

# エネルギー

- 「エネルギー」と聞いて連想するものを10個以上書き出してください。物理学と関係なくても構いません
- グループで見せあって、面白いと思うものをグループの人数分出してください

# エネルギー

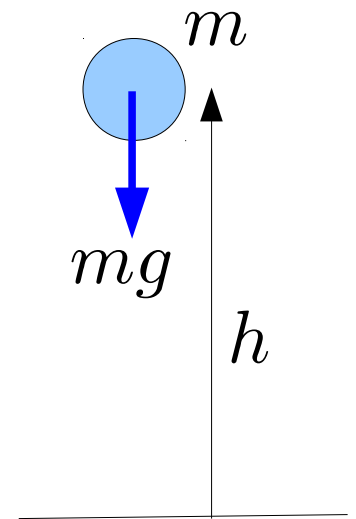
---

- 物理学の「エネルギー」には明確な定義
- 次元： $[M L^2 T^{-2}]$ , SI単位系だと  $[J]=[kg m^2 s^{-2}]=[N m]$
- $[N m]$ ということは、力×長さ、でもある→「仕事」
- 日常生活でよく出てくるエネルギーの単位： $[cal]$
- $1 cal=4.2J$
- 1秒あたりに放出するエネルギー：「ワット」
  - ▶  $[W]=[J/s]$

# 位置エネルギー

---

- 高さ $h$ にある質量 $m$ の物体は、位置エネルギー $mgh$ を持つ
  - ▶ 力 $mg$ で $h$ だけ引っ張り上げた、つまりそれだけのエネルギーを投入したため
- 仕事  $W = F\Delta x = mgh$
- された仕事の量=増えたエネルギーの量
- なした仕事の量=減ったエネルギーの量



# 運動エネルギーと力学的エネルギー

- 通常、速度 $v$ で運動している質量 $m$ の物体は、運動エネルギー  $\frac{1}{2}mv^2$  を持つ
- なぜこうなるかは高校物理の教科書を見て下さい
- 力学的エネルギー=運動エネルギー+位置エネルギー
- 摩擦などがなければ、力学的エネルギーは保存する (一定のまま)

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

$$E_{\text{最初}} = E_{\text{最後}}$$

※物理法則が不変ならば(明日も今日と同じ物理法則が成り立つならば)、エネルギーは保存することが証明できる  
→ 「ネーターの定理」



# 落下

- 最初の全エネルギー=最後の全エネルギー

$$mgh = \frac{1}{2}mv'^2$$

$$\therefore v' = \sqrt{2gh}$$

$g=9.8\text{m/s}^2$  を使うと、

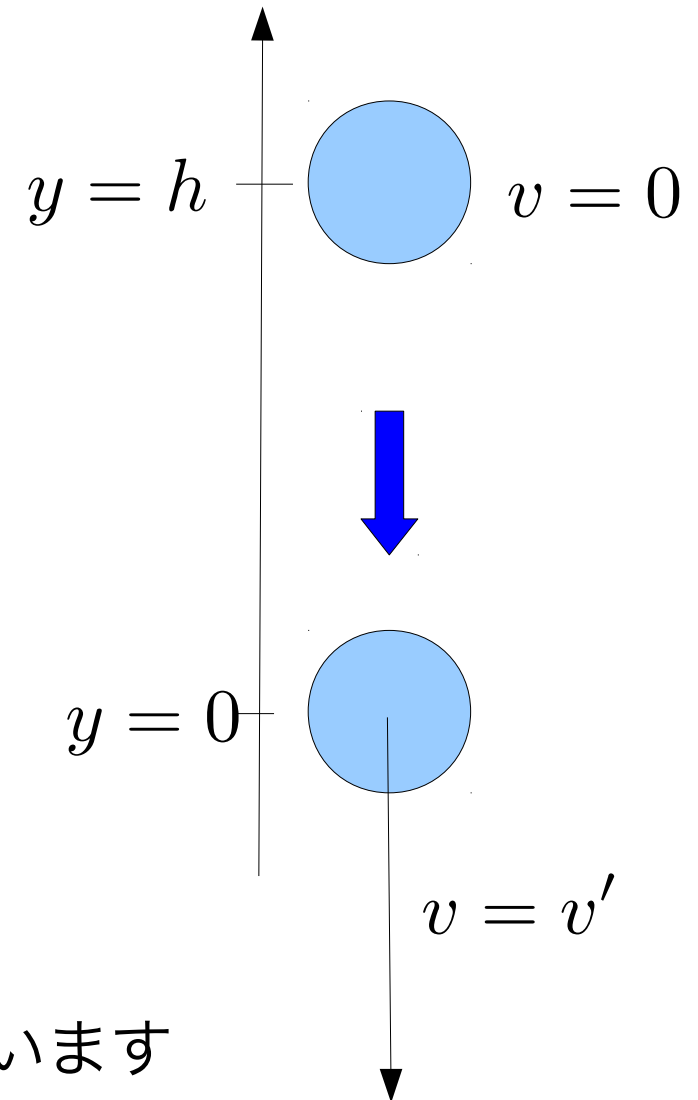
$h=10\text{cm} \rightarrow v'=1.4\text{m/s}$

