2 速さと速度

まとめ！

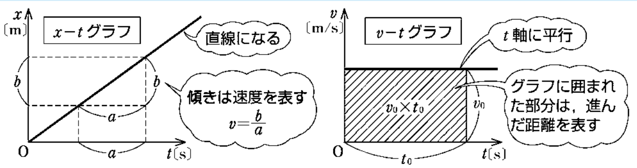
① **速さ**　単位時間あたりに進んだ距離。$v=\dfrac{s}{t}$　v〔m/s〕：速さ，s〔m〕：移動距離，t〔s〕：時間

② **速度**　$\boldsymbol{v}$　速さと向きを示すベクトル。速度の大きさが速さ。平均の速度を $\overline{v}$ と表すことがある。

$v=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$　v〔m/s〕：速度，Δx〔m〕：変位，Δt〔s〕：時間

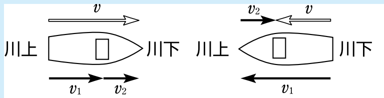
③ **等速直線運動**　一定の速度で直線上を進む運動(等速度運動ともいう)。

$x=vt$　($t=0$ s で$x=0$ m の場合)　x〔m〕：位置，v〔m/s〕：速度，t〔s〕：時刻



④ **速度の合成**　$\boldsymbol{v}=\boldsymbol{v}_1+\boldsymbol{v}_2$　v：合成速度

合成速度を求めることを速度の合成という。



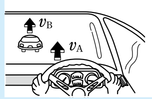
v_1：流れがないときの船の速度

v_2：川の流れの速度，v：岸から見た船の速度

⑤ **相対速度**　運動する観測者Aから見たときのBの速度。

$\boldsymbol{v}_{AB}=\boldsymbol{v}_B-\boldsymbol{v}_A$　v_{AB}：Aに対するBの相対速度

v_A：Aの速度，v_B：Bの速度



例題 1 速さと単位　距離 $s=100$ m を時間 $t=10$ s で走る陸上選手の平均の速さ $\overline{v}$ は何 m/s か，また何 km/h か。

ポイント　単位の変換 ➡各要素ごとに変換

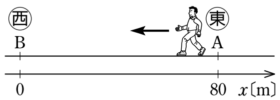
条件　距離 $s=100$ m$=0.100$ km，時間 $t=10$ s$=\dfrac{10}{60\times60}$ h

解答　$\overline{v}=\dfrac{s}{t}=\dfrac{100\text{ m}}{10\text{ s}}=$**10 m/s**$=\dfrac{0.100\text{ km}}{\dfrac{10}{60\times60}\text{ h}}=0.100\text{ km}\times\dfrac{60\times60}{10\text{ h}}=$**36 km/h**

類題 **1**　300 m の距離を 15 s 間で走る自動車の平均の速さは何 m/s か，また何 km/h か。

類題 **2**　一定の速さ 60 m/s で走行している新幹線は 2 時間半で何 km 走行するか。

例題 2 速さと速度　東西にA地点とB地点を通る一直線の道路がある。AB$=80$ m，Bを原点，東向きを正に x 軸をとる。太郎君はAを時刻 $t=0$ s に出発して進み，$t=2.0$ s に $x=72$ m の地点を通過し，$t=6.0$ s に $x=56$ m の地点を通過した。この間の太郎君の平均の速さ v〔m/s〕と平均の速度 $\overline{v}$〔m/s〕を求めよ。



ポイント　速さ➡距離÷時間　速度➡変位÷時間

条件　$t=2.0$ s のとき $x=72$ m
　　　$t=6.0$ s のとき $x=56$ m

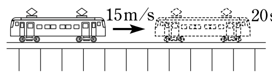
解答　移動距離 s〔m〕は $s=72\text{ m}-56\text{ m}=16\text{ m}$　時間 Δt〔s〕は $\Delta t=6.0\text{ s}-2.0\text{ s}=4.0\text{ s}$

速さ $v=\dfrac{s}{\Delta t}=\dfrac{16\text{ m}}{4.0\text{ s}}=$**4.0 m/s**

変位 Δx〔m〕は $\Delta x=56\text{ m}-72\text{ m}=-16\text{ m}$　速度 $\overline{v}=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}=\dfrac{-16\text{ m}}{4.0\text{ s}}=$**−4.0 m/s**

