

【07 運動量】

- ・運動量

$$\vec{p} = m \vec{v} \text{ [kg} \cdot \text{m/s]}$$

- ・力積

$$\vec{I} = \vec{F} \Delta t \text{ [N} \cdot \text{s]}$$

- ・運動量と力積の関係

$$m \vec{v}' - m \vec{v} = \vec{F} \Delta t$$

- ・運動量保存則

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$

- ・反発係数(はねかえり係数)

$$e = - \frac{\vec{v}_1' - \vec{v}_2'}{\vec{v}_1 - \vec{v}_2} = - \frac{\text{衝突後の相対速度}}{\text{衝突前の相対速度}}$$

v_1 v_2 は衝突前の「速度」

v_1' v_2' は衝突後の「速度」

第3章 運動量の保存

1 運動量と力積

A 運動量

物体の「 」を表すために、「 」×「 」という量を考えて、これを「 」と名づけます。

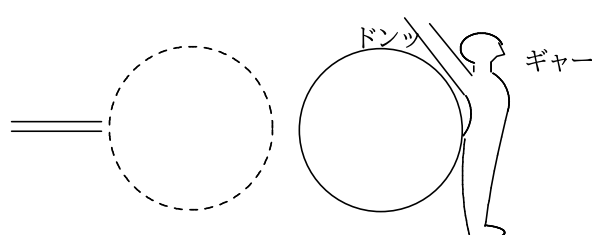
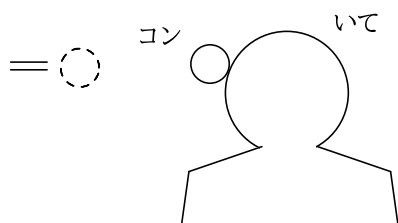
【運動量】

[]

この v は「速度」なので、「向き」があります。そのため「運動量」にも、「向き」があります。

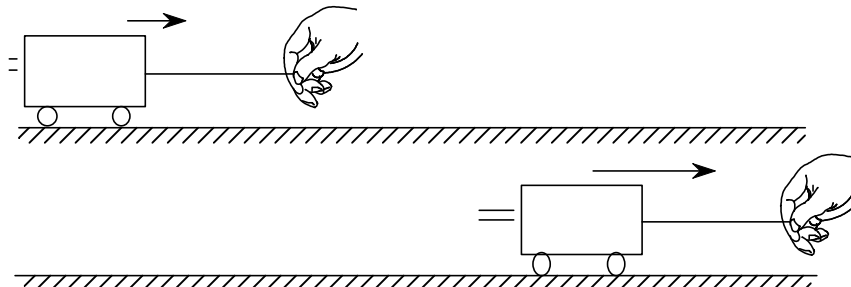
・軽くて遅いものは、いきおいが小さい。

・重くて速いものは、いきおいが大きい。



B 運動量と力積の関係

速さ v [m/s] で運動していた質量 m [kg] の物体に力 F [N] を Δt [s] の間与えたところ、速さが v' [m/s] に増加したとします。



途中、短い間だけ台車を引っ張ると「加速」していますよね。加速度の定義より、

$$a = \frac{\text{[m/s]}}{\text{[s]}}$$

この加速度を運動方程式 $ma = F$ に代入すると

=

=

このとき、左辺に現れた『 mv 』を運動量、右辺に現れた『 $F\Delta t$ 』を力積と名付けます。

これを『運動量と力積の関係』といいます。

【運動量と力積の関係】

『物体の運動量の変化は、その間に物体が受けた力積に等しい』

□ 力積とは

「 Δp 」とは、物体にはたらく「 F 」と、その力が物体にはたらいていた「 Δt 」をかけ合わせたもので、単位は「 $\text{N}\cdot\text{s}$ 」です。

【力積】

[]

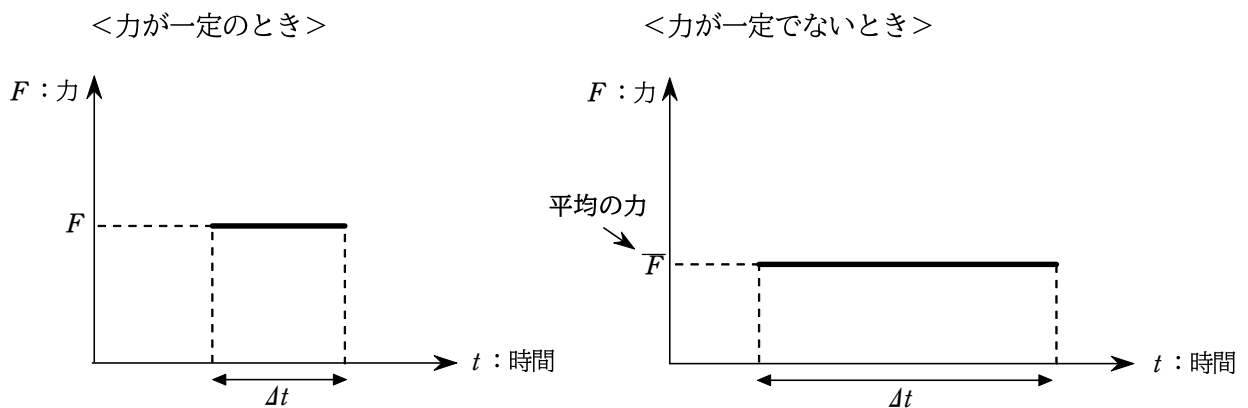
力積は他の物体の「 p 」を変化させる度合いを表したものであり、運動量の変化 $mv' - mv$ から求めることもできます。

【運動量と力積の関係】

[]