$h=1\text{m} \rightarrow v'=4.4\text{m/s}$

$h=10\text{m} \rightarrow v'=14\text{m/s}$

※当然、質量には依存しません

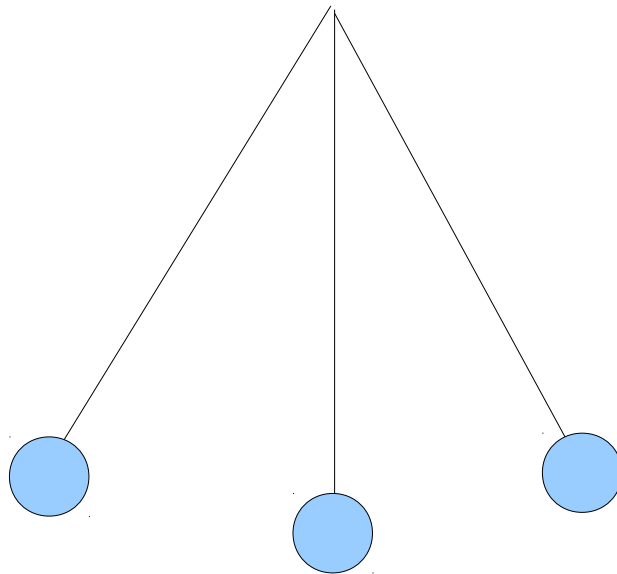
※もちろん、空気抵抗などは無視して考えています



# 落下

---

- 重力によってする仕事=位置エネルギーを失う=運動エネルギーの獲得
- つまり、「失なった位置エネルギー」=「獲得した運動エネルギー」
- 逆もある。「得た位置エネルギー(上昇)」=「失なった運動エネルギー」
- 「位置エネルギー+運動エネルギー」は常に一定



