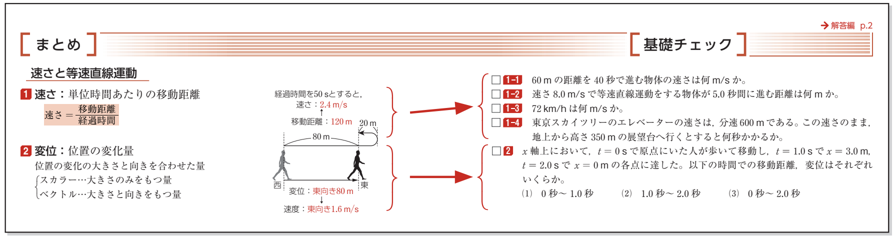
はじめに

高校物理分野の学習事項は，「物理基礎」と「物理」に分かれています。
本書は，高校「物理基礎」の分野を効率的に学習できるように，また基本事項の理解から大学入試まで対応できるように，基本的な内容から応用的な内容まで段階的に構成し，各レベルごとに厳選した典型的な問題を多数取り上げています。

まとめ　「物理基礎」の学習内容をわかりやすく，理解しやすいように，要点と図を中心にまとめています。

基礎チェック　学習事項の理解を確認できるように基礎的な問題で構成しています。まとめの番号と対応しているので，一つ一つの要点をその場で確認できます。


→解答編　p.2

［まとめ］

速さと等速直線運動

1 速さ：単位時間あたりの移動距離

速さ＝$\dfrac{移動距離}{経過時間}$

2 変位：位置の変化量

位置の変化の大きさと向きを合わせた量

スカラー…大きさのみをもつ量
ベクトル…大きさと向きをもつ量

［基礎チェック］

□ 1-1　60 m の距離を 40 秒で進む物体の速さは何 m/s か。
□ 1-2　速さ 8.0 m/s で等速直線運動をする物体が 5.0 秒間に進む距離は何 m か。
□ 1-3　72 km/h は何 m/s か。
□ 1-4　東京スカイツリーのエレベーターの速さは，分速 600 m である。この速さのまま，地上から高さ 350 m の展望台へ行くとすると何秒かかるか。
□ 2　x 軸上において，$t=0$ s で原点にいた人が歩いて移動し，$t=1.0$ s で $x=3.0$ m，$t=2.0$ s で $x=0$ m の各点に達した。以下の時間での移動距離，変位はそれぞれいくらか。
(1)　0 秒～ 1.0 秒　　(2)　1.0 秒～ 2.0 秒　　(3)　0 秒～ 2.0 秒

▲ p.10, 11

基本例題　各項目において，基本的な問題で構成しています。考え方を示し，問題の解法を習得できるようにしています。

基本問題　基本的・典型的な問題で構成しています。これらの問題を解くことによって，学習事項の理解が定着できるように留意しています。

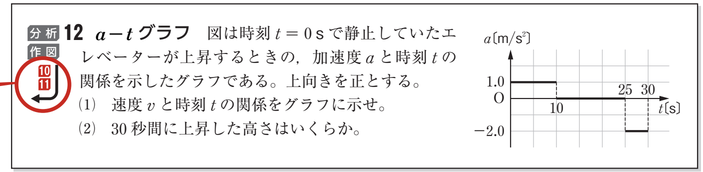
ここまでは，定期考査レベルの問題で構成しています。
どの問題も学習事項の定着に不可欠な問題です。

応用例題　標準的な問題の複合問題を取り上げています。考え方を丁寧に示しているので，解法を習得できるようにしています。

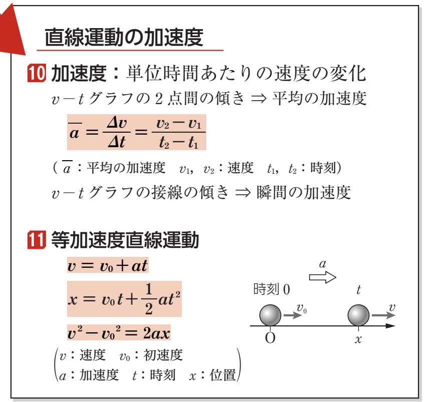
応用問題　大学入試頻出の，典型的かつ重要な問題につながるような問題を取り上げ，学習事項の深化と実力錬成が行えるようにしています。この応用問題を解いていけば，大学入試レベルの実力が育成できます。

総合問題　巻末に大学入学共通テストや二次・私大入試対策問題を掲載しています。応用問題までの問題解法を踏まえて，解いてみましょう。

↵　『まとめ』の何番を見返せばよいか一目でわかるように示しています。


分析 作図 **12**　**$a-t$ グラフ**　図は時刻 $t=0$ s で静止していたエレベーターが上昇するときの，加速度 a と時刻 t の関係を示したグラフである。上向きを正とする。
10 11
(1)　速度 v と時刻 t の関係をグラフに示せ。
(2)　30 秒間に上昇した高さはいくらか。

▲ p.26


直線運動の加速度

10 加速度：単位時間あたりの速度の変化

$v-t$ グラフの 2 点間の傾き ⇒ 平均の加速度

$$\overline{a}=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v_2-v_1}{t_2-t_1}$$

（$\overline{a}$：平均の加速度　v_1，v_2：速度　t_1，t_2：時刻）

$v-t$ グラフの接線の傾き ⇒ 瞬間の加速度

11 等加速度直線運動

$$v=v_0+at$$

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

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

（v：速度　v_0：初速度
a：加速度　t：時刻　x：位置）

◀ p.12「まとめ」

問題アイコン
- 日常　身のまわりや日常に関連する内容を題材にした問題
- 実験　物理実験を題材にした問題
- 分析　表やグラフの読み取りなど，思考を伴う問題
- 作図　図示したりグラフを描いたりする問題
- 記述　用語や理由を記述する問題
- 対話　対話形式の問題

物理　「物理」で学習する内容には，一目でわかるようにマークを付けて示しています。

自己評価 ABC　各問題に対しての自己評価を，評価例を参考にして記入しよう。解けなかった問題は解説を読んで確認し，再度解き直そう。解けた問題も解説を読んで理解を深めよう。

