がされる仕事
 ピストンの移動の向き…左向き W は正となる。

外部が気体から受ける力の向き…右向き
 ピストンの移動の向き…左向き

気体が外部から受ける力 外部が気体から受ける力

0:23 / 1:49

別紙 19-6

ほけラボ11 内部エネルギーと水温

ほけラボ 内部エネルギーと水温

別紙 19-7

p.122 問46
 気体がした仕事 W' は、「 $W' = p\Delta V$ 」より、
 $W' = 2.0 \times 10^5 \times (4.0 \times 10^{-2} - 3.0 \times 10^{-2})$
 $= 2.0 \times 10^3 \text{ J}$

別紙 19-8

【学習動画】 例題25 気体の混合と内部エネルギー

学習動画

例題25 気体の混合と内部エネルギー

熱を通さない2つの容器A、Bが、図のように細い管でつながれており、はじめコックは閉じられている。容器 $3.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ のAには 0.50 mol 、 $3.0 \times 10^3 \text{ K}$ の気体、容器 $3.3 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ のBには 1.5 mol 、 $6.0 \times 10^3 \text{ K}$ の気体が入れている。いずれも単原子分子からなる理想気体である。次の各問に答えよ。ただし、気体定数を $8.3 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ とする。

(1) コックを開いてから十分に時間が経過したとき、容器内の気体の温度は何 K か。
 (2) (1) のとき、容器内の気体の圧力は何 Pa か。

*※コックを開く前後 - 外部との熱のやり取りはない。
 気体が外部に仕事をする。*
 \Rightarrow 容器A、B内の気体全体の内部エネルギー一定!

(1) コックを開いた後の気体の温度 T [K] は、
 $\frac{3}{2} \times 0.50 \times (3.0 \times 10^3) + \frac{3}{2} \times 1.5 \times (6.0 \times 10^3) = \frac{3}{2} \times (0.50 + 1.5) \times T$

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第5節 気体の性質と分子の運動 / 3 気体の内部エネルギーと仕事 / 【学習動画】 例題25 気体の混合と内部エネルギー

別紙 19-9

p.123 類題 25

(1) 単原子分子からなる気体の内部エネルギー $U = \frac{3}{2}nRT$ は、理想気体の状態方程式「 $pV = nRT$ 」を用いて、 $U = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}pV$ と表すことができる。

$U = \frac{3}{2}p_A V_A$

(2) 容器A、B内の気体をまとめて1つの気体とみなす。外部との熱のやり取りはなく、この気体に加えられた熱量は $Q = 0$ 、また、気体全体の体積は変化しないので、気体全体がされた仕事は $W = 0$ となる。熱力学の第1法則から、内部エネルギーの変化 ΔU は、
 $\Delta U = Q + W = 0$
 となり、気体の内部エネルギーは、コックを開く前後で保存される。十分に時間が経過したときの容器内の気体の圧力を p とすると、「 $U = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}pV$ 」から、
 $\frac{3}{2}p_A V_A + \frac{3}{2}p_B V_B = \frac{3}{2}p(V_A + V_B)$
 $p = \frac{p_A V_A + p_B V_B}{V_A + V_B}$

別紙 19-10

p. 123 TRY

ボールが静止していても、内部の気体分子は運動しており、内部エネルギーをもつ(0 にはならない)。
 内部エネルギーは構成粒子の熱運動などに関係する量であり、物体の力学的エネルギーとは区別して扱われる。

別紙 19-11

気体の状態変化(定積変化)

気体の状態変化(定積変化)

熱源から熱量 Q を与える。

0:47 / 1:14

別紙 19-12

p. 124 問 47

定積変化において、体積が変化しないため、気体が外部にする仕事は、 $W = 0$ 。
 熱力学の第 1 法則は、「 $\Delta U = Q$ 」となり、
 内部エネルギーの変化は、 $\Delta U = 30$ 。

別紙 19-13

気体の状態変化(定圧変化)

気体の状態変化(定圧変化)

熱源から熱量 Q を与える。
 気体は外部に仕事 W をする。

0:45 / 1:29

別紙 19-14

p. 125 問 48

圧力一定のもとで、気体が外部にする仕事 W' は「 $W' = p\Delta V$ 」から、

$$W' = (1.0 \times 10^5) \times (1.2 \times 10^{-4}) = \mathbf{12\text{J}}$$

気体の内部エネルギーの変化 ΔU は、熱力学の第 1 法則「 $\Delta U = Q - W'$ 」から、

$$\Delta U = 30 - 12 = \mathbf{18\text{J}}$$

別紙 19-15

107-62 (お名入る)

气体的状態変化(等温変化)

气体的状態変化(等温変化)

別紙 19-16

p. 125 問 49

求める圧力 p' は、ボイルの法則「 $pV = \text{一定}$ 」から、

$$(1.0 \times 10^5) \times (1.0 \times 10^{-2}) = p' \times (4.0 \times 10^{-2})$$

$$p' = \mathbf{2.5 \times 10^4 \text{Pa}}$$

等温変化において、内部エネルギーの変化は、
 $\Delta U = 0\text{J}$

熱力学の第 1 法則は「 $W' = Q$ 」となるため、
気体が外部にした仕事 W' は、気体が吸収した
熱量 Q と等しく、

$$W' = Q = \mathbf{1.4 \times 10^4\text{J}}$$

別紙 19-17

p. 125 TRY

- ・定積変化：気体の体積が変化しないため、気体は外部に仕事をせず、熱のすべてが内部エネルギーの増加分になる。したがって、②となる。
- ・定圧変化：一定の圧力で気体は膨張するため、気体は外部に仕事をす。また、気体の温度も上昇するため、加えた熱は、内部エネルギーの増加にも使われる。したがって、③となる。
- ・等温変化：気体の温度が変化しないため、内部エネルギーは変化しない。そのため、加えた熱のすべてが外部にする仕事として使われる。したがって、①となる。

別紙 19-22



別紙 19-23

社会人 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

【学習動画】 特講 p-Vグラフの特徴(まとめ)

学習動画

p-Vグラフの特徴

① p-Vグラフと気体の温度
 ↳ 温度が一定の時、 $pV = nRT$ から
 → 温度が一定の時、 pV は一定 (等温曲線)

② p-Vグラフと気体からする仕事
 → p-Vグラフと横軸との間で囲まれた面積

・膨張する場合

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第5節 気体の性質と分子の運動 / 3 気体の内部エネルギーと仕事 / 【学習動画】 特講 p-Vグラフの特徴(まとめ)

別紙 19-24

p. 127 練習 1

p-Vグラフの等温曲線は、原点から遠くなるほど気体の温度は高くなる。したがって、温度が高い順に T_3 、 T_1 、 T_2 となる。

別紙 19-25

p. 127 練習 2

圧力が一定の気体が外部にする仕事 W は、「 $W = pdV$ 」と表される。

(1) A→B: $W = pdV = p \times (2V - V) = pV$

(2) B→A: $W = pdV = p \times (V - 2V) = -pV$

p.127 練習3

気体が外部にする仕事 W は、 p - V グラフの曲線と V 軸とで囲まれた面積で表される。(ア)の仕事は斜線、(イ)の仕事はアミで示すと、図のようになる。

したがって、気体が外部にする仕事が大きいのは、面積の大きい(ア)となる。

比較入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

表作権について

【学習動画】 特講 気体の状態変化とp-Vグラフ(まとめ)

学習動画

気体の状態変化とp-Vグラフ

定積変化	定圧変化	等温変化	断熱変化
熱力学の第1法則 $dU = Q + W$	熱力学の第1法則 $dU = Q + W$	熱力学の第1法則 $dU = Q + W$	熱力学の第1法則 $dU = Q + W$
$dU = nC_V dT$	$dU = nC_P dT$	$dU = nC_V dT$	$dU = nC_V dT$
$Q = nC_V \Delta T$	$Q = nC_P \Delta T$	$Q = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$	$Q = 0$
$W = 0$	$W = p \Delta V$	$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$	$W = -\Delta U$

比較入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

表作権について

【学習動画】 特講 気体の状態変化とp-Vグラフ(例)

学習動画

単原子分子からなる n (mol) の理想気体を、図のように、体積 V [m³]、圧力 p [Pa]、温度 T [K] の状態Aから、体積を一定に保ったまま、圧力を $2p$ [Pa] の状態Bに変化させた。状態Bにおける温度 T_B [K] を求めよ。また、この変化で気体が吸収した熱量 Q [J] を求めよ。ただし、気体定数を R [J/(mol·K)] とする。

① 状態A, Bに717, ボイル・シャルルの法則より $pV = \text{一定}$ と立てる。

$$\frac{pV}{T} = \frac{2pV}{T_B} \quad T_B = 2T [K]$$

② AからBの変化は定積変化 $\rightarrow W=0$
熱力学の第1法則より $\Delta U = Q$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR T_B - \frac{3}{2} nR T = \frac{3}{2} nR T [J]$$

107-62 (書名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第5節 気体の性質と分子の運動 / 3 気体の内部エネルギーと仕事
【学習動画】 特講 気体の状態変化とp-Vグラフ(例)

p.129 練習1

(1) 体積一定で、圧力が大きくなる。ボイル・シャルルの法則「 $\frac{pV}{T} = \text{一定}$ 」から温度が上昇し、内部エネルギーの変化は正となる。また、体積は変化しないので、気体が外部からされる仕事は0となる。熱力学の第1法則から、 $Q = \Delta U$ となり、熱量は正となる。
内部エネルギーの変化：正、熱量：正、気体が外部からされた仕事：0

(2) 圧力一定で、体積が大きくなる。ボイル・シャルルの法則「 $\frac{pV}{T} = \text{一定}$ 」から温度が上昇し、内部エネルギーの変化は正となる。また、体積は大きくなるので、気体が外部からされる仕事は負となる。熱力学の第1法則から、 $Q = \Delta U - W$ となり、熱量は正となる。
内部エネルギーの変化：正、熱量：正、気体が外部からされた仕事：負

(3) 等温変化で、圧力が大きくなり、体積が小さくなる。温度が変化しないので、内部エネルギーの変化は0となる。また、体積は小さくなるので、気体が外部からされる仕事は正となる。熱力学の第1法則から、 $Q = -W$ となり、熱量は負となる。
内部エネルギーの変化：0、熱量：負、気体が外部からされた仕事：正

(4) 断熱変化で、断熱膨張をする。断熱変化であるから、熱量は0となる。また、体積は大きくなるので、気体が外部からされる仕事は負となる。熱力学の第1法則から、 $\Delta U = W$ となり、内部エネルギーの変化は負となる。
内部エネルギーの変化：負、熱量：0、気体が外部からされた仕事：負

p. 129 練習 2

(1) 状態 A での状態方程式は、 $pV = nRT$ である。体積一定で、圧力が p (Pa) から $3p$ (Pa) に変化する。ボイル・シャルルの法則から、状態 B の温度 T_B (K) は、

$$\frac{pV}{T} = \frac{3p \times V}{T_B} \quad T_B = 3T \text{ [K]}$$

となる。気体の内部エネルギーの変化 ΔU (J) は、

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T = \frac{3}{2} nR(3T - T) = 3nRT \text{ [J]}$$

