この授業の方針

授業は火曜5限と水曜4限の週に2回あります。時間をIAの2倍使って最終到達レベルはIAと同じに設定しています。成績は中間試験（30%）、期末試験（50%）、出席・レポート等（20%）で決まります。

毎回プリントを配るので、基本的に黒板に板書した内容をノートに写し取る必要はありません。
授業中は、プリントにメモを取る程度にして、授業中に理解するようにして下さい。
この授業のホームページは、http://www3.u-toyama.ac.jp/physics/1B.html です。
プリントの原稿は、ホームページからダウンロードできます（病気で休んだ時など）。
去年のプリントも載せてあるので予習に使うことができます。
教科書は「物理学基礎」第５版です。これで予習・復習ができます。
授業中、授業外の質問歓迎します。オフィスアワーは平日12:00〜13:00 ですが、
平日の昼間なら概ね大丈夫です。（杉谷の共同利用研究棟5F、物理准教授室）
居ないこともあるのでメール syoshida@las.u-toyama.ac.jp で予約すると確実です。

物理学の学び方

物理学は公式を暗記する学問ではない。

例：ボイル・シャルルの法則

物理学の学び方の説明のために
取り上げただけ。テストには出ない。

気体の圧力　　気体の体積

$$\frac{pV}{T} = \text{一定}(\,nR\,)$$

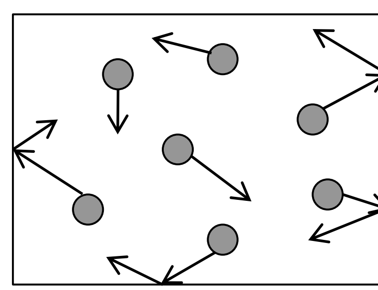
気体の絶対温度

（一定の量の）気体の
温度と絶対温度と体積の関係式

重要なのは公式を暗記することではなく、理解する（イメージできる）こと。
この場合、以下のようなことを理解すること。

（１）気体のイメージ（気体の分子が容器の中で飛び回っている。）
（２）温度とは分子運動の激しさのことである。
（３）気体の圧力（容器の壁が気体から受ける力）は、
　気体分子が壁に衝突する際の衝撃に由来する。

