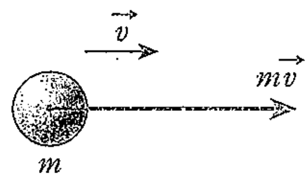
1 運動量と力積

(1)運動量

質量 m〔kg〕，速度 $\vec{v}$〔m/s〕の物体の運動量は，

$$m\vec{v}\ \text{〔kg・m/s〕}$$

運動量は運動の激しさを表す目安の１つであり、ベクトル量である。

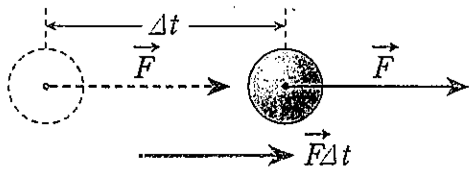


(2)力積

力 $\vec{F}$〔N〕を時間 Δt〔s〕の間物体に加えると，物体が受ける力積は，

$$\vec{F}\Delta t\ \text{〔N・s〕}$$

力積もベクトルである。



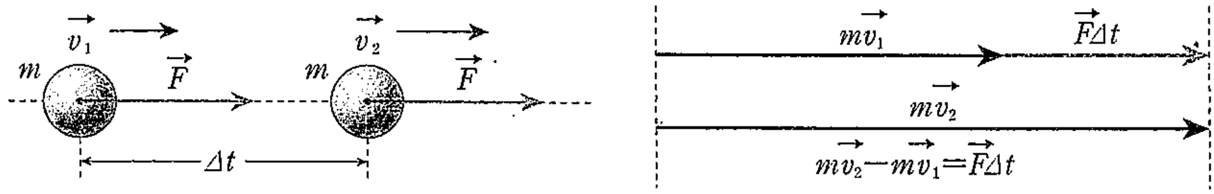
(3)運動量の変化と力積

物体の運動量の変化は，その物体が受けた力積に等しい。

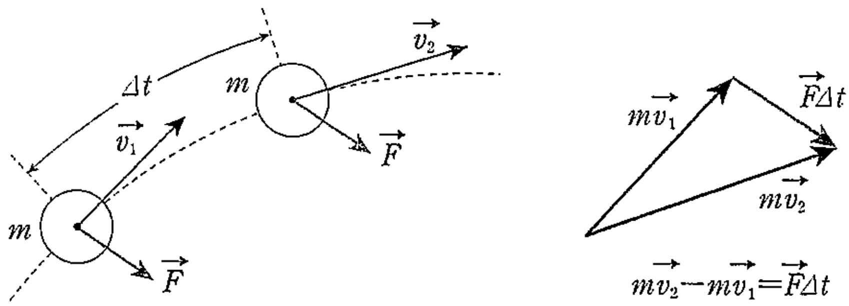
$$m\vec{v_2}-m\vec{v_1}=\vec{F}\Delta t$$

単位については，〔kg・m/s〕=〔N・s〕が成り立つ。

(a)　直線上の運動



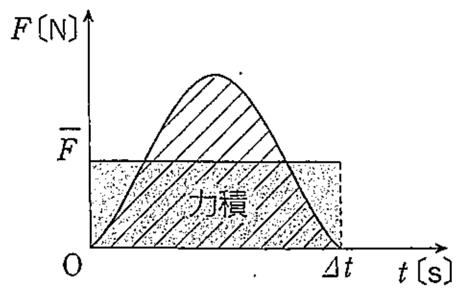
(b)　平面上の運動



(4)平均の力

力が右の F-t グラフで示されるとき，運動量の変化＝力積は斜線の部分の面積になる。平均の力 $\overline{F}$〔N〕を使うと力積は $\overline{F}\cdot\Delta t$ で表されるので，

$$\overline{F}=\frac{\text{力積}}{\Delta t}=\frac{\text{運動量の変化}}{\Delta t}=\frac{\text{斜線の部分の面積}}{\Delta t}$$