体積は変化しないので、気体がされた仕事 W (J) は、

$$W = 0 \text{ J}$$

熱力学の第 1 法則から熱量 Q (J) は、

$$Q = \Delta U = 3nRT \text{ [J]}$$

(2) 状態 A での状態方程式は、 $p \times (4V) = nRT$ である。圧力一定で、体積が $4V$ (m³) から V (m³) に変化する。ボイル・シャルルの法則から、状態 B の温度 T_B (K) は、

$$\frac{p \times 4V}{T} = \frac{pV}{T_B} \quad T_B = \frac{1}{4} T \text{ [K]}$$

となる。気体の内部エネルギーの変化 ΔU (J) は、

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T = \frac{3}{2} nR\left(\frac{1}{4}T - T\right) = -\frac{9}{8} nRT \text{ [J]}$$

体積は減少するので、気体がされた仕事 W (J) は、

$$W = -p\Delta V = -p(V - 4V) = 3pV = \frac{3}{4} nRT \text{ [J]}$$

熱力学の第 1 法則から熱量 Q (J) は、

$$Q = \Delta U - W = -\frac{15}{8} nRT \text{ [J]}$$

(3) 状態 A での状態方程式は、 $(4p) \times V = nRT$

p. 130 問 51

定積モル比熱を C_V とすると、式「 $Q = nC_V\Delta T$ 」から、

$$60 = 0.25 \times C_V \times (20 - 0)$$

$$C_V = \frac{60}{0.25 \times 20} = 12 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$$

社会人 無料講座
107-62 (赤名入る)

【学習動画】 例題26 定圧変化

学習動画

例題26 定圧変化

物質 2.0mol の酸素分子からなる理想気体を、圧力 1.0×10^5 Pa、温度 27°C の状態 A から、圧力を一定に保ったまま、温度 127°C の状態 B に変化させた。次の各問に答えよ。ただし、気体定数を $8.3 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ とする。

- 気体が吸収した熱量 Q は何 J か。
- 気体が外部にした仕事 W' は何 J か。
- 気体の内部エネルギーの増減 ΔU は何 J か。
- この変化を、縦軸に気体の圧力 p 、横軸に体積 V をとったグラフとして表せ。

変換分子数の条件で定圧変化 → 定圧モル比熱 $C_p = \frac{5}{2}R$

(1) 定圧モル比熱 C_p を用いて「 $Q = nC_p\Delta T$ 」より、

$$Q = 2.0 \times \left(\frac{5}{2} \times 8.3\right) \times (127 - 27)$$

$$= 4.15 \times 10^3 \text{ J} \quad 4.2 \times 10^3 \text{ J}$$

(2) 定圧変化における体積変化 ΔV は、気体の状態方程式から $p\Delta V = nR\Delta T$

p. 132 類題 26

(1) 単原子分子の気体の内部エネルギーの変化 ΔU は、式「 $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$ 」から、

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T \text{ [J]}$$

また、気体が吸収した熱量 Q は、式「 $Q = nC_p\Delta T$ 」、式「 $C_p = \frac{5}{2}R$ 」から、

$$Q = \frac{5}{2} nR\Delta T \text{ [J]}$$

(2) 気体が外部にした仕事 W' は、熱力学第 1 法則「 $\Delta U = Q - W'$ 」から、

$$W' = Q - \Delta U = \frac{5}{2} nR\Delta T - \frac{3}{2} nR\Delta T$$

$$= nR\Delta T \text{ [J]}$$

別紙 19-34

p. 132 TRY

熱力学の第1法則「 $\Delta U = Q - W'$ 」から、必要な熱量 Q は、「 $Q = \Delta U + W'$ 」と表され、内部エネルギーの変化 ΔU と、気体がした仕事 W' の和となる。

ルート①と②において、どちらのルートでも温度変化は同じなので、内部エネルギーの変化 ΔU は同じである。

一方、気体がした仕事 W' は、 p - V グラフと横軸との間の面積となり、ルート①のほうが大きい。

したがって、必要な熱量 Q は**ルート①の方が大きい**。

別紙 19-35

107-62 (匿名入る)

熱機関の原理

熱機関の原理

物体をピストンにのせる。

0:38 / 1:35

別紙 19-36

p. 135 問 52

熱機関の熱効率 e は、「 $e = \frac{W'}{Q_1}$ 」から、

$$e = \frac{W'}{Q_1} = \frac{60}{2.0 \times 10^2} = 0.30$$

別紙 19-37

107-62 (匿名入る)

【学習動画】 例題27 気体の状態変化と熱効率

【学習動画】

例題27 気体の状態変化と熱効率

単原子分子からなる理想気体 n (mol) の圧力と体積を、図のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ と変化させた。A の温度を T (K)、気体定数を R (J/mol·K) とする。 n 、 T 、 R のうち、必要なものを用いて、次の各問に答えよ。

- (1) 状態 B、C、D の温度は、それぞれいくらか。
- (2) $A \rightarrow B$ 、 $B \rightarrow C$ 、 $C \rightarrow D$ 、 $D \rightarrow A$ の各過程で、気体が吸収、または放出した熱量はいくらか。気体が熱を吸収する場合は正、放出する場合は負とする。
- (3) $A \rightarrow B$ 、 $B \rightarrow C$ 、 $C \rightarrow D$ 、 $D \rightarrow A$ の各過程で、気体が外部にした仕事はいくらか。気体が外部にした仕事を正、された仕事を負とする。
- (4) この一連の変化を熱機関のサイクルとみなしたとき、熱効率はいくらか。答えは分数のままでもよい。

*A → B, C → D ... 定積変化
B → C, D → A ... 定圧変化
各状態の温度はボイルシャルルの法則が示している。
気体が吸収した熱量は、モル比熱(定積・定圧)を用いる。*

107-62 (匿名入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第5節 気体の性質と分子の運動 / 3 気体の内部エネルギーと仕事 / 【学習動画】 例題27 気体の状態変化と熱効率

p. 136 類題 27

B、C、Dの温度を T_B [K]、 T_C [K]、 T_D [K]とし、AとB、AとC、AとDのそれぞれでボイル・シャルルの法則「 $\frac{pV}{T} = \text{一定}$ 」を用いると、それぞれ、

$$\frac{p \times V}{T} = \frac{3p \times V}{T_B} \quad \frac{p \times V}{T} = \frac{3p \times 3V}{T_C}$$

$$\frac{p \times V}{T} = \frac{p \times 3V}{T_D}$$

これから、

$$T_B = 3T \text{ [K]}, \quad T_C = 9T \text{ [K]}, \quad T_D = 3T \text{ [K]}$$

A→B、C→Dは定積変化であり、「 $Q = nC_V \Delta T$ 」を用いる。B→C、D→Aは定圧変化であり、「 $Q = nC_P \Delta T$ 」を用いる。

単原子分子では、 $C_V = \frac{3}{2}R$ 、 $C_P = \frac{5}{2}R$ なので、

$$Q_{AB} = n \times \frac{3}{2}R \times (3T - T) = 3nRT [J]$$

$$Q_{BC} = n \times \frac{5}{2}R \times (9T - 3T) = 15nRT [J]$$

$$Q_{CD} = n \times \frac{3}{2}R \times (3T - 9T) = -9nRT [J]$$

$$Q_{DA} = n \times \frac{5}{2}R \times (T - 3T) = -5nRT [J]$$

A→B、C→Dは定積変化であり、気体は仕事をしない。B→C、D→Aは定圧変化であり、「 $W' = p\Delta V$ 」を用いる。

$$W_{BC}' = 3p \times (3V - V) = 6pV = 6nRT [J]$$

$$W_{DA}' = p \times (V - 3V) = -2pV = -2nRT [J]$$

よって、気体が吸収した熱量の合計 Q_1 、外部にした仕事 W' は、それぞれ、

$$Q_1 = Q_{AB} + Q_{BC} = 18nRT [J]$$

$$W' = W_{BC}' + W_{DA}' = 4nRT [J]$$

107-62 (匿名入る)

米尔クの拡散

米尔クの拡散

粒子の動きを観察する。

0:25 / 1:03

p. 137 振り返ろう

- ①気体分子がもつ、熱運動による運動エネルギーと、分子間にはたらく力による位置エネルギーの総和を、気体の内部エネルギーという。また、物体に外部から加えられた熱量と物体が外部からされた仕事の和は、物体の内部エネルギーの変化と等しくなる。これを熱力学の第1法則という。
- ②定積変化：気体の体積が一定の変化。気体が外部からされる仕事は0となり、気体の内部エネルギーの変化は、気体が受けた熱量に等しい。
- 定圧変化：気体の圧力が一定の変化。気体が外部からされる仕事は $-p\Delta V$ と表される。気体の内部エネルギーの変化は、気体が受ける熱量 Q と $-p\Delta V$ の和で表される。
- 等温変化：気体の温度が一定の変化。気体の温度が一定なので、気体の内部エネルギーは0となる。気体が受ける熱量は、すべて気体の外部にする仕事に変換される。
- 断熱変化：外部と熱のやりとりをしない変化。気体が受ける熱量は0となる。気体の内部エネルギーの変化は、気体がされる仕事に等しい。

別紙 19-41

別紙 20-1

1問 / 5問

物質量 n 、絶対温度 T の単原子分子の理想気体がある。気体定数 R を用いて、この気体の内部エネルギーは、どのように表されるか。

$\frac{1}{2}nRT$
 nRT
 $\frac{3}{2}nRT$

解答

目次 / 問題の並び
107-62 (答え入る)

107-62 (答え入る) / 第1章 運動とエネルギー / 第5節 気体の性質と分子の運動 / 節末問題

138 ページ 節末問題

別紙 20-2

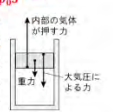
第1章第5節 気体の性質と分子の運動
節末問題 解答・解説

p.138 節末問題 1

(1) 容器の底からピストンまでの距離を h とする。気体の体積は Sh 、圧力は p_0 であるので、状態方程式「 $pV = nRT$ 」より、

$$p_0Sh = nRT_0 \quad h = \frac{nRT_0}{p_0S} \text{ [m]}$$

(2) 容器を立てると、ピストンは鉛直下向きに重力、大気圧による力を受け、鉛直上向きに内部の気体が押す力を受けている。大気圧による力は、 p_0S である。また、気体の圧力を p とすると、それによる力は pS である(図)。力のつりあいから、



$$mg + p_0S = pS \quad p = p_0 + \frac{mg}{S} \text{ [Pa]}$$

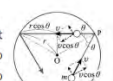
(3) 容器の底からピストンまでの距離を h' とする。気体の体積は Sh' 、圧力は $p_0 + \frac{mg}{S}$ であるので、状態方程式「 $pV = nRT$ 」から、

$$\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)Sh' = nRT_0$$

$$h' = \frac{nRT_0}{p_0S + mg} \text{ [m]}$$

p.138 節末問題 2

(1) 図のように、分子は、内壁と弾性衝突をしてはねかえる。衝突前後での内壁に垂直な速度成分の



別紙 21-1

社名入る 動画学習ウェブ
107-62 (社名入る)

107-62 (社名入る) / 第1章 波動 / 第1節 波の性質 / 1 正弦波

142 ページ 水面を伝わる波

142 ページ ばねを伝わる波

143 ページ 波の速さ

144 ページ 【シミュレータ】波の波形

144 ページ y-グラフとy'-グラフ

144 ページ 【シミュレータ】波のグラフ

144 ページ 正弦波の式

145 ページ 【シミュレータ】正弦波の式

145 ページ 問1

146 ページ 問2

147 ページ 正弦波の位相 (同位相と逆位相)

147 ページ 問3

149 ページ 【学習動画】例題1 正弦波の式

149 ページ 問題1

149 ページ 問4

150 ページ 横波と縦波

150 ページ 媒質の横波表示

150 ページ 振り子ろう

150 ページ 一問一答

© 2020-2025 社名入る

別紙 21-2

社名入る 動画学習ウェブ
107-62 (社名入る)

