1．直線上の運動

《ａ》速さと速度　（教科書 P.10 〜 15、問題集 P.4 〜 5）

運動の記録：時刻 t_1，t_2 ････における座標 x_1，x_2 ････を測定する。

平均の速さ ＝ $\dfrac{\text{移動した距離}}{\text{かかった時間}}$ $\Longrightarrow$ $v = \dfrac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$　　速さ velocity　時間 time

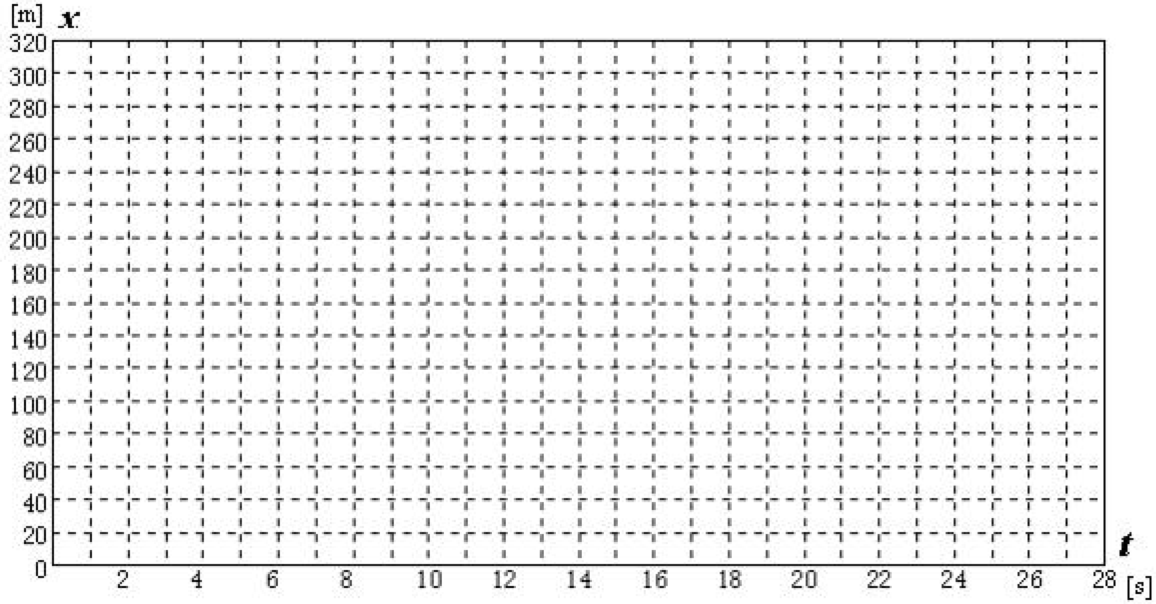
瞬間の速さ：時間 $t_2 - t_1$ を十分短くとる。 $\Longrightarrow$ $v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$

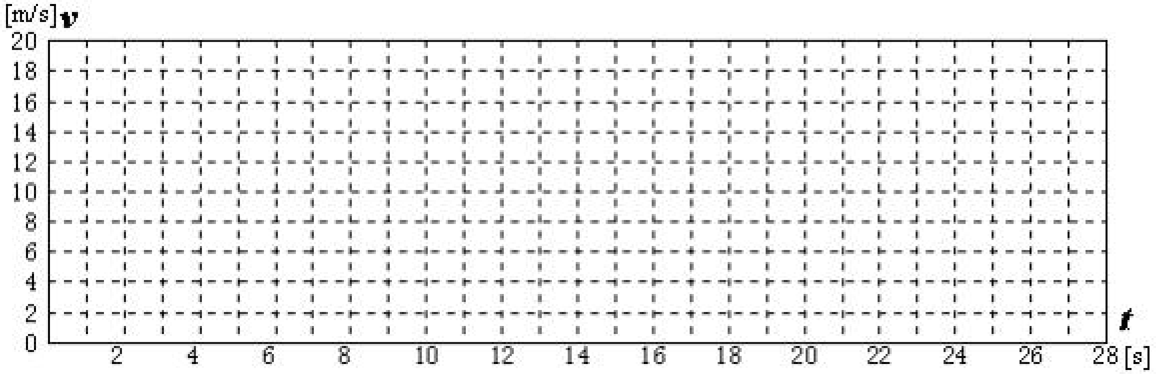
速度　v　：運動の向きを符号で表す。 $\begin{cases} \text{座標軸方向} & v > 0 \\ \text{逆方向} & v < 0 \end{cases}$

