

○運動量

運動量：物体の運動の激しさを表す

$$\text{運動量 ()} = \text{質量 ()} \times \text{速度 ()}$$

仕事は _____ ではないが、運動量は _____ である。



運動量について考えるときには、_____ を考える必要がある。

(練習) 質量 60 kg の人が北に向かって 5.0 m/s の速さで走っているとき、この人の運動量の向きと大きさを答えよ。

○運動量の変化と力積

$$\text{力積 ()} = \text{物体にはたらく力 ()} \times \text{力がはたらく時間 ()}$$

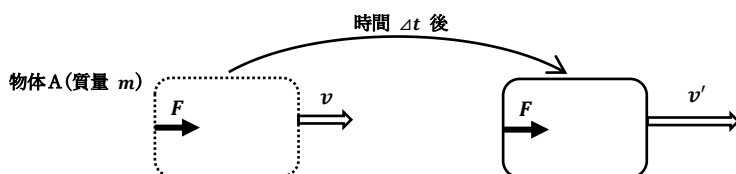
力積も、運動量と同じく _____ である。



物体に力がはたらくと速度が変化するが、このとき

$$\text{物体の } \underline{\hspace{2cm}} \text{ の変化} = \text{物体が受ける } \underline{\hspace{2cm}}$$

という関係が成り立つ。



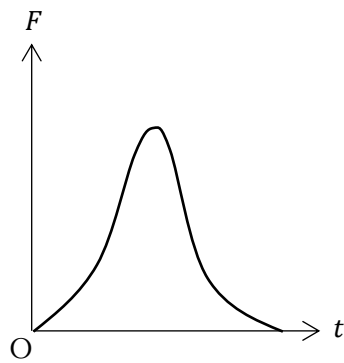
物体の加速度 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ と表せ、これを運動方程式へ代入

して整理すると、 $\underline{\hspace{2cm}}$ という関係を求められる。

(練習) 静止していた質量 0.20 kg のボールに 5.0 N の一定の力を 0.40 s 間だけ加えたとき、ボールの速さはいくらになるか。

○力の大きさが変化する場合の力積

バットでボールを打つときなどには、物体が受ける力の大きさ F は時刻 t とともに次のように変化する。



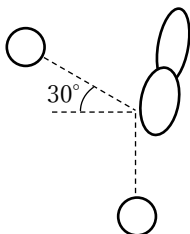
このとき、_____が物体が受ける力積の大きさを表している。

(練習) 東向きに速さ 20 m/s で飛んできた質量 $6.0 \times 10^{-2} \text{ kg}$ のテニスボールをラケットで打ち返した。

- (1) 打ち返したボールが西向きに 15 m/s の速さで飛んでいった。このとき、ボールが受けた力積を求めよ。また、ラケットとボールの接触時間を $5.0 \times 10^{-3} \text{ s}$ とすると、この間にボールが受けた平均の力はいくらか。
- (2) 打ち返したボールが北向きに 20 m/s の速さで飛んでいったとき、ボールが受けた力積を求めよ。また、ボールがラケットに与えた力積を求めよ。 $\sqrt{2} = 1.4$ とする。

(練習) 図のように、水平に対して 30° 下向きに速さ 10 m/s で飛んできた質量 0.40 kg のボールに、水平方向の力積を加えると、ボールは鉛直下向きに運動した。

- (1) ボールが受けた力積の大きさを求めよ。 $\sqrt{3} = 1.7$ とする。。
- (2) 力積を受けた直後のボールの速さを求めよ。



○運動量の保存

2つ以上の物体のグループが外力による _____ を受けないとき、
 運動量の和は変化しない（保存される）。
 運動量保存の法則 という。

・内力 = グループ内で及ぼしあう力
 ・外力 = グループの外から受ける力

※ 運動量の和が保存される代表例： _____ ・ _____ （特別な衝突） ・ _____

物体A(質量 m_1) 物体B(質量 m_2)

↓

A B

↓

A B

Aの運動量の変化 = _____ = _____

Bの運動量の変化 = _____ = _____

↓

1つにまとめると： _____

※ 運動量保存則を使うときには、運動量が _____ であることに注意する。

- ・直線上の運動を考えると き : 正 (+) の向きを決める
- ・直線上でない運動を考えると き : 運動量をベクトル図に描いて考える

(練習) 直線上を 0.40 m/s の速さで運動していた質量 5.0 kg の台車 B に、B と同じ向きに 4.5 m/s の速さで運動していた質量 2.0 kg の台車 A が衝突した。衝突後、B は初めの向きに 2.6 m/s で運動した。衝突後の A の速さと向きを求めよ。