絶対温度は気体分子の
運動エネルギーの
平均値に比例（後で勉強）



するとボイル・シャルルの法則がイメージできる。

（例１）温度が上がる（Vは一定） ＝ 気体の分子運動が激しくなる
→ 分子が壁に衝突する際の衝撃も大きくなる ＝ 圧力が上がる

（分子が衝突する回数も増える）

（例２）気体を圧縮する（Tは一定）＝気体の密度が高くなる。
→ 壁に衝突する気体分子の数（単位面積あたりの）が増える＝圧力が上がる

公式は必要な時に本を見ればよい。理解していれば、すぐに公式を使えるし、応用もできる。
頻繁に用いる公式は、上のような理解をした上で記憶するのは良い。

公式は忘れ易いし、使う際に間違え易い。上のような理解は忘れにくい。

風が無くても
応用例：　熱の伝導、匂いの分散、ラジオメーターのしくみ（８ページ）
（単純に公式を記憶しただけでは、これらの理解に無力）

研究者になる人は
このような学び方でないと
前に進めない。
公式・教科書ない。

1.1 直線運動の速度，加速度と微分（p11）

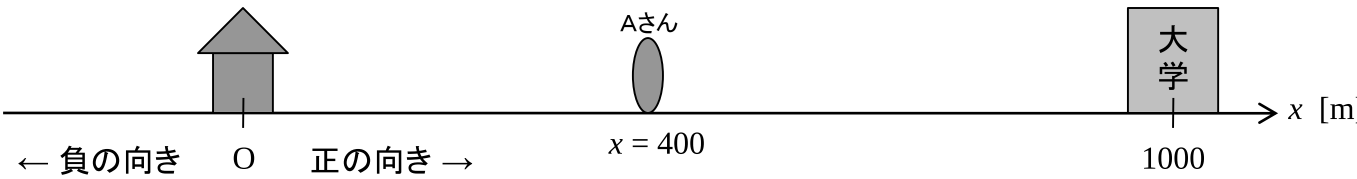
直線運動の例：Aさんが家から大学までの直線状の道を移動する場合

問題：Aさんの位置はどのように表現すればよいか？

答の例：家から大学の方へ向って 400 m 進んだ位置。

物理的な答の例：直線状の道を x 軸にとり、座標 x で表す。
原点 O（ $x = 0$ ）はどこでもよいが、ここでは家とする。$x = 400$ m

都合のよい場所を
原点とする。



問題：Aさんの家から大学までの運動の様子をどのように表現すればよいか？

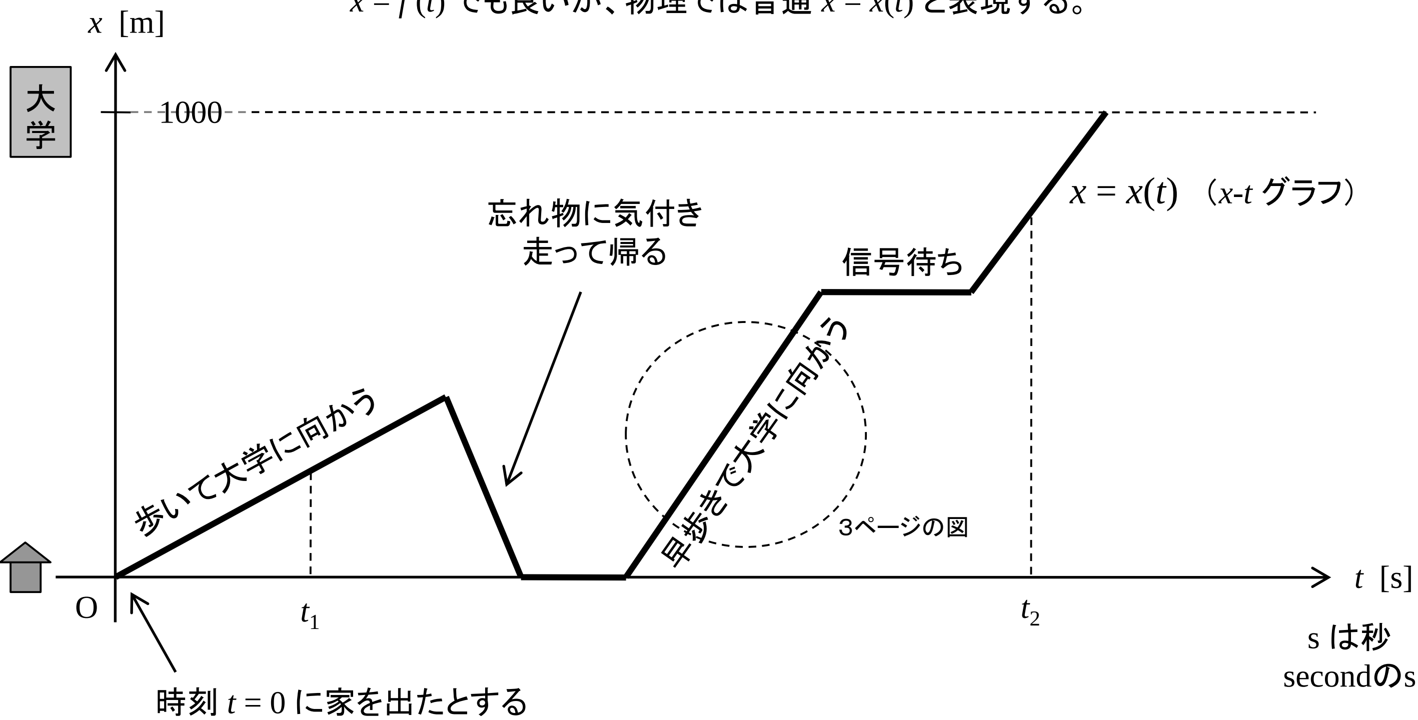
答の例：大学に向かってゆっくり歩いていたが、途中で忘れ物に気付いて急いで取りに戻り・・・