107-62 (社名入る) / 第1章 波動 / 第1節 波の性質 / 1 正弦波

水面を伝わる波

水面を伝わる波

小球は上下に振動するのみ。
↓
水面波の進む向きには移動しない。

0:27 / 0:37

107-62 (社名入る) / 第1章 波動 / 第1節 波の性質 / 1 正弦波 / 水面を伝わる波

別紙 21-3

社名入る 動画学習ウェブ
107-62 (社名入る)

107-62 (社名入る) / 第1章 波動 / 第1節 波の性質 / 1 正弦波

ばねを伝わる波

ばねを伝わる波

波の伝わる向き

媒質の振動方向

ばねにとりつけた目印は、上下に振動するだけで、波

0:55 / 0:58

107-62 (社名入る) / 第1章 波動 / 第1節 波の性質 / 1 正弦波 / ばねを伝わる波

別紙 21-4

別紙 21-4

107-62 (匿名入る) / 第2章 波動 / 第1節 波の性質 / 1. 正弦波 / 波の速さ

波の速さ

波の速さ

周期 T
波が1波長進むまでの時間

振動数 f
1秒間に振動する回数

03:00

周期 T と振動数 f の間には、次の関係が成り立つ。

1:20 / 1:33

107-62 (匿名入る) / 第2章 波動 / 第1節 波の性質 / 1. 正弦波 / 波の速さ

別紙 21-5

物理シミュレーター

波の波形の作図

上の時刻0sの状態のグラフを参考に、下の時刻の場合のグラフを完成させよう。
現在0問中0問正解

1.0m/s

選択肢

時刻 1.0s のとき

採点

右のパネルをドラッグして、下のグラフに配置し、波形を完成させよう。

別紙 21-6

別紙 21-6

107-62 (匿名入る) / 第2章 波動 / 第1節 波の性質 / 1. 正弦波 / y-xグラフとy-tグラフ

y-xグラフとy-tグラフ

y-xグラフとy-tグラフ

y-xグラフを理解する
 $x=2$ における振動のようす

波の進む向き $x=2$ の位置 $y=0$ の波形 (T は周期)

位置 y $x=2$ T

時間 t $1/4$ $2/4$ $3/4$ T

y-xグラフは、特定の位置における振動のようすを表す。

1:40 / 2:16

107-62 (匿名入る) / 第2章 波動 / 第1節 波の性質 / 1. 正弦波 / y-xグラフとy-tグラフ

別紙 21-7

物理シミュレーター

波のグラフ

【挑戦しよう】

次のy-xグラフは、 $t=0$ 波形を示している。 $t=0$ からの変位が、 $y=0$ から負の向きになるような位置を選ぼう。

進行方向

設定

測定位置
2 m

スタート

リセット

波長: 4m 振幅: 1m
波の速さ: 1m/s
↑: 媒質の変位

別紙 21-8

107-62 (匿名入る) / 第3章 波動 / 第1節 波の性質 / 1 正弦波 / 正弦波の式

正弦波の式

【操作権について】

正弦波の式

$y_0 = A \sin \frac{2\pi}{T} t$
 $y = A \sin \frac{2\pi}{T} (t - \frac{x}{v}) = A \sin 2\pi (\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})$

別紙 21-9

物理シミュレーター

正弦波の式

【挑戦しよう】

$t=0$ からの変位が、 $y=0$ から負の向きになるような位置を選ぼう。

設定

周期 2 s

波長 4 m

初期位相 π rad

測定位置 2 m

振幅: 1m
↑: 媒質の変位

スタート

リセット

別紙 21-10

p. 145 問1

正弦波の式 $y = A \sin 2\pi (\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})$ と、
 $y = 0.50 \sin 2\pi (t - \frac{x}{4.0})$ を比較する。

振幅: $a = 0.50\text{m}$
 周期: $T = 1.0\text{秒}$
 波長: $\lambda = 4.0\text{m}$

速さ: 波の速きの式 $v = \frac{\lambda}{T}$ から、
 $v = \frac{4.0}{1.0} = 4.0\text{m/s}$

別紙 21-11

p. 146 問2

(1) $y = 0.20 \sin 2\pi (\frac{t}{4.0} - \frac{x}{2.0})$ に $x = 1.0\text{m}$ を代入すると、
 $y = 0.20 \sin 2\pi (\frac{t}{4.0} - \frac{1.0}{2.0})$
 $= 0.20 \sin (\frac{2\pi t}{4.0} - \pi) = -0.20 \sin \frac{2\pi t}{4.0}$

(2) $y = 0.20 \sin 2\pi (\frac{t}{4.0} - \frac{x}{2.0})$ に $t = 6.0\text{s}$ を代入すると、
 $y = 0.20 \sin 2\pi (\frac{6.0}{4.0} - \frac{x}{2.0})$
 $= 0.20 \sin (3\pi - \frac{2\pi x}{2.0}) = 0.20 \sin \pi x$

以上の結果をグラフに表すと、下図のようになる。


(1) $y(\text{m})$ vs $t(\text{s})$

(2) $y(\text{m})$ vs $x(\text{m})$

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

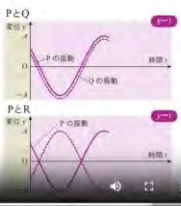
正弦波の位相 (同位相と逆位相) 著作権について

正弦波の位相 (同位相と逆位相)



同位相...位相の差は、
 2π の整数倍 (π の偶数倍)

逆位相...位相の差は、
 π の奇数倍



PとQ
Pの運動
Qの運動

PとR
Pの運動
Rの運動

1:04 / 1:10

107-62 (書名入る) / 第II章 波動 / 第1節 波の性質 / 1 正弦波 / 正弦波の位相 (同位相と逆位相)

p.147 例3

(1) グラフから、 $y=2.0\text{m}$ と $y=6.0\text{m}$ は半波長分はなれており、互いに速度と加速度が逆になる振動をしている。したがって、位相の関係にあり、位相の差は πrad である。

(2) $x=4.0\text{m}$ と $(m+\frac{1}{2})\lambda$ だけ離れた点が逆位相となる。したがって、 $x=6.0\text{m}$

(3) 周期が 0.80 秒なので、 0.20 秒経過すると $\frac{1}{4}$ 周期だけ進む。位相は、1 周期の間に $2\pi\text{rad}$ 進むので、

$$2\pi \times \frac{1}{4} = \frac{\pi}{2} \text{rad}$$

$\frac{\pi}{2} \text{rad}$ 進む。

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題1 正弦波の式 著作権について

学習動画

例題1 正弦波の式

図は、 x 軸の正の向きに速さ 19m/s で進む正弦波の、位置 $x=0$ における媒質の変位 $y(\text{m})$ と、時刻 $t(\text{s})$ との関係を示している。

(1) 波の振幅 $A(\text{m})$ 、周期 $T(\text{s})$ 、波長 $\lambda(\text{m})$ をそれぞれ求めよ。

(2) 位置 $x(\text{m})$ における媒質の変位 $y(\text{m})$ と時刻 $t(\text{s})$ との関係を表す式を求めよ。

(3) $t=0$ において、図中に媒質の変位 $y(\text{m})$ 、横軸に位置 $x(\text{m})$ をとった $y-x$ グラフを描け。ただし、 $0 \leq x \leq 6.0\text{m}$ の範囲とする。

*波位置との関係...原点(0,0)から進むとx=0.2mの振動が伝わる
⇒ y-x関係式を立てる*

(1) $y-x$ グラフから、振幅: $A=0.30\text{m}$ 、周期: $T=0.40\text{s}$
波速 v : 波の速さ $v=19(\text{m/s})$ 、 $\lambda = vT = 19 \times 0.40 = 7.6\text{m}$

107-62 (書名入る) / 第II章 波動 / 第1節 波の性質 / 1 正弦波 / 【学習動画】 例題1 正弦波の式

p.149 例題1

(1) $y-t$ グラフから、周期 $T=2.0\text{s}$ 、振幅 $A=0.50\text{m}$ である。また、 $t=0$ のとき $y=0$ で、微小時間後に y は正の向きに進んでいることから、 $t=0$ の位相が 0 と読み取ることができる。求める式は、

$$y = A \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} \right) + \theta_0 \right]$$

$$= 0.50 \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{2.0} \right) + 0 \right]$$

$$= 0.50 \sin \pi t$$

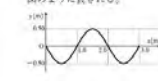
(2) 波は x 軸正の向きに進み $v=1.0\text{m/s}$ で進むことから、波長 $\lambda(\text{m})$ は式 $\lambda = vT$ から、
 $\lambda = 1.0 \times 2.0 = 2.0\text{m}$
また、(1)で $t=0$ の位相が 0 であることから、求める式は、

$$y = A \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + \theta_0 \right]$$

$$= 0.50 \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{2.0} - \frac{x}{2.0} \right) + 0 \right]$$

$$= 0.50 \sin \pi(t - x)$$

(3) (2)で求めた式に、 $t=0$ を代入すると、
 $y = 0.50 \sin \pi(0 - x) = 0.50 \sin -\pi x$
 $= -0.50 \sin \pi x$
 $0 \leq x \leq 3.0\text{m}$ の範囲で $y-x$ グラフを描くと、図のように表される。



別紙 21-16

p.149 例4

(1) 与えられた式から、振幅 A は 2.0m となる。周期 T は、位相の部分から、
 $2\pi \frac{t}{T} = \frac{1}{2}\pi t \quad T = 4.0\text{s}$

波の速さが $v = 1.0\text{m/s}$ であることから、波長 λ (m) は式 $\lambda v = \frac{\lambda}{T}$ から、
 $\lambda = vT = 1.0 \times 4.0 = 4.0\text{m}$

(2) 原点 $y = 0$ の式から、位相差 θ_0 は 0 である。負の向きに進む波の式
 $y = A \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) + \theta_0 \right]$ から、求める式は、
 $y = 2.0 \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{4.0} + \frac{x}{4.0} \right) + 0 \right]$
 $= 2.0 \sin \frac{\pi}{2.0} (t + x)$

別紙 21-17

107-62 (書名入る)

横波と縦波

横波と縦波

横波

波の進む向き

0:23 / 0:48

107-62 (書名入る) / 第3章 波動 / 第1節 波の性質 / 1. 正弦波 / 横波と縦波

別紙 21-18

107-62 (書名入る)

縦波の横波表示

縦波の横波表示

はじめの位置

波の進む向き

縦波を横波表示する。
 媒質の変位を y 軸に示す。

1:15 / 1:29

107-62 (書名入る) / 第3章 波動 / 第1節 波の性質 / 1. 正弦波 / 縦波の横波表示

別紙 21-19

p.150 書き直そう

位置 x (m) の媒質が $\frac{1}{2}$ (s) 遅れて原点と同じ振動をする。原点の振動 $y = A \sin 2\pi \frac{t}{T}$ の t を $(t - \frac{1}{2})$ と置き換え、また、 $\lambda = vT$ を用いて、 $y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ が導かれる。