2 運動量保存の法則

(1)物体系

いくつかの物体を一まとまりにして考えるとき，そのまとまりを物体系とよぶ。

(2)内力と外力

内力…考えている物体系内の物体間でおよぼしあう力

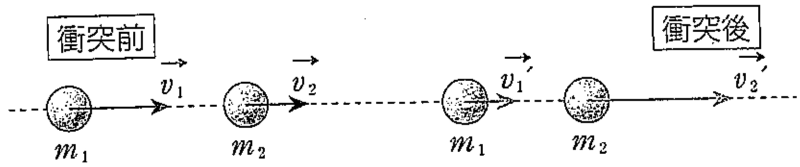
外力…考えている物体系内の物体が物体系外の物体から受ける力

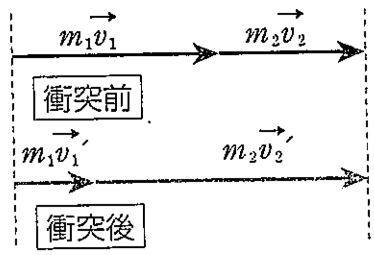
(3)運動量保存の法則

外力がはたらかない場合，考えている物体系の運動量は保存される。

$$m_1\vec{v_1}+m_2\vec{v_2}=m_1\vec{v_1}'+m_2\vec{v_2}'$$

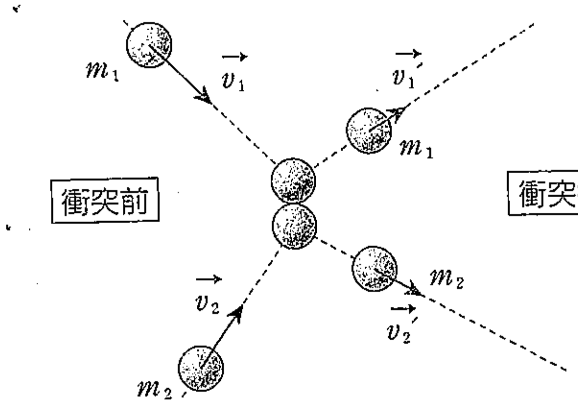
(a)　直線上の衝突

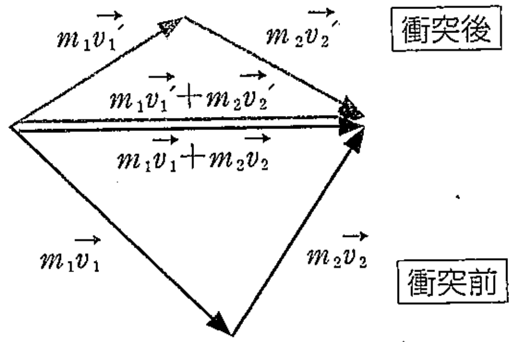




$$m_1\vec{v_1}+m_2\vec{v_2}=m_1\vec{v_1}'+m_2\vec{v_2}'$$

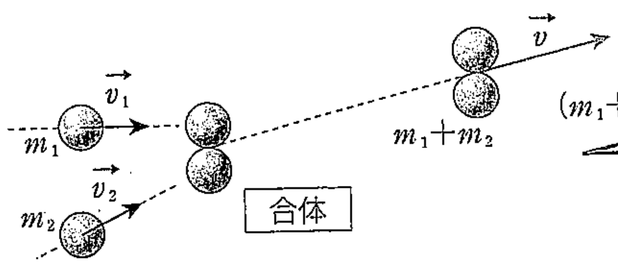
(b)　斜めの衝突

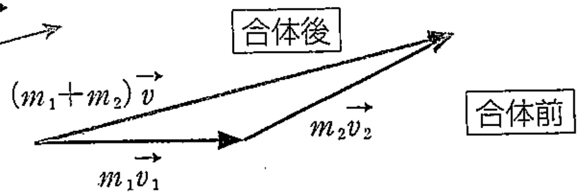




$$m_1\vec{v_1}+m_2\vec{v_2}=m_1\vec{v_1}'+m_2\vec{v_2}'$$

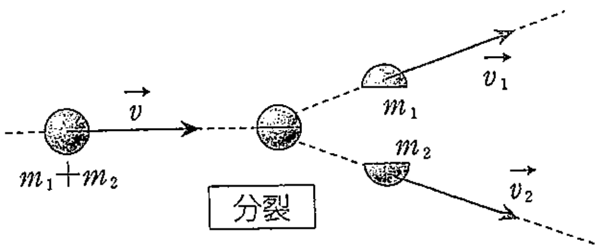
(c)　合体

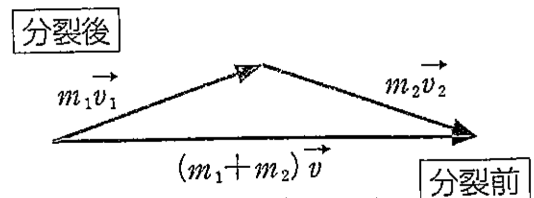




$$m_1\vec{v_1}+m_2\vec{v_2}=(m_1+m_2)\vec{v}$$

(d)　分裂





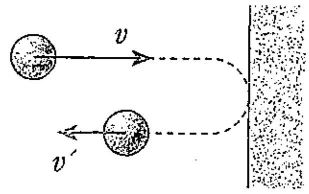
$$(m_1+m_2)\vec{v}=m_1\vec{v_1}+m_2\vec{v_2}$$

③はねかえり係数

(1)はねかえり係数

直線上を運動している 2 物体が衝突する場合，衝突後に 2 球が遠ざかる速さと衝突前に 2 球が近づく速さの比をはねかえり係数という。

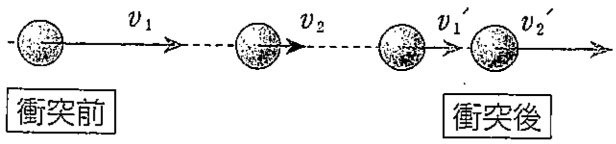
(a)　物体が壁に衝突してはねかえる場合



$$e=\frac{|v'|}{|v|}=-\frac{v'}{v}$$

(b)　直線上で 2 物体が衝突してはねかえる場合