解答 別冊解答　巻末に正解を掲載しています。別冊解答には，例題と同様の，詳しく丁寧な考え方（解説）を示し，自学自習にも対応できるように解説しています。

※本書に掲載している問題のうち，問題の最後に掲載している学校名は，入試問題の出題学校名です。
入試問題は，原則，改題しています。

目次

1編

物体の運動とエネルギー

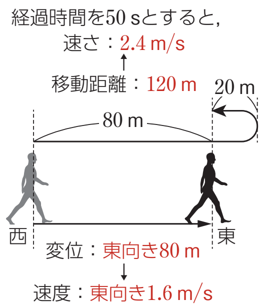
→ 解答編 p.2

まとめ

速さと等速直線運動

1 速さ：単位時間あたりの移動距離

$速さ = \dfrac{移動距離}{経過時間}$



2 変位：位置の変化量

位置の変化の大きさと向きを合わせた量

{スカラー…大きさのみをもつ量
ベクトル…大きさと向きをもつ量

3 速度：単位時間あたりの変位

速さと向きを合わせた量

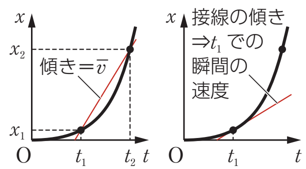
速度の大きさ ＝ 速さ

$x-t$ グラフの 2 点間の傾き ⇒ 平均の速度

$$\overline{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

（$\overline{v}$：平均の速度　x_1，x_2：位置　t_1，t_2：時刻）

$x-t$ グラフの接線の傾き ⇒ 瞬間の速度

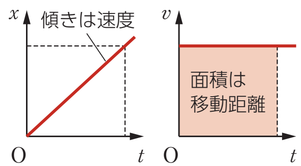


4 等速直線運動

$x-t$ グラフの傾き ⇒ 速度

$x = vt$（x：位置　v：速度　t：時刻）

$v-t$ グラフの面積 ⇒ 移動距離

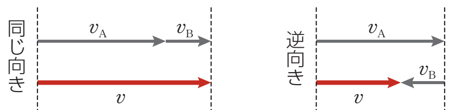


5 速度の合成（一直線上）

$$v = v_A + v_B$$

（v：合成速度　v_A，v_B：A，B の速度）

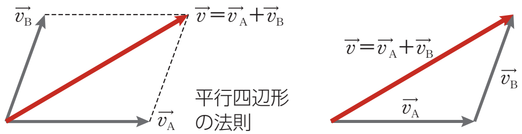
※正の向きを決め，逆向きのときは負の値を代入する。



物理 **6 速度の合成（平面上）**

$$\vec{v} = \vec{v_A} + \vec{v_B}$$

※平行四辺形の法則を用いて考える。



ベクトルについては後見返し⑥を参照。

基礎チェック

□ **1-1** 60 m の距離を 40 秒で進む物体の速さは何 m/s か。

□ **1-2** 速さ 8.0 m/s で等速直線運動をする物体が 5.0 秒間に進む距離は何 m か。

□ **1-3** 72 km/h は何 m/s か。

□ **1-4** 東京スカイツリーのエレベーターの速さは，分速 600 m である。この速さのまま，地上から高さ 350 m の展望台へ行くとすると何秒かかるか。

□ **2** x 軸上において，$t = 0$ s で原点にいた人が歩いて移動し，$t = 1.0$ s で $x = 3.0$ m，$t = 2.0$ s で $x = 0$ m の各点に達した。以下の時間での移動距離，変位はそれぞれいくらか。

(1) 0 秒～ 1.0 秒　(2) 1.0 秒～ 2.0 秒　(3) 0 秒～ 2.0 秒

□ **3-1** 以下の物理量をベクトル量，スカラー量に分けよ。

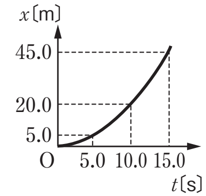
移動距離，変位，速さ，速度，時間，加速度，密度，質量，力

□ **3-2** 図は，初め x 軸上の原点に静止していた物体の $x-t$ グラフである。

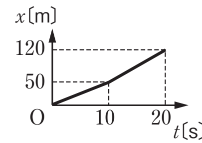
(1) 0 秒～ 5.0 秒の間の平均の速度の大きさは何 m/s か。

(2) 5.0 秒～ 10.0 秒の間の平均の速度の大きさは何 m/s か。

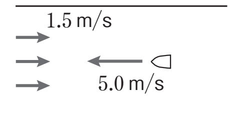
(3) 10.0 秒～ 15.0 秒の間の平均の速度の大きさは何 m/s か。



□ **4** 図は物体の位置 x〔m〕と時刻 t〔s〕の関係を表すグラフである。この物体の速度 v〔m/s〕と時刻 t〔s〕の関係を表すグラフをつくれ。



□ **5** 速さ 1.5 m/s で流れている川がある。静水上で 5.0 m/s の速さで進むことができる船を流れに逆らって進めたとき，岸から見た船の速度はいくらか。



物理 □ **6** 東向きに 2.0 m/s で進む船上を，北向きに 2.0 m/s で動く人がいる。岸から見るとこの人はどの向きに何 m/s の速さで進んでいるように見えるか。

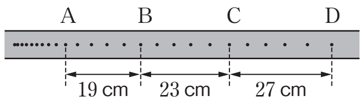
解答 図は p.170 参照

1-1 1.5 m/s　**1-2** 40 m　**1-3** 20 m/s　**1-4** 35 秒　**2** (1) 3.0 m，3.0 m (2) 3.0 m，－3.0 m　(3) 6.0 m，0 m　**3-1** ベクトル量：変位，速度，加速度，力 スカラー量：移動距離，速さ，時間，密度，質量　**3-2** (1) 1.0 m/s　(2) 3.0 m/s　(3) 5.0 m/s **5** 川の流れとは逆向きに 3.5 m/s　**6** 北東の向きに 2.8 m/s