# 振り子の運動

$$ma = F$$

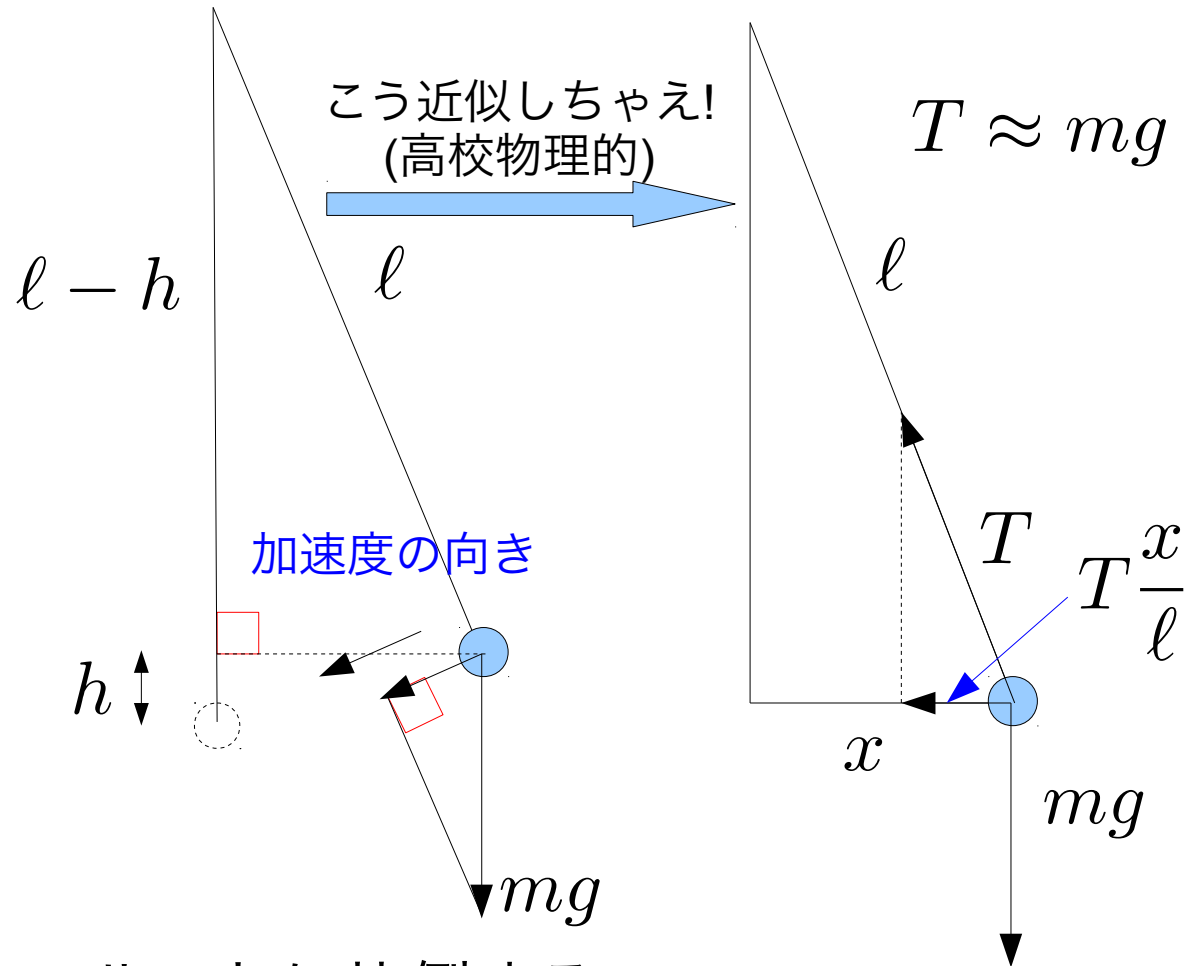
$$a \approx \frac{x}{t^2}$$

$$F \approx T \frac{x}{l} \approx \frac{mgx}{l}$$

$$\therefore \frac{x}{t^2} \approx \frac{mgx}{l}$$

$$\therefore t \approx \sqrt{\frac{l}{g}}$$

振り子の周期は、糸の長さのルートに比例する  
糸の長さ4倍→周期2倍



きちんと計算すると  $t = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

# 衝突

---

- 衝突によって、エネルギー(と運動量)が伝わる
- 「完全弾性衝突」
  - ▶ 衝突後も力学的エネルギーを失わない
- 「非弾性衝突」
  - ▶ 衝突時に一部が熱エネルギー等に変わる



# ボールの運動

---

- よく跳ねるボール(「弾性衝突」)
  - ▶ 手を離れた高さまで戻ってくる
- あまり跳ねないボール(「非弾性衝突」)
  - ▶ 低い位置までしか上がってこない
  - ▶ 失なったエネルギー…熱に変わった

