

0. 授業開き

《a》 何のために物理を学ぶのか

- ・あらゆる科学の基礎
- ・現代の生活の基盤
- ・情緒に流されない、論理的・客観的な思考の訓練
- ・物質や生命の存在理由という哲学的な問いも

《b》 授業の進め方

- ・授業は毎時間配布するプリントを中心に進める。B5版のファイルを用意。
- ・プリント上で自ら手を動かす作業が多い。
- ・言葉・図・数式・グラフなど、複数の表現手段を行き来する変換作業を行うことで概念理解を進める。「多重表現」という教育手法。
- ・実際に現象を体験し、測定と解析を行う実験の機会を可能な限り設ける。積極的に参加を。

《c》 教科書と問題集

- ・教科書は「参考書」として使う。授業内容の確認に使うとよい。プリントの作業で教科書のデータや資料を使うことがある。
- ・教科書の「発展」と表示されている記事は、学習指導要領を逸脱している項目で、2学年～3学年で学ぶので、1学年では扱わない。試験範囲外。
- ・問題集「ネオパル」は、復習／試験対策用。基本的には家庭学習。一部の問題はプリントの中で取り上げることがある。
- ・プリントには教科書・ネオパルの対応ページが記載されている。試験範囲の目安に。

《d》 スマホの準備

- ・スマホを測定器として積極的に活用する。共同利用も可。
- ・授業中にも使用してよいが、授業内容と関係ない目的での使用は禁止。
- ・以下の手順で phyphox をインストールしておく。

【phyphox の紹介】

phyphox (フィーフォックス: physical phone experiments) はドイツのアーヘン工科大学が開発し、無料で提供しているスマホ用計測アプリである。各国語に翻訳されて供給されており、日本語版もある。iPhone、iPad、Android のどれでも、同じ操作感で使える。



右図はAndroid版のメニュー。iPhone/iPad用もほぼ同じデザイン。使用しているスマホにセンサが内蔵されていないため計測できない項目は、薄く表示される。

ネット環境があれば、アプリ上で実験の説明や動画(YouTubeに移動)を見ることもできる。

測定データはcsv形式やExcel形式でエクスポートすることができ、PC上で加工することもできる。

【phyphoxのダウンロード】

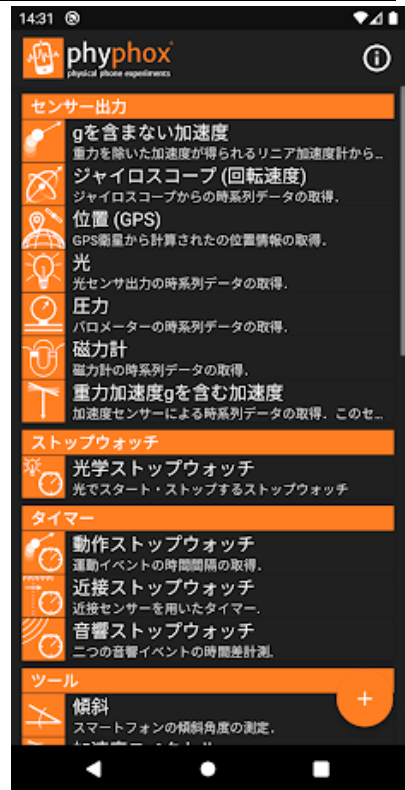
スマホの機種に合わせて、下記のサイトからダウンロードし直接インストールする。無料アプリなので、**途中のカード使用などの問い合わせはスキップ**してよい。画面上の phyphox のアイコンをタップすると右図のメニューが開く。

Apple Store から▶

iPhone iOS 12.0 以降

iPad iPadOS 12.0 以降

iPod touch iOS 12.0 以降



Google play から▶

Android6.0 以降



【phyphoxの基本操作】

メインメニューから実験内容を選ぶと測定画面になる。

共通の操作アイコンはタイトルバーの右に表示され、タイトルバーのすぐ下には測定モードのメニューが表示される。その内容は実験ごとに異なる。共通の基本操作は以下の通り。

▶計測スタート (スタート後は||に変わる)

||計測ストップ (一時停止後は▶に変わる、データは表示されたまま)

「ごみ箱」データクリア

: 補助メニュープルダウン (データのエクスポートもここから)

: 補助メニューから「実験インフォ」を選ぶと追加の説明が表示される。「Video」を選ぶと実験の説明動画 (YouTubeへリンク) が視聴できる。

グラフ表示のある測定では、小さいグラフをタップすると、そのグラフが画面いっぱい拡大表示され、グラフの下に次の操作メニューが表示される。

「手のひら」移動と拡大 (ピンチイン・ピンチアウトで部分拡大、表示範囲変更)

☐データ選択 (グラフ上をタップして測定値を表示、スライドして差分・傾きを表示)

…ツール (直線近似、エクスポートなどの補助メニューのプルダウン)

1. 直線上の運動

《a》速さと速度 (教科書 p.12~17、58、ネオパル p.4~5)

運動の記録：時刻 t_1, t_2, \dots における座標 x_1, x_2, \dots を測定する。 時間 time 速さ velocity

平均の速さ = $\frac{\text{移動距離}}{\text{経過時間}} \Rightarrow \bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$ 単位：m/s メートル毎秒

瞬間の速さ：時間 $t_2 - t_1$ を十分短くとる。 $\Rightarrow v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ Δ デルタと読む