□ $F-t$ グラフ

縦軸を F (力)、横軸を t (時間) にとり、そのグラフの「面積」を求めることで「 Δp 」を求めることができます。



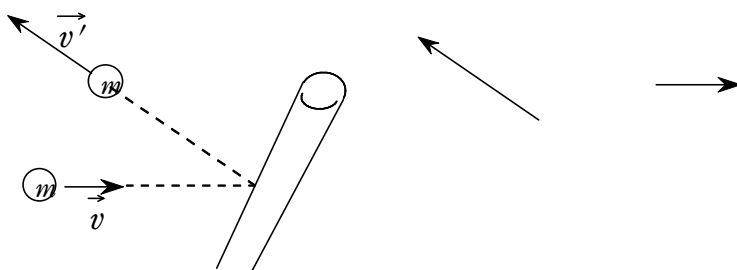
『 $F-t$ グラフの面積は力積を表す』

□ 平面における運動量と力積

平面の相対速度のときと同じく、運動量と力積は本来ベクトルなので、ベクトルの引き算をしなければいけません。

【運動量と力積の関係】

[]



- 1 (1) 運動量 質量 m [kg] の物体が速度 $\vec{v}$ [m/s] で運動しているとき、 $\mathcal{P}$ []をこの物体の運動量といい、単位は $\mathcal{I}$ []である。運動量は、運動の勢い(激しさ)の程度を表す量の1つであり、速度と同じ向きをもつ $\mathcal{U}$ {スカラー, ベクトル} である。

- (2) 運動量の変化と力積 速度 $\vec{v}$ で運動していた質量

m の物体が一定の力 $\vec{F}$ を受け、時間 Δt 後に $\vec{v}'$ の速度になったとする。このとき生じた加速度は

$\mathcal{A}$ []であるから、運動方程式は

$$\mathcal{A}[\text{ }] = \mathcal{A}[\text{ }]$$

となり、両辺を Δt 倍すれば

$$\mathcal{A}[\text{ }] = \vec{F} \Delta t$$

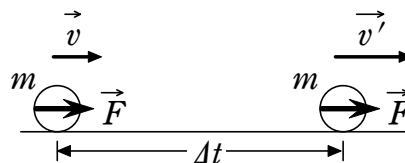
の関係が成り立つ。この式の左辺は運動量の変化を表している。また、右辺は

$\mathcal{K}$ []といわれる量で、単位は $\mathcal{U}$ []である。これをいい表すと「物体の

$\mathcal{U}$ []の変化は、その間に物体に与えられた $\mathcal{P}$ []に等しい」となる。この

関係を用いると、加えられた力が時間とともに複雑に変化する場合でも、物体

にはたらいた $\mathcal{P}$ []の力を求めることができる。

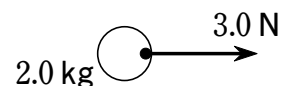


- 2 質量 3.0 kg の物体が東に向かって 1.5 m/s の速さで進んでいるときの、運動量の大きさと向きを求めよ。

- 3 速さ 1.0 m/s で走っている質量 2.0 kg の台車に対し、進んでいる向きに 2.5 N の大きさの力を 0.40 秒間加えたとする。このときの台車の速さは何 m/s になるか。

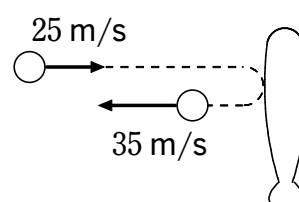
- 4 質量 4.0 kg, 速度 2.0 m/s の台車に、速度と同じ向きに 5.0 N の力を 2.0 秒間加えると、速度は v' [m/s] となった。 v' を求めよ。

- 5 初め静止していた質量 2.0 kg の物体に、大きさ 3.0 N の一定の力を 10 秒間 はたらかせた。



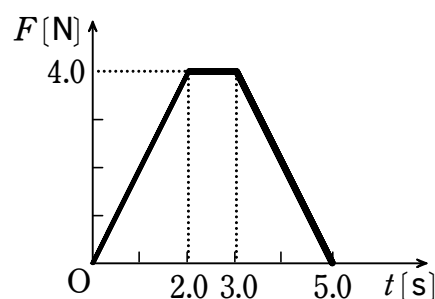
- (1) 物体に与えた力積の大きさ I は何 $\text{N} \cdot \text{s}$ か。
- (2) 物体の運動量の増加は何 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ か。
- (3) 物体の速さ v' は何 m/s になったか。

- 6 右向きに 25 m/s の速さで飛んできた質量 0.15 kg のボールをバットで左向きに速さ 35 m/s で打ちかえした。



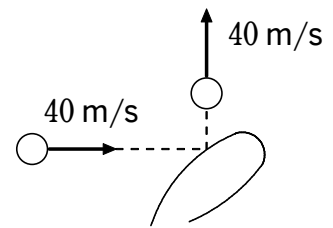
- (1) ボールに与えられた力積の大きさと向きを求めよ。
- (2) ボールとバットの接触時間を 0.010 秒 とすれば、バットがボールに加えた平均の力の大きさ F は何 N か。

- 7 質量 3.0 kg の物体が x 軸上を正の向きに 5.0 m/s の速さで進んできて、原点を通過した瞬間から、時間の経過とともに右図のように変化する力が x 軸の正の向きに加わった。

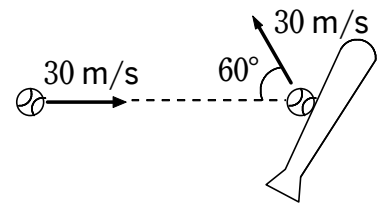


- (1) $0 \sim 5.0 \text{ 秒}$ の間に物体が力から受けた力積の大きさ I は何 $\text{N} \cdot \text{s}$ か。
- (2) $0 \sim 5.0 \text{ 秒}$ の間に物体が受けた平均の力 $\bar{F}$ は何 N か。
- (3) $t = 5.0 \text{ s}$ のときの物体の速度 v' は何 m/s か。

- 1 40 m/s の速さで水平に飛んできた質量 0.20 kg のボールをバットで打ったところ、ボールは同じ速さで鉛直に上がった。運動量の変化の大きさと向きを求めよ。

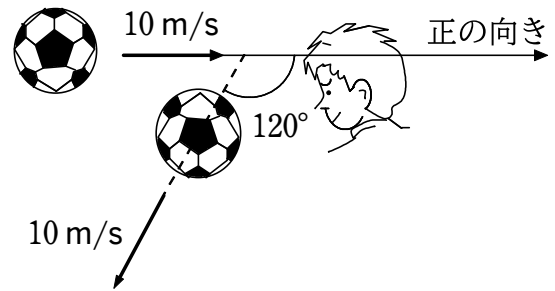


- 2 ピッチャーが投げた質量 0.15 kg のボールをバッターがセンター方向(正面)へ打ちかえした。このとき、30 m/s の速さで水平に飛んできたボールを仰角 60° の方向に 30 m/s の速さで打ちかえしたものとする。

