

基礎物理学

担当 小野正利
onomasat@hoku-iryo-u.ac.jp

第3回

教科書

(1)「基礎物理学」

(2) <http://www.hoku-iryo-u.ac.jp/~onomasat/>



「物理学」の解説



(15) 摩擦の無い水平面上に静止していた
質量 20 kg の物体に水平方向に100 N
の力を 6 s [秒] 間だけ加え続けた。

(15.1) 物体は何 m/s^2 の加速度で運動するか。

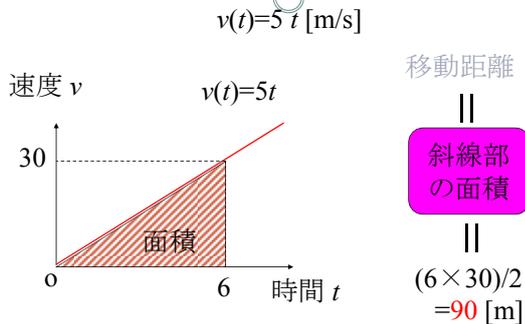
$$\begin{aligned} \text{加速度} \quad \alpha &= \frac{F}{m} = \frac{100 \text{ N}}{20 \text{ kg}} \\ &= \frac{100 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}{20 \text{ kg}} = 5 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

(15.2) 力を加え始めてから 6秒後の速さは
何 m/s か。

$$\begin{aligned} t \text{ 秒後の速さ } v(t) &= 0 + 5 \text{ m/s}^2 \times t [\text{s}] \\ &= 5t \text{ [m/s]} \end{aligned}$$

$$6 \text{ 秒後の速さ } v(t) = 5 \times 6 \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}$$

(15.3) 運動を開始してから 6 秒間で物体が移動した距離は何 m か。



(16) 速さ 18 m/s で走行している乗用車がブレーキをかけ、加速度が -6 m/s^2 の加速度運動をして停止した。乗用車の質量は搭乗者も含めて 980 kg とする。

(16.1) ブレーキをかけている間乗用車に作用した力は何ニュートン[N] か。

$$\begin{aligned} \text{力 } F &= m\alpha = (980 \text{ kg}) \times (-6 \text{ m/s}^2) \\ &= -5,880 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = -5,880 \text{ N} \end{aligned}$$

(16.2) (16.1) で求めた力の大きさは何 kgw か。

$$1 \text{ kgw} = 9.8 \text{ N}$$

$$5,880 \text{ N} = 5,880 \frac{\text{kgw}}{9.8} = 600 \text{ kgw}$$

(16.3) ブレーキをかけ始めてから何秒後に停止したか。

$$t \text{ 秒後の速さ } v(t) = 18 - 6t \text{ [m/s]}$$

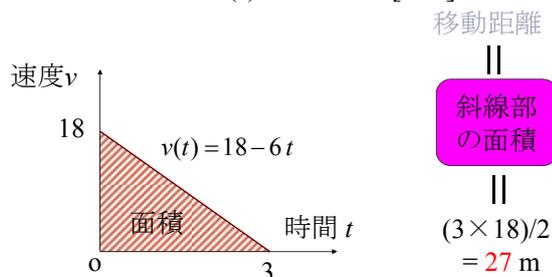
$$t_0 \text{ 秒後に停止 } v(t_0) = 18 - 6t_0 = 0$$

$$\text{従って、} t_0 = \frac{18 \text{ m/s}}{6 \text{ m/s}^2} = 3 \text{ s}$$

∴ 3 秒後

(16.4) ブレーキをかけ始めてから停止するまで乗用車が走行した距離は何 m か。

$$t \text{ 秒後の速さ } v(t) = 18 - 6t \text{ [m/s]}$$



(17) 体重 50 kg の人に作用する重力の大きさは何 N か。

$$\text{力} = \text{質量} \times \text{加速度}$$

質量 50 [kg]

$$\begin{aligned} \text{重力} &= \text{質量} \times \text{重力加速度} \\ &= 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 490 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \\ &= 490 \text{ N} \end{aligned}$$

重力 ↓



重力加速度 9.8 [m/s²]

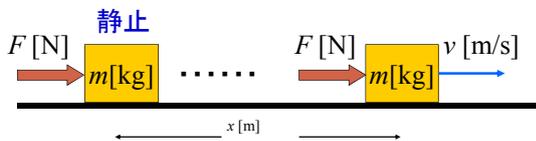
(18) 体重 50 kg の人を重力に逆らって真上に 3 m 持ち上げるときの仕事は何 J か。

仕事 = 力 × 移動距離
 $= 490 \text{ N} \times 3 \text{ m} = 1470 \text{ N} \cdot \text{m}$
 $= 1470 \text{ J}$

(19) 体重 50 kg の人が高さ 3 m の階段を 3 秒かけて登るときの仕事率 [W] を求めよ。
 (水平方向の移動に伴う仕事は 0 と考えてよい。)

仕事率 = $\frac{\text{仕事}}{\text{時間}} = \frac{1,470 \text{ J}}{3 \text{ s}}$
 $= 490 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 490 \text{ W}$