速度 v : 運動の向きを符号で表す。 座標軸方向 $v > 0$ 、逆方向 $v < 0$

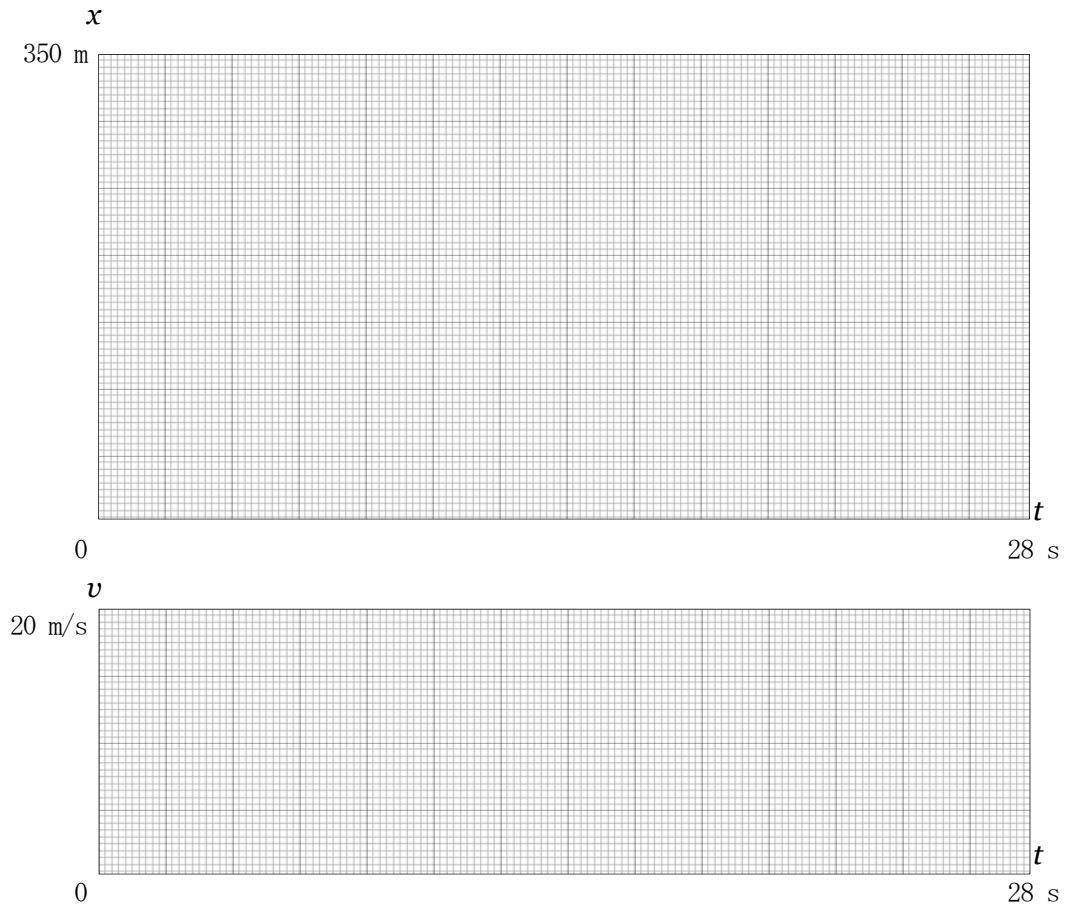
【作業1】下の表は直線にそって走った自動車の記録である。各時刻の自動車の位置を、下の直線上に黒丸●で示せ。この運動はどんな運動か。



【作業2】2秒ごとの各区間の速さを求め、表の空欄をうめよ。

	時刻 t [s]	位置座標 x_n [m]	変位 $x_{n+1} - x_n$ [m]	区間の速さ v [m/s]	時刻 t [s]
O	0	0			
	2	5			1
	4	20			3
A	6	45			5
	8	75			7
	10	105			9
	12	135			11
	14	165			13
B	16	195			15
	18	225			17
	20	252			19
	22	273			21
	24	288			23
	26	297			25
	28	300			27
C					

【作業3】 作業2の表から、この運動の $x-t$ 図と $v-t$ 図を描け。この運動はどんな運動か。



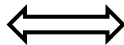
※ $v-t$ 図では、時刻 t は作業2の表の右端の数値を用いよ。

【作業4】 $x-t$ 図の曲線の $t=5$ s、 $t=23$ sにおける接線を描いてその傾きそれぞれを求め、接点の時刻における速さ v の値と比べよ。

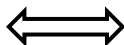
【作業5】 $v-t$ 図の曲線と t 軸、および $t=4$ s、 12 s、 22 sの縦線で囲まれる図形の面積をそれぞれ求め、各時刻における x の値と比べよ

《まとめ》

$x-t$ 図の曲線の傾き



$v-t$ 図の曲線と t 軸が囲む面積



【問】 ネオパル p.4 3 変位と速度

《b》 **加速度** (教科書 p. 25~27、58、ネオパル p. 8~9)

運動の記録：時刻 t_1, t_2, \dots における速度 v_1, v_2, \dots とする。

平均の加速度 = $\frac{\text{速度変化}}{\text{経過時間}} \implies \bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ 加速度 acceleration

単位：m/s² メートル毎秒毎秒

瞬間の加速度：時間 $t_2 - t_1$ を十分短くとる。 $\implies a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ Δ デルタと読む