【作業１】下表は直線にそって走った自動車の運動の記録である。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]	区間内の速さ v [m/s]	時刻 t [s]
O	0	0			
					1
	2	5			
					3
	4	20			
					5
A	6	45			
					7
	8	75			
					9
	10	105			
					11
	12	135			
					13
	14	165			
					15
	16	195			
					17
B	18	225			
					19
	20	252			
					21
	22	273			
					23
	24	288			
					25
	26	297			
					27
C	28	300			

【作業２】作業１の表をもとに、この運動の $x-t$ 図と $v-t$ 図を描け。ただし後者では、時刻は表の右端の数値を用いよ。





【問】$x-t$ 図の曲線の $t=5$[s]および $t=23$[s]における接線を描いてその傾きを求め、接点の時刻における速さ v と比べよ。

【問】$v-t$ 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、各時刻の 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 ⟷

《ｂ》加速度　（教科書 P.16 〜 19、問題集 P.6 〜 7）

平均の加速度 ＝ $\dfrac{\text{速度の変化}}{\text{かかった時間}}$ $\Longrightarrow$ $a = \dfrac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$　加速度 acceleration

瞬間の加速度：時間 $t_2 - t_1$ を十分短くとる。 $\Longrightarrow$ $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

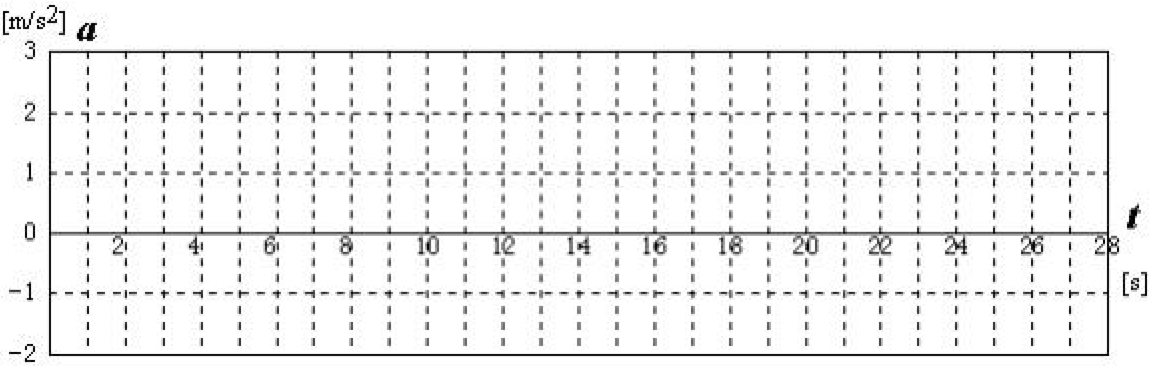
加速度の符号：速度の変化する向きを表す。速度そのものの向きとは無関係。

【作業３】作業１の続き

	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				
			2.5			
	2	5				2
			7.5			
	4	２０				4
			12.5			
A	6	４５			★	6
			15.0			
	8	７５				8
			15.0			
	１０	１０５				１０
			15.0			
	１２	１３５				１２
			15.0			
	１４	１６５				１４
			15.0			
	１６	１９５				１６
			15.0			
B	１８	２２５			★	１８
			13.5			
	２０	２５２				２０
			10.5			
	２２	２７３				２２
			7.5			
	２４	２８８				２４
			4.5			
	２６	２９７				２６
			1.5			
C	２８	３００				