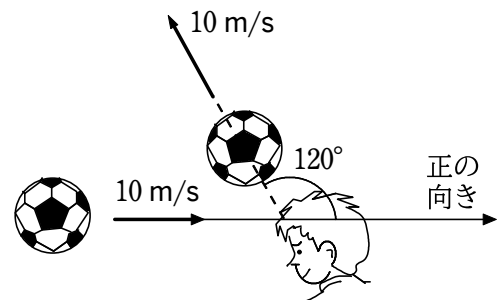


- (1) バットがボールに加えた力積 I の大きさはいくらか。
- (2) ボールとバットの接触時間が 1.0×10^{-2} 秒であったとすると、ボールが受けた平均の力 $\overline{F}$ の大きさは何 N か。

- 3 正の向きに速さ 10 m/s で飛んできた質量 0.40 kg のサッカーボールをヘディングしたところ、ボールは正の向きに対し 120° をなす向きに同じ速さではねかえったとする。このとき、ボールが受けた力積の大きさと、力積の向きが正の向きとなす角度を求めよ。



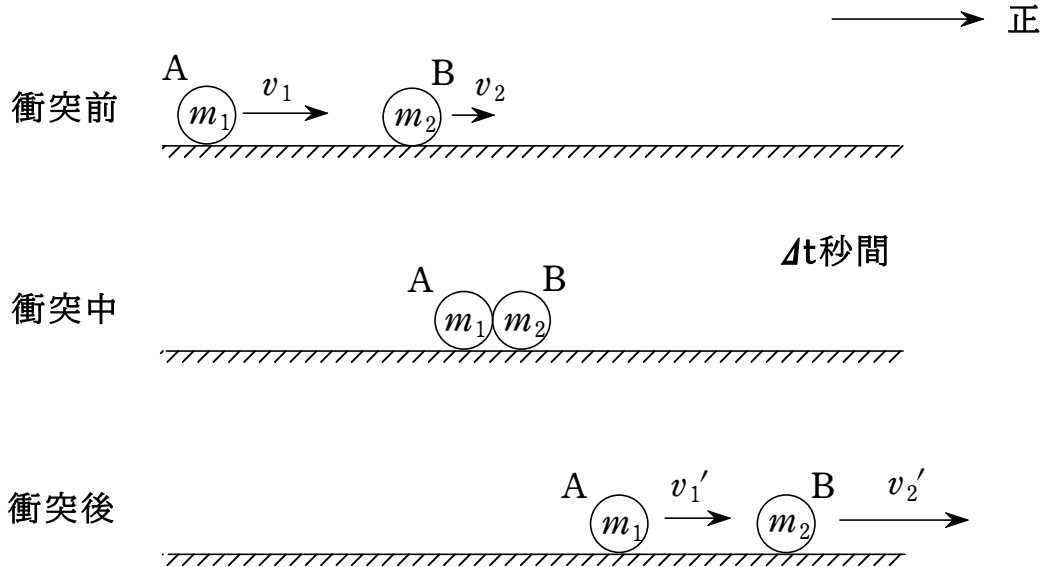
- 4 正の向きに速さ 10 m/s で飛んできた質量 0.40 kg のサッカーボールをヘディングしたところ、ボールは正の向きに対し 120° をなす向きに同じ速さではねかえったとする。このとき、ボールが受けた力積の大きさと、力積の向きが正の向きとなす角度を求めよ。



2 運動量保存則

A 直線運動における運動量保存則

速度 v_1 [m/s] で直線上を運動する質量 m_1 [kg] の物体 A が、速度 v_2 [m/s] で同じ直線上を運動する質量 m_2 [kg] の物体 B に追いついて衝突し、それぞれの速度が v_1' 、 v_2' [m/s] になった場合を考えます。



小球Aについて運動量と力積の関係を式で表すと、

=

同様に小球Bについて運動量と力積の関係を式で表すと、

=

①と②から右辺の力積を消去すると、

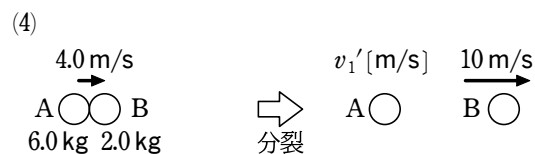
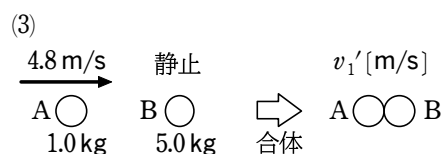
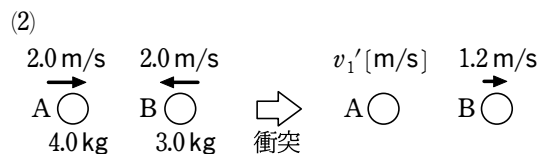
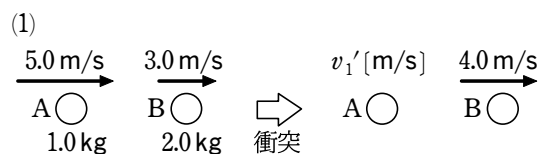
【運動量保存則】

今考えている物体系が内力を及ぼしあうだけで、外力がはたらかないとき、物体系の中の全体の運動量は保存されます。衝突以外にも、一体となったり、分裂したり、大きい物体の上を小さい物体が移動したりするときにも運動量保存則は成り立ちます。