# 振り子の運動

---

- 実際の振り子は、だんだん振幅が小さくなり、やがて止まる
- 摩擦や、台などを揺らす(エネルギーを与える)ため
  - ▶ 振り子のエネルギーが、熱や、他の物体の運動エネルギーに変化し、振り子のエネルギーは減る
- エネルギーは、形を変えてゆくが、総量は不変
  - ▶ 電気エネルギー、化学エネルギー、熱エネルギー、等々
- エネルギーは熱になりやすいが、熱から他のエネルギーに変えるのは大変(効率が悪い)
  - ▶ 「省エネ」…電気は使うと熱になりやすく、「使いにくい」エネルギーになってしまうので、電気エネルギーの消費を抑えましょう、ということ。総エネルギーは使っても使わなくても不変

# なぜエネルギーに注目するのか

---

- エネルギーは保存(不変)
- 何かの「変化」を知るためには、「不変の基準」が必要
  - ▶ 基準が変化してしまっても、どう変化したのか、どれくらい変化したのかわからなくなる
- 「変わらないもの」を見つけることは、「変わるもの」を理解するためにも極めて重要
- 保存する物理量
  - ▶ エネルギー(いつでも同じ物理法則)  $\frac{1}{2}mv^2, mgh, \dots$
  - ▶ 運動量(どこでも同じ物理法則)  $m\vec{v}$
  - ▶ 角運動量(どっちを向いても同じ物理法則)  $m\vec{r} \times \vec{v}$

# 水

---

- 水1 [g]を1 [°C]上昇させるのに必要なエネルギー(熱量)
  - ▶ 1 [cal]=4.2[J]
- 10[g]のボールを1 [m]持ち上げたときの位置エネルギー
  - ▶  $mgh=0.01[\text{kg}]\times 9.8[\text{m/s}^2]\times 1[\text{m}]=0.098[\text{J}]$  (約0.1 J)
  - ▶ たいしたエネルギーではない
- 10[kg]の岩を1 [km]の高さから落下させると…
  - ▶  $10[\text{kg}]\times 9.8[\text{m/s}^2]\times 1000[\text{m}]=98[\text{kJ}]$  (約100kJ)
  - ▶ これは約23000[cal](=23kcal)、つまり230[g]の0°Cの水を沸騰させられる

# 落下によるエネルギー

---

- 体重60kgwの人が1m飛び降りる：  
 $60\text{kg} \times g \times 1\text{m} = (60 \times 9.8)\text{J} = 588\text{J} = 140\text{cal} = 0.14\text{kcal}$
- 一日に必要な摂取量：約2000kcal
  - ▶ 14km縦に登ると消費するエネルギー
  - ▶ 100kcalの摂取～700m登ると消費
- もちろん熱になる分が大量にあるため実際はもっと消費できる
- 寝ているだけでもエネルギーは消費する。
  - ▶ 恒温動物!

# 電気のエネルギー

---

- 電力=電圧×電流…単位時間にする仕事
- 「1秒あたり何ジュールか」=[W]
- エネルギー=仕事=電力×時間
  - ▶  $a$ [W]の電力を $t$ [h]使った… $at$ [Wh]（「ワット時」）
  - ▶  $1$ [Wh]= $1$ [J/s]× $3600$ [s]= $3600$ [J]= $3.6$ [kJ]
  - ▶  $30$ [W]の蛍光灯を1時間つけっぱなしにすると、 $30$ [Wh]= $30$ × $3.6$ = $108$ [kJ]消費
  - ▶  $1$ [kWh]あたり19円43銭とすると、0.58円
  - ▶ しかし、 $10$ [kg]の岩を $1$ [km]持ち上げるのとほぼ同じエネルギー

# 保存則が成り立っているか？

---

- 「すっとびボール」
- 「ガウス加速器」

# 課題

---

- ガウス加速器が、エネルギー保存則に反せずになぜ加速できるのか、わかりやすくまとめてください。
  - ▶ ウェブページを参考にした場合は、きちんと出典(URL等)を書くこと(書籍でも同様です)
- 今日の感想など書いてくれると嬉しいです
  - ▶ 採点対象外
- A4 1ページ
- 〆切：再来週6/12(金) 14時30分 授業で又は物理学研究室へ