★印の欄の瞬間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２の $v - t$ 図から推定せよ。

【作業４】作業３の表をもとに、この運動の a − t 図を描け。



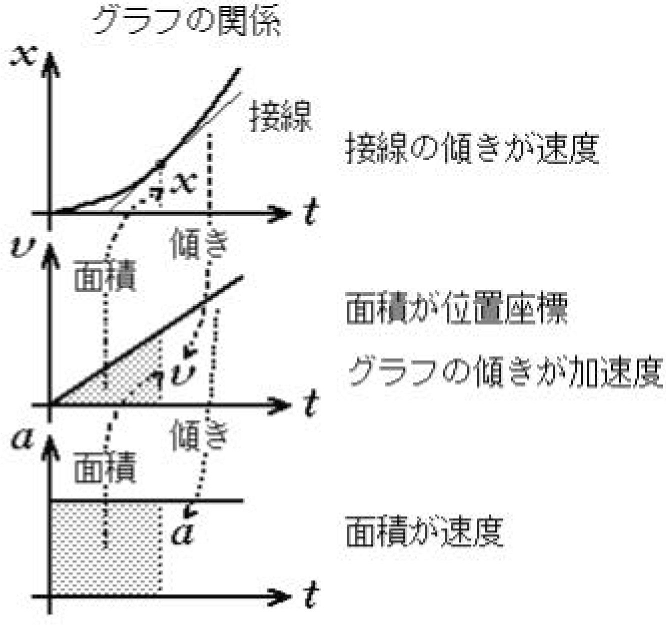
【問】プリント P.2 の v − t 図のグラフの 0 〜 6[s]、6 〜 18[s]、18 〜 28[s]における傾きを求め、各時刻の加速度 a と比べよ。

【問】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 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	位置の変化率 $v=\dfrac{x_2-x_1}{t_2-t_1}$	[m/s]
加速度	速度の変化率 $a=\dfrac{v_2-v_1}{t_2-t_1}$	[m/s²]