類題 **3**　x 線上を一定の速度 -3.0 m/s で進む物体がある。$x=8.0$ m の位置を通過してから 2.0 s 後までの移動距離は何 m か。変位は何 m か。また，その 2.0 s 後の位置 x〔m〕はいくらか。

例題 3 等速直線運動　電車が速さ $v=15$ m/s で等速直線運動をしている。電車は時間 $t=20$ s の間に何 m 進むか。



ポイント　等速直線運動の移動距離 ➡ $x=vt$ を使う。

条件　$v=15$ m/s，$t=20$ s を代入。

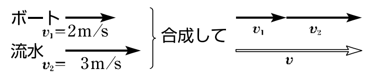
解答　$x=15\text{ m/s}\times20\text{ s}=300\text{ m}=$**$3.0\times10^2$ m**

類題 **4**　まっすぐな道路を自動車が 60 km/h の速さで走っている。15 km 先のサービスエリアに着くまでに何分かかるか。また，サービスエリアへ 10 分で行くためには何 km/h で走ればよいか。

例題 4 速度の合成　静水では岸に対して速度 $v_1=2$ m/s で進むボートが，岸に対して速度 $v_2=3$ m/s で流れる川を，流れに沿って下ろうとするときの岸に対する速度 v は何 m/s か。

ポイント　速度の合成 ➡ベクトルの合成

条件



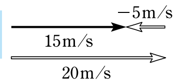
解答　**5 m/s**

類題 **5**　東向きに 20 m/s の速さで走っている電車の中を，西に向かって 1 m/s の速さで歩いている人は，地面に対してどちら向きに何 m/s の速さで進むか。

類題 **6**　250 km/h で走る列車の中で後方に 100 km/h で投げられたボールの，地面に対する速度はどの向きに何 km/h か。

例題 5 相対速度　20 m/s の速さで走っている列車と同じ向きに，自動車が 15 m/s の速さで走っている。列車から見た自動車の速度 v はいくらか。

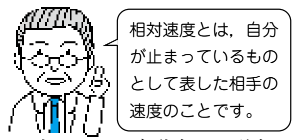
ポイント　同一方向の相対速度➡ $v=v_{相手}-v_{観測者}$



条件　相手→自動車，観測者→列車

$v_{相手}=15$ m/s，$v_{観測者}=20$ m/s

解答　$v=15\text{ m/s}-20\text{ m/s}=-5\text{ m/s}$　**列車と逆向きに 5 m/s**



類題 **7**　20 m/s の速さで走っている列車と逆向きに 15 m/s の速さで走っている自動車の，列車に対する相対速度はどの向きに何 m/s か。

12 熱と温度

まとめ！

① **物質の三態**　固体・液体・気体のこと。物質の温度や圧力を変えていくと状態変化が起こる。
② **熱運動**　原子・分子などの粒子の不規則な運動。温度の上昇とともに激しくなる。
③ **温度**　熱運動の激しさを表す物理量。
④ **絶対温度**　絶対零度（−273 ℃）を基点とした温度。
　$T=t+273$　T：絶対温度〔K（ケルビン）〕，t：セルシウス温度〔℃〕
⑤ **内部エネルギー**　原子・分子間にはたらく力による位置エネルギーと熱運動の運動エネルギーの和。物体の温度が高いほど原子・分子の熱運動は激しく，内部エネルギーも大きい。
⑥ **熱膨張**　温度の上昇によって熱運動が激しくなり，体積が増加すること。

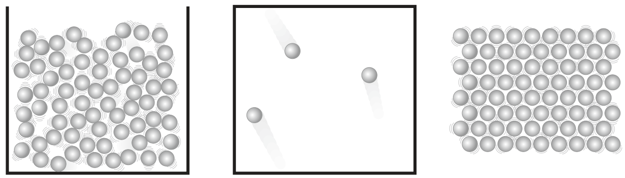
例題 54 熱運動と温度　次の文章中の空欄に適する語句を下の語群から選べ。
　煙の微粒子や水に溶かした絵の具の微粒子を顕微鏡で観察すると，煙や絵の具の微粒子が不規則な運動をしていることがわかる。このような微粒子の運動を［①］という。微粒子が［①］をするのは，気体や液体では，分子が激しく乱雑に運動し，微粒子に不規則に衝突するからである。
　固体でも，原子や分子が激しく乱雑に［②］していることが知られている。
　このような原子・分子の運動を［③］という。［③］は物質の温度が［④］なるほど激しくなる。
　〔語群：振動，高く，低く，熱運動，ブラウン運動〕