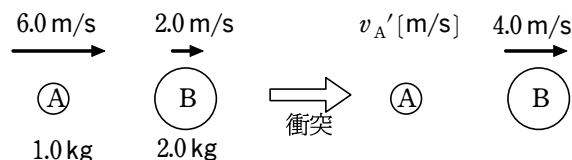
問題演習(アウトプット) シャベる、質問する、説明する、動く、他者と協力する

- 1 (1) 2 物体の衝突 2つの物体が衝突すると、互いに力を及ぼしあい、それぞれの物体の運動量は変化する。しかし、これらの力は $\vec{F}$ の関係にあるため、それぞれの物体に与えられる力積も、大きさが等しく互いに逆向きである。したがって、2つの物体の運動量の変化の和は $\vec{0}$ になる。2つの物体間だけで互いに及ぼしあう力を $\vec{F}$ といい、衝突の際にこのような力だけがはたらく場合には、運動量の変化の和は常に $\vec{0}$ となる。
- (2) 運動量保存則 2つの物体が衝突して内力だけを及ぼしあう場合、1つの物体の運動量が増加すれば、他の物体の運動量は同じ量だけ減少し、2つの物体の運動量の和は衝突の前後で変化しない。この関係は、多数の物体の運動の場合にも成りたち、 $\vec{P}$ という。2物体が衝突後一体となって運動する場合や、1つの物体が2つの物体に分裂する場合にも、はたらく力が $\vec{F}$ だけであれば、この法則は常に成り立つ。
- 2 一直線上を、質量 2.0 kg の小球 A が正の向きに 4.0 m/s の速さで進み、その前方を質量 3.0 kg の小球 B が負の向きに 4.0 m/s の速さで進んできて小球 A と衝突した。衝突後の小球 B の速さが正の向きに 2.0 m/s であるとき、小球 A の速度 v [m/s] を求めよ。
- 3 一直線上を、正の向きに 3.0 m/s の速さで進む質量 1.2 kg の小球 A と、負の向きに 2.0 m/s の速さで進む質量 2.8 kg の小球 B が衝突し、一体となった。一体となった後の速度 v [m/s] を求めよ。
- 4 質量 2.0 kg、速さ 3.0 m/s の台車 A が、静止している 1.0 kg の台車 B に衝突したところ、台車 A の速さは衝突前と同じ向きに 1.0 m/s となった。衝突後の B の速さ v' は何 m/s か。

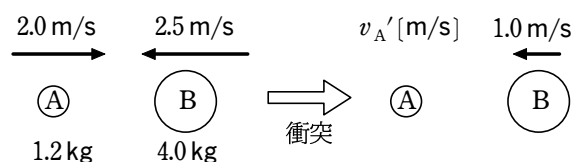
- 5 一直線上を運動する小球 A, B が衝突, または合体, 分裂する。次の各場合について, 衝突, 合体, 分裂後の小球 A の速度 v_1' [m/s] を求めよ。なお, 右向きを正の向きとする。



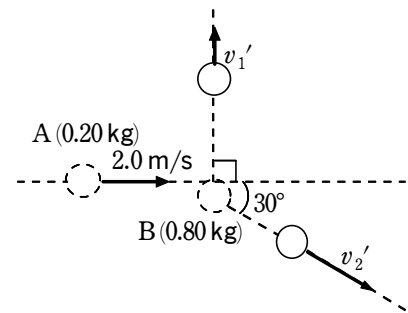
- 6 一直線上を運動する物体 A, B が衝突する。衝突後の物体 A の速度 v_A' [m/s] を求めよ。なお, 衝突前の物体 A の進む向きを正とする。



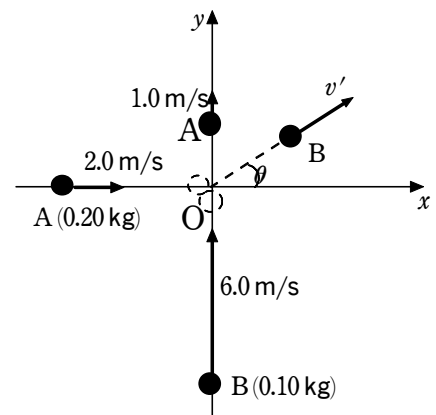
- 7 一直線上を運動する物体 A, B が衝突する。衝突後の物体 A の速度 v_A' [m/s] を求めよ。なお, 衝突前の物体 A の進む向きを正とする。



- 1 図のように、なめらかな水平面上を、質量 0.20 kg の小球 A が速さ 2.0 m/s で進んできて、静止していた質量 0.80 kg の小球 B と衝突した。衝突後の小球 A、B の運動の向きが図のようであるとき、衝突後の小球 A の速さ $v_1' [\text{m/s}]$ と小球 B の速さ $v_2' [\text{m/s}]$ を求めよ。



- 2 x 軸上を速さ 2.0 m/s で正の向きに進む質量 0.20 kg の小球 A と、 y 軸上を速さ 6.0 m/s で正の向きに進む質量 0.10 kg の小球 B とが座標軸の原点で衝突し、衝突後、小球 A は速さ 1.0 m/s で y 軸上を正の向きに進んだ。このとき、衝突後の小球 B の速さ $v' [\text{m/s}]$ と、小球 B の進む向きが x 軸の正の向きとなす角 $\theta [^\circ]$ を求めよ。
 $\sqrt{2} = 1.41$ とする。



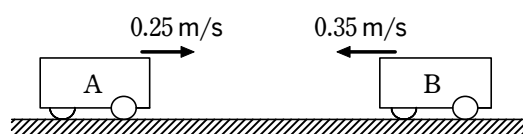
問題演習(アウトプット) シャべる、質問する、説明する、動く、他者と協力する

- 1 静止していた質量 5.0 kg の物体が、質量 3.0 kg の物体 A、質量 2.0 kg の物体 B の 2 つに分裂した。分裂後の物体 A は東向きに速さ 4.0 m/s で進んだとする。分裂後の物体 B の速さとその向きを求めよ。

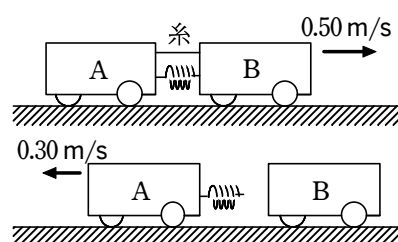
- 2 一直線上を、質量 3.0 kg の物体 A が速さ 0.80 m/s で進み、前方で静止している質量 5.0 kg の物体 B と衝突し、一体となって進んだ。衝突後、一体となった物体の速さを求めよ。