自己評価：基礎チェック Ⓐ Ⓑ Ⓒ
評価例）何も見ずに解けた→A　教科書やノートを見ながら解けた→B　解けなかった→C

実験 基本例題 1 記録テープを使った実験

力学台車の後方に記録テープを付け，1 秒間に 50 打点する記録タイマーに通して，水平面内で一定の力で引っ張ったところ，テープには図のような打点が記録された。点 A を時刻 0 秒とし，5 打点（0.10 秒）ごとの打点が B，C，D となっている。



(1) AB 間，BC 間，CD 間の平均の速さをそれぞれ求めよ。
(2) 点 A から D までの平均の速さを求めよ。

考え方 平均の速さは，$\dfrac{\text{移動距離}}{\text{経過時間}}$ から求める。

解説

1 cm ＝ 10^{-2} m（0.01 m）

(1) AB 間は，0.10 秒で 19 cm（＝ 0.19 m）移動したことになるので，

$\dfrac{0.19}{0.10} = 1.9$ m/s

同様に，BC 間は，0.10 秒で 23 cm（＝ 0.23 m）移動したことになるので，

$\dfrac{0.23}{0.10} = 2.3$ m/s

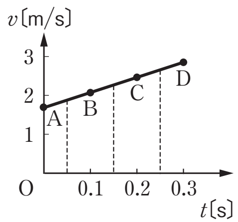
CD 間は，0.10 秒で 27 cm（＝ 0.27 m）移動したことになるので，

$\dfrac{0.27}{0.10} = 2.7$ m/s

(2) AD 間は，0.30 秒の間に 19 ＋ 23 ＋ 27 ＝ 69 cm（＝ 0.69 m）移動したことになるので，

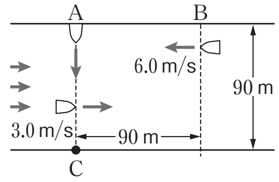
$\dfrac{0.69}{0.30} = 2.3$ m/s

補足 ある区間の平均の速さは，その区間の中央時刻における瞬間の速さととらえることができる。(1)の結果から，
$t = 0.05$ s で $v = 1.9$ m/s，$t = 0.15$ s で $v = 2.3$ m/s，
$t = 0.25$ s で $v = 2.7$ m/s とわかるので，これをもとに $v-t$ グラフを描くと右図のようになる。また，(2)の結果より，瞬間の速さが $t = 0.15$ s で $v = 2.3$ m/s となり，(1)の結果と合致する。



5 6 基本例題 2 速度の合成

流れの速さが 3.0 m/s の川を，静水時での速さが 6.0 m/s のボートで移動する。AB 間の距離と川幅はいずれも 90 m とする。



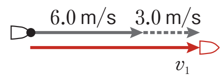
(1) 以下の場合について，ボートの速さ及び到達時間をそれぞれ求めよ。
① 流れと同じ向きに A から B へ向かう。
② 流れと逆向きに B から A へ向かう。

物理 (2) 以下の場合について，ボートの速さ及び到達時間をそれぞれ求めよ。②については，ボートの先端をどの向きに向ければよいかも答えよ。
① A から流れと垂直の向きにこぎ出して対岸へ向かう。
② A からこぎ出して，対岸の点 C に移動する。

考え方 2 つのベクトルを合成することにより，合成速度を求める。

解説 ボートの進む向きを正とする。

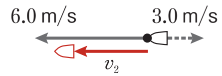
(1) ① 同じ向きのベクトルの合成なので，右図より，



$v_1 = 6.0 + 3.0 = 9.0$ m/s

到達時間は，$t_1 = \dfrac{90}{9.0} = 10$ s

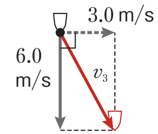
② 逆向きのベクトルの合成なので，右図より，



$v_2 = 6.0 + (-3.0) = 3.0$ m/s

到達時間は，$t_2 = \dfrac{90}{3.0} = 30$ s

(2) ① 垂直となるベクトルの合成なので，右図より，

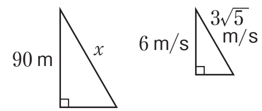


$v_3 = \sqrt{6.0^2 + 3.0^2} = 3.0\sqrt{5} = 3.0 \times 2.24 = 6.72 \fallingdotseq 6.7$ m/s

ボートの速度の岸に垂直な成分は 6.0 m/s なので，

到達時間は，$t_3 = \dfrac{90}{6.0} = 15$ s

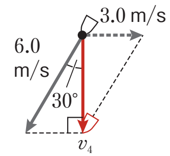
別解 実際にボートが進む距離を x とすると，右図の三角形の相似より，



$x : 90 = 3\sqrt{5} : 6$　　よって，$x = 45\sqrt{5}$ m

この距離を $v = 3\sqrt{5}$ m/s で進むので，$t_3 = \dfrac{45\sqrt{5}}{3\sqrt{5}} = 15$ s

② 右図より，流れと垂直の向きから上流側に 30° の向きへ先端を向ける必要がある。また，合成速度 v_4 と到達時間 t_4 は，



$v_4 = 6.0\cos 30° = 6.0 \times \dfrac{\sqrt{3}}{2} = 3.0\sqrt{3}$

$= 3.0 \times 1.73 = 5.19 \fallingdotseq 5.2$ m/s

$t_4 = \dfrac{90}{3.0\sqrt{3}} = 10\sqrt{3} = 10 \times 1.73 = 17.3 \fallingdotseq 17$ s

別解 $v_4 : 6.0 = \sqrt{3} : 2$　　$2v_4 = 6.0\sqrt{3}$
$v_4 = 3.0\sqrt{3} = 3.0 \times 1.73 = 5.19 \fallingdotseq 5.2$ m/s

→ 解答編 p.4 ～ 21

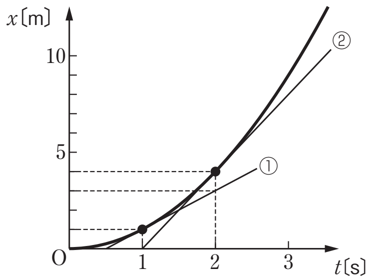
基本問題

日常 **1 速さ**　以下の(1)，(2)の問いに答えよ。

(1)　30 分で 27 km 走る自動車の速さは何 m/s か。また，何 km/h か。

(2)　野球でピッチャーが速さ 144 km/h で投げたボールは，バッターまで何秒で達するか。ピッチャーからバッターまでの距離を 20 m とする。

分析 **2 平均の速度と瞬間の速度**　図は，x 軸上を運動する物体の $x-t$ グラフである。図中①の直線は $t=1.0$ s における接線，②の直線は $t=2.0$ s における接線である。