別紙 21 - 20

1問 / 6問

周期が0.25μsの波の振動数は何Hzか。

0.25Hz

4.0Hz

16Hz

解答

お名前 資料番号 107-62 (お名前)	
107-62 (お名前) / 第3章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方	お名前について
151	波の重ねあわせ
151	【シミュレータ】波の重ねあわせ
152	定在波
152	パルス波の反射
152	【シミュレータ】波の反射
153	正弦波の反射
153	問題5
154	水面波の干渉
154	水面波の干渉 (遅めあう場所、速めあう場所)
154	【シミュレータ】水面波の干渉
155	問題6
156	平面波の反射 実写
156	平面波の屈折 実写
157	ぼけラボ13 波の反射と屈折
157	【学習動画】例題2 屈折の法則
157	問題2
157	TRY 波の進み方
158	平面波の反射 アニメ
159	平面波の屈折 アニメ
160	平面波の回折
160	振り返ろう
160	一問一答
162	探究2 水面波の干渉

お名前 資料番号
107-62 (お名前)

お名前について

波の重ねあわせ

波の重ねあわせ (山と山)

重ねあわせの原理...重なりあったときの波の変位は、2つの波の変位の和となる。

0:37 / 0:58

お名前 資料番号
107-62 (お名前)

お名前について

波の重ねあわせ (山と谷)

波の独立性...2つの波は、重なりあった後、互いに影響を受けることなく進行する。

1:03 / 1:07

107-62 (お名前) / 第3章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方 / 波の重ねあわせ

別紙 22-4

物理シミュレーター

波の重ねあわせ

【挑戦しよう！】

1波長分のパルス波を表示し、合成波の変位がすべて0になる瞬間がある。その組み合わせを探そう。

進行波A →

進行波B ←

合成波

設定

進行波Aを選択
山 ▼

進行波Bを選択
山 ▼

再生速度

スタート

リセット

進行波の表示

コマ送り

別紙 22-6

107-62 (音名入る)

定在波 アニメ

隣りあう腹と腹、節と節の間隔は、進行波の波長の半分となる。

0:46 / 0:53

107-62 (音名入る) / 第1章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方 / 定在波

別紙 22-5

107-62 (音名入る)

定在波

定在波 実写

定在波 アニメ

別紙 22-7

107-62 (音名入る)

パルス波の反射

パルス波の反射(自由端)

自由端反射…入射波と同じ波が反射される。

パルス波の反射(固定端)

別紙 22-8

107-62 (書名入力)

パルス波の反射(固定端)

固定端反射…変位の上下が逆転した波が反射される。

© Daiichi Gakushusha

107-62 (書名入力) / 第3章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方 / パルス波の反射

別紙 22-9

物理シミュレーター

波の反射

【挑戦しよう】
連続波で端となる定在波を作ろう。

進行波 → 反射波 ←

自由端

合成波

設定

進行波を選択
谷

反射面
自由端

再生速度

スタート

リセット

進行波の表示

コマ送り

別紙 22-10

107-62 (書名入力)

正弦波の反射

正弦波の反射(自由端)

反射した正弦波 →

連続した正弦波 ←

0:30 / 0:44

著作権について

正弦波の反射(固定端)

別紙 22-11

107-62 (書名入力)

正弦波の反射(固定端)

反射した正弦波 →

連続した正弦波 ←

0:28 / 0:45

107-62 (書名入力) / 第3章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方 / 正弦波の反射

別紙 22-12



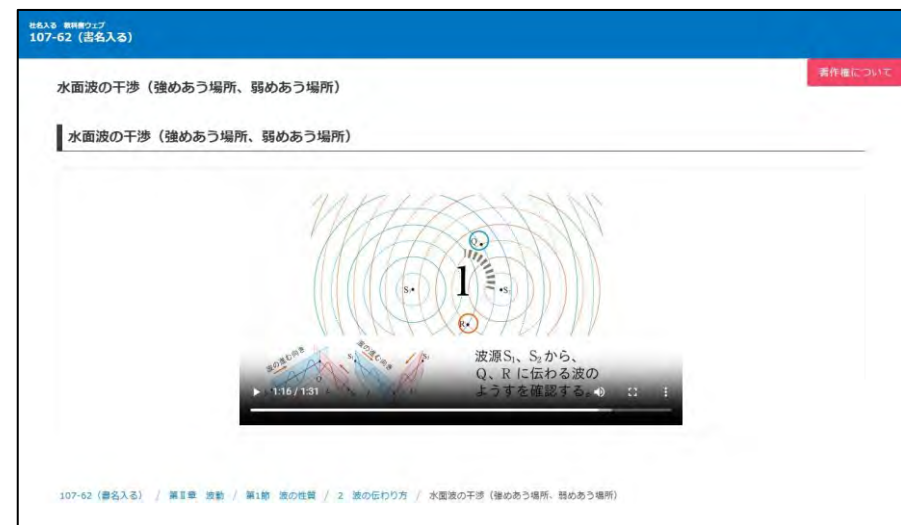
別紙 22-13



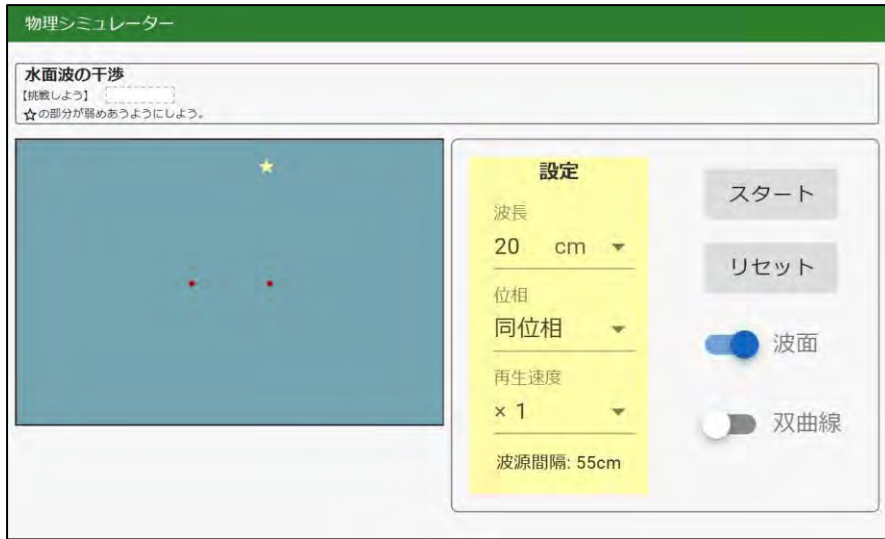
別紙 22-14



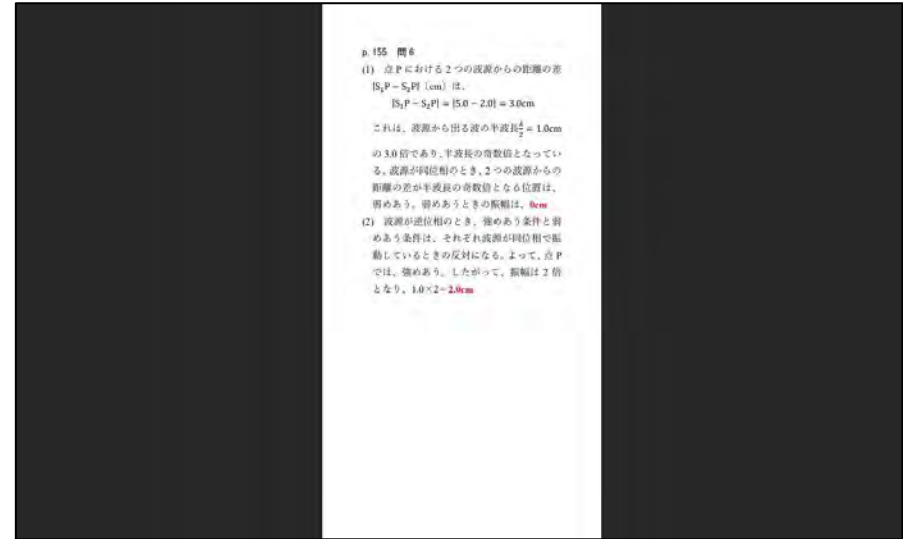
別紙 22-15



別紙 22-16



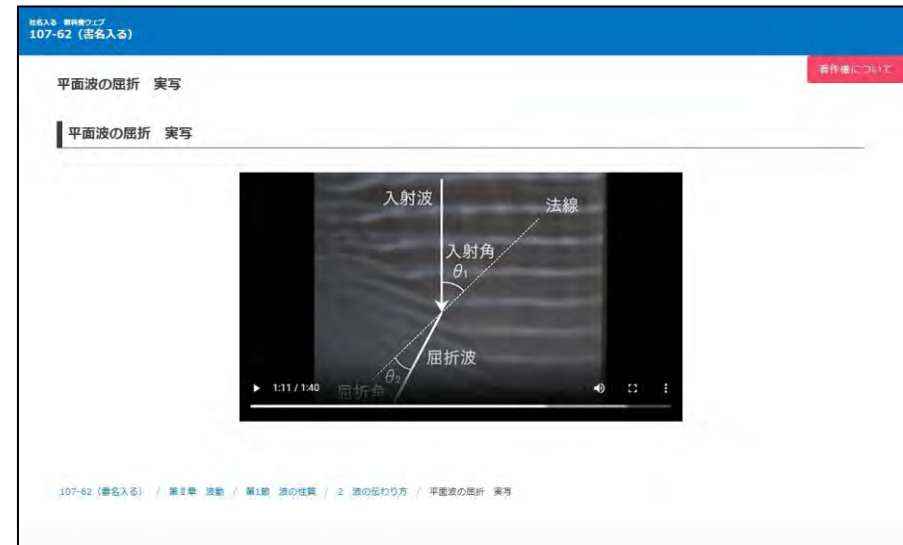
別紙 22-17



別紙 22-18



別紙 22-19



社名入力 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

ほけラボ13 波の反射と屈折

ほけラボ 波の反射・屈折の観察



0:13 / 0:27

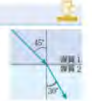
107-62 (書名入力) / 第II章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方 / ほけラボ13 波の反射と屈折

社名入力 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

【学習動画】 例題2 屈折の法則

学習動画

例題2 屈折の法則
波長0.20mの平面波が、媒質1の中を速さ0.40m/sで伝わり、媒質2に入射した。このとき、入射角が45°、屈折角が30°であった。
(1) 媒質2に対する媒質1の屈折率はいくらか。
(2) 媒質2における波の速さ、波長はそれぞれいくらか。



故屈折の法則より $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ と用いる。

(1) 屈折の法則より、 n_{12} は、
 $n_{12} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2}}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2} = 1.41$ 1.41

(2) 媒質2における波の速さ v_2 は、
 $\frac{0.40}{n_2} = 1.41$ $v_2 = \frac{0.40}{1.41} = 0.282 \text{ m/s}$ 0.28 m/s

107-62 (書名入力) / 第II章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方 / 【学習動画】 例題2 屈折の法則

p. 157 練習 2

(1) 屈折の法則 $\left| \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n_{12} \right|$ に、 $\theta_1 = 60^\circ$ 、 $n_{12} = \sqrt{3}$ を代入すると、
 $\frac{\sin 60^\circ}{\sin \theta} = \sqrt{3}$
 $\sin \theta = \frac{\sin 60^\circ}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{2}$
したがって、 $\theta = 30^\circ$ である。

(2) 媒質2における波の速さ v_2 (m/s) は、屈折の法則 $\left| \frac{v_1}{v_2} = n_{12} \right|$ から、
 $\frac{3.0}{v_2} = \sqrt{3}$
 $v_2 = \frac{3.0}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} = 1.73 \text{ m/s}$ 1.7 m/s

p. 157 TRY

波の速さが異なる媒質に波が入射するとき、波の速さが速いほど、相対屈折率が大きく、屈折角は小さくなる。海岸近くでは、海岸線に近い部分ほど水深が浅く、波の速さが遅いため、波面が海岸線に平行になるまで屈折して打ち寄せる。