$$e=-\frac{v_1'-v_2'}{v_1-v_2}$$



(2)はねかえり係数による衝突の分類

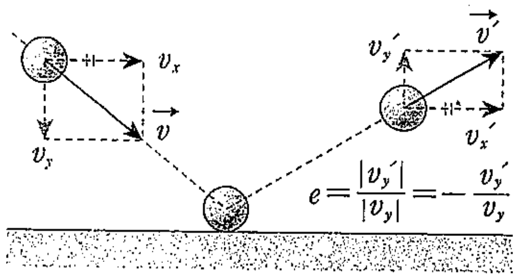
$e=1$	弾性衝突(完全弾性衝突)(力学的エネルギーは保存する)
$0\leqq e<1$	非弾性衝突
$e=0$	完全非弾性衝突(合体する)

(3)斜め衝突におけるはねかえり係数

なめらかな面への衝突では，

$v_x'=v_x$　(面に平行な成分は変わらない)

$v_y'=-ev_y$



1 水平方向に速さ v [m/s] で飛んできた質量 m [kg] のボールをバットで打ったところ，ボールは水平から 45° 上方に打ち返された。打ち返された直後，ボールの速度の垂直成分の大きさは $2v$ [m/s] であった。次の各問いに答えよ。

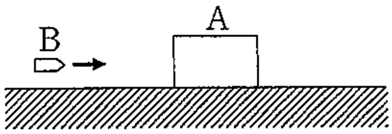
(1) 打ち返された直後のボールの速さを求めよ。

(2) ボールがバットからされた仕事の大きさを求めよ。

(3) バットがボールに与えた力積の大きさを求めよ。

(4) バットがボールに与えた力積の向きが，水平から角度 θ 上方であるとするとき，$\tan\theta$ を求めよ。

2 図のように，質量 M の物体Aが，あらい水平面上に静止している。左から質量 m の弾丸Bが速さ u_0 で水平に飛んできて，Aに瞬間的につきささり，AとBは一体となって右向きに速さ V で動きだした。重力加速度の大きさを g，物体Aと水平面との間の動摩擦係数を μ として，次の問いに答えよ。



(1) 弾丸Bが最初にもっていた運動エネルギーはいくらか。

(2) 運動量保存則から速さ V を求め，M，m，u_0 を用いて表せ。

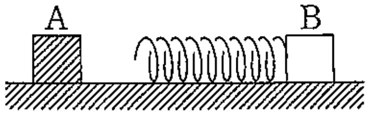
(3) 弾丸が物体につきささったことで失われた力学的エネルギーを，M，m，u_0 を用いて表せ。

(4) (3)で失われた力学的エネルギーはどんな形のエネルギーに変化したと考えられるか，文章で答えよ。

(5) Bと一体となったAにはたらく動摩擦力の大きさを，M，m，μ，g を用いて表せ。

(6) Bと一体となったAは，距離 s だけ動いて止まった。s を V，μ，g を用いて表せ。

3　図のように，なめらかな水平面上に質量 m の物体Aと質量 $M(M>m)$ の物体Bがあり，Bにはばね定数 k の軽いばねが取りつけてある。A，Bおよびばねは一直線上にある。