物理的な答の例：横軸に時刻 t，縦軸にAさんの位置 x を選んだ x-t グラフで表現する。

（どんな複雑な運動でも表現できる。この図には後で述べる速度や加速度等の情報も含んでいる。）

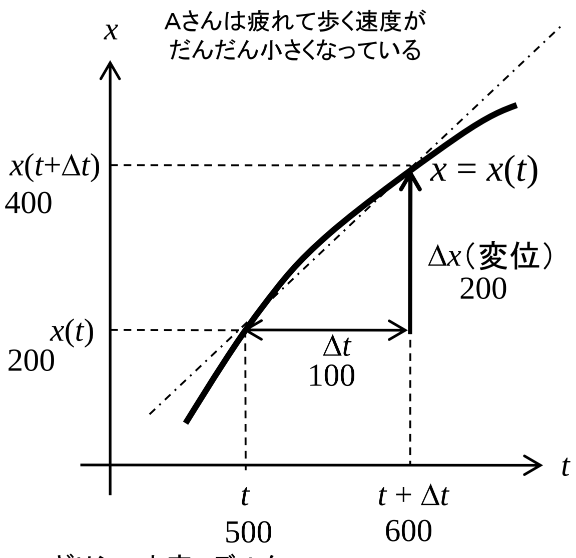
時刻を表す記号には t を用いる。*time* の t

時刻 t が決まるとAさんの位置 x も決まるので、位置 x は時刻 t の関数になっている。
$x = f(t)$ でも良いが、物理では普通 $x = x(t)$ と表現する。



問題：時刻 t_1 におけるAさんの速度と時刻 t_2 におけるAさんの速度ではどちらが大きいか？
x-t グラフにはAさんの運動に関するすべての情報（速度も）が表現されている。

前ページの図の　　　　　　の部分



Δ：ギリシャ文字、デルタ
微小な量や変化量を表す
例Δx：x の変化量

平均速度　（教科書 p11）

時刻 t における位置を $x(t)$, それから時間がΔt だけ時間が経過した後の時刻 $t+\Delta t$ での位置を $x(t+\Delta t)$とするとき
$\Delta x = x(t+\Delta t) - x(t)$ を時間 Δt での $\boxed{\quad\quad}$ という。

$\Delta x > 0$ → x 軸の正の向きの運動（前頁の上の図では右方向）
$\Delta x < 0$ → x 軸の負の向きの運動（前頁の上の図では左方向）

（バー：平均値であることを示す記号）
時刻 t から $t+\Delta t$ までの時間 Δt の平均速度 $\bar{v}$ は

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t} \qquad 平均速度 = \frac{変位}{時間}$$

1 秒あたりの変位

ふつう、速度を表す記号には v を用いる。
velocity の v

問題：Aさんは時刻 t = 500 s に x = 200 m の位置にいて、
時刻 t = 600 s には、x = 400 m の位置にいたとする。
t = 500〜600 s におけるAさんの平均の速度を求めよ。

per second
メートル毎秒，メートル・パー・セカンドと読む

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\boxed{\quad\quad}}{\boxed{\quad\quad}} = \boxed{\quad\quad}\ [\mathrm{m/s}]$$

（1 s で $\boxed{\quad\quad}$ m 変位するということ）
単位時間

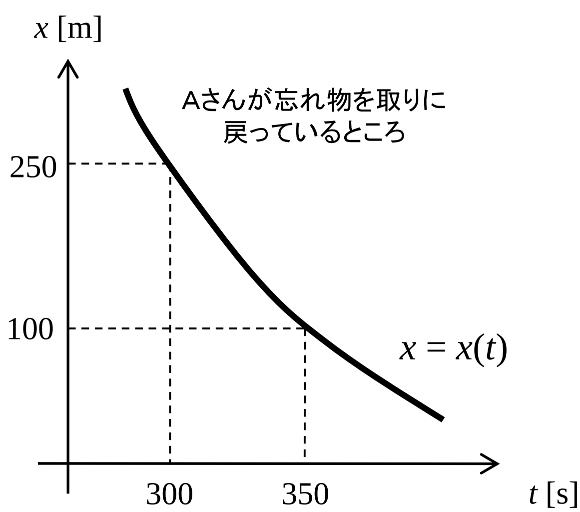
上の図（x-t グラフ）の直線 の勾配が平均速度
（傾き）

国際単位系（MKS単位系）　（教科書 p7）

大文字・小文字に注意
物理学では、長さ（位置、変位）の単位に $\boxed{\quad}$,質量の単位に $\boxed{\quad}$,時間の単位に $\boxed{\quad}$ を用いる。
M　K　S
力学のすべての単位はこの組み合わせで表現できる（組立単位）　例：速度の単位は m/s