別紙 22-24

107-62 (書名入る)

平面波の反射 アニメ

平面波の反射 アニメ

反射の法則
入射角と反射角は等しい

107-62 (書名入る) / 第3章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方 / 平面波の反射 アニメ

別紙 22-25

107-62 (書名入る)

平面波の屈折 アニメ

平面波の屈折 アニメ

屈折の法則
入射角を θ_1 、屈折角を θ_2 、媒質1、2における波の速さを v_1 、 v_2 、波長を λ_1 、 λ_2 とすると、次の関係が成り立つ。

107-62 (書名入る) / 第3章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方 / 平面波の屈折 アニメ

別紙 22-26

107-62 (書名入る)

平面波の回折

平面波の回折(すき間の広さによる違い)

(a) 広いすき間 (b) 狭いすき間

平面波

0:37 / 1:11

107-62 (書名入る) / 第3章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方 / 平面波の回折

別紙 22-27

107-62 (書名入る)

平面波の回折(物体にあてる波長による違い)

平面波の波長が、障害物の幅よりも小さい場合を観察する。

障害物の幅

波長

0:22 / 1:03

107-62 (書名入る) / 第3章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方 / 平面波の回折

p.160 振り荡ろう

①2つの波源が、波長 λ で同位相の振動をするとき、波源からの距離をそれぞれ L_1 、 L_2 として、

強めあう条件： $|L_1 - L_2| = m\lambda = 2m \cdot \frac{\lambda}{2}$

弱めあう条件：

$$|L_1 - L_2| = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda = (2m + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$


($m=0, 1, 2, \dots$)、 $L_1 - L_2$ は2つの波源からの距離の差


同位相で振動する場合は、強めあう条件と弱めあう条件が逆になる。


②液面上の各点からそれを波源とする球面波(素元波)が発生し、それらに共通する面が波面になる(ホイヘンスの原理)ことを利用して、教科書 p.158~160 で示されたように作図することで、反射の法則や屈折の法則、波の回折をそれぞれ説明することができる。


1問 / 6問

2つのパルス波が重なりあっている。このとき観察される波形は、次のどれか。









解答

社名入力 無料ウェブ
107-62 (書名入力)

探究2 水面波の干渉

探究 水面波の干渉



107-62 (書名入力) / 第II章 波動 / 第1節 波の性質 / 2 波の伝わり方 / 探究2 水面波の干渉

107-62 (匿名入る) / 第五巻 / 波動 / 第1節 波の性質 / 動座標

163 基本問題

© 2020-2025 社名入る

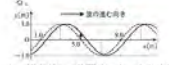
第2章第1節 波の性質
 動座標 解答・解説

p.163 基本問題 1

(1) $y-x$ グラフから、
 振幅: $A=1.0\text{m}$
 波長: $\lambda=9.0-1.0=8.0\text{m}$
 周期: 波の速さの式 $[v=\frac{\lambda}{T}]$ から、

$$T=\frac{\lambda}{v}=\frac{8.0}{2.0}=4.0\text{秒}$$

(2) 微小時間進めた $y-x$ グラフを描くと図のようになる。y 軸の正の向きに変位している。



(3) 速さが0の位置は、山、または谷の位置である。したがって、 $x=1.0, 7.0\text{m}$

p.163 基本問題 2

(1) $y-x$ グラフから、波長 $\lambda=0.60\text{m}$ である。
 また、 $t=0.20\text{s}$ のときにはじめて図と同じになっているので、周期 $T=0.20\text{s}$ である。波の速さ v (m/s) は、

$$v=\frac{\lambda}{T}=\frac{0.60}{0.20}=3.0\text{m/s}$$

(2) 図から微小時間波を進めるとき、 $x=0$ の媒質は $y=0$ を y 軸負の向きに移動する。また、周期 $T=0.20\text{s}$ から、 $x=0$ における y は、

別紙 24-1

107-62 (匿名入る) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 1 音の伝わり方

164 真空における音

164 問7

165 音波の波形

165 【シミュレータ】音の向き

165 問8

165 問9

167 【学習動画】例題3 クイック管

167 クイック管

167 例題3

167 実験8 音波の干渉

168 うなり

168 【シミュレータ】うなり

168 響りあうつ

168 問一答

© 2020-2025 社名入る

別紙 24-2

107-62 (匿名入る) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 1 音の伝わり方

真空における音

真空における音



107-62 (匿名入る) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 1 音の伝わり方 / 真空における音

別紙 24-3

d. 164 問7

光の速さは $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ と非常に速いので、花火の光は瞬時に観測者に届く。一方、花火の音は、花火が聞いた地点から音速で移動するため、遅れて観測者に届く。

気温が 25°C なので、音速は $v = 331.5 + 0.6t$ から、

$$v = 331.5 + 0.6 \times 25 = 346.5 \text{ m/s}$$

である。音が聞こえるまでの時間 2.0 秒間に音が進んだ距離が、求める花火までの距離である。

$$x = vt = 346.5 \times 2.0 = 6.93 \times 10^2 \text{ m}$$

$6.9 \times 10^2 \text{ m}$

別紙 24-4

107-62 (匿名入る)

音波の波形

音波の波形(音の高さ)



音波の波形(音の大きさ)

別紙 24-5

107-62 (匿名入る)

音波の波形(音の大きさ)

大きい音 小さい音



音波の波形(音色)

別紙 24-6

107-62 (匿名入る)

音波の波形(音色)

リコーダー ギター



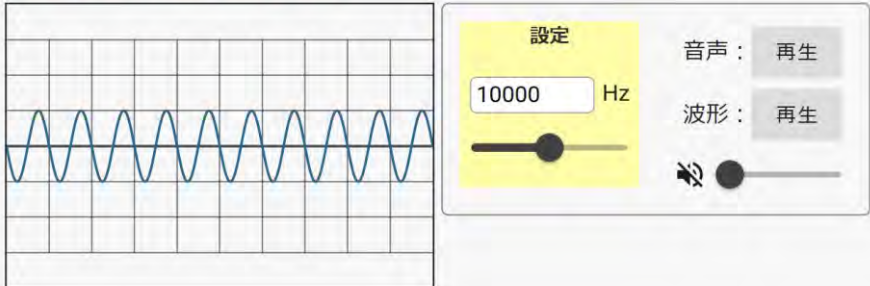
107-62 (匿名入る) / 第3章 波動 / 第2節 音波 / 1 音の伝わり方 / 音波の波形

別紙 24-7

物理シミュレーター

音の高さ

振動数と波形のようすを観察しよう。
(※音強バーを操作すると音が出ます。音量にご注意ください。)



別紙 24-8

d. 165 問8

振動数 20kHz のときの波長を λ_1 (m) とすると、

$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1} = \frac{3.4 \times 10^3}{20} = 17\text{m}$$

振動数 20000Hz のときの波長を λ_2 (m) とすると、

$$\lambda_2 = \frac{v}{f_2} = \frac{3.4 \times 10^3}{20000} = 1.7 \times 10^{-2}\text{m}$$

可聴音はこの範囲に入るので、

$$1.7 \times 10^4 \sim 17\text{m}$$

別紙 24-9

d. 165 問9

船から岸までの距離を L (m) とすると、汽笛の音は 3.0 秒間に船と岸までの往復の距離 $2L$ (m) を進んだことになる。したがって、

$$2L = vt = (3.4 \times 10^3) \times 3.0$$

$$L = 5.1 \times 10^3\text{m}$$

別紙 24-10

社名入力 資料種別ウェブ
107-62 (書名入力)

著作権について

【学習動画】 例題3 クインケ管

学習動画

例題3 クインケ管

音波の干渉を確認する装置に、クインケ管がある。この装置では、Aから入った音が、ACBとADBの経路に分かれて進み、Bで音が干渉する。Cをゆっくり動かすと、8.5cm引出すごとに、Bで聞こえる音が大きくなった。音速を 3.4×10^3 m/s とし、次の各問に答えよ。

(1) 音の波長は何mか。
(2) 音の振動数は何Hzか。

音波の干渉 { 同位相...強めあ(音は大きくなる)
 { 逆位相...弱めあ(音は小さくなる)

波の速さの式 $v = f\lambda \rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$

(1) ACBとADBの経路差 → 波長の整数
Cを8.5cm引出すごとに、音は大きくなる → 同位相
経路差は $8.5 \times 2 = 17\text{cm} \rightarrow 1$ 波長分の相当。 $\lambda = 0.17\text{m}$

107-62 (書名入力) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 1 音の伝わり方 / 【学習動画】 例題3 クインケ管

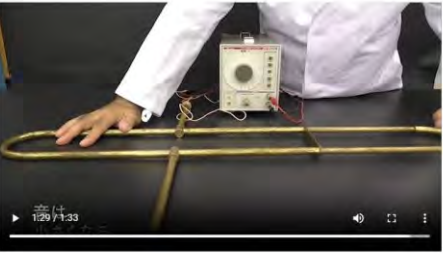
別紙 24-11

社名入力 資料種別ウェブ
107-62 (書名入力)

著作権について

クインケ管

クインケ管



107-62 (書名入力) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 1 音の伝わり方 / クインケ管

© 2020-2025 社名入力

別紙 24-12

p.167 問題3
 振動数 $1.7 \times 10^4 \text{ Hz}$ の音の波長 λ [m] は、式 $\lambda = v/f$ から、

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.4 \times 10^2}{1.7 \times 10^4} = 0.20 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

 ティンケ管のCをL [cm] だけ引き出すと、音が移動する経路は $2L$ [cm] 長くなる。経路が $2L$ 長くなることは、音が弱めあうので、 $2L$ が1波長 λ に相当する。
 $2L = \lambda = 20 \quad L = 10 \text{ cm}$

別紙 24-13

107-62 (音名入る)

実験8 音波の干渉

実験 音波の干渉 (スピーカー)



0:15 / 0:34

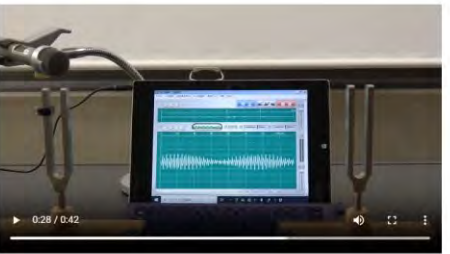
107-62 (音名入る) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 1 音の伝わり方 / 実験8 音波の干渉

別紙 24-14

107-62 (音名入る)

うなり

うなり



0:28 / 0:42

107-62 (音名入る) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 1 音の伝わり方 / うなり

別紙 24-15

物理シミュレーター

うなり

【挑戦しよう】
 1秒間に3回のうなりが聞こえるようにしよう。
 (※音量バーを操作すると音が出ます。音量にご注意ください。)

