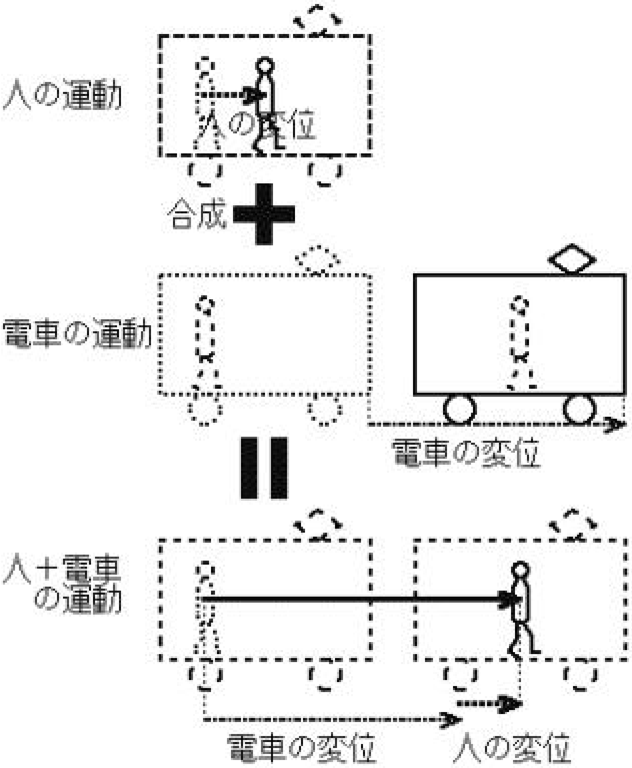
2．平面内の運動

《ａ》運動の合成　（教科書 P.52 ～ 54、問題集 P.18 ～ 19）

直線上の運動の合成

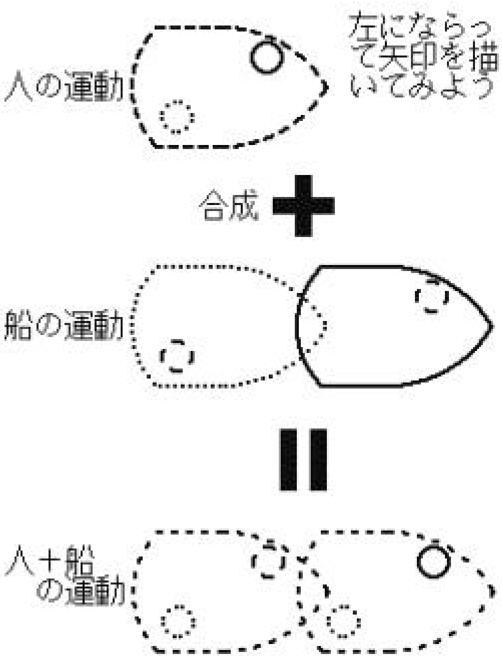


★直線上の運動の合成は、変位を符号つきで加算すればよい。

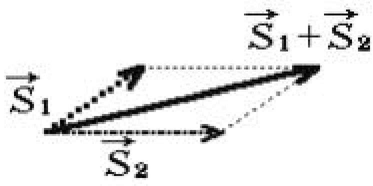
★単位時間の変位が速度だから、速度の合成も同じ規則に従う。（平面運動でも同じ）

【問】流れの速さが 3.0m/s の川を静水上での速さが 4.0m/s の船で横切る。岸に対して垂直に漕ぐとき、船の実際の速度の向きと速さを求めよ。

平面内の運動の合成



★平面内の運動の合成は平行四辺形の法則による。



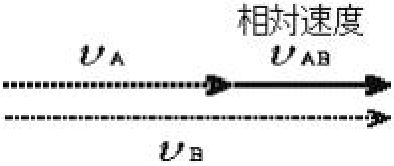
合成された運動は平行四辺形の対角線で示される。

向きと大きさを持った量を**ベクトル**と呼ぶ。変位、速度、加速度、力などはベクトル量である。

《ｂ》相対運動　（教科書 P.54 ～ 55、問題集 P.18 ～ 19）

直線運動における相対速度

速度 $\boldsymbol{v}_A$ で運動している物体 A から見た
速度 $\boldsymbol{v}_B$ で運動している物体 B の相対速度



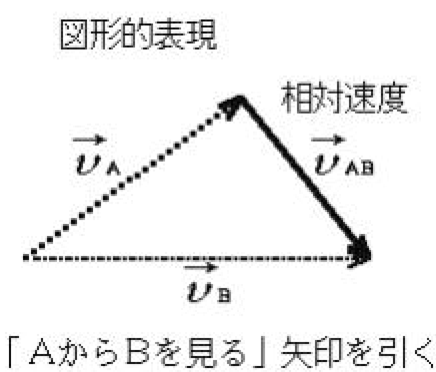
$\boldsymbol{v}_{AB}$ ＝

（注）$\boldsymbol{v}_A$、$\boldsymbol{v}_B$、$\boldsymbol{v}_{AB}$ はいずれも向きを表す符号を持っている。

【問】30m/s の速さで走る自動車 A と 20m/s で走る自動車 B が直線上で、追い越し、すれ違いを行う場合、A から見た B の相対速度をそれぞれ求めよ。