問題：2 m/s（秒速 2 m）は何 km/h か？（時速何 km か？）　h : hour

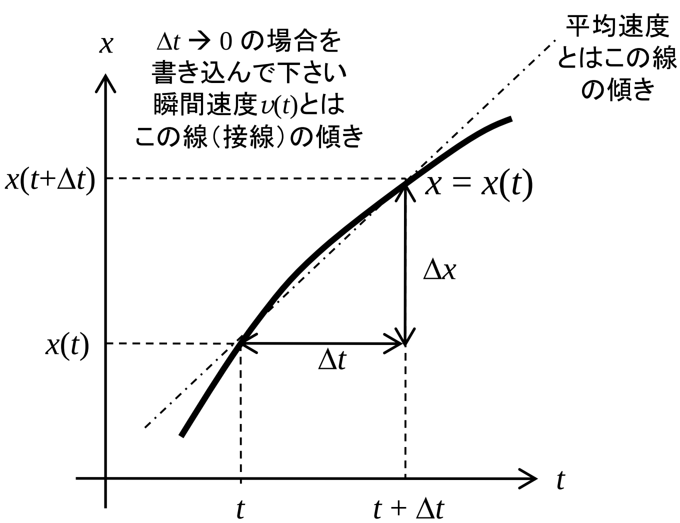
（物理では通常 m, kg, s を使う）



問題：時刻 t = 300 s から t = 350 s における平均速度 $\overline{v}$ を求めよ。（注：変位や速度は負の値にもなる。）

速度が負＝勾配（傾き）が負
「速さ」は単位時間あたりの移動距離なので
向きによらず、常に正
例：車のスピードメータの値は速さ

瞬間の速度



時刻 t での速度（瞬間の速度）$v(t)$ は、
左の図で Δt を 0 に近づければ得られる

$$v(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

（これは関数 $x(t)$ の導関数 $\frac{dx}{dt}$ の定義と同じ）

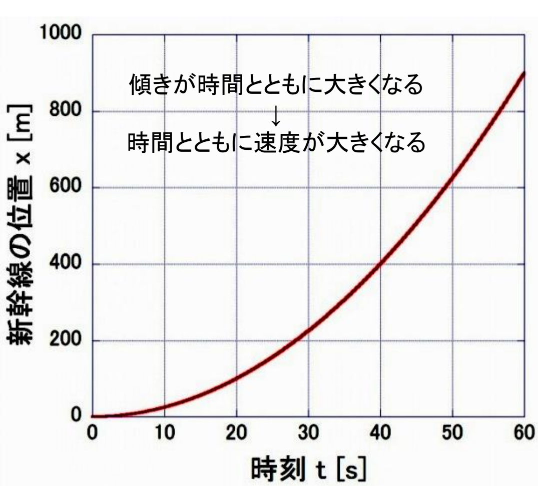
物体の速度 $v(t)$ は、物体の位置 $x(t)$ を
t で微分して得られる導関数である。

（数学はこのように物理学にとって重要な道具である。）

時刻 t での速度（瞬間速度）$v(t)$ は

x-t グラフにおける $x(t)$ の時刻 t での $\boxed{}$

微分とは傾きを求める作業



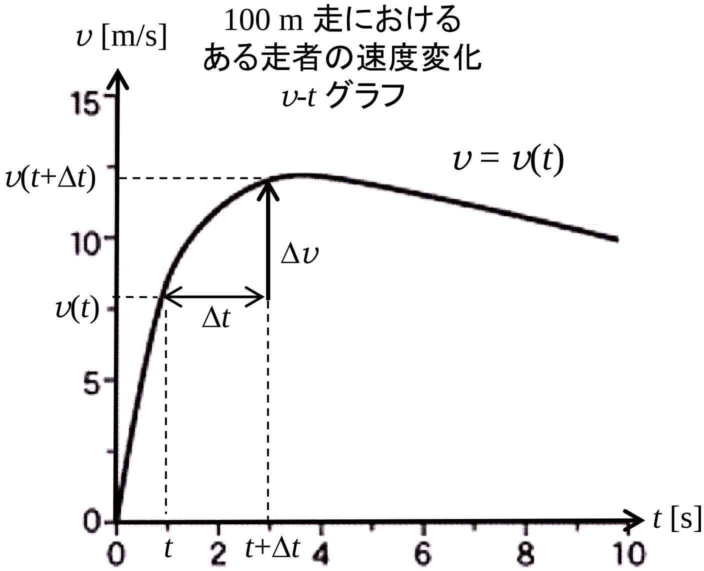
問題：左図は t = 0 に駅（ x = 0 ）を発車した
新幹線の運動を表現している x-t グラフである。（線路は直線）
t = 40 s における新幹線の速度（瞬間速度）v (40) を図から
求めよ。（有効桁１桁で十分）