- 3 一直線上で、質量 3.0 kg の台車 A を先頭に質量 1.0 kg の台車 B をつなぎ、一定の速さで進ませた。途中で台車 B を分離したところ、台車 A は速さ 2.4 m/s で、台車 B は速さ 0.80 m/s で分離前と同じ向きに進んだ。分離前の台車の速さを求めよ。

- 4 (1) なめらかな水平面上にある一直線上を、質量 1.0 kg の台車 A が速さ 0.25 m/s で、質量 2.0 kg の台車 B が速さ 0.35 m/s で互いに逆向きに進んで衝突し、一体になった。衝突後一体になった台車の速度 $v [\text{m/s}]$ を求めよ。



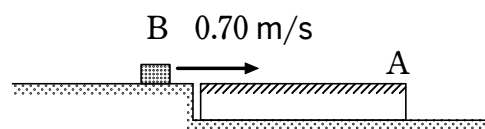
- (2) 上の台車 A、B の間に軽いばねをはさんで糸でつなぎ、B を前にして速さ 0.50 m/s で進ませながら糸を焼き切ったら、A は逆向きに速さ 0.30 m/s で進んだ。分離後の B の速度 $v' [\text{m/s}]$ を求めよ。



- 5 速さ V [m/s] で進んでいた質量 M [kg] (燃料を含む) のロケットから、質量 m [kg] の燃料を、地上で静止している人から見てロケットの進む向きと反対の向きに速さ v [m/s] ですべて瞬間的に噴射した。噴射後のロケットの速さ V' [m/s] を求めよ。

- 6 総質量 M [kg] のロケットが速さ V [m/s] で進んでいる。燃焼ガスをすべて瞬間的に後方へ噴射したとき、噴射後のロケットの速さ V' [m/s] を求めよ。噴射した燃焼ガスの質量を m [kg]、ロケットに対する燃焼ガスの相対的な速さを u [m/s] とする。

- 7 質量 1.4 kg の台 A がなめらかで水平な床の上に置かれている。この台 A の上面に、質量 0.60 kg の小物体 B が上面と同じ高さの水平面から乗り移った。小物体 B が台 A の上面を動きだすと同時



に、台 A も床の上を動きだし、やがて、小物体 B と台 A は一体となって動き続けたとする。乗り移った瞬間の小物体 B の速さを 0.70 m/s、台 A の上面と小物体 B との間の動摩擦係数を 0.25 、重力加速度の大きさを 9.8 m/s² とする。

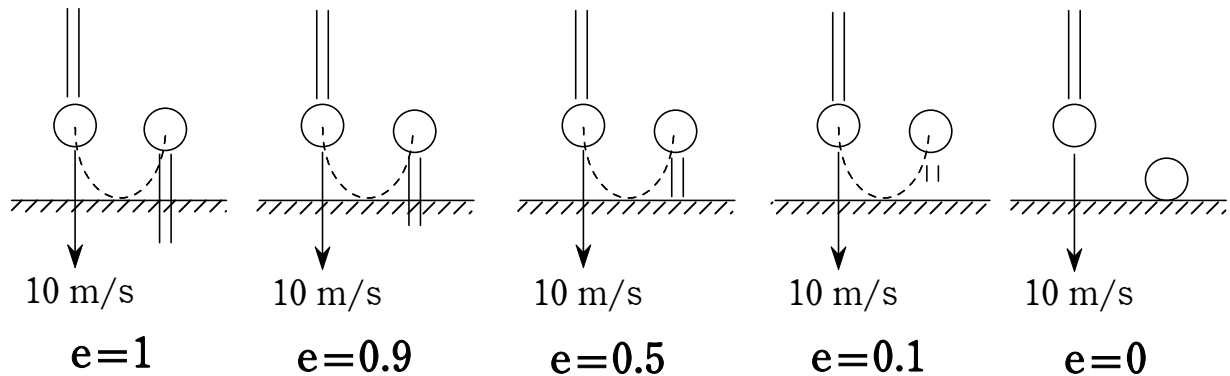
- (1) 一体となった後の小物体 B と台 A の速さ V [m/s] を求めよ。
- (2) 一体になるまでに小物体 B が失った運動量の大きさは、動摩擦力が小物体 B に与えた力積の大きさに等しい。このことを用いて、小物体 B が台 A に乗り移ってから一体になるまでの時間 Δt [s] を求めよ。

3 反発係数

A 床との衝突

テニスボールは床に落とすとよく弾みますが、粘土は弾みません。このように、はねかえりの程度を表す量を考えます。「 」と言い、記号は、「 」で表します。

反発係数(はね返り係数) e は「 $-1 \leq e \leq 1$ 」の範囲の値をとり、床(壁)と物体の関係で決まります。



$e=1$ のときを「 」

$0 < e < 1$ のときを「 」

$e=0$ のときを「 」 と言います。

【反発係数の式】

または

【反発係数の式】

なんでマイナスがつくの?と疑問に思う人がいると思います。それはこの式の v が「速度」だからです。「速度」とは向きと大きさを考えたものでしたね。そして「はねかえり」という現象は必ず向きが変わるためマイナスが必要なのです。(※ v を「速さ」で考える場合は、マイナスをつけない。)

- 1 水平面上を進む小球が、壁と垂直に衝突してはねかえった。衝突直前の小球の速さが 2.0 m/s 、衝突直後の小球の速さが 1.5 m/s であるとき、小球と壁との間の反発係数はいくらか。
- 2 ボールが速さ 20 m/s で壁に垂直に当たり、速さ 16 m/s ではねかえった。ボールと壁の間の反発係数 e の値を求めよ。
- 3 一直線上を速さ 24 m/s で進んできた小球が壁に衝突して逆向きに速さ $v [\text{m/s}]$ ではねかえった。小球と壁の間の反発係数が 0.25 のとき、 $v [\text{m/s}]$ を求めよ。
- 4 水平な机の面より 80 cm の高さの所から、小球を自由落下させた。机の面と小球との間の反発係数を 0.50 とするとき、小球は衝突後何 cm の高さまではね上がるか。