まず，AとBでばねを押し縮めて，ばねが自然の長さから l だけ縮んだところで，AとBを同時にはなした。

(1)　ばねが自然の長さにもどったとき，AとBの運動エネルギーの和は［ア］である。

(2)　Aがばねから離れた後，Aは速さ［イ］で動き，Bは速さ［ウ］で動く。

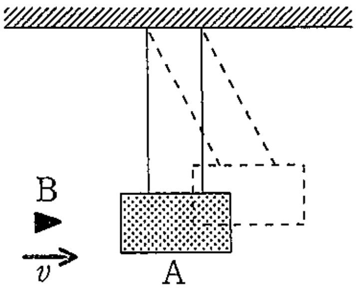
次に，静止しているBに向かってAを図の右向きに速さ v でばねに衝突させた。衝突時には力学的エネルギーが失われることはないものとする。

(3)　衝突後，Aがばねと接触している間に，AとBの速度が等しくなるときがある。このとき，A，Bは速さ［エ］で動き，ばねは最も［オ］いる。また，ばねは弾性エネルギー［カ］を蓄えている。

(4)　Aがばねと衝突してばねから離れるまでの過程をAとBの直接の衝突と考えると，この過程は，反発係数(はねかえり係数) e が［キ］の衝突に相当する。

(5)　Aがばねから離れるとき，Aは図の［ク］向きに速さ［ケ］で動く。

4 図のように，質量 M の粘土Aが，等しい長さの2本の糸で天井からつるされて静止している。質量 m の小物体Bが，左から水平に速さ v で飛んできて，粘土に瞬間的につきささり，粘土に対して静止し，小物体と粘土は一体となって運動した。重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。



(1) 小物体が粘土につきささる前の小物体の運動エネルギーはいくらか。

(2) 小物体が粘土につきささる前の小物体の運動量はいくらか。

(3) 小物体が粘土につきささった直後の粘土の速さはいくらか。

(4) 小物体が粘土につきささる前とつきささった後で，小物体と粘土の力学的エネルギーの和はいくら変化したか。

(5) 小物体が粘土につきささった後，粘土ははじめの位置からいくらの高さまで上がるか。

5　なめらかな水平面内で速さ v で等速直線運動をしている質量 m の質点Aに，同じ水平面内を等速直線運動をしている質量 $3m$ の質点BをO点で衝突させたところ，衝突後A，Bは一体となって運動した。O点を原点とし，Aの運動方向に x 軸をとり，それに垂直に y 軸をとる。

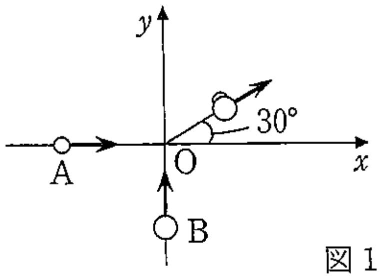


図1

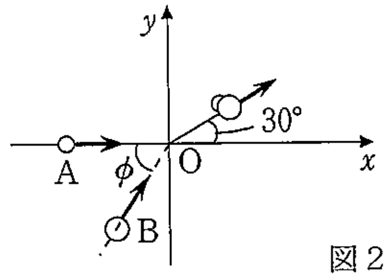


図2

まず，図1のように，Bを y 軸に沿って衝突させたところ，一体となったA，Bは x 軸の正の向きに対して30°の方向に運動した。衝突前のBの速さは $\boxed{\text{ア}}$ であり，衝突後の一体となったA，Bの速さは $\boxed{\text{イ}}$ である。また，この衝突によって失われた運動エネルギーは $\boxed{\text{ウ}}$ である。

次に，図2のように，Aの運動する方向と速さは変えずにBの運動する方向とAの運動する方向とのなす角が ϕ になるようにして衝突させた。このときも一体となったA，Bは x 軸の正の向きに対して30°の方向に運動した。衝突前のBの速さ V は $\boxed{\text{a}}$ であり，衝突後の一体となったA，Bの速さ U は $\boxed{\text{b}}$ である。

a，bに当てはまる式を求め，$\boxed{\text{エ}}$ に示せ。