

物理

範囲

教科書 P13~P20、P246~P247

Section 作用・反作用の法則……物体 A が物体 B に力を及ぼすとき、必ず同じ大きさで逆向きの力が、B から A にはたらく。つまり、壁ドンすると手が痛くなるのは壁を殴ったときの反作用のせい。「腹パンしても手は痛くならないでしょ」と思っているそのアナタ！それは腹にそんな大きな力が加えられていないからです。ダメージが大きいのは内臓のあたりまで拳がめり込んでいるからであって、必ずしも力が大きいとは限りませんからね。

作用・反作用の例：地球と月の引っ張り合い(潮の満ち引きの原因)

※「作用・反作用」と「力の釣り合い」は違う

- ・「作用・反作用」は二つの物体にそれぞれ力がかかる(壁ドンでの作用・反作用は、壁と拳という二つの物体の間で起きている)
- ・「力の釣り合いは」、一つの物体に複数の力が働くときに起こる。(製作者が思いつかないため、例えはありません。宿題です)

Section 等加速度運動と運動方程式の組み合わせ

等加速度運動の式(詳しくは前期中間のまとめを参照)

$$v = v_0 + at \quad x = v_0 t + at^2$$

運動方程式(詳しくは前期中 k(ry))

$$F = ma \quad ma = F$$

力学の目標……「物体にどのような力が働くとどのような運動になるか」を調べる

→キーマンは運動方程式 $ma = F$

組み合わせの例

初め静止している **フカ者がアアアア** kg の物体に **我が十千ヌの科学力はアアアア** N の力を加えるとき、**世界一イイイイ!!**秒後の速度と変位を求めよ。黙れシュトロハイム。

例えば2kgの物体に10Nの力を加えるとして、4秒(4s)後の速度と変位を考える。

$$\text{運動方程式より、} 2[\text{kg}] \times a[\text{m/a}^2] = 10[\text{N}] \quad \therefore a = 5\text{m/s}^2$$

$$\text{(単位なしの式)} \quad 2a = 10 \quad \therefore a = 5$$

$$\text{速度は、等加速度運動の式より、} v = 0[\text{m/s}] + 5[\text{m/s}^2] \times 4[\text{s}] = 20[\text{m/s}]$$

$$\therefore v = 20\text{m/s}$$

$$\text{(単位なしの式)} \quad v = 0 + 5 \times 4 = 20$$

$$\text{変位は、等加速度(ryより、} x = \frac{1}{2} \times 5[\text{m/s}^2] \times 4[\text{s}]^2 = 40[\text{m}]$$

$$\therefore x = 40\text{m}$$

$$\text{(単位なしの式)} \quad x = \frac{1}{2} \times 5 \times 4^2 = 40$$

Section 有効数字……測定した値で、確実と考えられる数字なこと。例えば 1cm 間隔の目盛があるメジャーで 3.821m という測定値が得られたとすると(1cm 間隔なのにミリ単位まで測定値が出ているのは、一番小さい目盛の 1/10 までを目分量で読むというのが普通だから)、最後の 0.1cm がもう誤差を含んでいる(実際には 3.8205cm 以上 3.8215cm 未満の範囲だと考える)。でも 3,8,2 は確実な数字と考えていい。このとき、**有効数字は 3 桁**である、という。

測定値の書き方と有効数字の桁数……45cm と書くのと 45.0cm と書くのでは、精度(正確さ)が違う(前者の誤差は 1mm 以内だけど、後者の誤差は 0.1mm 以内)。前者の有効数字は 2 桁だが、後者は 3 桁である。

有効数字の表し方……45cm と 45.0cm をミリで表すと、両方とも 450mm になってしまうため、判別できない。そのため、有効数字の桁数に応じて、2 桁なら $4.5 \times 10^2 \text{mm}$ 、3 桁なら $4.50 \times 10^2 \text{mm}$ と表す(前期中間まとめの「数の表し方」を参照)。少数の値も同様に、有効数字が 2 桁であれば $4.5 \times 10^{-1} \text{mm}$ 、3 桁であれば $4.50 \times 10^{-1} \text{mm}$ と表す。

掛け算、割り算と有効数字の桁数……測定した値を使って数値の計算をするときには、有効数字に気をつける必要がある。例えば、長方形の面積を出すのに、一辺が 9.13m、もう片方が 0.39m という値が得られたとしよう。これをそのまま電卓で計算して 3.5607m^2 としても、後の方の数字は意味がない。これは、9.13m の有効数字が 3 桁なのに対し、0.39m の有効数字は 2 桁しかないためである(0 は有効数字ではない)。この場合は、3 桁目(小数第 3 位)を四捨五入して、 3.6m^2 とするのが正しい。もし 9.13m と 0.390m なら、両方とも有効数字が 3 桁だから、小数第 4 位を四捨五入して 3.56m^2 として正解である。