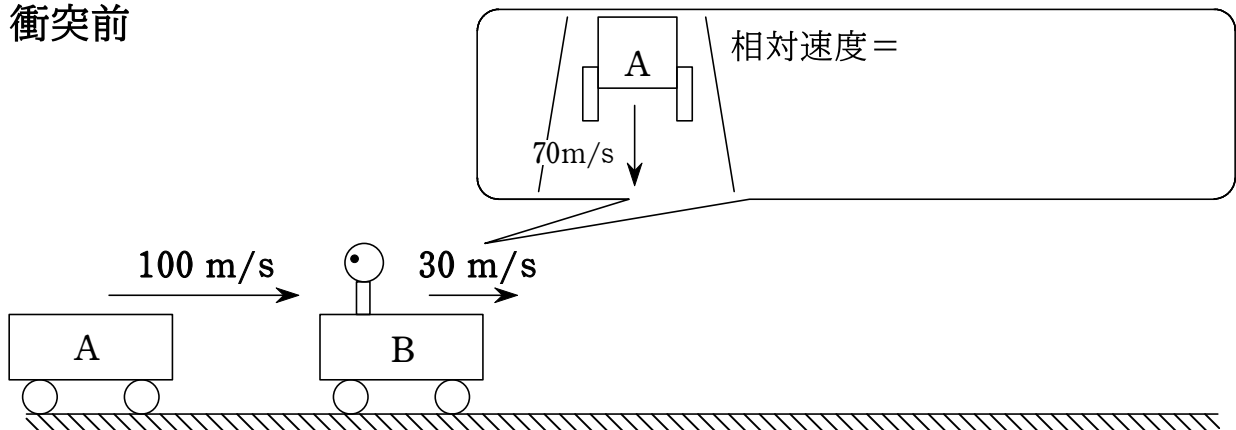
B 直線上の2物体の衝突

P16,17における「はねかえり」は、ぶつかる相手が壁や床といった動かない物体でした。しかし、ここでは衝突する2つの物体とも動く場合を考えます。ポイントは相対速度です。

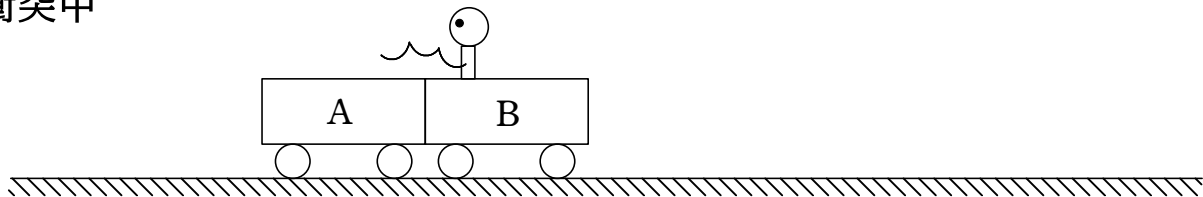
30m/sで走るBの車と、100m/sで走るAの車があります。

Bの車からAの車を見ると相対速度 70m/sで近づいているように見えます。

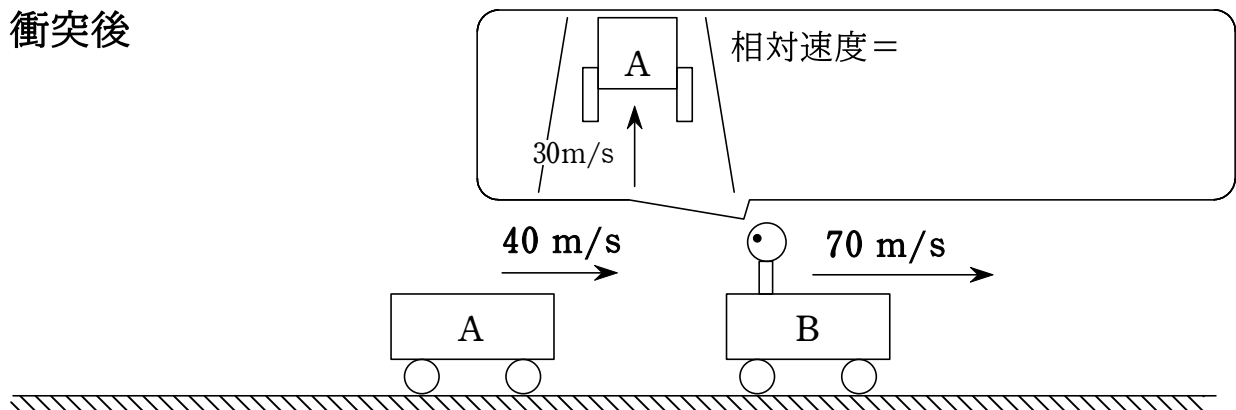
衝突前



衝突中



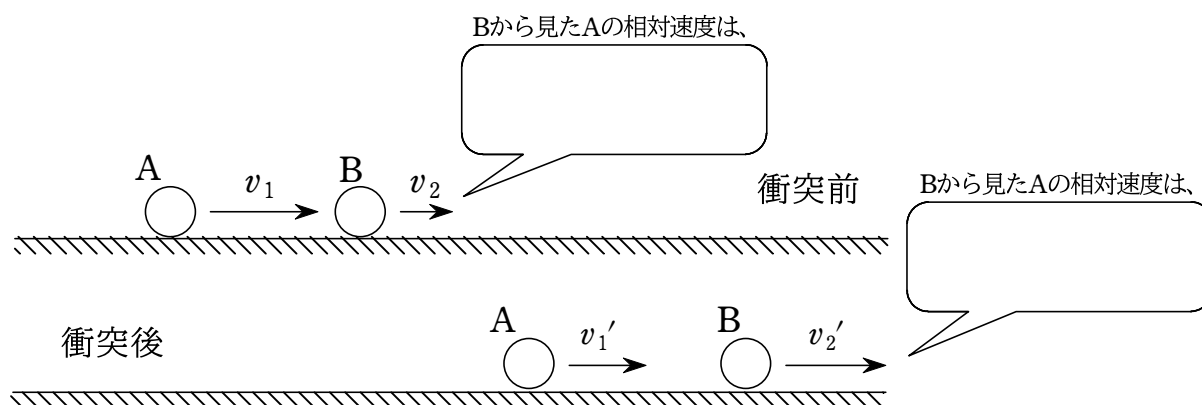
衝突後



衝突後Bの車は押されたので70m/sに加速し、Aの車はその衝撃で40m/sに減速してしまいました。この一連の出来事をBの立場になって考えると、「70m/sで近づいてきた相手が30m/sではね返っている」ように見えます。