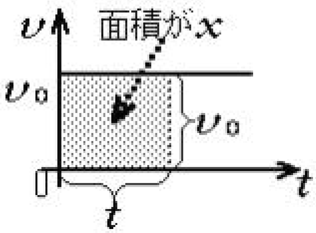


三要素のうち一つの時間変化がわかれば、他の二つの量の時間変化がわかる。

《c》等加速度直線運動　（教科書 P.20 ～ 23、問題集 P.6 ～ 7）

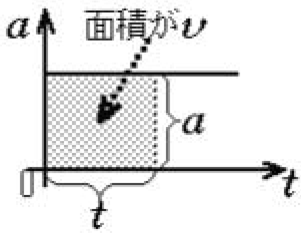
等速直線運動

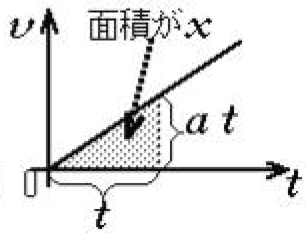
加速度	0
速度	$v=v_0$（一定）
位置	$x=$



等加速度直線運動（初速度０の場合））

加速度	a（一定）
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

$a=0$
$v=v_0$
$x=v_0t$

合成 ＋

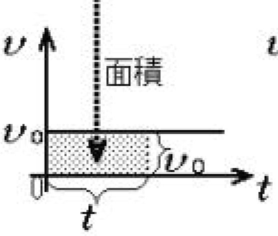
等加速度運動（初速度０）

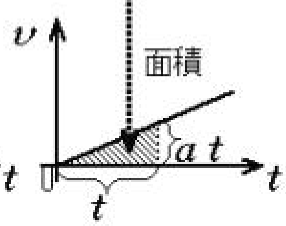
$a=$一定
$v=at$
$x=\frac{1}{2}at^2$

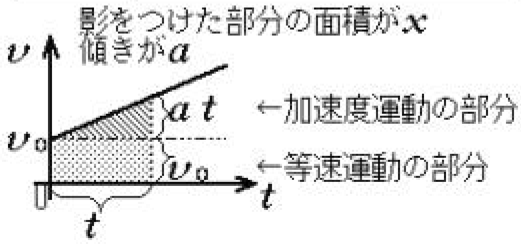
＝

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

$v=$

↓

$t=$

位置の式②

$x=$

→ 代入して t を消去

分母をはらって整理

（　　　　　）

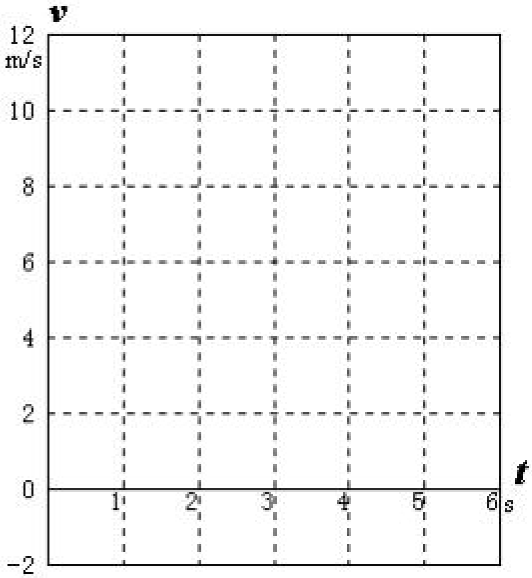
速度位置関係の式

（　　　　　）

【問】初速度のある等加速度運動の x-t 図の概形を描け。$a>0$，$v_0>0$ とする。

【作業５】a ＝－２ m/s^2、v_0 ＝ 10m/s の運動の v-t 図と x-t 図を完成せよ。

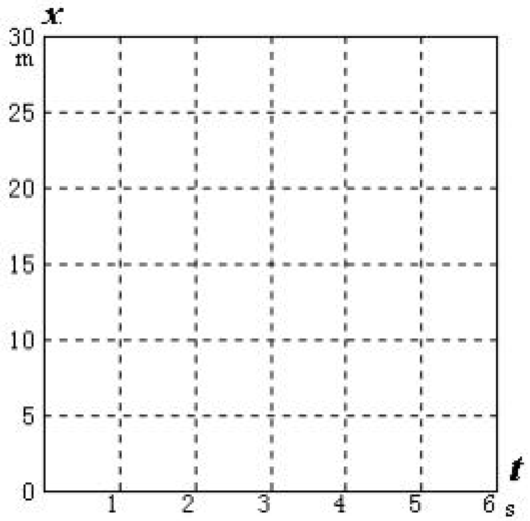
t[s]	t^2[s^2]	v[m/s]	x[m]
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			



【問】この運動はどんな運動か。

【問】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。

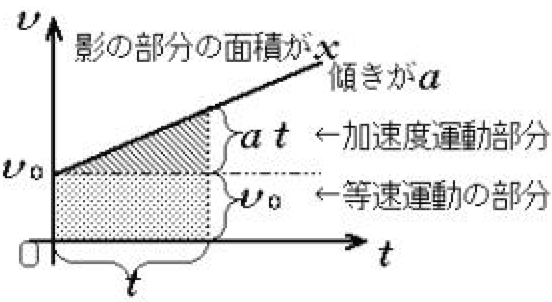
【問】上問の答えをグラフを使わずに式から求めるにはどうすればよいか。



《まとめ》等加速度運動の公式

加速度	a＝一定
速度	v＝
位置	x＝

速度位置関係	



《d》重力による運動　（教科書 P.24 ～ 29、問題集 P.8 ～ 9）

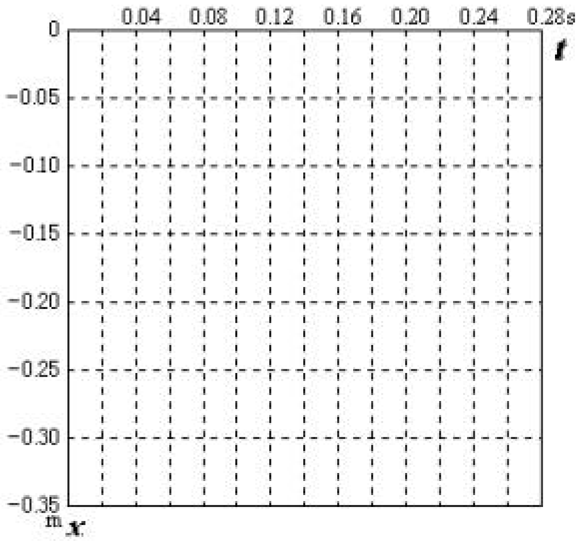
真空落下の実験 → 空気抵抗がなければ物体の落下のしかたはみな同じ。（重さや形、大きさによらない）