(1)　時刻 1.0 秒から 2.0 秒の間の平均の速度はいくらか。

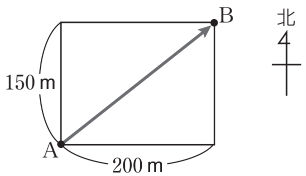
(2)　時刻 1.0 秒及び 2.0 秒での瞬間の速度はそれぞれいくらか。

3 速度の合成　川幅が d〔m〕の川があり，一定の速さ v〔m/s〕で水が流れている。この川を静水中において速さ V〔m/s〕で進む船で航行することを考える。ただし，$V>v$ とする。

(1)　この船が川の流れに沿って，L〔m〕を往復する時間はいくらか。また，往復する間での船の平均の速さはいくらか。

物理 (2)　この船が川の流れに直角に，川幅 d〔m〕を往復する時間はいくらか。また，その往復する間における船の平均の速さはいくらか。

物理 **4 速度の分解**　ある人が，右図のような長方形の運動場を，点 A から点 B まで敷地の対角線に沿って一定の速さで走り，点 B まで達するのに 50 秒かかったとする。

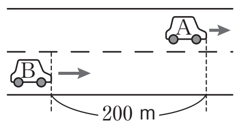


(1)　この人の速さはいくらか。

(2)　この人の北向きの速さ（速度の北向き成分），東向きの速さ（速度の東向き成分）はそれぞれいくらか。

(3)　点 A から出発して 10 秒後，この人は点 A からどの位置にいるか。北へ何 m，東へ何 m と答えよ。

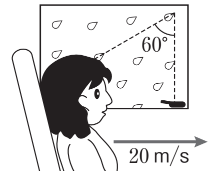
日常 **5 相対速度**　東西方向に伸びる高速道路を，東向きに速さ 20 m/s で進む自動車 A の 200 m 後方を，自動車 B が東向きに速さ 25 m/s で進んでいる。



(1)　自動車 B に対する自動車 A の相対速度を求めよ。

(2)　自動車 B が自動車 A に追いつくまでに何秒かかるか。

物理 日常 **6 雨滴の落下する速さ**　走る電車の窓から雨滴を見たら，雨滴は鉛直方向と 60° の角をなして落下していた。窓の外は無風で，電車は水平なレール上を 20 m/s の速さで走っていた。



(1)　地面に対する雨滴の速さを求めよ。

(2)　乗客に対する雨滴の速さを求めよ。

実験 **7 運動の解析**　図 1 のように，滑らかな斜面上に毎秒 50 打点を打つ記録タイマーを固定し，記録テープを通して台車に貼り付けてから，台車を静かに手放した。5 打点ごとにテープの長さを測定した結果を図 2 に示す。台車の加速度の大きさは何 m/s² か。

図 1

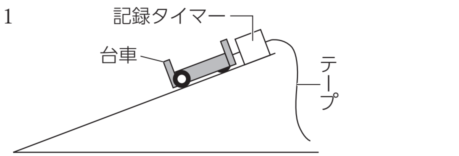
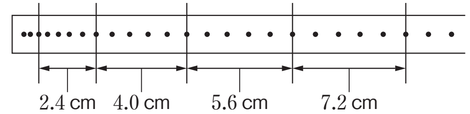
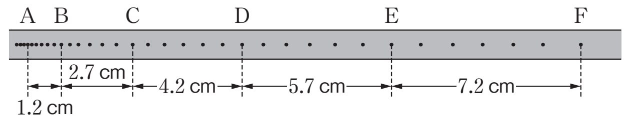


図 2



実験 **8 記録テープの処理**　台車の後方に記録テープを付けて，それを 1.0 秒間に 60 回打点する記録タイマーに通した。水平な台上で，台車の前方を一定の力で引っ張ったところ，テープには上図のような打点が記録された。点 A を時刻 $t=0$ s とし，6 打点（0.10 秒）ごとの打点を B，C，…，F とした。

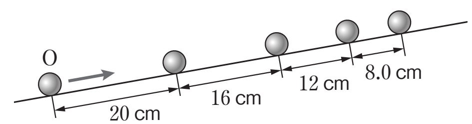


(1)　AB，BC，…，EF の各区間の平均の速さ〔m/s〕をそれぞれ求めよ。

(2)　$v-t$ グラフを利用して，台車の加速度を求めよ。

(3)　点 A での速さはいくらと考えられるか。

作図 **9 斜面における加速度運動の $v-t$ グラフ**　図は球が斜面を時刻 $t=0$ s で点 O から等加速度直線運動を始めたようすを 0.20 秒ごとに記したものである。斜面に沿って上向きを正とする。

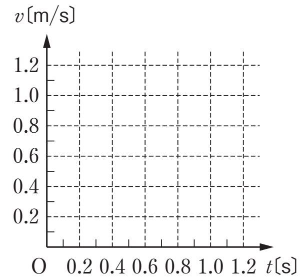


(1)　球の運動について，$v-t$ グラフをつくれ。

(2)　球の加速度はいくらか。

(3)　この運動の $t=0$ s における速さはいくらか。

(4)　球が斜面上で，点 O から上向きに最も遠ざかるのは何秒後か。そのとき，点 O から何 m 離れているか。

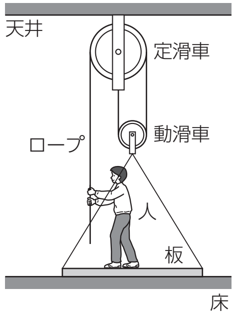


自己評価：1 Ⓐ Ⓑ Ⓒ　2 Ⓐ Ⓑ Ⓒ　3 Ⓐ Ⓑ Ⓒ　4 Ⓐ Ⓑ Ⓒ　5 Ⓐ Ⓑ Ⓒ　6 Ⓐ Ⓑ Ⓒ　7 Ⓐ Ⓑ Ⓒ　8 Ⓐ Ⓑ Ⓒ　9 Ⓐ Ⓑ Ⓒ

17 18 22

応用例題 5 滑車につるした台上の人

右図のように，天井に固定した定滑車と板をつり下げた動滑車からなる装置の板の上に人が乗り，ロープの一端をゆっくりと鉛直下方に引いて板を床面から浮き上がらせたい。重さは人が 500 N，板が 60 N，動滑車が 40 N である。定滑車とロープの重さは無視する。