加速度の符号：速度の変化する向きを表す。運動の向きとは**無関係**。

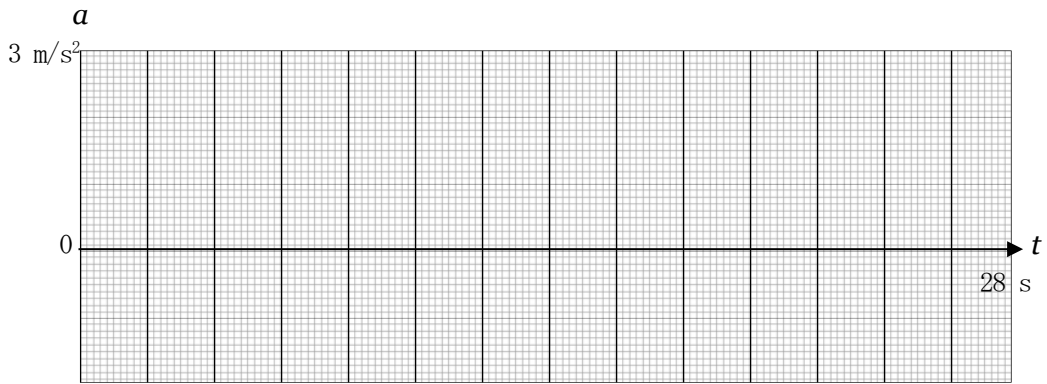
【問】速度が正でも、加速度が負であるような運動の例をあげよ。

【作業6】作業2の続き。2秒ごとの各区間の加速度を求め、空欄をうめよ。符号に注意！

	時刻 t [s]	位置座標 x_n [m]	速度 v [m/s]	速度変化 $v_{n+1} - v_n$ [m/s]	加速度 a [m/s ²]	時刻 t [s]
O	0	0				0
	2	5	2.5			2
	4	20	7.5			4
A	6	45	12.5		★	6
	8	75	15.0			8
	10	105	15.0			10
	12	135	15.0			12
	14	165	15.0			14
	16	195	15.0			16
B	18	225	15.0		★	18
	20	252	13.5			20
	22	273	10.5			22
	24	288	7.5			24
	26	297	4.5			26
C	28	300	1.5			28

★印の欄の加速度は、上の方法では真の値を求めることができない。作業3の $v-t$ 図から推定せよ。

【作業7】 作業6の表をもとにこの運動の $a-t$ 図を描け。この運動はどんな運動か。

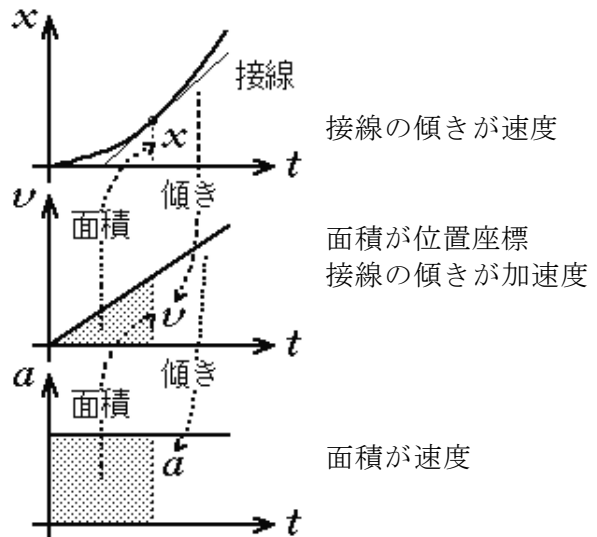


【作業8】 プリント p.2 の $v-t$ 図のグラフの $0\sim 6$ s、 $6\sim 18$ s、 $18\sim 28$ s の各区間における傾きを求め、各時刻の加速度 a と比べよ。

【作業9】 上の $a-t$ 図のグラフと t 軸にはさまれた図形の面積を求め、各時刻の速度 v の値と比べよ。ただし、 t 軸より下の部分の面積は負とみなす。

《まとめ》 **運動の三要素** 物体の運動は3つの物理量（位置、速度、加速度）で表される。

	定義式	単位
位置	x	m
速度		
加速度		



三要素のうちの一つの時間変化がわかれば、他の二つの量の時間変化がわかる。

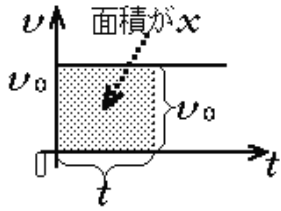
【問】 ネオパル p.8 1 加速度

【問】 ネオパル p.9 34. $v-t$ グラフ

《c》等加速度直線運動 (教科書 p.26~42、58~59、ネオパル p.8~11)

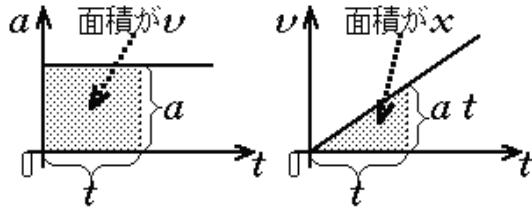
等速直線運動

加速度 a	
速度 v	
位置 x	



等加速度直線運動 (初速度0の場合)

加速度 a	
速度 v	
位置 x	



※運動は合成できる。速度 v_0 で等速直線運動をしながら、同じ向きの等加速度直線運動 (加速度 a) も同時に行うとどうなるだろうか。

等速直線運動

$a=0$
$v=v_0$
$x=v_0 t$

合成 +

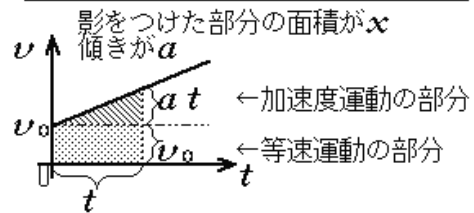
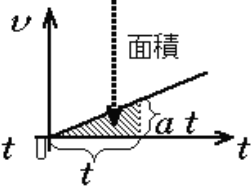
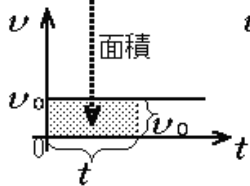
等加速度運動 (初速度0)