(20) 摩擦の無い水平面上に質量 m [kg] の物体が静止している。この物体に一定の力 F [N] を水平方向に加え続けたところ、物体は速さが v [m/s] になり、その間に x [m] 移動した。

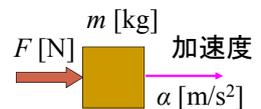


(20.1) 運動中の物体の加速度を求めよ。

運動方程式 (力 = 質量 × 加速度)

$$\Rightarrow F = m\alpha$$

$$\therefore \alpha = \frac{F}{m}$$



等加速度運動

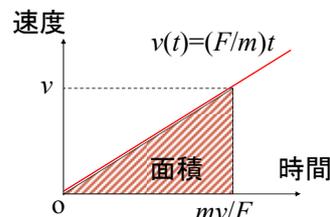
(20.2) 力を加え始めてから速さが v [m/s] になるまでに要した時間は何秒か。

$$v = \alpha t$$

$$v = \frac{m\alpha}{m} \cdot t = \frac{F}{m} \cdot t$$

$$\therefore t = \frac{m}{F} \cdot v = \frac{mv}{F}$$

(20.3) 移動距離 x を F , m , v を用いて表せ。



移動距離

斜線部の面積

$$= \frac{(mv/F) \times v}{2} = \frac{mv^2}{2F} \text{ [m]}$$

$$x = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{mv}{F} \times v \right) = \frac{mv^2}{2F}$$

(20.4) 力が物体にした仕事 $W=F \cdot x$ を m, v を用いて表せ。

$$x = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{mv}{F} \times v \right) = \frac{mv^2}{2F}$$

$$\text{仕事 } W = F \cdot x = F \cdot \frac{mv^2}{2F} = \frac{mv^2}{2}$$



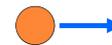
○エネルギーとは

- (1) エネルギーとは (**仕事**) をする能力である。
- (2) エネルギーの単位は (**ジュール**) で記号 (**J**) で表す。
- (3) 速さ v [m/s] で運動する質量 m [kg] の物体は運動エネルギー ($mv^2/2$) をもつ。
- (4) 地表面から高さ h [m] にある質量 m [kg] の物体は地表面に対して位置エネルギー (mgh) をもつ。

(21) 時速 144 km で運動する質量 0.15kg の野球ボールがもつ運動エネルギーは何 J か。

質量 0.15 kg

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3,600 \text{ s}$$



$$\text{時速 } 144 \text{ km} = 144 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 144 \frac{1,000\text{m}}{3,600\text{s}} = 40\text{m/s}$$

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{0.15 \text{ kg} \times (40\text{m/s})^2}{2} = 120 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = 120 \text{ N} \cdot \text{m} = 120 \text{ J}$$

(22) 地表面上 30 m の高さにある質量 5 kg の物体が地表面に対して持っている位置エネルギーは何 J か。

$m=5$ [kg]

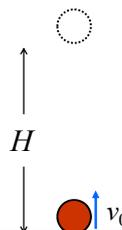
位置エネルギー

$$U = mgh = 5\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2 \times 30\text{m} = 1,470 \text{ J}$$

$h=30$ [m]

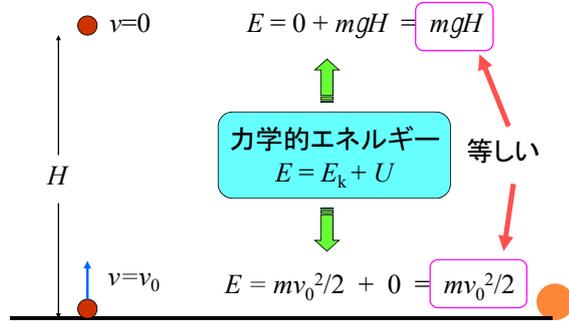


(23) 質量 m [kg] の物体が地表面から初速 v_0 [m/s] で真上に投げ上げられて高さ H [m] まで上がり、再び落下した。地表面を位置エネルギーの基準面にとり、空気の抵抗は無視できるものとする。



ヒント
力学的エネルギーの保存則を使う

力学的エネルギーの保存則



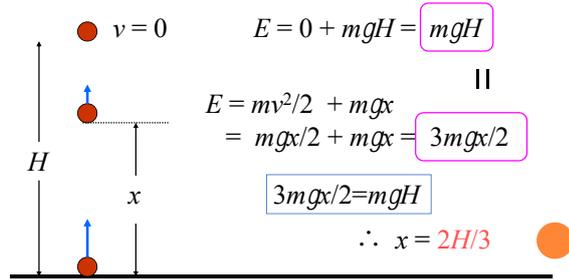
(23.1) H を v_0 と重力加速度 g [m/s²] を用いて表せ。

力学的エネルギーは不変なので

$$mgH = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\therefore H = \frac{v_0^2}{2g}$$