設定

f_A 444 Hz

f_B 445 Hz

A: スタート

B: スタート

波形を停止

音量バー

p.168 振り返ろう

音波の反射：空気中に発された音が、(山障子物)で反射することでやまびこが生じるように、音波は、障害物や媒質の境界面に入射したときに、反射波を生じる。

音波の屈折：媒質に聞こえなかった音の音が、夜になるとよく聞こえるようになる。これは、音波が異なる媒質の境界面に入射したときに屈折波が生じるためである。

音波の回折：窓を開けていると、室内にいても外の音が聞こえるのは、音が回折し、室内にまわりこむからである。

1問 / 6問

室温が10℃の部屋、15℃の部屋、20℃の部屋がある。このうち、空気中を伝わる音速が最も速いのはどの部屋か。

10℃の部屋
 15℃の部屋
 20℃の部屋

解答

別紙 25 - 1

107-62 (音名入る) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 2 ドップラー効果

169 ページ ほけらボ14 ドップラー効果

169 ページ 波源の移動と波長の変化

169 ページ TRY 音源が動くときの波長の変化

170 ページ 音源が移動する場合

170 ページ 【シミュレータ】ドップラー効果

171 ページ 図10

171 ページ 観測者が移動する場合

171 ページ 図11

173 ページ 【学習動画】例題4 ドップラー効果

173 ページ 例題4

173 ページ 振り返ろう

173 ページ 一問一答

174 ページ 【学習動画】チャレンジ 反射板によるドップラー効果(まとめ)

175 ページ 【学習動画】チャレンジ 反射板によるドップラー効果(例)

175 ページ 練習1

175 ページ TRY スピード測定器のしくみ

174 ページ 【学習動画】チャレンジ 鏡筒の移動とドップラー効果(まとめ)

174 ページ 練習2

176 ページ 【学習動画】チャレンジ 斜め方向のドップラー効果(まとめ)

176 ページ 【学習動画】チャレンジ 斜め方向のドップラー効果(例)

176 ページ 練習3

176 ページ TRY 音の振動数の変化

別紙 25 - 2

107-62 (音名入る) 著作権について

ほけらボ14 ドップラー効果

ほけらボ ドップラー効果(音源が近づく場合)

ほけらボ ドップラー効果(音源が遠ざかる場合)

別紙 25 - 3

107-62 (音名入る) 著作権について

ほけらボ14 ドップラー効果

ほけらボ ドップラー効果(音源が遠ざかる場合)

107-62 (音名入る) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 2 ドップラー効果 / ほけらボ14 ドップラー効果

別紙 25-4

別紙 25-4

107-62 (音名入る)

波源の移動と波長の変化

波源の移動と波長の変化

波源が移動

0:50 / 1:05

107-62 (音名入る) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 2 ドップラー効果 / 波源の移動と波長の変化

別紙 25-5

別紙 25-5

p.169 TRY

音源は1秒間に1目盛り進む(1秒ごとの音源の位置を・で示す)。

点Oで出された音は、4秒間に8目盛り分進んでいるので、1秒前から3秒前までに出された音の波面は、それぞれ図のようになる。(図の波面は内側から順に1, 2, 3秒前のもの) 波前と波面の間隔が波長なので、Aで観測される音の波長は3目盛り分、Bで観測される音の波長は1目盛り分の長さになる。

別紙 25-6

別紙 25-6

107-62 (音名入る)

音源が移動する場合

音源が移動する場合

C側の波長 $\lambda' : \lambda' = \frac{V - v_s}{f} = \frac{V - v_s}{f}$ 振動数 $f' : f' = \frac{V}{\lambda'} = \frac{V}{V - v_s} f$

▶ 止まっている者から音源が過ぎる場合 (D側)の波長と振動数も同じで

107-62 (音名入る) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 2 ドップラー効果 / 音源が移動する場合

別紙 25-7

別紙 25-7

物理シミュレーター

ドップラー効果

[挑戦しよう]

右の観測者が、走行中の救急車から聞く音が最も低くなるように設定してみよう

設定

救急車の速度
ふつう

スタート

リセット

p.171 問10

(1) 速度の正の向きは、救急車(音源)から人(観測者)なので、救急車の速度は $v_s = 20\text{m/s}$ となる。「 $f' = \frac{v}{v - v_s} f$ 」から、

$$f' = \frac{3.4 \times 10^2 - 20}{3.4 \times 10^2} \times 7.2 \times 10^3 = 0.444\text{m} \quad \mathbf{0.44\text{m}}$$

(2) (1)と同様に速度の正の向きを考えると、救急車の速度は $v_s = -20\text{m/s}$ となる。「 $f' = \frac{v}{v - v_s} f$ 」から、

$$f' = \frac{3.4 \times 10^2}{3.4 \times 10^2 - (-20)} \times (7.2 \times 10^3) = \mathbf{6.8 \times 10^3 \text{Hz}}$$

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

観測者が移動する場合

観測者が移動する場合

観測者を通過する音波の数 $f' t$ は、 $f' t = \frac{V t - v_o t}{\lambda}$

振動数 f' は、 $f' = \frac{V - v_o}{\lambda} = \frac{V - v_o}{V} f$

107-62 (書名入る) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 2 ドップラー効果 / 観測者が移動する場合

p.171 問11

(1) 速度の正の向きは、救急車(音源)から自動車(観測者)なので、自動車の速度は $v_o = 10\text{m/s}$ となる。「 $f' = \frac{v - v_o}{v} f$ 」から、

$$f' = \frac{3.4 \times 10^2 - 10}{3.4 \times 10^2} \times (6.8 \times 10^3) = \mathbf{6.6 \times 10^3 \text{Hz}}$$

(2) (1)と同様に速度の正の向きを考えると、自動車の速度は $v_o = -20\text{m/s}$ となる。「 $f' = \frac{v - v_o}{v} f$ 」から、

$$f' = \frac{3.4 \times 10^2 - (-20)}{3.4 \times 10^2} \times (6.8 \times 10^3) = \mathbf{7.2 \times 10^3 \text{Hz}}$$

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題4 ドップラー効果

学習動画

例題4 ドップラー効果

図のように、速さ 20m/s で道路の直路を走行する音源車が、 $6.4 \times 10^3 \text{Hz}$ の音を連続して出しており、自動車が速さ 10m/s で逆向きに進んでいる。このとき、自動車に乗っている人が観測する音の振動数は何 Hz か。ただし、音速を $3.4 \times 10^3 \text{m/s}$ とする。

ドップラー効果の式 $f' = \frac{v - v_o}{v} f$

正の向き：音源 → 観測者の向き

音速の速度 $v_s = 20\text{m/s}$
 観測者の速度 $v_o = -10\text{m/s}$

ドップラー効果の式に代入

$$f' = \frac{3.4 \times 10^3 - (-10)}{3.4 \times 10^3 - 20} \times (6.4 \times 10^3) = \frac{3410}{3380} \times (6.4 \times 10^3) = 7.0 \times 10^3 \text{Hz}$$

107-62 (書名入る) / 第1章 波動 / 第2節 音波 / 2 ドップラー効果 / 【学習動画】 例題4 ドップラー効果

別紙 25-12

p.173 問題 4

(1) 速度の正の向きは、救急車(音源)から自動車(観測者)なので、すれ違う前の救急車の速度は $u_s = 20\text{m/s}$ 、自動車の速度は $u_o = -10\text{m/s}$ となる。「 $f' = \frac{v+u_o}{v-u_s} f$ 」から、

$$f' = \frac{340 \times 10^2 + (-10)}{340 \times 10^2 - 20} \times 576 = 630\text{Hz}$$

(2) (1)と同様に速度の正の向きを考えると、すれ違った後の救急車の速度は $u_s = -20\text{m/s}$ 、自動車の速度は $u_o = -10\text{m/s}$ となる。「 $f' = \frac{v+u_o}{v-u_s} f$ 」から、

$$f' = \frac{340 \times 10^2 + 10}{340 \times 10^2 - (-20)} \times 576 = 520\text{Hz}$$

別紙 25-13

p.173 振り返ろう

走行する救急車のサイレンの音が近づいてくるときは高く聞こえ、過ぎかるときは低く聞こえる。また、電車に乗って通り過ぎるときは踏切の警報機の音が、近づくと高く聞こえ、過ぎかるときは低く聞こえる。これらの現象のように、ドップラー効果は、音源や観測者が移動することによって、音波の振動数と異なる振動数の音が観測される現象である。

別紙 25-14

1問 / 3問

振動数の音を出す音源が観測者に近づいている。観測者が聞く音の振動数は、これ比べてどう変化するか。

音源 観測者

小さくなる
 大きくなる
 変わらない

解答

別紙 25-15

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (社名入る)

【学習動画】 チャレンジ 反射板によるドップラー効果(まとめ)

著作権について

学習動画

反射板によるドップラー効果

① 反射板の音を受信する

⇒ 観測者が受信する場合はドップラー効果

$$f_1 = \frac{v - u_o}{v} f$$

② 反射板の音を反射する (反射板の音は低くなる)

⇒ 音源が受信する場合はドップラー効果

$$f_2 = \frac{v}{v - (-u_s)} f = \frac{v + u_s}{v} f$$

107-62 (社名入る) / 第II章 波動 / 第2節 音波 / 2 ドップラー効果 / 【学習動画】 チャレンジ 反射板によるドップラー効果(まとめ)

社名 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

【学習動画】 チャレンジ 反射板によるドップラー効果(例)

著作権について

学習動画

問題 図のように、一直線上で、振動数 $7.0 \times 10^2 \text{ Hz}$ の音源と観測者が静止しており、反射板が右向きに速さ 10 m/s で移動している。音速を $3.4 \times 10^3 \text{ m/s}$ とすると、反射板から観測者に届く音の振動数は何 Hz か。

① 反射板が音を受けるとき (正方向: 音源 → 反射板の向き)

$v_0 = 10 \text{ m/s}$

反射板が受けし音の振動数 f_1 [Hz] は、

$$f_1 = \frac{3.4 \times 10^3 + 10}{3.4 \times 10^3 - 0} \times (7.0 \times 10^2) = \frac{330}{340} \times 700$$

② 反射板が音を反射するとき (正方向: 反射板 → 観測者の向き)

107-62 (書名入る) / 第II章 波動 / 第2節 音波 / 2 ドップラー効果 / 【学習動画】 チャレンジ 反射板によるドップラー効果(例)

社名 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

p.175 練習1

反射板が音源から受ける音の振動数 f_1 [Hz] を考えるとき、反射板の速度は $u_0 = -10 \text{ m/s}$ となる。「 $f' = \frac{c+u_0}{c} f$ 」から、

$$f_1 = \frac{3.4 \times 10^3 + (-10)}{3.4 \times 10^3} \times (6.6 \times 10^2)$$

$$= \frac{350}{340} \times 6.6 \times 10^2 \text{ Hz}$$

この音が反射され、反射板からの音が観測者に届くときの振動数 f_2 [Hz] を考えるとき、反射板の速度は $u_0 = 10 \text{ m/s}$ となる。「 $f' = \frac{c}{c-u_0} f$ 」から、

$$f_2 = \frac{3.4 \times 10^3}{3.4 \times 10^3 - 10} \times \frac{350}{340} \times 6.6 \times 10^2$$

$$= 7.0 \times 10^2 \text{ Hz}$$

社名 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

p.175 TRY

最初にはホルムがスピード測定器から受ける電波の振動数を f [Hz] とする。ホルムの速度は $u_0 = -v$ [m/s] となる。観測者が移動する場合のドップラー効果の式「 $f' = \frac{c+u_0}{c} f$ 」から、

$$f_1 = \frac{c - (-v)}{c} f = \frac{c+v}{c} f$$

この電波が反射され、スピード測定器に届く。ホルムの速度は $u_0 = v$ [m/s] となる。音源が移動する場合のドップラー効果の式

$$f' = \frac{c}{c-u_0} f$$

から、電波の波長 λ [m] は、

$$\lambda = \frac{c}{f'}$$

この式を整理して、 λ について求めると、

$$f'(c-v) = (c+v)f$$

$$(f'+f)v = (f'-f)c$$

$$v = \frac{f'-f}{f'+f} c \text{ [m/s]}$$

社名 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

【学習動画】 チャレンジ 媒質の移動とドップラー効果 (まとめ)