$a=一定$
$v=at$
$x=\frac{1}{2}at^2$

=

初速度のある等加速度運動

加速度	$a=一定$
速度	$v=$ ①
位置	$x=$ ②



速度の式①

$v=$

位置の式②

$x=$

$t=$

代入して t を消去

分母を払って整理

速度位置関係の式

③

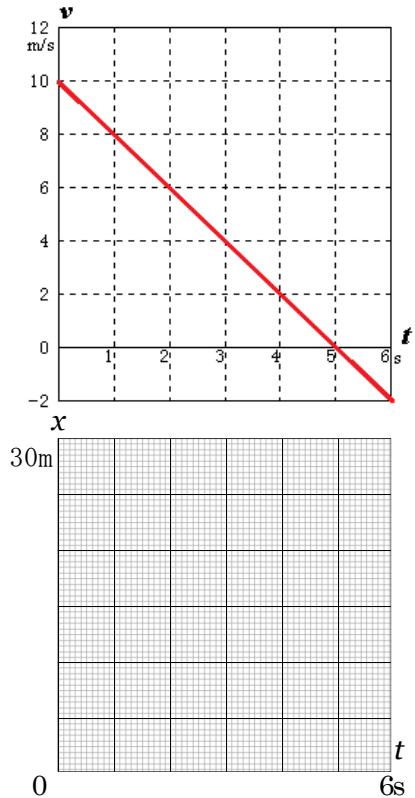
【問】 $v-t$ 図が右のグラフのように表される運動について以下に答えよ。

(1) この運動の $x-t$ 図を下の図に描け。ただし、 $t=0$ で $x=0$ とする。

(2) この運動はどんな運動か。言葉で概要を表現せよ。

(3) この運動で物体が一瞬静止した時刻はいつか。そのときまでに物体が進んだ距離はいくらか。

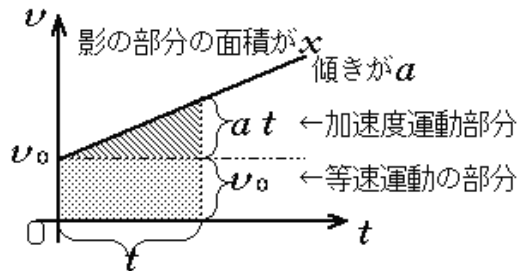
(4) 上問の答えをグラフを使わずに式から求めるにはどうすればよいか。



★多重表現を身につけよう。言葉 \leftrightarrow 式 \leftrightarrow グラフの相互変換ができるようになろう。

《まとめ》等加速度運動の公式 (初速度 u_0)

加速度	$a = \text{一定}$
速度	$v =$
位置	$x =$



速度位置関係	
--------	--

※教科書 p. 40 の「ドリル」で問題の解法を整理するとよい。

【問】 ネオパル p. 9 32. 等加速度直線運動

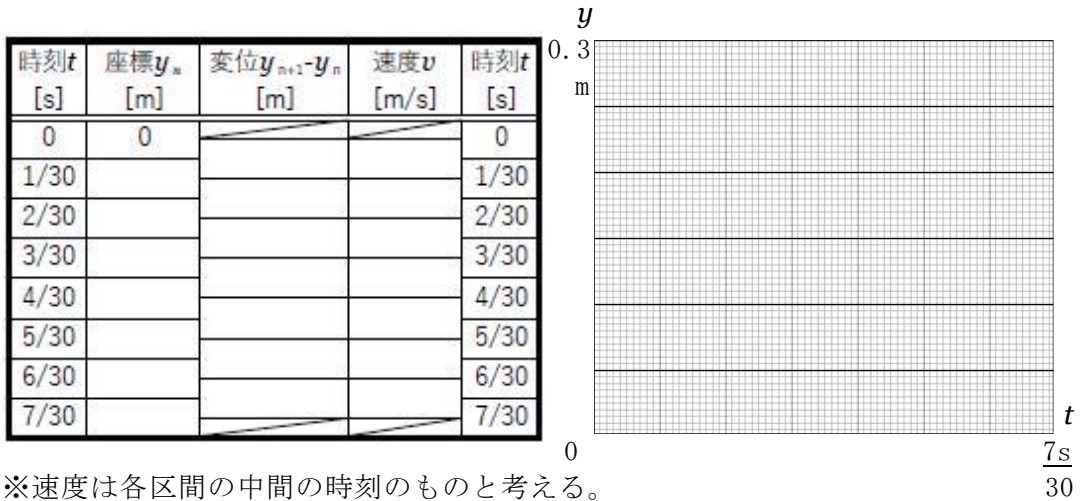
【問】 ネオパル p. 10 演習問題 41.

《d》重力による運動 (教科書 p. 43~51、59、ネオパル p. 12~13)

真空落下の実験

→ 空気抵抗がなければ物体の落下のしかたはみな同じ。
(重さ→形、大きさによらない)

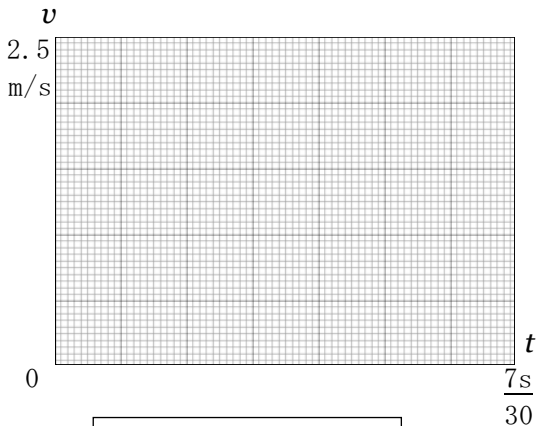
【作業10】教科書 p. 43 図28 の球の落下運動の $y-t$ 図と $v-t$ 図を描け。



※速度は各区間の中間の時刻のものとする。

【問】重力による運動はどのような性質の運動か。

【問】この運動の加速度を $v-t$ 図の傾きから求めよ。



この実験での重力による落下の加速度 $a =$ m/s^2

【実験】スマホによる重力加速度の測定 (詳細は別紙)

phyphox による落下の加速度の測定結果 m/s^2

重力による運動は $a=9.8 \text{ m/s}^2$ の等加速度運動になる。(地球表面では世界共通)