(1) 人がロープを下向きに引く力の大きさを F〔N〕，人が板を下向きに押す力の大きさを N〔N〕，床面が板を上向きに押す力の大きさを R〔N〕とする。
　① 人にはたらく力のつり合いの式を示せ。
　② 動滑車と板にはたらく力のつり合いの式を示せ。
　③ R を F を用いて表せ。

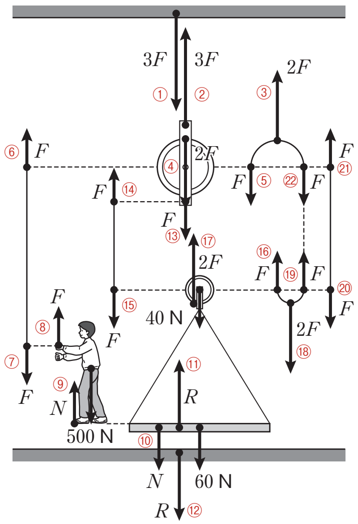
(2) 板を床面から浮き上がらせるには，ロープの一端を何 N の力で引けばよいか。

(3) 板が床面から浮き上がっているとき，天井には何 N の力がかかっているか。

考え方 人，板，滑車にはたらく力を図示し，それぞれ力のつり合いの式をつくる。

KEY WORD
板が床面から浮き上がる…床面が板を上向きに押す力（垂直抗力）が 0。

解説



(1) 装置などにはたらく力は右図の通り（意図的に分解した）。
　① 人にはたらく力のつり合いの式は，
　　$F+N=500$
　② 動滑車と板にはたらく力のつり合いの式は，
　　$2F+R=N+40+60$
　③ ①，②の 2 式より N を消去して，
　　$R=600-3F$

(2) 板が床面から浮き上がるとき，床面が板を上向きに押す力の大きさが 0 であるので，(1)③より，
$R=600-3F=0$ となり，$F=200$ N

別解 天井は 3 つの重さの総和 $500+60+40=600$ N を支えている。定滑車に注目すると，3 本のロープによる下向きの張力の和がこの重さの総和に等しいので，$3F=600$ となり，$F=200$ N

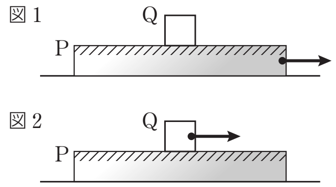
(3) 図のように，定滑車には下向きに大きさ $3F$〔N〕の力がはたらいている。定滑車にはたらく力のつり合いにより，天井から引かれる力の大きさは $3F$〔N〕となる。この反作用の力が天井に下向きにかかっている。よって，
$3\times200=600$ N

補足 右上図で，作用・反作用の 2 力は，①と②，③と④，⑤と⑥，⑦と⑧，⑨と⑩，⑪と⑫，⑬と⑭，⑮と⑯，⑰と⑱，⑲と⑳，㉑と㉒

対話 18 22 23 24

応用例題 6 重ねた 2 物体の運動

滑らかな水平面上に質量 M の物体 P を置き，その上に質量 m の小物体 Q を載せて静止させておく。P と Q の間の静止摩擦係数を μ とし，重力加速度の大きさを g とする。以下，A さんと B さんの会話の空欄①〜⑥には語群から適語を選び（同じ言葉を何度使用してもよい），（ア）〜（ケ）には適当な式を入れよ。



A：図 1 のように，P に糸を付けて水平に引っ張るときと，図 2 のように Q に糸を付けて引っ張るときとで，P，Q にはたらく水平方向の摩擦力の向きに違いはあるのかな？

B：どちらの場合も，P と Q の間に摩擦がない場合を考えたらわかりやすいんじゃないかな。図 1 の場合，摩擦がなければ P だけが右向きに運動し，（　①　）により Q はその場に静止し続けるよね。摩擦力は運動を妨げる向きにはたらくから，P にはたらく摩擦力の向きは，P の運動を妨げる向き，つまり（　②　）になるね。そうすると，Q にはたらく摩擦力の向きは（　③　）によって（　④　）になるよ。

A：図 2 の場合も同様に考えると，Q にはたらく摩擦力の向きは（　⑤　）で，P にはたらく摩擦力の向きは（　⑥　）ということになるね。

B：図 1 も図 2 も引く力を大きくしていくと，Q が P の上を滑り始めるときがくると思うけど，そのときの力の大きさは同じなのか，違うのか知りたいね。

A：じゃあ，考えてみようよ。滑り始める直前だから摩擦力は最大摩擦力で，ぎりぎり P も Q も同じ加速度だと考えていいよね。図 1 のときの引く力の大きさを F_1，加速度の大きさを a_1 として，図 2 のときの引く力の大きさを F_2，加速度の大きさを a_2 としてそれぞれ運動方程式を立てると，

〈図 1 のとき〉	〈図 2 のとき〉
P の運動方程式：（　ア　）	P の運動方程式：（　ウ　）
Q の運動方程式：（　イ　）	Q の運動方程式：（　エ　）

これらから，$a_1=$（　オ　），$F_1=$（　カ　），$a_2=$（　キ　），$F_2=$（　ク　）となるよね。

B：そっかぁ。じゃあ，$F_1=F_2$ となるのは，（　ケ　）のときだね。

【語群】

水平右向き，水平左向き，慣性の法則，運動の法則，作用・反作用の法則

考え方 P について水平方向の運動方程式を立てるときには，Q の質量 m を加えないこと。

KEY WORD
摩擦力…摩擦がないとき，物体が動こうとする向きとは逆向きにはたらく。

自己評価：5 Ⓐ Ⓑ Ⓒ　6 Ⓐ Ⓑ Ⓒ

実験問題

→ 解答編 p.118～124

1 斜面上の力学台車の運動

高校生のアヤとケンは，図1のような実験装置を用いて斜面上を力学台車が下るときの運動を記録タイマーを用いて調べた。下の表1は記録テープの打点を0.10秒ごとに読み取り整理したものの一部である。ただし，変位，速度，加速度は斜面に平行下向きを正としてまとめている。