学習動画

媒質の移動とドップラー効果

「風が吹いているとき存在」⇒ 風の速さの分だけ、音速が変化し

ドップラー効果のみ

$$f' = \frac{c+u_0}{c} f$$

⇒

(風上の場合) $f' = \frac{(c-w) - 2v}{(c-w) - 2v} f$

(風下の場合) $f' = \frac{(c+w) - 2v}{(c+w) - 2v} f$

107-62 (書名入る) / 第II章 波動 / 第2節 音波 / 2 ドップラー効果 / 【学習動画】 チャレンジ 媒質の移動とドップラー効果 (まとめ)

p.176 練習2

観測者は音源より風下にいるので、風速を w (m/s) とすると、音速を $f+w$ (m/s) とし、換えて、音源の速度は $u_s=10$ m/s なので、

$$f' = \frac{(f+w) - u_o}{(f+w) - u_s} f$$

$$f' = \frac{(3.40 \times 10^3 + 20)}{(3.40 \times 10^3 + 20) - 10} \times (7.0 \times 10^2) = 7.2 \times 10^2 \text{ Hz}$$

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

【学習動画】 チャレンジ 斜め方向のドップラー効果(まとめ)

学習動画

斜め方向のドップラー効果
 音源が動く場合

★音源は、観測者との距離が近づくとき、ドップラー効果の式 $f' = \frac{V}{V - v_s \cos \theta} f$

107-62 (書名入る) / 第2章 波動 / 第2節 音波 / 2 ドップラー効果 / 【学習動画】 チャレンジ 斜め方向のドップラー効果(まとめ)

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

【学習動画】 チャレンジ 斜め方向のドップラー効果(例)

学習動画

振動数 6.6×10^2 Hz の音を出す音源が、図の向きに音源 PQ 上を速さ 20 m/s で移動しており、位置 P に観測者が静止している。 $\angle RPQ = 60^\circ$ とすると、位置 R で出された音を観測者が観測するとき、その振動数は何 Hz か。ただし、音速を 3.4×10^3 m/s とする。

★ドップラー効果の正の向き → 音源 → 観測者の向き
 斜め方向の場合、音源 → 観測者の向き成分
 音源の速度の、音源 → 観測者の向き成分
 $20 \cos 60^\circ = 20 \times \frac{1}{2} = 10 \text{ m/s}$
 観測者が観測した音の振動数 f' (Hz)
 $f' = \frac{3.4 \times 10^3 - 0}{3.4 \times 10^3 - 10} \times (6.6 \times 10^2) = 6.8 \times 10^2 \text{ Hz}$

107-62 (書名入る) / 第2章 波動 / 第2節 音波 / 2 ドップラー効果 / 【学習動画】 チャレンジ 斜め方向のドップラー効果(例)

p.176 練習3

音源の PR 方向の速度成分は、P から R の向きが正だから、

$$-20 \times \cos 60^\circ = -10 \text{ m/s}$$

$f' = \frac{v}{v - u} f$ から、

$$f' = \frac{3.4 \times 10^3}{3.4 \times 10^3 - (-10)} \times (7.0 \times 10^2) = 6.8 \times 10^2 \text{ Hz}$$

p. 176 TRY

A について：

音源である救急車の速度は、近づくときは v_1 、遠ざかるときは $-v_1$ で一定である。したがって、A で観測される振動数の変化は、③となる。

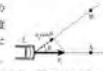
B について：

音源である救急車の

点 B に向かう速度

は、図のように

 $v_1 \cos \theta$ で表される。

角 θ は、最初は 0° であり、近づくにつれて大きくなり、点 A で 90° となる。点 A から遠ざかると、更に角 θ は大きくなり、やがて 180° となる。これより、 $v_1 \cos \theta$ は、救急車が移動するにつれて徐々に小さくなることがわかる。

斜め方向のドップラー効果の式

$$f' = \frac{v}{v - v_1 \cos \theta} f_0$$

から、B に聞かえる音の振動数は、徐々に小さくなることわかる。したがって、B で観測される音の変化は、③となる。

107-62 (署名入る) / 第1章 運動 / 第2節 音波 / 期末問題

177 ページ 期末問題

© 2020-2025 社名入る

第2章第2節 音波 期末問題 解答・解説

p.177 期末問題1

(1) 点XでスピーカーA、Bから出た音が強めあう条件は、スピーカーの出す音の波長を λ として、 $|XA - XB| = m\lambda$ ($m = 0, 1, 2, \dots$)である。点QとA、Bを結ぶ直線を描くと、図のように示される。QA、QBの長さはそれぞれ、

$$QA = \sqrt{1.50^2 + 2.00^2} = \sqrt{(0.50 \times 3)^2 + (0.50 \times 4)^2} = 0.50\sqrt{3^2 + 4^2} = 0.50\sqrt{25} = 0.50 \times 5 = 2.50\text{m}$$

$$QB = 2.00\text{m}$$

点Qは点P($m=0$)の次に強めあう点だから、 $m=1$ を代入して、 $\lambda = |QA - QB| = 2.50 - 2.00 = 0.50\text{m}$

(2) 求める振動数 f は、 $f = \frac{v}{\lambda}$ から、 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3.4 \times 10^3}{0.50} = 6.8 \times 10^3 \text{ Hz}$

p.177 期末問題2

(1) 速度の正の向きは、音源から観測者なので、音源の速度は $u_s = 5\text{ m/s}$ となる。 $f' = \frac{v - u_s}{\lambda}$ から、 $f' = \frac{3.40 \times 10^3 - 5}{6.70 \times 10^{-2}} = 0.500\text{ m}$

107-62 (番号入る) / 第3章 波動 / 第3節 光波 / 1 光の性質

178 問題12

179 問題13

180 光の反射・屈折

180 【シミュレータ】 光の反射と屈折

181 【字幕動画】 例題5 見かけの深さ

181 例題5

181 TRY 調整ヒーズが見えなくなる理由

181 実験9 ガラスの屈折率の測定

182 問題14

182 全反射

182 ぼけラボ15 全反射

183 【字幕動画】 例題6 光の屈折と全反射

183 例題6

183 光ファイバー内のレーザー光

184 プリズムによる光の分散

186 ぼけラボ16 光の散乱

186 光の散乱と空の色

187 偏光板を通して見た電球

187 水面からの反射光

187 TRY 鏡ガラスでの光の反射

187 振り返ろう

187 一問一答

p.178 問題12

太陽の光が地球に達するまでの時間を $t(x)$ とする。「 $x=1x$ 」から、

$$t = \frac{x}{c} = \frac{1.5 \times 10^{11}}{3.0 \times 10^8} = 5.0 \times 10^2 \text{ 秒}$$

p.179 問題13

図43の式「 $n = \frac{c}{v}$ 」に、それぞれの数値を代入すると、

$$c = 4 \times 720 \times 12.6 \times 8633 = 3.132 \times 10^8 \text{ m/s}$$

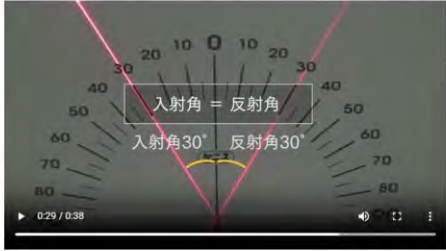
$$3.13 \times 10^8 \text{ m/s}$$

別紙 27-4

107-62 (匿名入る)

光の反射・屈折

光の反射



光の屈折(空気→水)

別紙 27-5

107-62 (匿名入る)

光の屈折(空気→水)

光の屈折
屈折の前後で、次の関係が成り立つ。

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n_{12}$$

(屈折の法則)



光の屈折(水→空気)

別紙 27-6

107-62 (匿名入る)

光の屈折(水→空気)

光の屈折
屈折の前後で、次の関係が成り立つ。

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n_{12}$$


107-62 (匿名入る) / 第3章 波動 / 第3節 光波 / 1 光の性質 / 光の反射・屈折

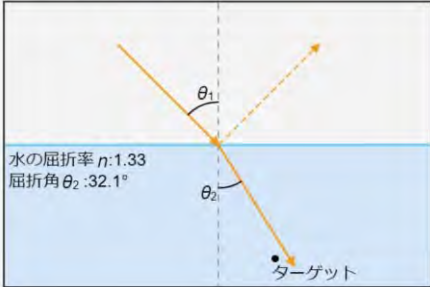
別紙 27-7

物理シミュレーター

光の反射と屈折

【挑戦しよう】 CLEAR

光を屈折させ、ターゲットに当てよう。



初期条件

光源の位置

空気中

水中

入射角 θ_1 45°

スタート

リセット

別紙 27-8

社名入る 資料集ウェブ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題5 見かけの深さ

著作権について

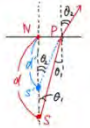
学習動画

例題 5 見かけの深さ

水面から深さ d の位置にある物体 S は、真上近くから見ると、どれだけの深さに見えるか。ただし、空気の屈折率を 1、水の屈折率を n とする。また、 θ が十分に小さいときには、 $\sin\theta \approx \tan\theta$ が成り立つものとする。

★ 屈折の法則の式「 $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$ 」を用いる。

図のように S から出た光
 $\rightarrow P$ で屈折して観測者に届く。
 真上付近から見ると θ_1, θ_2 は十分に小さい。
 屈折の法則の式から、

$$\frac{1}{n} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} \approx \frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \frac{\frac{PN}{NS}}{\frac{P'N}{NS}} = \frac{NS'}{NS} = \frac{d'}{d} \quad d' = \frac{d}{n}$$


107-62 (書名入る) / 第 2 章 波動 / 第 3 節 光波 / 1 光の性質 / 【学習動画】 例題5 見かけの深さ

別紙 27-9

例題 5 より、物体はガラスの表面から、

$$d' = \frac{d}{n} = \frac{4.5}{1.5} = 3.0 \text{ cm}$$

のところにあるように見えるので、浮き上がった分は、

$$d - d' = 4.5 - 3.0 = 1.5 \text{ cm}$$

別紙 27-10

例題 5 より、物体はガラスの表面から、

$$d' = \frac{d}{n} = \frac{4.5}{1.5} = 3.0 \text{ cm}$$

のところにあるように見えるので、浮き上がった分は、

$$d - d' = 4.5 - 3.0 = 1.5 \text{ cm}$$

0.181 TRY
 無色透明でも、空気中では、ビー玉や消臭ビーズと空気の境界で光が屈折するため、それらを目でみることもできる。消臭ビーズの屈折率は水とほぼ同じなので、水中では、消臭ビーズと水の境界で屈折が起こらず、水の中の消臭ビーズは、ほとんど見えなくなる。

別紙 27-11

社名入る 資料集ウェブ
107-62 (書名入る)

TRY 水中のビー玉と消臭ビーズ

屈折率が水と近い消臭ビーズは、水と区別がつかなくなる。



0:33 / 0:38

107-62 (書名入る) / 第 2 章 波動 / 第 3 節 光波 / 1 光の性質 / TRY 消臭ビーズが見えなくなる理由

別紙 27-12

目次へ戻る 動画解説ウェブ
107-62 (書き入る)

著作権について

実験9 ガラスの屈折率の測定

実験 ガラスの屈折率の測定



0:12 / 0:18

実験 ガラスの屈折率の測定 (レーザー光をあてる)