(練習) 直線上を 0.50 m/s の速さで運動する質量 2.0 kg の台車 A がある。

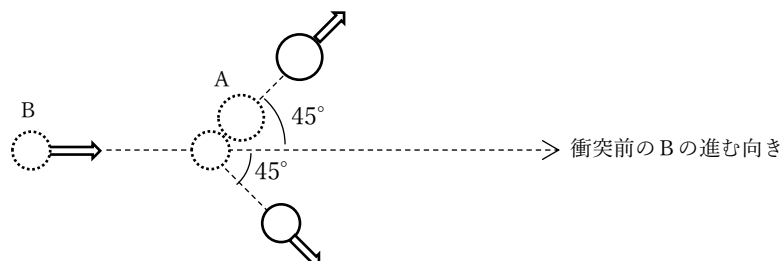
- (1) 台車 A と同じ向きに 4.5 m/s の速さで運動する質量 3.0 kg の台車 B が A に衝突して、A と B が一体となって運動したとき、その速さを求めよ。
- (2) 台車 A に前方から 2.0 m/s の速さで逆向きに運動する質量 3.0 kg の台車 C が衝突し、A と C が一体となって運動したとき、その速度の向きと大きさを求めよ。

(練習) 静止していた質量 m の物体が、内部の少量の火薬によって2つに分裂した。

質量 $\frac{2}{3}m$ の1つの破片が北向きに V の速さで飛んだとき、もう1つの破片が飛ぶ向きと速さを求めよ。

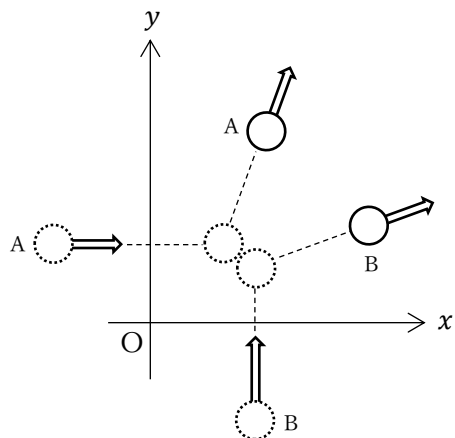
(練習) 速さ V で飛んでいた全質量 (燃料を含む) M のロケットが、質量 m の燃焼ガスを瞬間的に後方に噴射した。噴射した後の燃焼ガスははじめと逆向きに速さ v で飛んでいったとすると、ロケットの速さはいくらになったか。

(練習) なめらかな水平面上で、静止していた質量 2.0 kg の物体 A に、速さ 4.0 m/s で進んできた質量 1.0 kg の物体 B が衝突した。衝突後、A、B はそれぞれ図の向きに進んだ。衝突後の A、B の速さをそれぞれ求めよ ($\sqrt{\quad}$ を使って答えよ)。

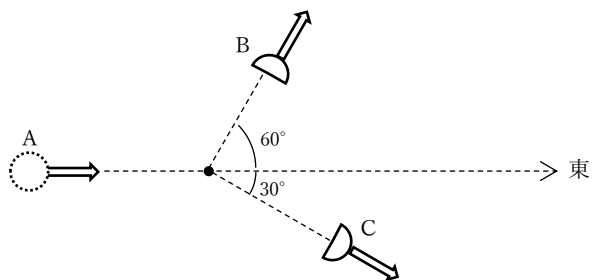


(練習) なめらかな水平面上で、図のように x 軸の正の向きに速さ 6.0 m/s で進んできた質量 0.50 kg の物体 A と、 y 軸の正の向きに速さ 8.0 m/s で進んできた同じ質量の物体 B が衝突した。衝突直後の A の速度の x 成分は 2.0 m/s 、 y 成分は 5.0 m/s であった。

- (1) 衝突直後の B の速度の x 成分と y 成分をそれぞれ求めよ。
- (2) B に加わった力積の x 成分と y 成分をそれぞれ求めよ。

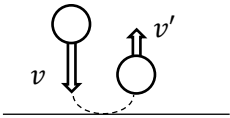


(練習) なめらかな水平面内を東向きに 12 m/s の速さで進んできた質量 8.0 kg の物体 A が、内部の少量の火薬の爆発によって、質量 3.0 kg の破片 B と質量 5.0 kg の破片 C に分裂した。B は初めの進行方向から 60° だけ北向きに、C は 30° だけ南向きに進んだ。分裂直後の B、C の速さをそれぞれ求めよ ($\sqrt{\quad}$ を使って答えよ)。