図1

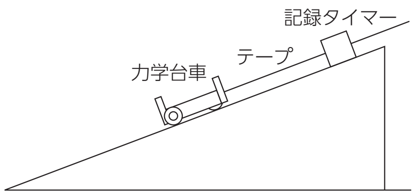


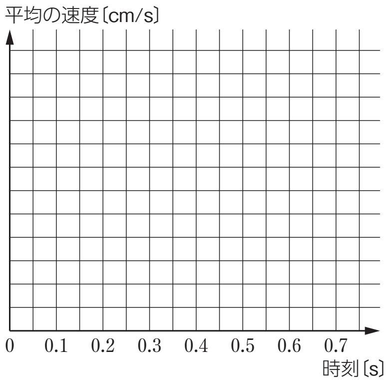
表1

時刻〔s〕	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
開始点からの位置〔cm〕	0	4.27	9.40	15.39	22.21	29.86	38.31	47.60
各区間の変位〔cm〕								
平均の速度〔cm/s〕					ア			

(1) 表1内の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ に適する数値を答えよ。

(2) 表1から，力学台車の速度と時刻の関係のグラフを右図に描け。

(3) (2)で描いたグラフから，力学台車の加速度の大きさは何 $\mathrm{cm/s^2}$ か。



上記の実験の後，アヤとケンは，斜面の下方から上方に向かって力学台車に初速度を与えた場合，斜面を上昇しているときの加速度の大きさが，図1の実験のときと同じかどうか疑問に思った。そこで，同じ斜面と力学台車を用いて，図2のように斜面の下方に固定した記録タイマーに記録テープを通して力学台車に付け，台車に斜面平行に上向きの初速度を与えた。記録テープを解析したところ，図3のような，斜面に平行上向きを正とした台車の速度と時刻の関係のグラフを得た。

図2

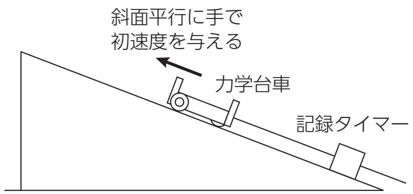
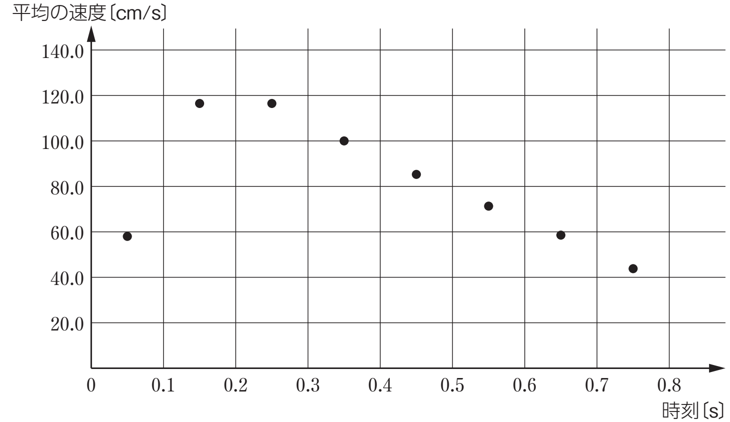


図3



(4) 次のアヤとケンの2人の会話が科学的に正しい文となるように，（　　）内に適する数値，語句，記号，式などをそれぞれ答えよ。

アヤ：実験は事前に仮説を立てておくことが大切ね。力学台車が斜面を下降するときも，斜面を上昇するときも，同じように重力がはたらく運動に変わりがないから，どちらも同じ加速度で等加速度直線運動をすると予想していたの。この予想は，図3の時刻が（　①　）秒以降のグラフが（　②　）になっていることからそれが正しいと検証できたわ。

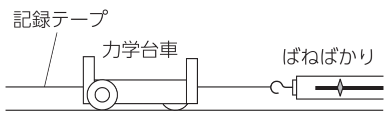
ケン：そうだね。でも，よく値を比べると，図1の斜面を下る実験の台車の加速度の大きさを a_1，図2の斜面を上る実験の台車の加速度の大きさを a_2 とすると，$a_1 = a_2$ ではなくて，a_1（　③　）a_2 という不等式が成り立つんだ。

アヤ：力学台車の進む向きと逆向きに動摩擦力や記録タイマーからの抵抗力がはたらくことが無視できないからかな？これらの逆向きにはたらく抵抗力の大きさが一定で，その大きさを F として図1の台車について運動方程式を立てると，$ma_1 = mg\sin\theta - F$ となるわ。ただし，m は力学台車の質量，g は重力加速度の大きさ，θ は斜面が水平となす角度よ。

ケン：じゃあ，図2の場合は，$ma_2 =$（　④　）となるね。なるほど…。F が無視できれば $a_1 = a_2$ となるのか。よしっ，この F を小さくする工夫をしてもう一度実験するぞ。

2 運動の法則

下記の【実験1】～【実験3】は，力学台車に記録テープを付け，ばねばかりで引いたときの力学台車の運動を調べる実験である。次の各問いに答えよ。



→ 解答編 p.125～129

総合問題（大学入学共通テスト対策）

1 滑らかな斜面上の点 O（$x=0$）から，初速度の大きさや斜面の傾きを変えて小物体を滑らせた。

(1) 下の文章中の空欄 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{3}$ に入れる語句または記号として最も適当なものを，それぞれの直後の｛ ｝で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。 $\boxed{1}$ $\boxed{2}$ $\boxed{3}$