加速度と速度の関係は
速度と位置の関係と同じ

加速度 （教科書 p13）

時刻 t における物体の速度を $v(t)$, それから時間がΔt だけ
時間が経過した後の時刻 $t+\Delta t$ での速度を $v(t+\Delta t)$とするとき
速度の変化： $\Delta v = v(t+\Delta t) - v(t)$

100 m 走における
ある走者の速度変化
v-t グラフ



$$\text{平均加速度} = \frac{\text{速度の変化}}{\text{時間}}$$

$$\text{平均加速度}\ \overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(t+\Delta t) - v(t)}{\Delta t}$$

加速度を表す記号には a を用いる。*acceleration* の a

時刻 t での加速度（瞬間の加速度） $a(t)$ は

$$a(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{v(t+\Delta t) - v(t)}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$$

1秒　　　　（変位）

速度 v ＝ 単位時間あたりの「**位置**」の変化、位置 $x(t)$ を t で微分したもの
加速度 a ＝ 単位時間あたりの「**速度**」の変化、速度 $v(t)$ を t で微分したもの

$$a(t) = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right) = \frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}$$

加速度 a ＝ 位置 $x(t)$ を t で2回微分したもの

問題：上の 100 m走の図を読み取って以下の問に答えよ。
（1） $t = 0$ 〜 3 s（最初の 3 秒間）の平均の加速度を求めよ。（値は有効桁1桁で十分）