ポイント　熱運動の激しさを表すものが温度

解答　①　ブラウン運動　②　振動　③　熱運動　④　高く

類題 75　次の(1)～(3)の物質を構成している分子（物質によっては原子やイオン）の状態は，それぞれ固体，液体，気体のどの状態を示しているか。

(1)　(2)　(3)



例題 55 絶対温度　$t=-5$ ℃は絶対温度では何Kか。また，$T=300$ K は何℃か。

ポイント　温度の変換 ➡$T=t+273$ を使う。

条件　$t=-5$ ℃　解答　$T=(-5+273)\mathrm{K}=$**268 K**
条件　$T=300$ K　解答　$300=t+273$　$t=$**27 ℃**

類題 76　水の沸点は 100℃である。絶対温度では何Kか。

13 熱量の保存

まとめ！

① **熱量**　$Q=C\varDelta T=mc\varDelta T$　Q〔J〕：熱量，C〔J/K〕：熱容量
　c〔J/(kg･K)〕：比熱，m〔kg〕：物体の質量，$\varDelta T$〔K〕：温度上昇
② **熱量の保存**　高温物体から出た熱量は，低温物体に入った熱量に等しい。
　$m_Ac_A(t_A-t)=m_Bc_B(t-t_B)$　t_A：高温物体の温度，t_B：低温物体の温度
　t：つり合った（熱平衡になった）ときの温度
③ **潜熱**　物質の状態が三態（固体・液体・気体）の間で変化するとき，物質に出入りする熱。
　融解熱…一定の圧力のもとで，固体 1 kg を融かすときの潜熱。
　蒸発熱…一定の圧力のもとで，液体 1 kg を気体にするときの潜熱。
　$Q=mL$　Q〔J〕：熱量，m〔kg〕：物体の質量，L〔J/kg〕：1 kg あたりの潜熱
④ **熱の移動のしかた**
　熱伝導…分子の熱運動が周囲の分子へと伝わる。
　対流……液体や気体で，高温部分の上昇と低温部分の下降により伝わる。
　熱放射…物体が光や赤外線などの電磁波を出し，それらを吸収した物体の温度が上がる。

例題 56 比熱と熱容量 1　比熱 $c=0.88\times10^3$ J/(kg･K)，質量 $m=0.20$ kg のアルミニウムがある。
(1)　このアルミニウムの熱容量 C は何 J/K か。
(2)　20 ℃から 70 ℃まで温度を上げるのに必要な熱量 Q は何 J か。

ポイント　熱容量➡$C=mc$　熱量➡$Q=C\varDelta T=mc\varDelta T$

条件　$m=0.20$ kg，$c=0.88\times10^3$ J/(kg･K)，$\varDelta T=70$ ℃ -20 ℃ $=50$ K

解答　(1)　$C=0.20\ \mathrm{kg}\times0.88\times10^3\ \mathrm{J/(kg\cdot K)}=1.76\times10^2\ \mathrm{J/K}\fallingdotseq$**$1.8\times10^2$ J/K**
(2)　$Q=C\varDelta T=1.76\times10^2\ \mathrm{J/K}\times(70-20)\mathrm{K}=$**$8.8\times10^3$ J**

類題 77　質量 0.10 kg の銅のかたまりがある。銅の比熱を 0.38×10^3 J/(kg･K) とする。熱容量は何 J/K か。また，温度を 25 ℃から 45 ℃まで上げるのに必要な熱量は何 J か。

例題 57 比熱と熱容量 2　質量 $m=0.010$ kg の金属球に $Q=168$ J の熱を加えたところ，金属球の温度が $\varDelta T=40$ K だけ上昇した。この金属球の比熱 c は何 J/(kg･K) か。

ポイント　比熱 c ➡得た熱量 $Q=mc\varDelta T$ から求める。

条件　$Q=168$ J，$m=0.010$ kg，$\varDelta T=40$ K

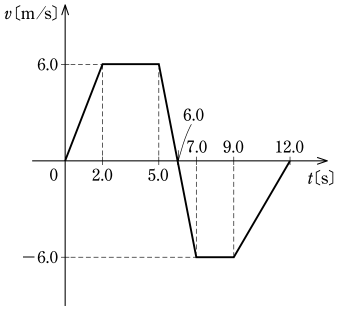
解答　$168\ \mathrm{J}=0.010\ \mathrm{kg}\times c\times40\ \mathrm{K}$ より，$c=$**0.42×10^3 J/(kg･K)**