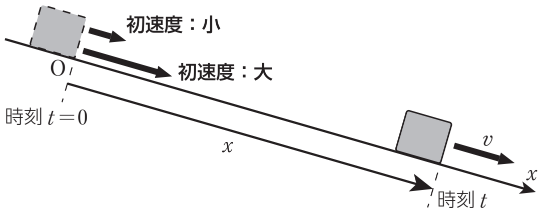


図 1

図 1 のように，初速度を変えて小物体を滑らせ，時刻 t における小物体の速度 v と変位 x を測定した。ただし，点 O の時刻を $t=0$ とし，斜面に沿って下向きを正の向きとする。このとき，時刻 t における小物体の速度 v を表すグラフは，図 2 の $\boxed{1}$ ｛① ア ② イ ③ ウ ④ エ ⑤ オ ⑥ カ｝である。

その理由は，加速度の大きさは，$\boxed{2}$ ｛① 初速度が大きいほど大きく， ② 初速度の大きさによらず， ③ 初速度が大きいほど小さく，｝

$\boxed{3}$ ｛① 経過時間の 2 乗に比例する ② 経過時間に比例する ③ 経過時間によらない｝ためである。

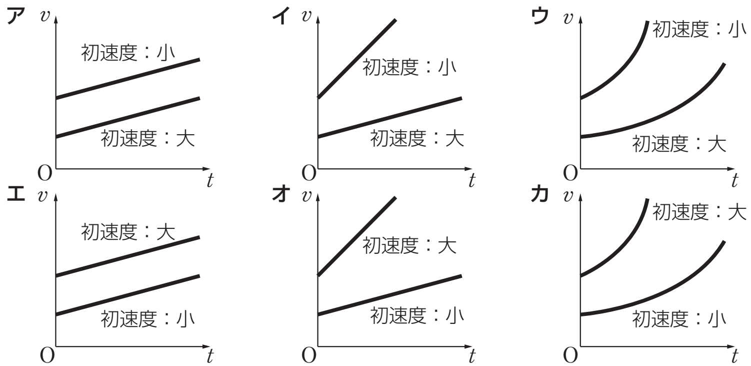


図 2

(2) 下の文章中の空欄 $\boxed{4}$ ～ $\boxed{6}$ に入れる語句または記号として最も適当なものを，それぞれの直後の｛ ｝で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。 $\boxed{4}$ $\boxed{5}$ $\boxed{6}$

(1)と同様に初速度を小，大と変えて小物体を滑らせたとき，時刻 t における小物体の変位 x を表すグラフは，図 3 の $\boxed{4}$ ｛① ア ② イ ③ ウ ④ エ ⑤ オ ⑥ カ｝となる。その理由は，時刻 $t=0$ でのグラフの接線の傾きが，

$\boxed{5}$ ｛① 初速度が大きいほど大きく ② 初速度によらず同じに ③ 初速度が大きいほど小さく｝なり，同じ時刻（$t>0$）での変位が，

$\boxed{6}$ ｛① 初速度が大きいほど大きく ② 初速度によらず同じに ③ 初速度が大きいほど小さく｝なるためである。

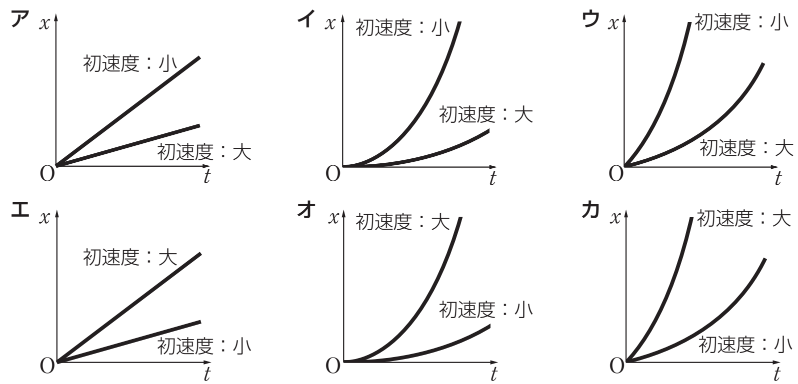


図 3

(3) 下の文章中の空欄 $\boxed{7}$ ～ $\boxed{9}$ に入れる語句または記号として最も適当なものを，それぞれの直後の｛ ｝で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。
$\boxed{7}$ $\boxed{8}$ $\boxed{9}$

図 4 のように，斜面の傾きを変えて小物体を時刻 $t=0$ に点 O で静かに放し，時刻 t における小物体の速度 v と変位 x を測定した。ただし，速度 v および変位 x の向きは，それぞれの斜面に沿って下向きを正の向きにとるものとする。このとき，時刻 t における小物体の速度 v を表すグラフは，図 5 の $\boxed{7}$ ｛① ア ② イ ③ ウ ④ エ｝となる。

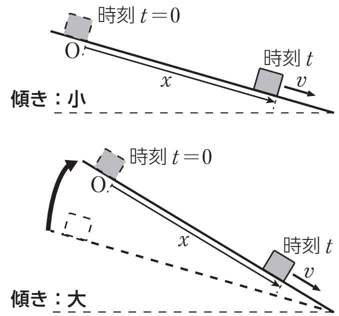


図 4

運動の表し方

→ 問題編　p.11,13,15

基礎チェック

□ **1-1**　$v=\frac{x}{t}=\frac{60}{40}=$ 1.5 m/s

□ **1-2**　$x=vt=8.0\times5.0=$ 40 m

□ **1-3**　72 km/h $=\frac{72\times10^3\,\mathrm{m}}{3600\,\mathrm{s}}=$ 20 m/s

□ **1-4**　分速 600 m は，$\frac{600\,\mathrm{m}}{60\,\mathrm{s}}=10$ m/s であるので，所要時間は，

$t=\frac{x}{v}=\frac{350\,\mathrm{m}}{10\,\mathrm{m/s}}=35$ s　　35 秒

□ **2**　(1)　移動距離は，$x=|x_2-x_1|=3.0-0=$ 3.0 m，
変位は，$x=x_2-x_1=3.0-0=$ 3.0 m
(2)　移動距離は，$x=|x_2-x_1|=|0-3.0|=$ 3.0 m，
変位は，$x=x_2-x_1=0-3.0=$ -3.0 m
(3)　移動距離は，$x=3.0+3.0=$ 6.0 m，変位は，$x=x_2-x_1=0-0=$ 0 m