【作業６】教科書 P.24 図 15 の球の落下運動の x-t 図と v-t 図を描け。

測定の時間間隔 $t_2 - t_1 =$ [　　　] s

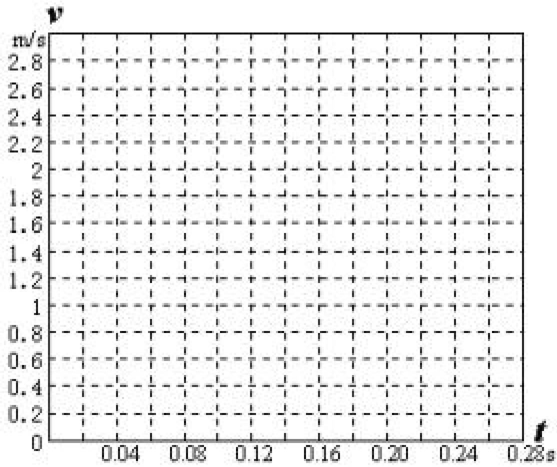
時刻 t [s]	座標 x_n [m]	変位 $x_{n+1} - x_n$ [m]	速度 v [m/s]
0			
0.04			
0.08			
0.12			
0.16			
0.20			
0.24			
0.28			

★速度は各区間の中間の時刻のものと考える。



【問】重力による落下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 図のグラフの傾きから求めよ。



重力による落下運動の加速度　$a =$ [　　　] m/s^2
（ここでの測定値）

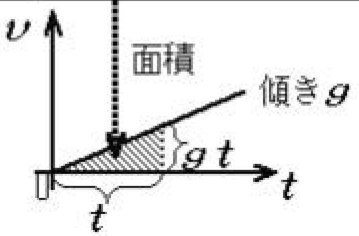
重力による運動は a ＝ 9.8 m/s^2 の等加速度運動になる

この加速度の値は地表のすべての場所、すべての物体に共通なので、特に文字 g で表し、**重力加速度**とよぶ。

重力加速度　g ＝ 9.8m/s^2

自由落下運動（初速度０の落下運動）

加速度	$a=$
速度	$v=$
位置	$x=$



★等加速度運動の公式で $a\to g$、$v_0\to 0$ とおいた式になっている。

【問】自由落下で 19.6m 落ちるのに何秒かかるか。その時の速さはいくらか。

やってみよう：反射時間の測定

「反射神経測定器」で実験してみよう。

★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運動がどんな運動になるだろうか。

等速直線運動

$a=0$
$v=v_0$
$x=v_0t$

合 成 ＋

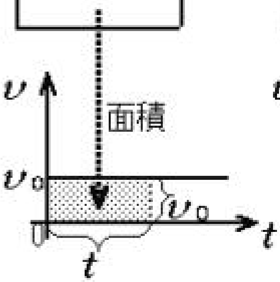
自由落下運動

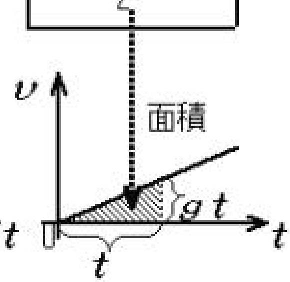
$a=g$
$v=gt$
$x=\frac{1}{2}gt^2$

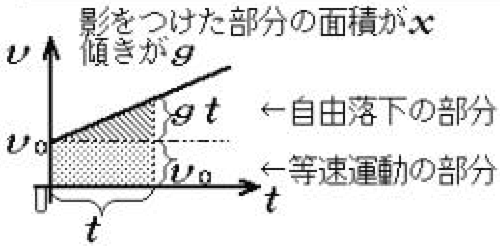
＝

鉛直投射運動（投げ下ろし・下向き正）

加速度	$a=$
速度	$v=$
位置	$x=$







★無重力のもとで上向きに速度 v_0 で投げた運動と、下向きの自由落下が同時に起こったらどんな運動になるだろうか。

等速直線運動

$a=0$	
$v=v_0$	
$x=v_0t$	