この場合、 $e =$

□ 2物体とも運動している場合の反発係数の式



【反発係数の式】

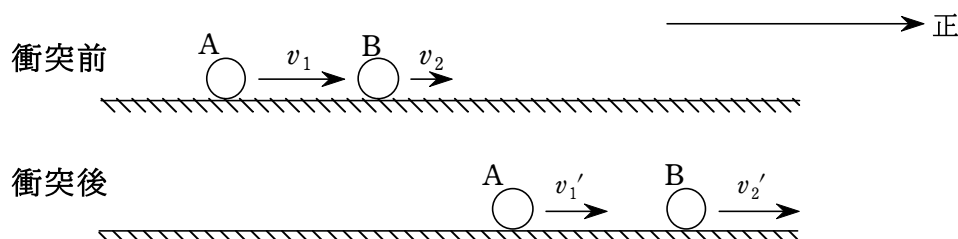
$$= \frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} =$$

相対速度と聞くと難しいという印象を受ける人がいますが、ただ引く順番をそろえればいいだけです。分母を $v_1 - v_2$ にしたのなら、分子も $v_1' - v_2'$ にすればいいだけの話。分母と分子にどっちを持ってくるかわからない人は、 e をかけたら衝突後の速度になると考えればおのずとわかると思います。ちなみにここで出てくる v はすべて「速度」なので、上の式のマイナスをつけることを忘れないように。(※ v を「速さ」で考える場合はマイナスはつけない。)

□ 2物体の衝突の解き方

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{① 運動量保存則} \quad m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \\ \text{② 反発係数の式} \quad e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} \end{array} \right.$$

上記の2式を立て、この連立方程式を解くというのが解き方です。衝突後はどちらに進むのかわからないので、「とりあえず2物体とも衝突後は正の向きに進む」と仮定して解きます。勝手に逆向きに進むだろうと考えてしまうと、正負の符号に苦しめられることになります。もしも「衝突後は正の向きに進む」という仮定が間違っていた場合は、きちんと負の値となって教えてくれるので大丈夫です。



- 1 同一直線上を運動する2つの小球 A, B があり, A が B に衝突するとき, 衝突前後の v_1, v_2 の大きさの比を e という。2 球の衝突前後の速度をそれぞれ v_1, v_2, v_1', v_2' とすると, 反発係数 e は

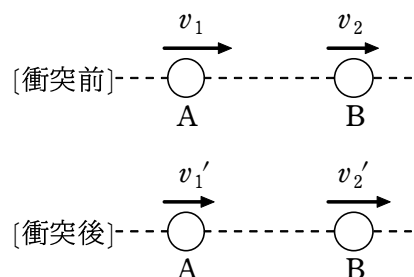
$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_2 - v_1}$$

となる。 e は 2 球の種類によって定まる定数である。

e は $-1 \leq e \leq 1$ の値をとる。 $e=1$ の衝突を 弾性衝突 といい, 最もよくはねかえる。 $0 \leq e < 1$ の衝突を 非弾性衝突 という。中でも, $e=0$ の衝突を 完全非弾性衝突 とい

い, 衝突後 2 球は一体となって運動する。

小球が壁や床などに垂直に衝突する場合には, $v_2 = v_2' = 0$ とおけば, $e = \frac{v_1'}{v_1}$ と求められる。また, なめらかな平面に斜めに衝突する場合には, 面に 垂直, 平行 な方向の速度の成分だけ



- 2 一直線上を互いに反対の向きに進んできた2物体 A, B が正面衝突し, 衝突後はどちらも初めと反対の向きに進んだ。衝突前の A, B の速さはそれぞれ 4.0 m/s, 1.6 m/s であり, 衝突後はそれぞれ 1.5 m/s, 1.3 m/s であった。2 物体の間の反発係数を求めよ。

- 3 一直線上を正の向きに速さ 9.0 m/s で進んできた小球 A と, 負の向きに速さ 5.0 m/s で進んできた小球 B が衝突してそれぞれ逆向きにはねかえった。衝突後の小球 A の速さが 5.0 m/s, 小球 B の速さが 2.0 m/s であるとき, 2 球の間の反発係数 e を求めよ。

- 4 一直線上を運動する小球 A が小球 B, あるいは床に衝突する。次の各場合について, 2 物体の間の反発係数を求めよ。



- 5 一直線上を正の向きに、質量 3.0 kg の小球 A が速さ 3.0 m/s で進んでいる。そこに負の向きに質量 2.0 kg の小球 B が速さ 2.0 m/s で進んできて衝突した。2 球の間の反発係数が 0.80 であるとき、衝突後の小球 A, B の速度 $v_A' [\text{m/s}]$, $v_B' [\text{m/s}]$ を求めよ。

- 6 一直線上を正の向きに進んできた小球 A と、負の向きに進んできた小球 B が正面衝突した。衝突前の小球 A の速度が 4.0 m/s 、小球 B の速度が -1.0 m/s であり、小球 A, B の質量は等しいとする。2 球の間の反発係数 e の値が次の (1), (2) のとき、衝突後の小球 A, B の速度 v_1' , $v_2' [\text{m/s}]$ をそれぞれ求めよ。
- (1) $e=1$ (2) $e=0$

- 7 一直線上を正の向きに進む小球 A (質量 0.050 kg , 速度 3.0 m/s) と、負の向きに進む小球 B (質量 0.10 kg , 速度 -2.0 m/s) が正面衝突した。衝突後の小球 A, B の速度 v_1' , $v_2' [\text{m/s}]$ をそれぞれ求めよ。2 球の間の反発係数を 0.80 とする。