○衝突による物体の運動の変化

- ・物体が壁や床と衝突する場合



反発係数（はね返り係数） = _____

はね返りの度合いを表す。

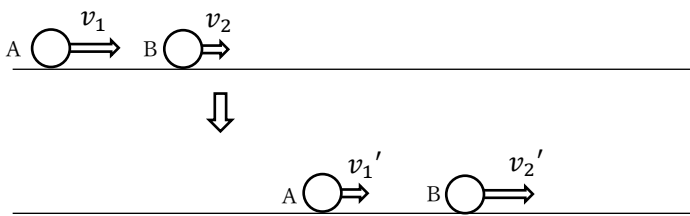
※ 反発係数は、衝突する物体や壁（床）の材質によって決まり、衝突する速さはほとんど無関係である。



- ・ $e = 1$: 弾性衝突
- ・ $e < 1$: 非弾性衝突（ $e = 0$ の場合は「完全非弾性衝突」）

$e > 1$ の衝突は _____

- ・直線上で2物体が衝突する場合



反発係数 = _____

(練習) 床からの高さ h の位置より、ボールを自由落下させた。重力加速度の大きさを g 、ボールと床面との間の反発係数を e とする。

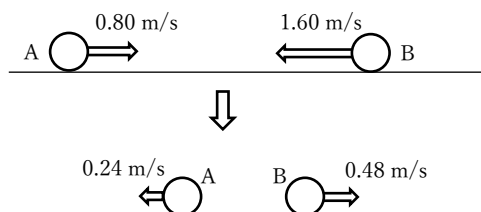
- (1) 床に衝突する直前のボールの速さはいくらか。
- (2) ボールが床に衝突するまでにかかる時間はいくらか。
- (3) 床に衝突した直後のボールの速さは、衝突直前の速さの何倍か。
- (4) 床に衝突した後、ボールが到達する最高点の高さは h の何倍か。
- (5) 衝突してからボールが最高点に達するまでの時間は、(2)で求めた時間の何倍か。

(練習) 図のように、なめらかな水平面上を右向きに速さ 4.0 m/s で進む質量 0.20 kg の物体Aが、左向きに速さ 2.0 m/s で進む質量 0.30 kg の物体Bと正面衝突した。AとBの間の反発係数を 0.50 として、衝突後のA、Bの速度の向きと大きさをそれぞれ求めよ。



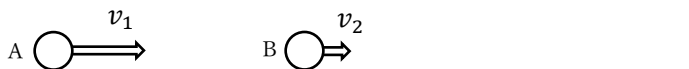
(練習) なめらかな水平面上を右向きに速さ 0.80 m/s で進む質量 0.90 kg の物体 A が、左向きに速さ 1.60 m/s で進む物体 B と正面衝突した。衝突後、A は左向きに 0.24 m/s の速さで進み、B は右向きに 0.48 m/s の速さで進んだ。

- (1) A と B との間の反発係数を求めよ。
- (2) B の質量を求めよ。



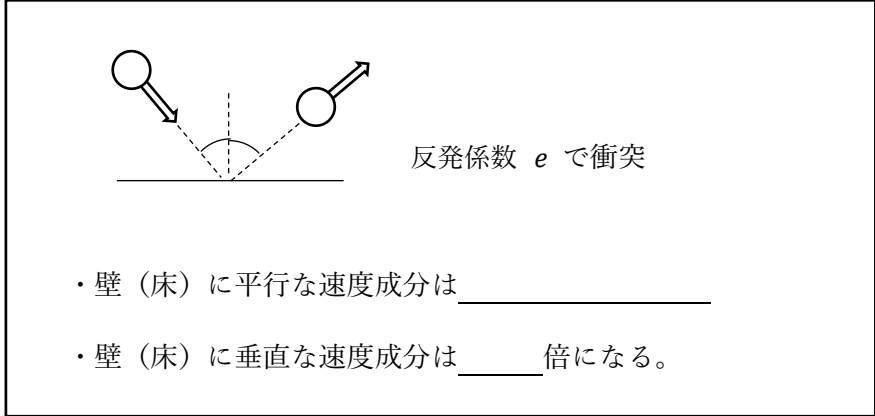
(練習) 図のように、直線上で質量の等しい2つの物体 A、B を衝突させる。衝突前の A の速度を v_1 、B の速度を v_2 、A と B との間の反発係数を e とする。