類題 78　質量 0.20 kg，比熱 0.44×10^3 J/(kg･K) の金属を加熱したところ，10 K だけ温度が上昇した。この金属に加えた熱量は何 J か。

練 習 問 題

とくに断りのない限り，重力加速度の大きさは，$9.8\ \mathrm{m/s^2}$ とする。

1 **v-t グラフ**　$t=0\ \mathrm{s}$ で $x=0\ \mathrm{m}$ にあり，その後，右図のように速度を変えながら x 軸上を運動する物体がある。



(1)　$t=1.0\ \mathrm{s}$ での加速度 a_1，$t=6.0\ \mathrm{s}$ での加速度 a_2 はいくらか。

(2)　x の最大値 x_1 はいくらか。

(3)　$t=12.0\ \mathrm{s}$ での物体の位置 x_2 はいくらか。

(4)　縦軸に加速度 a〔m/s²〕，横軸に時刻 t〔s〕をとった a-t グラフをかけ。

▶例題 11

2 **等加速度直線運動**　等加速度直線運動している物体が，点Aを右向きに $16.0\ \mathrm{m/s}$ の速さで通過して，その $6.0\ \mathrm{s}$ 後に左向きに $8.0\ \mathrm{m/s}$ の速さになった。右向きを正の向きとする。

(1)　この物体の加速度を求めよ。

(2)　はじめに点Aを通過して $2.0\ \mathrm{s}$ 後の速度はいくらか。

(3)　(2)のとき，物体は点Aからどれだけ離れた点にいるか。

(4)　物体が最も右に離れるのは，はじめに点Aを通過してから何 s 後か。

(5)　物体が点Aから $14.0\ \mathrm{m}$ だけ右の点を通過するのは，はじめに点Aを通過してから何 s 後か。

(6)　物体が再び点Aを通過するのは，はじめに点Aを通過してから何 s 後か。

▶例題 9，10，11

3 **自由落下と鉛直投げおろし**　小球Aを自由落下させてから $2.0\ \mathrm{s}$ 後に，小球Aと同じ位置から小球Bを投げおろしたところ，Bを投げてから $1.0\ \mathrm{s}$ 後にAに追いついた。

(1)　BがAに追いついたとき，Aははじめの位置から何m落下しているか。

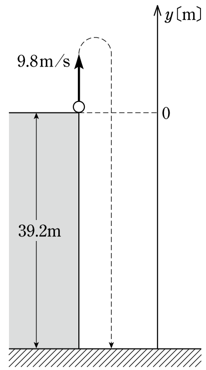
(2)　BがAに追いついたときのAの速さはいくらか。

(3)　Bの初速度の大きさはいくらか。

(4)　BがAに追いついたときのAから見たBの相対速度はどの向きに何 m/s か。

▶例題 5，13，14

4 **鉛直投げ上げ**　地面から高さ $39.2\ \mathrm{m}$ の屋上から，ボールを初速度の大きさ $9.8\ \mathrm{m/s}$ で鉛直上向きに投げ出した。ボールの位置は，投げ出した点を原点として鉛直上向きを正に y 軸をとって表す。



(1)　投げ出してから t〔s〕後の速度を v〔m/s〕とするとき，v と t の関係を式に書け。

(2)　投げ出してから t〔s〕後の位置を y〔m〕とするとき，y と t の関係を式に書け。

(3)　最高点は屋上から何mの高さか。

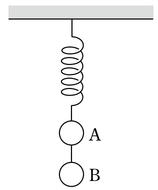
(4)　ボールが再び屋上の高さに戻ってくるのは投げ上げてから何 s 後か。

(5)　ボールが地面に達するのは投げ上げてから何 s 後か。

(6)　ボールが地面に達するときの速度はいくらか。

▶例題 15，16

5 **力のつり合いとばね**　図のように，重力の大きさがそれぞれ $2.0\ \mathrm{N}$，$3.0\ \mathrm{N}$ のおもり A，B を軽い糸と軽いばねでつるした。



(1)　AB 間の糸の張力の大きさはいくらか。

(2)　ばね定数が $25\ \mathrm{N/m}$ のとき，ばねの自然の長さからの伸びはいくらか。

▶例題 17，18