有効数字を考慮した計算の例

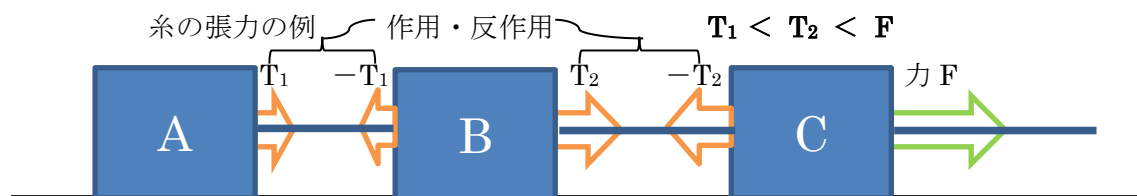
静止している質量 3.00kg の物体に 5.0N の力を 3.0s 間加えた時の加速度と変位を求めよ。

$$5.0[\text{N}] = 3.00 \times a \quad a = \frac{5.0}{3.00} = 1.6666 \dots \approx 1.7[\text{m}/\text{s}^2] \quad \text{加速度 : } 1.7 \text{m}/\text{s}^2$$

$$x = \frac{1}{2} \times \frac{5.0}{3.00} [\text{m}/\text{s}^2] \times 3.0[\text{s}]^2 = 7.5[\text{m}] \quad \text{変位 : } 7.5 \text{m}$$

もし $a = 1.7 \text{m}/\text{s}^2$ を使うと、 $x = 7.7 \text{m}$ となり、結果がズレてしまう。このため、**有効数字を考慮した計算をするとき、計算の途中で四捨五入した値を使わない。**

Section 糸の張力……糸が物体を引っ張る力。糸の片方に力の源(不思議な物質とかではない。糸に力を与えている)があり、力は糸を通して伝わる。膝丸君はこれを利用してミッシェルちゃんを助けたりしている。文字 T(Tension の T。小文字の t は時間を表すのに使う。ちなみに、SI 単位では記号 T のテスラという単位が存在する)で表す。



Section 重力と重力加速度

質量 m の物体に地球上で働く重力の大きさは、質量 m に比例する(つまり、質量が大きいと重力も大きく、質量が小さいと重力も小さい。つまり、軽いものほど働く重力が小さい)。

(重力の大きさ) = $m \times$ (比例定数)

$$\begin{matrix} [\text{N}] & & [\text{kg}] & & [\text{m}/\text{s}^2] \end{matrix}$$

重力加速度……重力によって生じる加速度。要は落ちるときの加速度(ただし空気抵抗は考えない)。文字 g で表す。

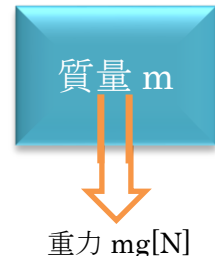
(重力の大きさ) = $mg[\text{N}]$

重力加速度の値…… $g \cong 9.8[\text{m}/\text{s}^2]$

重力加速度は、極で大きく赤道で小さい……極は地球が自転する軸のほぼ中心に位置し、遠心力が小さい。それに対し、赤道は遠心力が大きいため、働く重力そのものが小さい。そのため、重力加速度に違いが生じる。

(1kg の物体に働く重力の大きさ) = 1kg 重

つまり、**1kg 重 \cong 9.8N**



Section 重力と糸の張力の組み合わせ

※ひたすら計算のため、かなり短い

基本的には糸の張力が働く向きを正とすることが多い。また、 $ma=F$ の F は、糸の張力の値から重力の値を引いたもの。

Section 万有引力……「君は『引力』を信じるか? 万有引力とは、質量を持つ物体同士の間には必ず働く引力のことだ。」「おばあちゃんが言っていた…スタンド使いは引かれ合う。同様に、質量を持つ物体同士も引かれ合う、と。」

万有引力の大きさ : $F = G \frac{Mm}{r^2}$ (M, m : 2つの物体の質量 r : 2つの物体の距離)

万有引力の法則……万有引力の大きさは質量 M, m に比例し、距離の 2 乗に反比例する(Mm の値が 3 倍になると万有引力も 3 倍、 r の値が半分になると万有引力は 1/4 になる)

G……~~ゴキブリ~~万有引力定数。数値で表すと $G \cong 6.7 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ というめち

ゃんこ小さい数になってしまう。単位が複雑なのは、ただ単純に単位合わせ(計算して F の単位である N にするため)。

Section 重力と万有引力の関係

この 2 つ、実は同じもの。地球みたいにめさくさデカイ物体になると、もはや一方的に引いているように見える。これが重力。実際は、画面の前のそこの貴方も地球を引っ張っているっていうのはオフレコで。