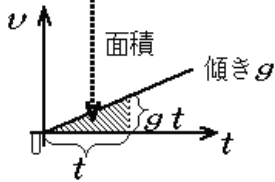
gravitational acceleration
この加速度を **重力加速度** と呼び、 g で表す。

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

自由落下運動 (初速度0の落下運動) 等加速度運動の式で $a \rightarrow g$ 、 $v_0 \rightarrow 0$

加速度	$a =$
速度	$v =$
位置	$y =$

【問】 ネオパル p.13 49. 自由落下(1) (2)



★運動は合成できる。無重力のもとで速度 v_0 で投げた運動と、同じ向きへの自由落下が同時に起こったらどんな運動になるだろうか。(等加速度運動の式で $a \rightarrow g$)

等速直線運動

自由落下運動

鉛直投射運動 (投げ下ろし・下向き正)

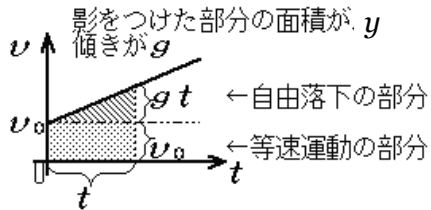
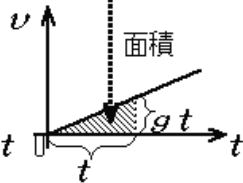
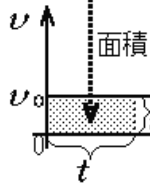
$a = 0$
$v = v_0$
$y = v_0 t$

合成

$a = g$
$v = gt$
$y = \frac{1}{2}gt^2$

=

加速度	$a =$
速度	$v =$
位置	$y =$



★上向きに速度 v_0 で投げた運動と下向きの自由落下が同時に起きたらどうか。

等速直線運動

自由落下運動

鉛直投射運動 (投げ上げ・上向き正)

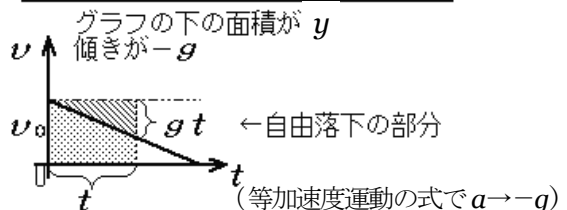
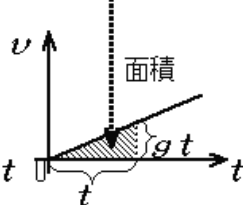
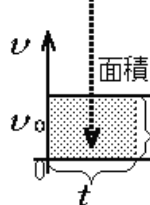
$a = 0$
$v = v_0$
$y = v_0 t$

合成

$a = g$
$v = gt$
$y = \frac{1}{2}gt^2$

=

加速度	$a =$
速度	$v =$
位置	$y =$



鉛直投射運動の式 (投げ上げ・上向き正)

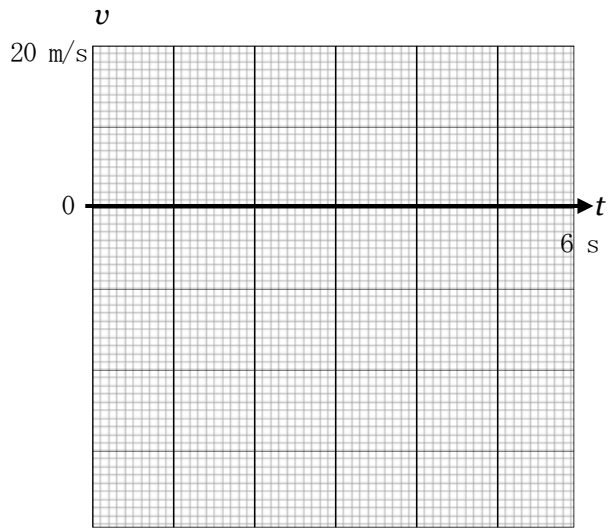
加速度	$a =$
速度	$v =$
位置	$y =$

※等加速度運動の式で、 $x \rightarrow y$

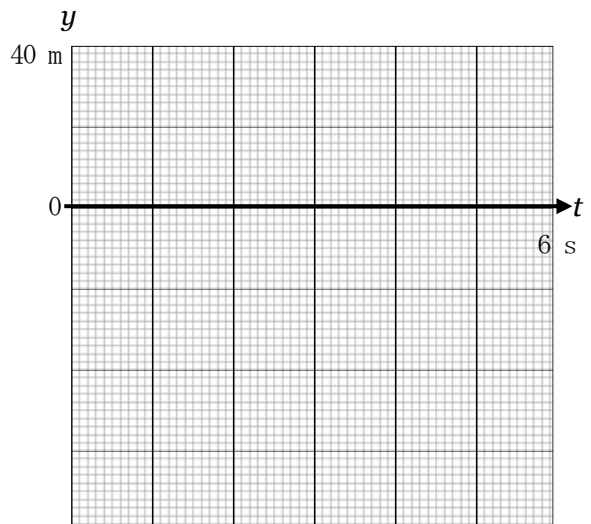
$a \rightarrow -g$ と置き換えた式。

【作業 1 1】 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 、 $v_0 = 20 \text{ m/s}$ として上の運動をグラフで表せ。

t [s]	v [m/s]	y [m]
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		



【問】 最高点を迎えるのは何秒後か。
そのときの速度はいくらか。



【問】 再び原点に戻るのは何秒後か。
そのときの速度はいくらか。

鉛直投射における最高到達点

最高点に達する → 上昇から下降に転じる → 速度の符号が変わる

最高点の条件

【問】 最高点に達する時刻 t_1 、最高点の高度 h を与える式を導け。

速度の式で $v=0$ とおく

t を求める

位置の式に代入

$g = 10 \text{ m/s}^2$ 、 $v_0 = 20 \text{ m/s}$ を代入して、【作業 1 1】の結果と照合せよ。

鉛直投射における原点への回帰

再びもとの高さにもどる

回帰の条件

(ただし原点から投げ上げたとする)