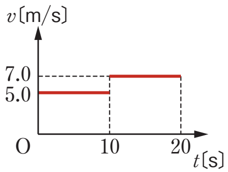
□ **3-1**　ベクトル量は，大きさと向きをもつもので，変位，速度，加速度，力
スカラー量は，大きさのみをもつもので，移動距離，速さ，時間，密度，質量

□ **3-2**　(1)　$\bar{v}=\frac{5.0-0}{5.0-0}=$ 1.0 m/s

(2)　$\bar{v}=\frac{20.0-5.0}{10.0-5.0}=$ 3.0 m/s

(3)　$\bar{v}=\frac{45.0-20.0}{15.0-10.0}=$ 5.0 m/s

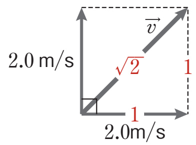
□ **4**　$t=0$ s ～ 10 s の間の速度は，$v=\frac{50-0}{10-0}=5.0$ m/s となる。
同様に，$t=10$ s ～ 20 s の間の速度は，
$v=\frac{120-50}{20-10}=7.0$ m/s となる。
グラフにすると，右図のようになる。



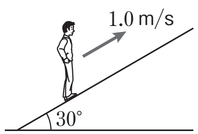
□ **5**　川の流れる向きを正として，合成速度を求めると，$v=1.5+(-5.0)=-3.5$ m/s となるので，この船は，川の流れとは逆向きに 3.5 m/s で進むことになる。

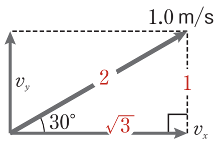
□ **6**　右図のように進むので，合成速度は，
$v=2.0\sqrt{2}=2.0\times1.41=2.82$ m/s
よって，北東の向きに 2.8 m/s

本書では，三角形の辺の比を右図のように赤字で表す。



□ **7**　エスカレーターに乗る人は，下図のように進むので，この人の速度の水平成分は，
$v_x=1.0\cos30^\circ$
$=1.0\times\frac{\sqrt{3}}{2}=\frac{1.73}{2}=0.865\fallingdotseq$ 0.87 m/s
速度の鉛直成分は，



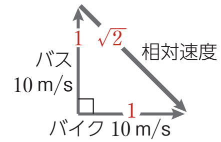


$v_y=1.0\sin30^\circ=1.0\times\frac{1}{2}=$ 0.50 m/s

別解　三角比を学習していない場合は，三角形の辺の長さの比で求めることができる。
$v_x:1.0=\sqrt{3}:2$
$v_x=1.0\times\frac{\sqrt{3}}{2}\fallingdotseq0.87$ m/s
$v_y:1.0=1:2$
$v_y=1.0\times\frac{1}{2}=0.50$ m/s

□ **8**　バスに対する自動車の相対速度は，北向きを正として，$v_{バ自}=v_{自}-v_{バ}=15-10=5$ m/s
よって，相対速度は，北向きに 5 m/s

□ **9**　バスに対するバイクの相対速度は，右図より，
大きさは，$10\sqrt{2}=10\times1.41=14.1\fallingdotseq$ 14 m/s
向きは，南東向きとなる。



□ **10**　平均の加速度の大きさは，$\bar{a}=\frac{8.0-4.0}{9.0-5.0}=$ 1.0 m/s²

□ **11**　(1)　$v=v_0+at$ より，$v=0+0.20\times6.0=$ 1.2 m/s
(2)　$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ より，$x=0\times10+\frac{1}{2}\times0.20\times10^2=$ 10 m
(3)　$v^2-v_0{}^2=2ax$ より，$v^2-0^2=2\times0.20\times40$
$v^2=16$　　$v>0$ より，$v=$ 4.0 m/s

□ **12**　物体が落下運動するときの加速度を（　重力加速度　）といい，その大きさは，地球上ではおよそ（　9.8　）m/s² で，向きは（　鉛直下　）向きである。

□ **13-1**　$v=gt$ より，$v=9.8\times1.0=$ 9.8 m/s，$y=\frac{1}{2}gt^2$ より，$y=\frac{1}{2}\times9.8\times1.0^2=$ 4.9 m

□ **13-2**　$v^2=2gy$，$v>0$ より，$v=\sqrt{2gy}=\sqrt{2\times9.8\times19.6}=19.6\fallingdotseq$ 20 m/s

□ **13-3**　$v=v_0+gt$ より，$v=4.9+9.8\times1.0=14.7\fallingdotseq$ 15 m/s
$y=v_0t+\frac{1}{2}gt^2$ より，$y=4.9\times1.0+\frac{1}{2}\times9.8\times1.0^2=$ 9.8 m

□ **13-4**　$v=v_0-gt$ より，$v=14.7-9.8\times1.0=4.9$ m/s，$v=14.7-9.8\times2.0=-4.9$ m/s
ゆえに 1.0 秒後：鉛直上向きに 4.9 m/s，2.0 秒後：鉛直下向きに 4.9 m/s

□ **14-1**　(1)，(2)　水平方向には，初速 2.0 m/s の等速直線（等速度）運動を行う。1.0 秒後の移動距離は，$x=v_0t=2.0\times1.0=$ 2.0 m
(3)，(4)　鉛直方向には，自由落下（等加速度直線）運動を行う。1.0 秒後の落下距離は，
$y=\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}\times9.8\times1.0^2=$ 4.9 m
(5)　$t=\frac{x}{v_0}$ として，$y=\frac{1}{2}gt^2$ に代入すると，$y=\frac{g}{2v_0^2}x^2$ となる。これは放物線を表す。

□ **14-2**　鉛直方向は $y=\frac{1}{2}gt^2$ より，
$t=\sqrt{\frac{2y}{g}}=\sqrt{\frac{2\times19.6}{9.8}}=$ 2.0 s
水平方向は $x=v_0t$ より，$x=3.0\times2.0=$ 6.0 m

□ **15**　(1)　$v_0\sin30^\circ=9.8\times\frac{1}{2}=$ 4.9 m/s
(2)　$v_y=v_0\sin\theta-gt$ より，$0=4.9-9.8t$　　よって，$t=$ 0.50 s