ちなみに、地球での重力加速度の値は、地球の質量と半径で決まる。

Section **ばねの弾性力**……ばねに力が加えられたときに、自然長(後述)に戻ろうとする力。

自然長……力を加えていない状態でのばねの長さ。

伸び……引っ張った時のばねの長さから自然長を引いたもの。言葉の通り。

フックの法則……ばねの弾性力は、ばねの伸びに比例する。

ばねの伸びを x とすると、

$$(\text{ばねの弾性力}) = -kx \quad (\text{手がばねを引く力}) = kx$$

k は**ばね定数**といい、ばねの硬さを表す。ばね定数が小さいほど伸びやすく(軟らかく)、大きいほど伸びにくい(硬い)。単位は N/m (単位合わせのため)。

Section **運動方程式の作り方**

運動方程式： $ma = F$

※ F は糸の張力、重力、万有引力、弾性力などなど、物体に働く全ての力の和になることに注意

運動方程式を作る手順

I 正の向きを決める(初速度が与えられる場合はその向き、そうでない場合は物体が動く方向を正とすることが多い)

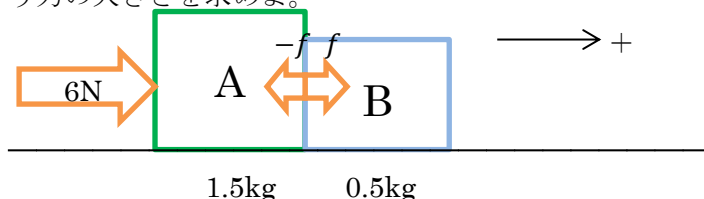
II 物体に働く力を全て探し出す

☆力探しのポイント

- ・二つの物体が接触しているところでは、作用・反作用の力が働く
- ・糸やばねが取り付けられているところでは、糸の張力やばねの弾性力が働く
- ・非接触力(直接触れていなくても働く力のこと。主に重力)

III 一つ一つの物体に対する運動方程式を書く

例：物体 A と B が一体となって運動するとき、その加速度と A,B が互いに押し合う力の大きさを求めよ。



A と B は一緒に動くため、加速度は同じ。

$$A \text{ の運動方程式} : 1.5a = 6 - f \cdots \cdots \textcircled{1}$$

$$B \text{ の運動方程式} : 0.5a = f \cdots \cdots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} \text{ と } \textcircled{2} \text{ を足して、} 2a = 6 \quad \therefore a = 3$$

$$\textcircled{2} \text{ に } a = 3 \text{ を代入して、} 0.5 \times 3 = f \quad \therefore f = 1.5$$

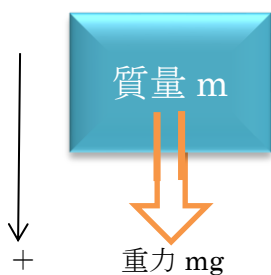
加速度： $3m/s^2$

押し合う力： $1.5N$

Q.重力はどうするのか？

A.重力は垂直抗力と釣り合っているため、考えなくてもいい

Section 自由落下……物体が重力のみを受けて初速度 0 で落下する運動。下を正の向きとすることが多い。



運動方程式

$$ma = F \qquad ma = mg$$

$$\uparrow \text{重力 } mg \qquad \therefore a = g$$

等加速度運動の式

$$v = v_0 + at \rightarrow v = gt \text{ (初速度 } 0 \text{ だから } v_0 \text{ はいらぬ)}$$

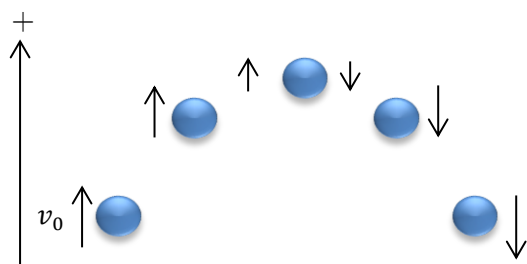
$$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \rightarrow y = \frac{1}{2}gt^2 \text{ (x は y になる)}$$

自由落下は質量 m によらない \rightarrow 重いものも軽いものも同じように落下する(ただし空気抵抗が無視できる場合のみ)

自由落下の第三の式

$$v^2 - v_0^2 = 2ax \rightarrow v = 2gx$$

Section 鉛直投げ上げ運動……物体が重力のみを受けて、初速度が上向きに v_0 である運動。
つまりは~~サンデーマガジン~~ ~~ウルトラジャンプ~~ (雑誌的な意味ではない)。自由落下と違い、鉛直上向き(垂直に上)を正とすることに注意する。



鉛直投げ上げ運動の運動方程式

$$ma = F \leftarrow \text{重力 } -mg \therefore a = -g$$

速度と変位の式

$$\text{速度 } v = v_0 - gt$$

$$\text{変位 } y = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{第三の式 } v^2 - v_0^2 = -2gy$$