平面運動における相対速度

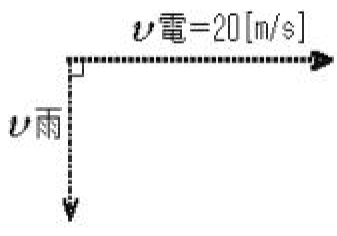
速度 $\vec{v}_A$ で運動している物体 A から見た
速度 $\vec{v}_B$ で運動している物体 B の相対速度



$\vec{\boldsymbol{v}}_{AB}$ ＝

（注）大きさで引き算をするのではない！
　　　上式は右の図をイメージしている。

【問】走っている電車の窓から雨滴を見たら、雨滴は鉛直方向と 60 °の角度をなして落下していた。窓外は無風で電車は水平な直線上を 20m/s で走っていた。



①雨滴の地面に対する落下速度を求めよ。

②雨滴の乗客に対する相対速度の大きさを求めよ。

【問】地球は秒速 30km/s で太陽のまわりを公転している。光の速さは秒速 30 万 km である。地球の公転面に直角な方向にある星が本来の位置からずれて見えることを説明せよ。

《c》重力による運動　（教科書 P.56 〜 58、問題集 P.20 〜 21）

水平投射運動

コイン飛ばしの実験 → 水平方向（x 方向）には等速運動／鉛直方向（y 方向）には自由落下運動

等速直線運動

x方向
$a_x=0$
$v_x=v_0$
$x=v_0 t$

合成 ＋

自由落下運動

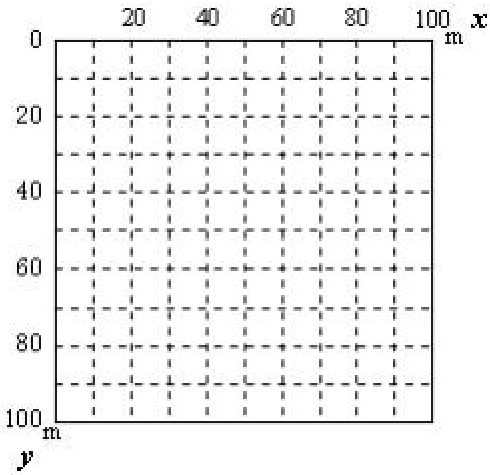
y方向
$a_y=g$
$v_y=gt$
$y=\frac{1}{2}gt^2$

＝

水平投射運動（初速 v_0、下向き y 正）

	x方向	y方向
加速度	$a_x=$	$a_y=$
速度	$v_x=$	$v_y=$
位置	$x=$	$y=$

【作業１】上の式により t ＝ 0 〜 4s の物体の位置座標 x,y を求め、右図に物体の軌道を描け。ただし、v_0 ＝ 20m/s、g=10m/s^2 とせよ。