- (1) 衝突後の A、B の速度をそれぞれ求めよ。
- (2) $e = 1$ のとき、A と B の速度が衝突前後で入れ替わることを、(1) の答えから確かめよ。



○斜めに衝突する場合

・物体がなめらかな壁や床に斜めに衝突する場合



反発係数 e で衝突

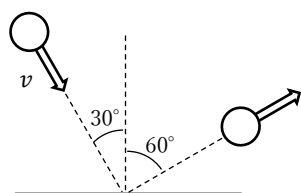
- ・壁（床）に平行な速度成分は _____
- ・壁（床）に垂直な速度成分は _____ 倍になる。

※ $e = 1$ の場合、図に示した2つの角度は _____ なる。

(練習) 図のように、ボールがなめらかな床に斜めに衝突してはね返った。床面に下ろした垂線と速度の向きとのなす角は、衝突直前が 30° 、衝突直後が 60° であった。

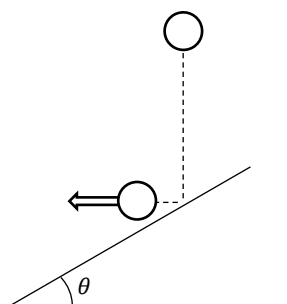
衝突直前のボールの速さを v として、次の各値を求めよ。

- (1) 衝突直前のボールの速度の、床面に平行な成分の大きさ。
- (2) 衝突直前のボールの速度の、床面に垂直な成分の大きさ。
- (3) 衝突直後のボールの速度の、床面に平行な成分の大きさ。
- (4) 衝突直後のボールの速度の、床面に垂直な成分の大きさ。
- (5) ボールと床との間の反発係数。



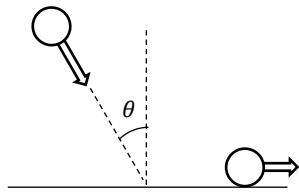
(練習) 質量 m のボールが距離 h だけ自由落下をして、傾きの角 θ のなめらかな斜面に衝突し、水平方向にはね返った。ボールと斜面との間の反発係数を e 、重力加速度の大きさを g として、以下の各問いに答えよ。

- (1) 斜面に衝突する直前の速さを v 、直後の速さを v' として、斜面に平行な方向と垂直な方向の速度成分の関係式をそれぞれ示せ。
- (2) ボールと斜面との間の反発係数 e を θ を用いて表せ。また、衝突直後の速さ v' を、 g 、 h 、 e を用いて表せ。



(練習) 質量 m の物体がなめらかな床に垂線となす角 θ で斜めに衝突した後、はね上がらずに床の上を進んだ。衝突直前の速さを v 、重力加速度の大きさを g として、以下の各問いに答えよ。

- (1) 物体と床との間の反発係数を求めよ。
- (2) 衝突直後の物体の速さを求めよ。
- (3) 物体が受けた力積の大きさはいくらか。



○衝突によるエネルギーの変化

2つの物体が衝突するとき、

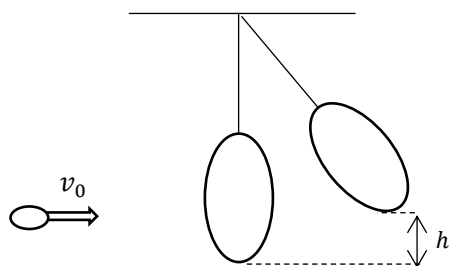
・弾性衝突なら : 運動エネルギーの和が _____

・非弾性衝突なら : 運動エネルギーの和が _____

失われる運動エネルギーは _____ になる。

(練習) 図のように、質量 M の砂袋がひもで天井からつり下げられている。左から水平に質量 m の弾丸が速さ v_0 で飛んできて、砂袋の中心に瞬間的に突き刺さり、弾丸と一体となった砂袋は初めの位置から高さ h のところまで上がった。重力加速度の大きさを g として、以下の各問いに答えよ。

- (1) 一体となった直後の砂袋の速さを求めよ。
- (2) この衝突で失われた力学的エネルギーを求めよ。
- (3) v_0 を、 M 、 m 、 h 、 g を用いて表せ。



(練習) なめらかな水平面上を右向きに速さ 4.0 m/s で進む質量 2.0 kg の台車Aが、静止していた質量 3.0 kg の台車Bと衝突し、衝突後は一体となって進んだ。

- (1) 衝突後の台車の速さを求めよ。
- (2) 衝突で運動エネルギーの何%が失われたか。