（2）加速度がゼロだった（ $a = 0$ ）のは、いつか。（値は有効桁1桁で十分）

（3） $t = 8$ s における加速度 $a(8)$ はいくらか。（値は有効桁1桁で十分）

per square second
加速度の単位：m/s^2（メートル毎秒毎秒, メートル・パー・スクエア・セカンドと読む）

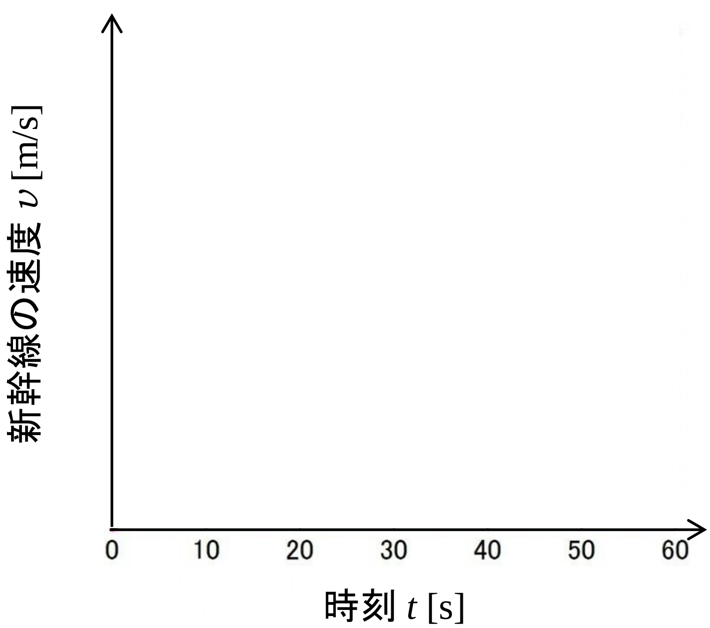
1 m/s^2：1 s に速度が 1 m/s 増す加速度。

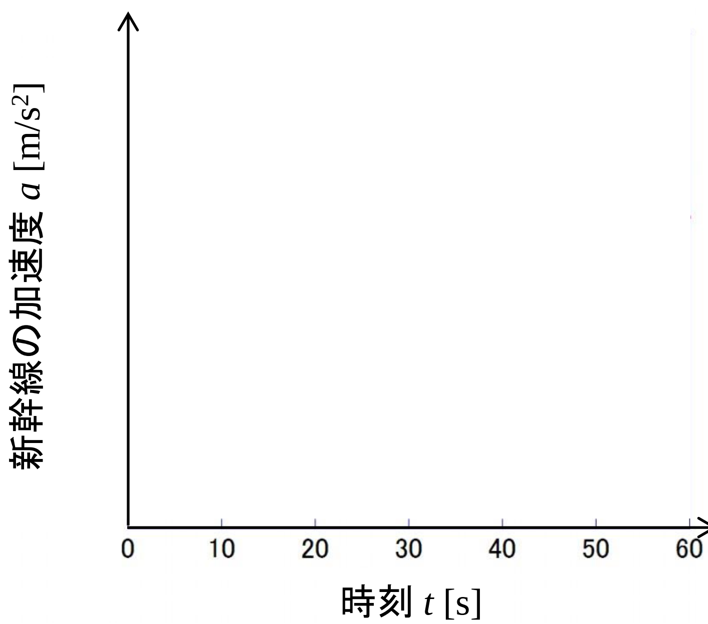
加速度の単位も m , s の
組み合わせで表される。
（組立単位）

問題: 富士急ハイランドのド･ドドンパ（ジェットコースター）は 1.56秒で 180 km/h まで加速する。
① 180 km/h は、何 m/s か？（有効桁2桁で）　　②この1.56 秒間の平均の加速度はいくらか？

参考
新幹線の加速度（加速時） 0.5〜0.7 m/s^2
通勤電車の加速度（加速時） 0.5〜0.9 m/s^2
旅客機の加速度（離陸時） 3 m/s^2
F1マシンの加速度（加速時） 15 m/s^2
重力加速度 9.8 m/s^2 = 1 G（後で説明する）

[問題] 直線の線路の上を新幹線が走る。時刻 $t = 0$ に発車した新幹線の位置は、
$x(t) = 0.25\, t^2$ だとする（$0 \leqq t \leqq 60$）。その場合の v-t グラフ, a-t グラフを描け。（x-tグラフはp4左下）
縦軸の値は、自分で書き入れよ。