【作業２】上の式により t ＝ 2s における速度の x,y 成分を求め、右図にその時刻の物体の位置からの矢印として速度の向きと大きさを示せ。矢印の長さは 20m/s につき 1cm とせよ。

【問】投射してからの t 秒後の速さを表す式を作れ。

【問】x の式と y の式から t を消去し、軌道の式を求めよ。

【問】教科書 p.57 問 23（g=9.8m/s^2 とする）

斜方投射運動

モンキーハンティングの実験 →
- 初速度方向（斜め）には等速直線運動
- 鉛直方向（y 方向）には自由落下運動

等速直線運動（斜め）

x方向	y方向
$a_x=0$	$a_y=0$
$v_x=u$	$v_y=w$
$x=ut$	$y=wt$

合成 ＋

自由落下運動

y方向
$a_y=-g$
$v_y=-gt$
$y=-\frac{1}{2}gt^2$

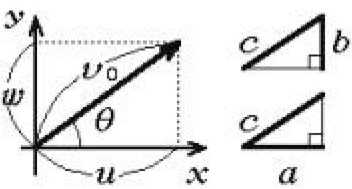
＝

斜方投射運動（上向き y 正）

x方向	y方向
$a_x=$	$a_y=$
$v_x=$	$v_y=$
$x=$	$y=$

★方向別の初速度の求め方

（実際の問題では「水平面から角度 θ（シータ）上方に速さ v_0 で投げた」と出題される。）



サイン $\sin\theta=\frac{b}{c}$

コサイン $\cos\theta=\frac{a}{c}$

初速度の x 成分	$u=$
初速度の y 成分	$w=$

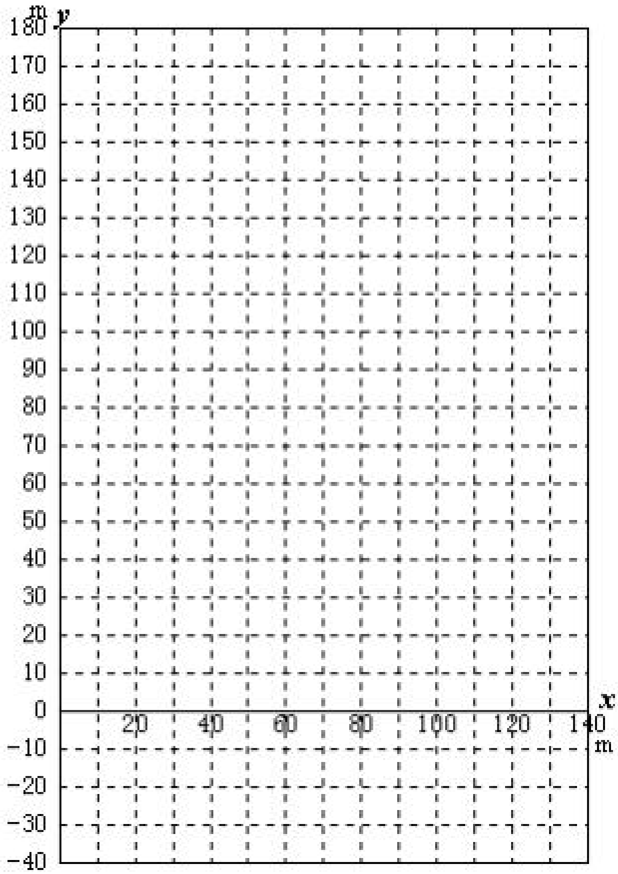
これらを上表の式に代入して使う。

【作業３】u ＝ 20m/s、w ＝ 30m/s で斜め上方に投げ出した物体の軌道を以下の手順で描け。ただし g ＝ 10m/s^2 とせよ。

①重力がない場合の物体の位置を１秒ごとに描け。

②各時刻の自由落下距離を求めて①の位置の下にとり実際の位置を求めよ。

【作業４】t ＝ 3s、6s における xy 各方向の速度を求め、図中に矢印で速度の向きと大きさを示せ。矢印の長さは 20m/s につき 1cm とせよ。



【問】斜方投射運動の x, y の式から t を消去し、軌道の式を求めよ。

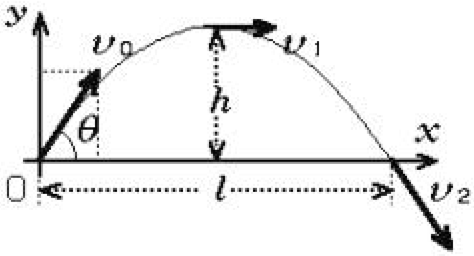
斜方投射運動における最高到達点

最高点の条件 $\boxed{\qquad\qquad\qquad}$ （鉛直投射と比較せよ）

【問】水平面から角度θ上方に、速さ v_0 で投げ出された物体が、最高点に達する時刻 t_1、その時の高度 h、およびそのときの速さ v_1 を与える式を導け。