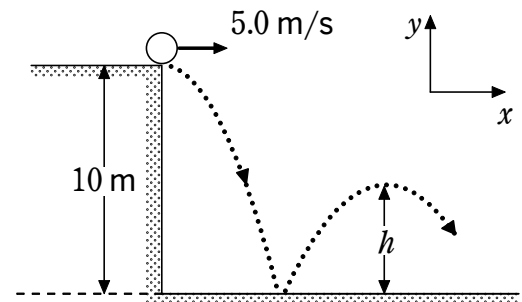
- 1 水平でなめらかな床に，小球が床面と 60° の角をなす方向から衝突し，はねかえった。小球と床の間の反発係数が $\frac{1}{\sqrt{3}}$ であるとき，小球がはねかえる向きと床面がなす角 θ $^\circ$ ($0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$) を求めよ。

- 2 水平でなめらかな床に，小球が床面と 60° の角をなす方向から衝突し，床面と 30° の角をなす方向にはねかえった。このとき，小球と床の間の反発係数 e を求めよ。答えの分数はそのままよい。

- 3 水平でなめらかな床に，小球が床面と 60° の角度で衝突し，床面と 45° の方向にはねかえった。小球と床の間の反発係数 e を求めよ。答えの数値の根号，分数はそのままよい。

- 4 水平でなめらかな床に小球が床面と 45° の角度で衝突し、床面と 30° の角度の方向にはねかえった。小球と床の間の反発係数 e を求めよ。答えの数値の根号，分数はそのままでよい。

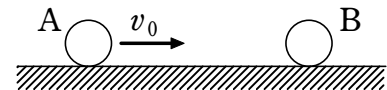
- 5 床面から 10 m の高さの地点から，小球を速さ 5.0 m/s で水平に投げ出した。図のように x ， y 軸を定める。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。



- (1) 小球が床面に達する直前の，速度の x 成分と y 成分 v_x ， v_y [m/s] をそれぞれ求めよ。
- (2) 小球が床面からはねかえった直後の，速度の x 成分と y 成分 v'_x ， v'_y [m/s] をそれぞれ求めよ。小球と床面との間の反発係数を 0.70 とし，床面はなめらかであるとする。
- (3) 小球がはねかえった後に達する最高点の高さ h [m] を求めよ。

- 1 一直線上を 4.0 m/s の速さで進む質量 1.0 kg の小球 A が、静止している質量 1.5 kg の小球 B と正面衝突し、一体となって進み始めた。この過程での力学的エネルギーの変化 $\Delta E[\text{J}]$ を求めよ。

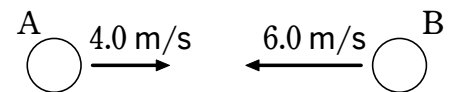
- 2 なめらかな水平面上で静止している質量 m の小球 B に、質量 m の小球 A を速さ v_0 で衝突させる。図の右向きを正の向きとする。



- (1) 衝突が弾性衝突の場合について、衝突後の小球 A の速度 v_A と小球 B の速度 v_B を求めよ。また、衝突前後での力学的エネルギーの変化を求めよ。
- (2) 衝突が完全非弾性衝突の場合について、衝突後の小球 A の速度 v_A と小球 B の速度 v_B を求めよ。また、衝突前後での力学的エネルギーの変化を求めよ。

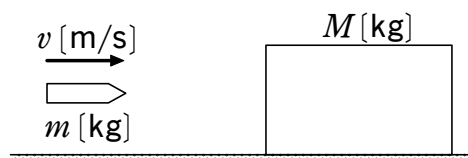
- 3 一直線上を 4.0 m/s の速さで進む質量 1.0 kg の小球 A が、静止している質量 1.5 kg の小球 B と正面衝突した。2 球の間の反発係数が 0.25 であるとき、この過程での力学的エネルギーの変化 $\Delta E[\text{J}]$ を求めよ。

- 4 一直線上で、質量 2.0 kg の小球 A が速さ 4.0 m/s で、質量 1.0 kg の小球 B が速さ 6.0 m/s で、互いに逆向きに進んで衝突した。2 球の間の反発係数を 0.50 とする。



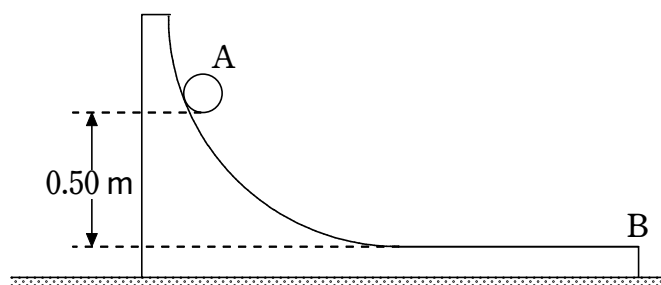
- (1) 衝突後の 2 球の速度 v_1' , v_2' [m/s] を求めよ。
- (2) 衝突により失われた力学的エネルギーを求めよ。

- 5 なめらかな水平面上に質量 M [kg] の物体が静止している。これに質量 m [kg] の弾丸を速さ v [m/s] で水平に打ちこんだところ、弾丸は物体と一体になり、一定の速さで進んだ。



- (1) 一体となった後の速さ V [m/s] を求めよ。
- (2) このとき失われた運動エネルギー ΔE [J] を, M , m , v を用いて表せ。
- (3) 弾丸がめりこんだ距離を l [m] とする。弾丸が物体にめりこむときに受ける抵抗力の大きさ f [N] を M , m , v , l を用いて表せ。このとき, f は一定の値をとるものとする。

- 6 図のように、曲面と水平面からなる質量 4.0 kg の台 B が、なめらかな床の上に置かれている。ここで、台 B の水平面から高さ 0.50 m の曲面上から、質量 1.0 kg の小球 A を静かにすべらせた。この後、小球 A が台 B の水平面上を動いているときの、床



に対する小球 A と台 B の速さ v_A , v_B [m/s] をそれぞれ求めよ。小球 A と台 B の間に摩擦はなく、運動の前後で力学的エネルギーが保存されているとしてよい。また、重力加速度の大きさを 9.8 m/s² とする。



「不屈不撓の物理ホームページリンク」

パスワード ○○○○