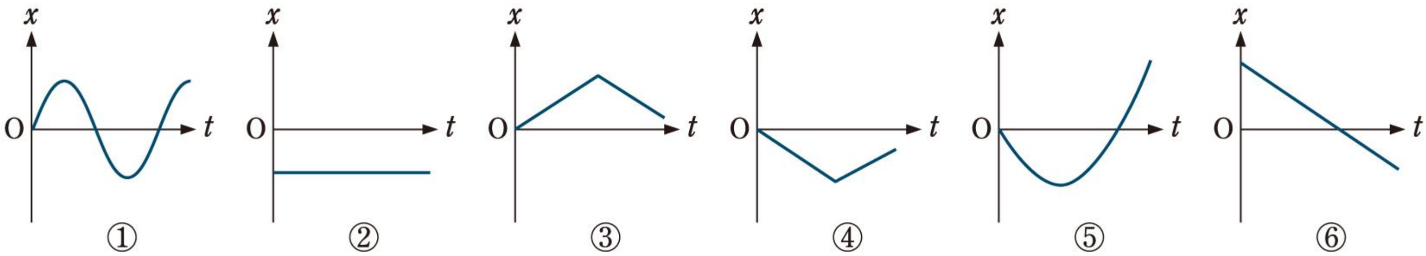




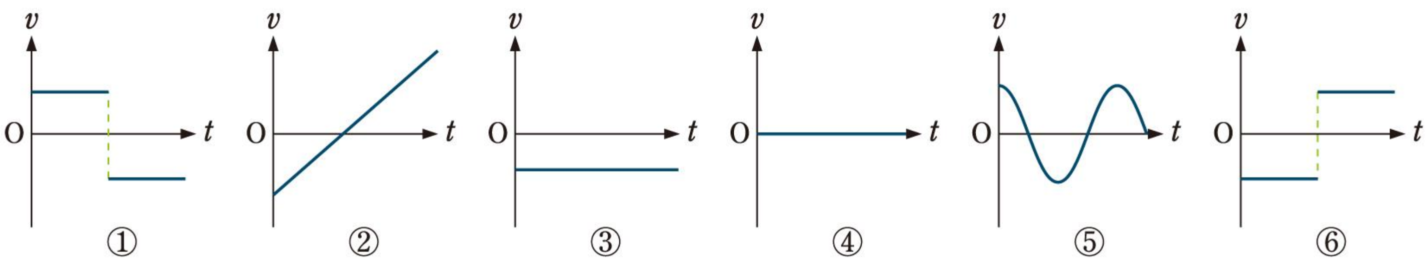
[問題] 新幹線と人が100 m競争
をすると勝つのはどっち？

前頁のグラフに新幹線の速度を書き込んでみよ。

問１（p13）下の図の６つの x-t グラフ（a）と v-t グラフ（b）を１対１対応させよ。



（a）　x–t 図

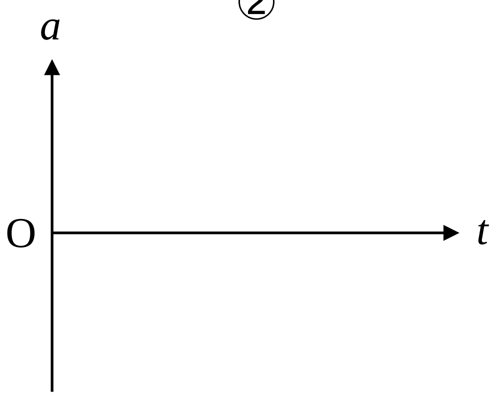


（b）　v–t 図

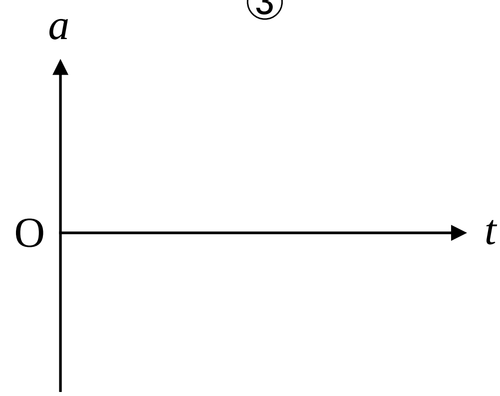
x-t 図	①	②	③	④	⑤	⑥
v-t 図						

問題：上の図の v-t グラフ②③④⑤について、a-t グラフがどうなるか考えてみよ。

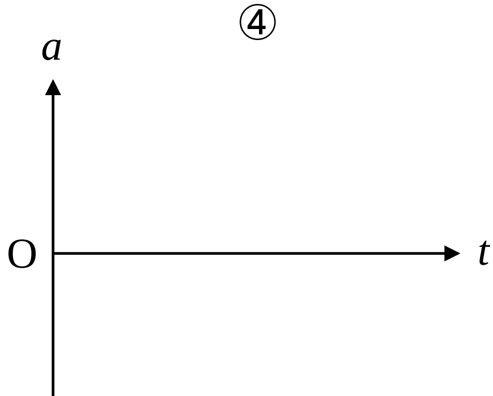
②



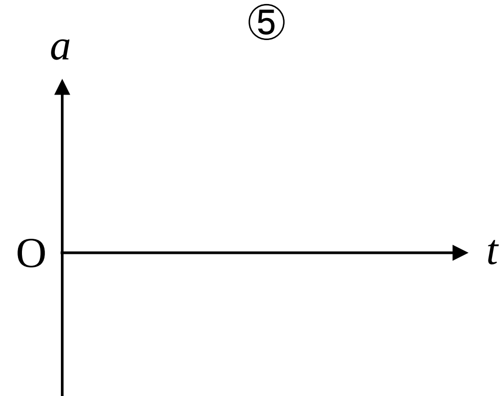
③



④



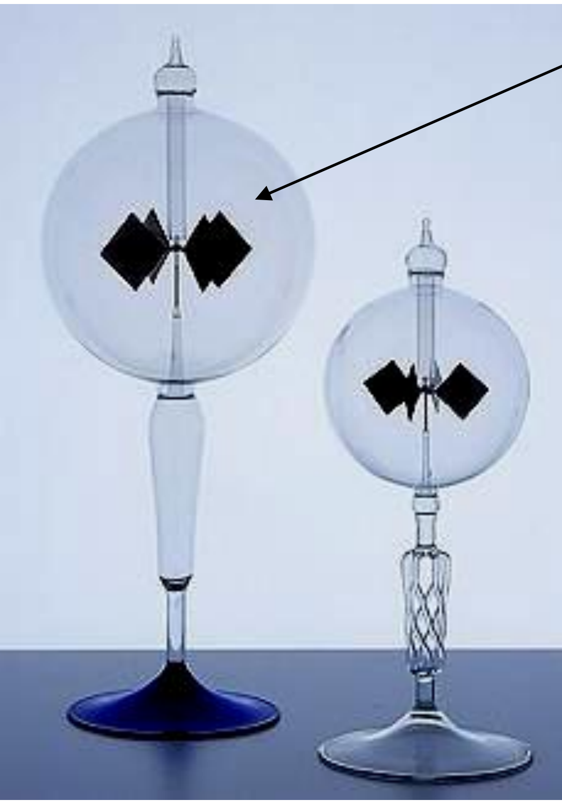
⑤



ラジオメーター

（毎回、講義の最後に講義とは直接関係ありませんが、興味深い物理の話をします。）

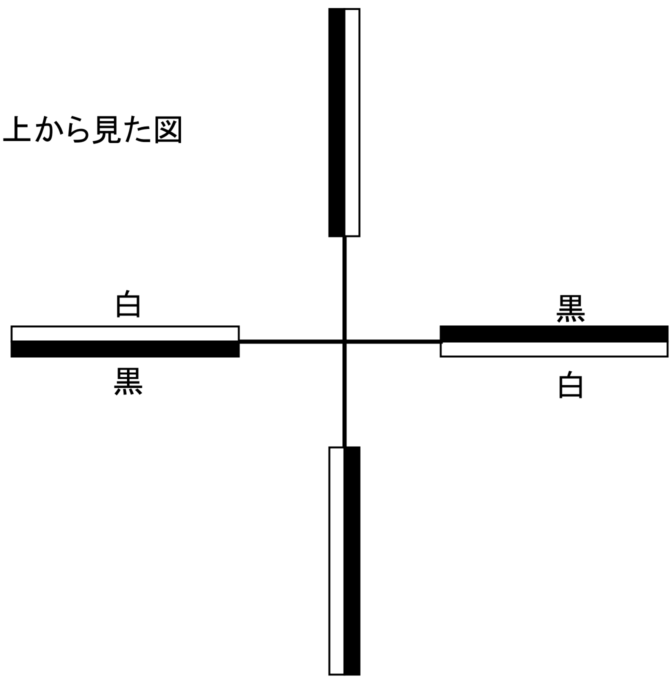
風車・かざぐるま：風を当てると回転する。
ラジオメーター：光を当てると回転する。