【問】 再び原点に戻る時刻 t_2 、およびその時の速度 v_2 を与える式を導け。

位置の式で $y=0$ とおく

t を求める

速度の式に代入

$g = 10 \text{ m/s}^2$ 、 $v_0 = 20 \text{ m/s}$ を代入して、【作業 1 1】の結果と照合せよ。

※教科書 p. 50 の「ドリル」で問題の解法を整理するとよい。

【問】 ネオパル p. 13 51. 鉛直投げ上げ

【問】 ネオパル p. 13 52. 鉛直投げ上げ

生徒実験 1. 電車の運動

《a》 目的

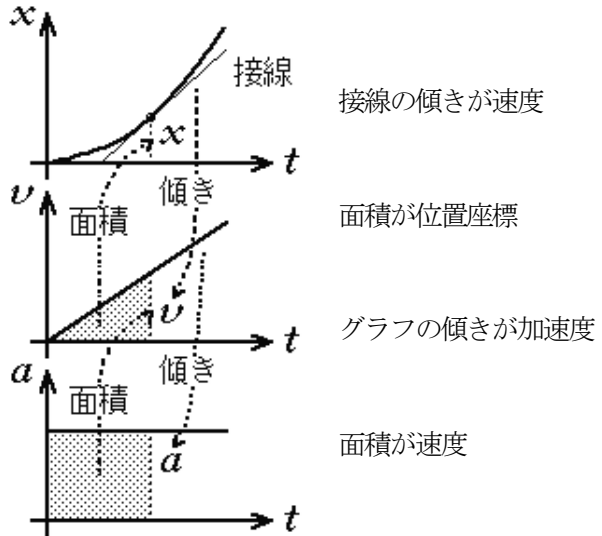
電車の運動の実測値を解析して、加速度や駅間距離を求め、等加速度運動についての理解を深める。

《b》 原理

運動の三要素（位置、速度、加速度）の間には右図に示す関係があり、どれか一つの時間変化が測定できれば、他の二つの要素は求めることができる。

電車の運転台の速度計を撮影した映像から、速度を読み取り、時

間と共に記録すれば、 $v-t$ 図が描ける。そのグラフの傾きを求めれば各時刻の加速度が、また、 $v-t$ 図のグラフと座標軸とで囲まれる部分の面積を求めれば、各時刻の電車の位置が求められる。



《c》 作業

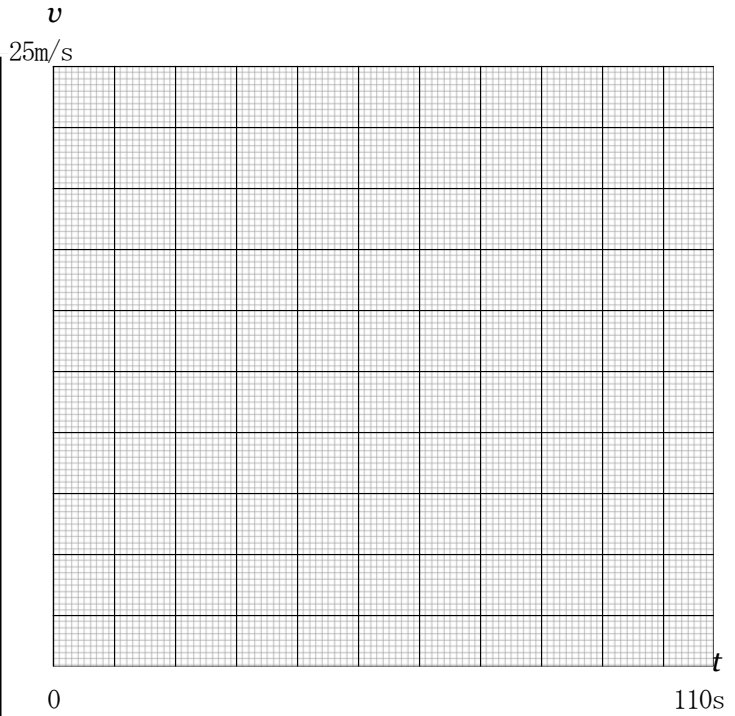
- ① 電車の走行を記録した動画の前半で、走行時間、最高速度などの概略をつかむ。
- ② 後半のスロー再生で、発車時刻 1:01:53 を 0 s とし、以後 5 s ごとの速度（時速）を速度計の映像から読み取る。
- ③ 次の駅で停車するまでの時間を記録する。
- ④ 時速を秒速に換算する。

《d》 考察

- ① 速度 $v[\text{m/s}]$ を縦軸に、時間 $t[\text{s}]$ を横軸にとり $v-t$ 図を作れ。
- ② $v-t$ 図のグラフの傾きから各区間の加速度 $a[\text{m/s}^2]$ を求め $a-t$ 図を作れ。
- ③ $a-t$ 図の各部分の面積を求め、速度 $v[\text{m/s}]$ の値と比較せよ。
- ④ $v-t$ 図の各部分の面積から、加速区間・慣性走行区間・減速区間の距離を求めよ。
- ⑤ ④の考察結果から湘南台駅～六会日大前駅の駅間距離を求め、地図上の距離と比較せよ。

測定結果

記録時刻 mm:ss	時間 t [s]	時速 [km/h]	速度 v [m/s]
01:53	0		
01:58	5		
02:03	10		
02:08	15		
02:13	20		
02:18	25		
02:23	30		
02:28	35		
02:33	40		
02:38	45		
02:43	50		
02:48	55		
02:53	60		
02:58	65		
03:03	70		
03:08	75		
03:13	80		
03:18	85		
03:23	90		
03:28	95		
03:33	100		
03:38	105		