t_1 ＝____________________ h ＝____________________ v_1 ＝____________________

★上の結果に g ＝ 10m/s2、$v_0\cos\theta$ ＝ 20m/s、$v_0\sin\theta$ ＝ 30m/s を代入して、プリント p.14 のグラフと対照せよ。



斜方投射における水平到達距離

水平面に達する条件 $\boxed{\qquad\qquad\qquad}$

【問】水平面から角度θ上方に、速さ v_0 で物体を投げ出したときの水平到達距離 l とそのときの速さ v_2 を与える式を導け。

l ＝____________________ v_2 ＝____________________

★上の結果に g ＝ 10m/s2、$v_0\cos\theta$ ＝ 20m/s、$v_0\sin\theta$ ＝ 30m/s を代入して、プリント p.14 のグラフと比較せよ。

水平到達距離を最大にする発射角

同じ初速度 v_0 で投射するとき、水平到達距離

$$l=\frac{2v_0^2\sin\theta\cos\theta}{g}$$

を最大にする角度θは何度だろうか。右の表を見て考えてみよう。

θ°	sinθ	cosθ	sinθ·cosθ
0	0.0000	1.0000	0.0000
10	0.1736	0.9848	0.1710
20	0.3420	0.9397	0.3214
30	0.5000	0.8660	0.4330
40	0.6428	0.7660	0.4924
45	0.7071	0.7071	0.5000
50	0.7660	0.6428	0.4924
60	0.8660	0.5000	0.4330
70	0.9397	0.3420	0.3214
80	0.9848	0.1736	0.1710
90	1.0000	0.0000	0.0000

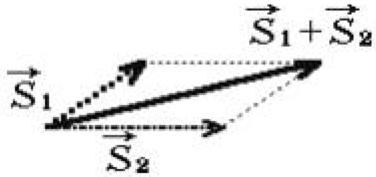
《まとめ》平面内の運動の合成

①変位、速度、加速度などは**ベクトル量**（向きと大きさをもつ量）である。

②ベクトルは図形的には**矢印**で表す。矢印の長さが**ベクトルの大きさ**を表す。

③ベクトルの合成は**平行四辺形の法則**による。

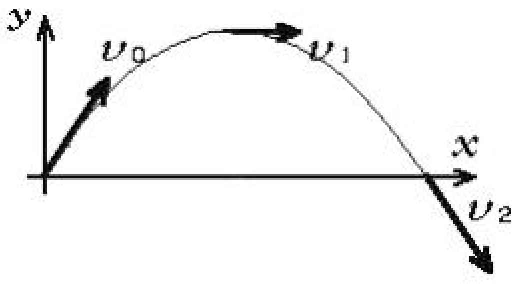
対角線が合成ベクトルになる。



④異なる方向の成分は加算できない。同じ方向の成分は加算してよい。

⑤速度の向きは常に**軌道の接線**の方向を向く。

放物運動の例



円運動の例