（3枚羽根でも回る）
４枚羽根で、それぞれの羽根は、片面が白く、片面が黒い
羽根の支柱は、摩擦が少なく、回転しやすいようになっている。

内部は低圧で真空に近いのですが、
完全な真空にすると、回らなくなる。

上から見た図



実験１：電球の光をあててみる。

問題１：フィルターを通した電球の光をあてる。①青い光と②赤い光（赤外線を含む）では、どちらがよく回るでしょう？

実験２：実際に①青い光と②赤い光（赤外線を含む）をあててみる。良く回るのは＿＿＿＿＿＿＿＿＿

実験３： ①青い光と②赤い光（赤外線を含む）を手にあててみる。暖かいのは＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

実験４：同じ時間（１０秒間）電球の光りをあてた２枚のフィルターの温度を放射温度計で測ってみる。

予想：温度の高いのは、＿＿＿＿いフィルター。

赤外線も
透けた光が青い（赤い光を吸収）フィルター＿＿＿＿℃、透けた光が赤い（青い光を吸収）＿＿＿＿℃

問題：どのようなしくみで、回っているのでしょうか？興味のある人は次回の講義までに考えてみて下さい。次回の授業で解説します。
ヒント：プリントの１ページを見て下さい。ボイル・シャルルの公式を暗記してもこの問題には無力ですが（1, 2, 3）のような理解の仕方をすれば、このような問題にも応用できます。

復習したい人は、教科書を読むことを勧めます。章末問題 p22,23 もやってみて下さい。