※縦横軸の目盛りを補って $v-t$ 図と $a-t$ 図を完成せよ。

※加速度は $v-t$ 図の各区間に引いた直線の傾きから求める。

電車の運動に関する考察

- ① 速度 v [m/s] を縦軸に、時間 t [s] を横軸にとり $v-t$ 図を作れ。(左ページ)
- ② $v-t$ 図のグラフの傾きから各区間の加速度 a [m/s²] を求め $a-t$ 図を作れ。(左ページ)
- ③ $a-t$ 図の各部分の面積を求め、実測した速度 v [m/s] の値と比較せよ。

時刻 (～秒まで)				
$a-t$ 図の面積 [m/s]				
速度実測値 [m/s]				

- ④ $v-t$ 図の各部分の面積から、加速区間・慣性走行区間・減速区間の距離を求めよ。

加速区間	(計算)	m
慣性走行区間	(計算)	m
減速区間	(計算)	m

- ⑤ ④の考察結果から湘南台駅～六会日大前駅の駅間距離(ホームの南端から南端まで)を求め、地図上の距離と比較せよ。

(計算)	(計算値) m	(地図から) m
------	------------	-------------

わかったこと・気づいたこと

感想

生徒実験2. スマホによる重力加速度の測定

《a》 目的

物体の自由落下・水平投射における加速度を測定する。

《b》 準備

スマートフォン (iPhone/iPad または Android) (「phyphox」をインストールしておく)

《c》 作業

アプリの準備から立ち上げ。

- ① phyphox を起動する (図1)。
- ② 一番上の「 g を含まない加速度」をタップすると図2の画面になる。デフォルトでは xyz 3方向の加速度測定モードになる。
- ③ 画面上側に表示される測定メニューの左から2番目の「絶対値」をタップする (図3)。
- ④ このあと、スマホを加速度測定装置として、2種類の実験を行う。

図1



図2

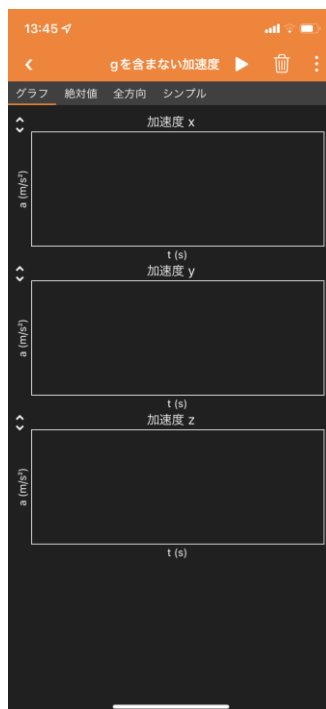


図3



実験A 自由落下（授業時間中に実験室で行う）

手順：

- ① phyphox を起動する。メインメニューから「 g を含まない加速度」をタップする。測定メニューの左から2番目の「絶対値」モードを選択する。
- ② 両膝をしっかりと閉じて椅子に座る。
- ③ 太ももの上空、胸の高さぐらいのところでスマホの上端をつまむようにして縦長に持つ。この状態からスマホをつまんでいる指をそっと開いてスマホを自由落下させ、他方の手で太もものあたりでキャッチする。床に落とさないように太ももの上空で行うこと。できるだけ初速度をつけないように、まっすぐ落ちるように練習する。落下距離は10~20cm程度で十分である。
- ④ タイトルバーの右の▶（※プレイボタン）を押してから、初速度を与えないように手を離す。
- ⑤ キャッチ後直ちに停止ボタン■を押す。
- ⑥ 表示されるグラフ（図4）をタップし、グラフをピンチアウトで拡大して、落下しはじめのグラフがほぼ水平になっているところ（図5）が横一杯になるように表示する（図6）。
- ⑦ 画面の下の□アイコン（データ選択）を押し、グラフが水平になっている部分の左端付近を押してその点のデータの時刻と加速度を有効数字3桁で読み取り、記録の表に書き取る。