別紙 27-13

目次へ戻る 動画解説ウェブ
107-62 (書き入る)

著作権について

実験 ガラスの屈折率の測定 (レーザー光をあてる)



0:18 / 0:22

107-62 (書き入る) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 1 光の性質 / 実験9 ガラスの屈折率の測定

別紙 27-14

p.182 問14
空気の屈折率は1として、 $n_{\text{水}} = \frac{4}{3}$ とし、
$$\sin \theta_1 = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} = \frac{2}{3}$$

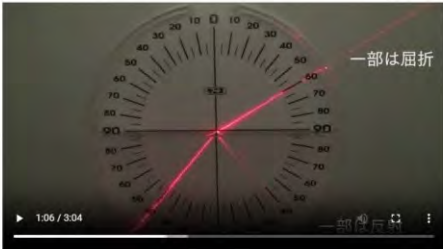
別紙 27-15

目次へ戻る 動画解説ウェブ
107-62 (書き入る)

著作権について

全反射

全反射



1:06 / 3:04

一部は屈折

一部は全反射

107-62 (書き入る) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 1 光の性質 / 全反射

別紙 27-16

107-62 (書名入る)

ぼけラボ15 全反射

ぼけラボ 全反射 (石鹸水中のレーザー光)



レーザー光は、せっけん水の内部を全反射しながら進む。

107-62 (書名入る) / 第II章 波動 / 第3節 光波 / 1 光の性質 / ぼけラボ15 全反射

© 2020-2025 社名入る


別紙 27-17

107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題6 光の屈折と全反射

学習動画

例題6 光の屈折と全反射



屈折率 1.2 の物質 で囲まれた、屈折率 1.5 の透明なプラスチックの円柱がある。図のように、空気中からこの円柱の中心軸の左端 A に、光が入射角 θ で入射した。このとき、屈折率 1.2 の物質との境界 B における入射角が臨界角となった。sin θ の値はいくらか。ただし、空気の屈折率を 1 とし、円柱の中心軸を含む平面内を進む光について考えるものとする。

★光は点 B で全反射する。
→ 点 B での入射角が臨界角 θ_c と等しい。
点 A に入射した光の屈折角を θ_c とする。屈折の法則より、
 $\frac{\sin \theta}{\sin \theta_c} = \frac{1.5}{1}$ $\frac{\sin \theta}{\sin \theta_c} = 1.5 \dots \text{①}$
点 B での入射角は $90^\circ - \theta'$
臨界角の関係式から、 $\sin(90^\circ - \theta') = \frac{1.2}{1.5} = \frac{4}{5}$

107-62 (書名入る) / 第II章 波動 / 第3節 光波 / 1 光の性質 / 【学習動画】 例題6 光の屈折と全反射

別紙 27-18

p.183 例題6

光がガラスから空気へ進むときの臨界角を求めよ。ガラスの屈折率 $n_1 = \frac{3}{2}$ から、

$$\sin \theta_c = \frac{1}{n_1} = \frac{1}{3/2} = \frac{2}{3}$$

求める角度 θ とすると、水の屈折率 $n_2 = \frac{4}{3}$ 、水からガラスへの屈折率は、 $\frac{\sin \theta_c}{\sin \theta_c'} = \frac{n_2}{n_1}$ から、

$$\frac{\sin \theta}{\sin \theta_c} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\sin \theta = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_c = \frac{3/2}{4/3} \times \frac{2}{3} = \frac{3}{4}$$

別紙 27-19

107-62 (書名入る)

光ファイバー内のレーザー光

光ファイバー内のレーザー光



レーザー光は、光ファイバーの内部を全反射しながら進む。

107-62 (書名入る) / 第II章 波動 / 第3節 光波 / 1 光の性質 / 光ファイバー内のレーザー光

別紙 27-20

107-62 (匿名入る)

プリズムによる光の分散

プリズムによる光の分散

0:26 / 0:30

107-62 (匿名入る) / 第2章 波動 / 第3節 光波 / 1 光の性質 / プリズムによる光の分散

別紙 27-21

107-62 (匿名入る)

ほけらボ16 光の散乱

ほけらボ 光の散乱

0:26 / 0:33

107-62 (匿名入る) / 第2章 波動 / 第3節 光波 / 1 光の性質 / ほけらボ16 光の散乱

別紙 27-22

107-62 (匿名入る)

光の散乱と空の色

光の散乱と空の色

0:48 / 1:04

107-62 (匿名入る) / 第2章 波動 / 第3節 光波 / 1 光の性質 / 光の散乱と空の色

別紙 27-23

107-62 (匿名入る)

偏光板を通して見た電球

偏光板を通して見た電球

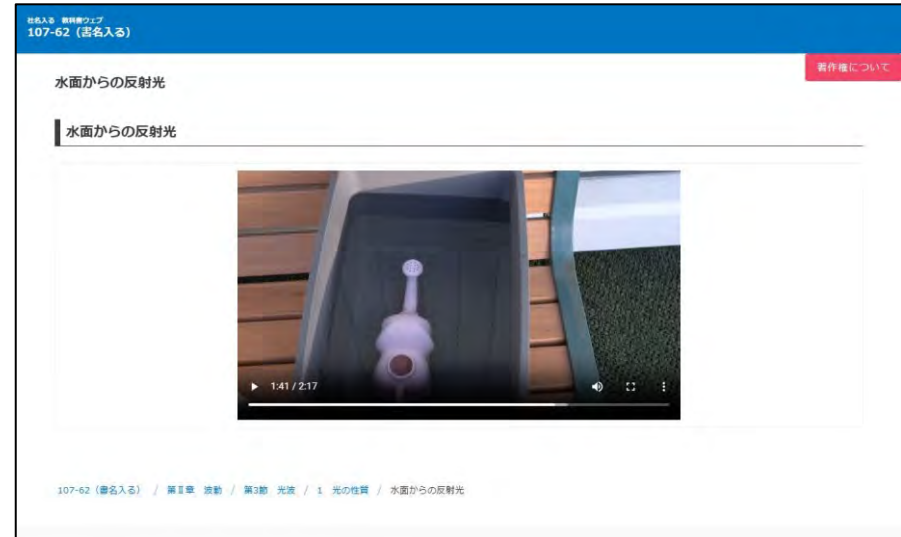
0:45 / 1:16

107-62 (匿名入る) / 第2章 波動 / 第3節 光波 / 1 光の性質 / 偏光板を通して見た電球

別紙 27-24



別紙 27-25



別紙 27-26



別紙 27-27



社名入力 資料集トップ
107-62 (書名入力)

107-62 (書名入力) / 目次表 索引 索引表 光路 2 レンズと鏡

188 レンズによる光の進み方

188 ぼけつぼ17 凸レンズと凹レンズ

189 図15

190 凸レンズによる実像

190 図16

191 図17

191 図18

191 TRY レンズを通る光の一部をさえぎった場合

192 【シミュレータ】 レンズによる像の作成

192 図19

192 図20

193 【学習動画】 凸レンズの式

193 図21

194 図22

195 TRY 顕微鏡における像の向き

196 球面鏡による光の進み方

197 図23

198 図24

198 【シミュレータ】 球面鏡による像の作成

198 図25

199 図26

199 振り返ろう

199 一問一答

© 2020-2025 社名入力

別紙 28-2

107-62 (匿名入る)

レンズによる光の進み方

凸レンズによる光の進み方

0:39 / 0:51

凹レンズによる光の進み方

107-62 (匿名入る) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 2 レンズと鏡 / レンズによる光の進み方

別紙 28-3

107-62 (匿名入る)

凹レンズによる光の進み方

0:38 / 0:53

107-62 (匿名入る) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 2 レンズと鏡 / レンズによる光の進み方

別紙 28-4

107-62 (匿名入る)

ほけラボ17 凸レンズと凹レンズ

ほけラボ 凸レンズと凹レンズ

0:18 / 0:25

107-62 (匿名入る) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 2 レンズと鏡 / ほけラボ17 凸レンズと凹レンズ

別紙 28-5

d.189 問15

(1) 凸レンズに入射する光線は、次のように進む。

- ・光軸に平行な光線は焦点Fを通る。
- ・焦点Fを通る光線は光軸に平行に進む。
- ・レンズの中心を通る光線は直進する。

光線の進み方は、図のように表される。

(2) 凹レンズに入射する光線は、次のように進む。

- ・光軸に平行な光線は焦点Fから出たように進む。
- ・焦点Fに向かう光線は光軸に平行に進む。
- ・レンズの中心を通る光線は直進する。

光線の進み方は、図のように表される。

別紙 28-6

107-62 (番号入る)

凸レンズによる実像

製作権について

凸レンズによる実像

107-62 (番号入る) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 2 レンズと鏡 / 凸レンズによる実像

別紙 28-7

p.190 問16

凸レンズの式「 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ 」から、

$$\frac{1}{42} + \frac{1}{b} = \frac{1}{14} \quad \frac{1}{b} = \frac{1}{21} \quad b = 21\text{cm}$$

レンズの後方 21cm の位置

倍率 m は、

$$m = \frac{b}{a} = \frac{21}{42} = 0.50\text{倍}$$

別紙 28-8

p.191 問17

凸レンズの式「 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ 」から、

$$\frac{1}{10} + \frac{1}{b} = \frac{1}{15} \quad \frac{1}{b} = \frac{1}{30} \quad b = 30\text{cm}$$

レンズの前方 30cm の位置

倍率 m は、

$$m = \frac{b}{a} = \frac{30}{10} = 3.0\text{倍}$$

別紙 28-9

p.191 問18

光軸に平行に進む光線、レンズの中心を通る光線、焦点 F を通る光線をそれぞれ置き、その交点の位置に像ができる。

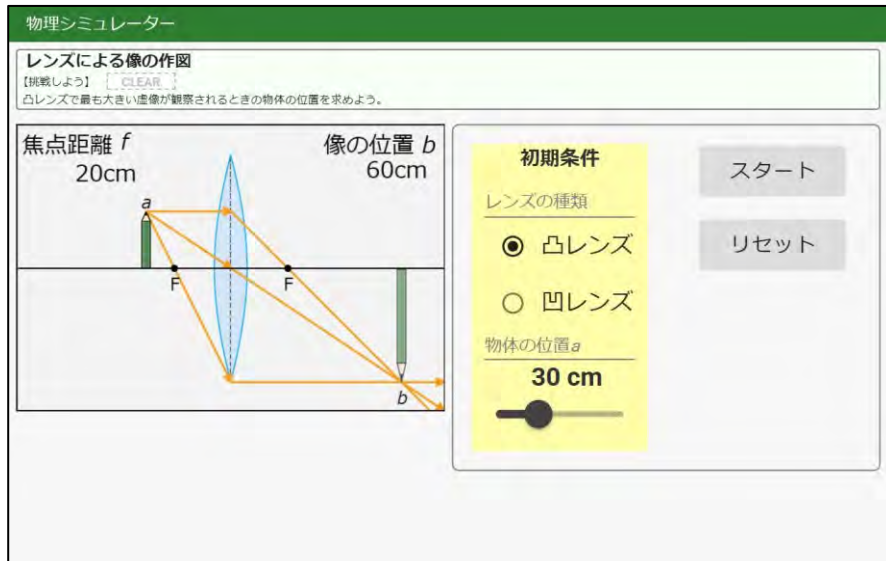
別紙 28-10



別紙 28-11



別紙 28-12



別紙 28-13