合成 −

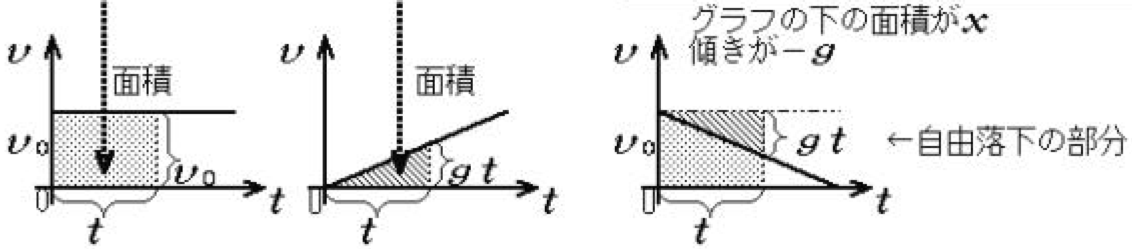
自由落下運動

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

＝

鉛直投射運動（投げ上げ・上向き正）

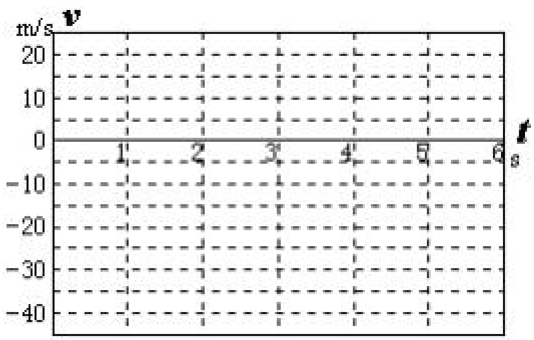
加速度	$a=$
速度	$v=$
位置	$x=$

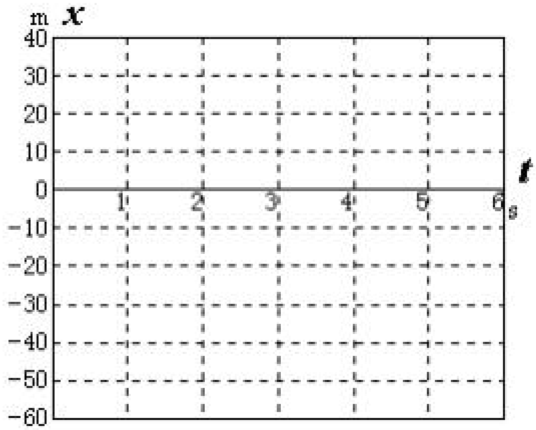


★等加速度運動の公式で $a \to -g$ とおいた式になっていることに注意しよう。

【作業７】$g = 10\ \mathrm{m/s^2}$、$v_0 = 20\ \mathrm{m/s}$ として上の運動をグラフで表せ。

t[s]	v[m/s]	x[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 $\boxed{\qquad\qquad}$

鉛直投射運動（投げ上げ・上向き正）

加速度	$a =$
速度	$v =$
位置	$x =$

【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　　$t_1 =$ ＿＿＿＿＿＿

位置の式に代入　　$h =$ ＿＿＿＿＿＿

★ $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$、$v_0 = 20\mathrm{m/s}$ を代入して、【作業７】の結果と対照せよ。

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 $\boxed{\qquad\qquad}$　（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 、およびそのときの速度 v_0 を与える式を導け。

位置の式で $x = 0$ とおく

t を求める　　$t_2 =$ ＿＿＿＿＿＿

速度の式に代入　　$v_2 =$ ＿＿＿＿＿＿

★ $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$、$v_0 = 20\mathrm{m/s}$ を代入して、【作業７】の結果と対照せよ。

【問】小球を初速度 9.8 m/s で鉛直上向きに投げ上げた。重力加速度を 9.8 m/s^2 として、(1) 3 秒後の位置と速度、(2)最高点の高さ、(3)投げた点にもどる時間をそれぞれ求めよ。