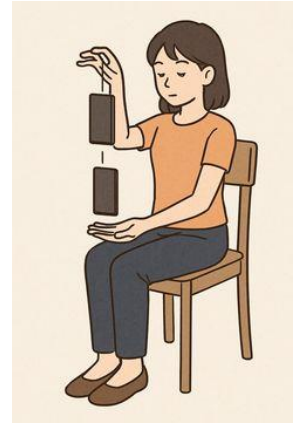


図4

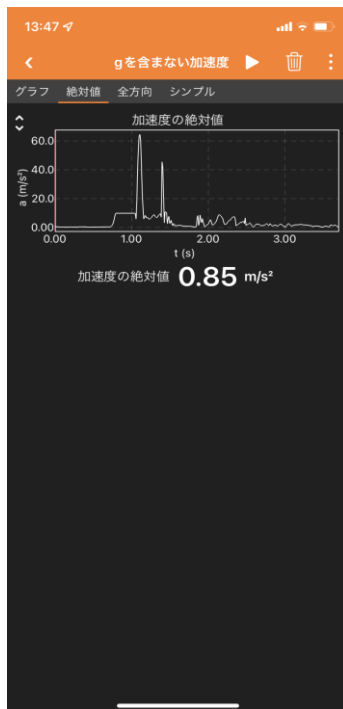


図5

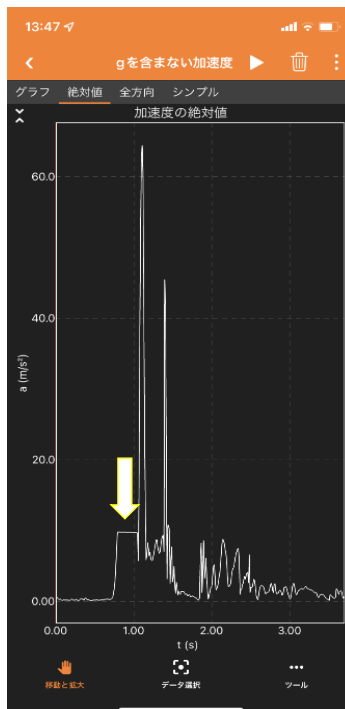
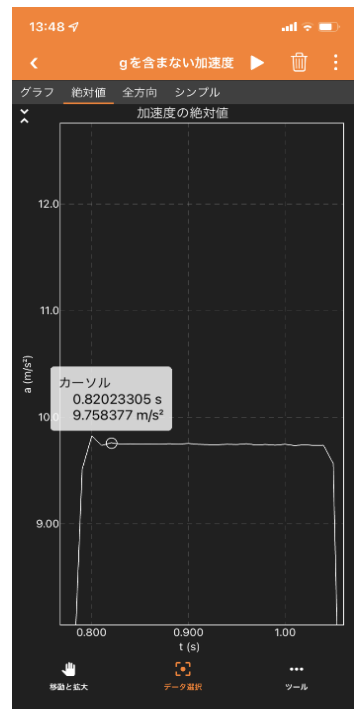


図6



実験B 水平投射（宿題：自宅で布団やベッドの上で行う）

手順：

- ① phyphox を起動する。メインメニューから「 g を含まない加速度」をタップする。測定メニューの左から2番目の「絶対値」モードを選択する。
- ② スマホを持って布団やベッドの前に立つ。
- ⑤ スマホを立てた状態で、胸の前に両手で持ち、布団やベッドの上約30cmに保持する。
- ⑥ タイトルバーの右の▶（※プレイボタン）を押してから、両手で押し出すように水平方向にスマホを軽く投げる。回転をつけないように、布団やベッド上に落ちるようにする。
- ⑤ 落下後直ちに停止ボタンIIを押す。
- ⑥ 表示されるグラフをタップし、グラフをピンチアウトで拡大して、落下しはじめのグラフがほぼ水平になっているところが横一杯になるように表示する。
- ⑦ 画面の下の□アイコン（データ選択）を押し、グラフが水平になっている部分の左端を押してその点のデータの時刻と加速度を有効数字3桁で読み取り、記録の表に書き取る。

《d》 測定値の処理と考察（提出用紙に記入する）

- ① それぞれの実験で、測定を三回繰り返し、平均をとる。
- ② 自由落下の場合の重力加速度の大きさは何 m/s^2 か。
- ③ 水平投射の場合の重力加速度の大きさは何 m/s^2 か。自由落下の場合とも比較せよ。
- ④ 水平投射の場合、加速度の向きはどちら向きだと考えられるか。
- ⑤ それぞれの実験で、落下中に加速度の大きさは変化しているか。変化があればその原因を考察せよ。

測定結果

実験日：2026年 月 日 ()・ 校時

実験A 自由落下

	1回目	2回目	3回目	平均値
加速度 [m/s ²]				

実験B 水平投射

	1回目	2回目	3回目	平均値
加速度 [m/s ²]				

考察

- ②
- ③
- ④
- ⑤

わかったこと・気づいたこと

感想

生徒実験3. ビースピによる重力加速度の測定

《a》 目的

速度測定器を用いた自由落下する物体の速度の測定から、重力加速度を求める。

《b》 原理

等加速度運動の「速度位置関係の式」

$$v^2 - v_0^2 = 2ax \quad \dots\dots (1)$$

によれば、 x [m] 離れた2点を通過する速度をそれぞれ v_0 [m/s]、 v [m/s] と考えれば、これらを測定することで

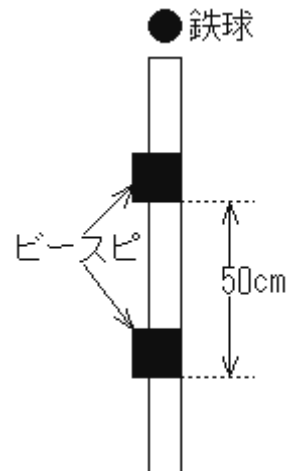
$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x} \quad \dots\dots (2)$$

により加速度 a [m/s²] を求めることができる。

これにより自由落下する物体の経路上の2点での瞬間の速度と、2点間の距離を測定すれば、重力加速度 g を求めることができる。

《c》 作業

- ① 図のように、透明管の50.0cm離れた任意の2カ所に、速度測定器「ビースピ」をセロハンテープでとりつける。
※距離はビースピの下端から下端まで、mm単位で正確に測る。
- ② 床に雑巾を四つ折りにして置き、その上に透明管を鉛直に立てる。**※管は宙に浮かせ、下をふさがないこと。**
- ③ 二つのビースピのSTART ボタンを押してリセットし、表示が「00.00 m/s」になっていることを確認する。
- ④ 管の上端からおもりを静かに落とす。落下するおもりが管の内壁に触れないように注意する。
- ⑤ 上のビースピの読みを v_0 、下の読みを v として記録する。
- ⑥ 測定は3回行い、**管の上下を入れ替えて**さらに3回測る。
- ⑦ 各測定値から、式(2)を用いて重力加速度 g を計算し、その平均値を求めよ。



《d》 考察

- ① 測定された重力加速度と、期待される重力加速度の値を比較し、測定の精度を評価せよ。
- ② 誤差の原因や、測定方法の改良について考察せよ。

生徒実験3. ビースピによる重力加速度の測定**測定結果**

回	上の速度 v_0 [m/s]	下の速度 v [m/s]	重力加速度 g [m/s ²]
1			
2			
3			
4			
5			
6			

測定した重力加速度の平均値 $g =$ m/s²**考察**

わかったこと・気づいたこと

感想