(23.2) 物体がもつ運動エネルギーが位置エネルギーの半分になるときの高さを H を用いて表せ。



(24) 地表面から速さ 14 m/s で真上に投げ上げられた物体は、何 m の高さまで達することができるか。但し、空気の抵抗は無視できるものとする。

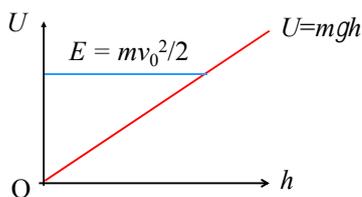
ヒント (23.1) の結果を使う。

物体の質量を m [kg]、初速を v_0 [m/s]、最高点の高さを H [m] とすると、力学的エネルギー保存則より

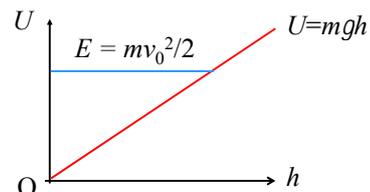
$$mgH = mv_0^2/2 \quad \therefore H = v_0^2/(2g)$$

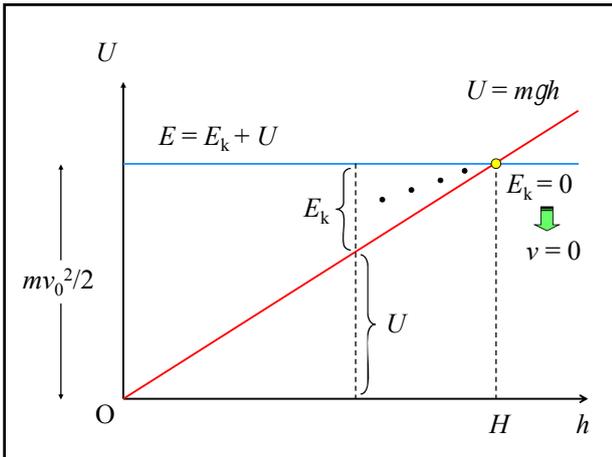
$$\therefore H = 14 \text{ m/s} \times 14 \text{ m/s} / (2 \times 9.8 \text{ m/s}^2) = 10 \text{ m}$$

(25) (23) において、物体が高さ h [m] の位置でもつ位置エネルギー $U = mgh$ [J] のグラフを横軸を h 縦軸を U にとった座標平面上に描くとする。この座標平面上では、力学的エネルギー E のグラフは $mv_0^2/2$ の値をもつ横軸に平行な直線で表される。

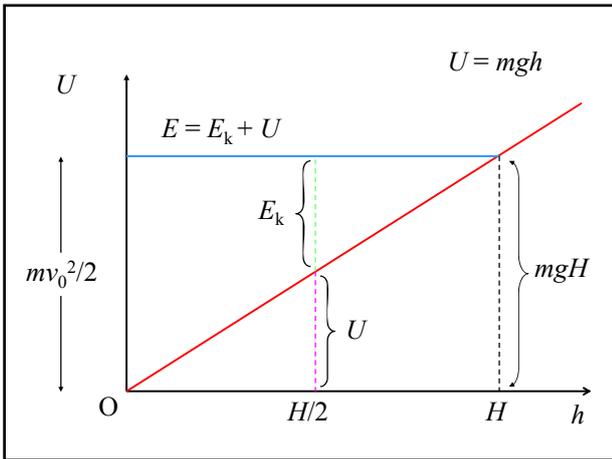
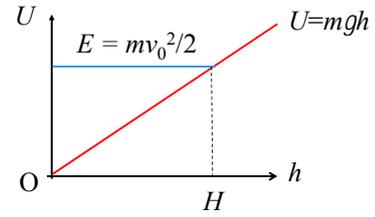


(25.1) 位置エネルギー U のグラフと力学的エネルギー E のグラフの交点は、物体の運動でどのような状態に対応するか。





(25.2) 高さ $h = H/2$ の位置で物体がもつ運動エネルギーと位置エネルギーの値は、座標平面上ではどの部分の長さに対応するか。



◎ 運動の法則

1. 質点

2. 質量

(1) 運動の第1法則(慣性の法則)

物体は、力の作用を受けない限り、静止の状態、あるいは一直線上の一樣な運動をそのまま続ける。

(2) 慣性系と非慣性系

慣性系 → 慣性の法則が成り立つ座標系

非慣性系 → 非慣性系の例:

- ① 一定加速度で動く座標系
- ② 座標軸が角速度 ω で回転する座標系

3. 力

(1) 力の和 → 平行四辺形の規則

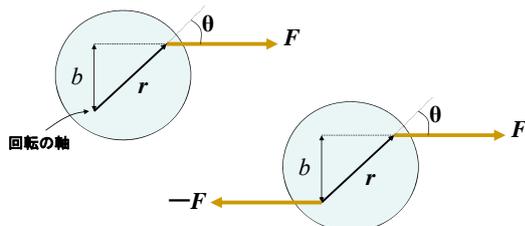
(2) 運動の第3法則(作用反作用の法則)

物体1が物体2に力を及ぼすときは、物体2は必ず物体1に対し、大きさが同じで逆向きの力を及ぼす。

大きさのある物体 → 作用点, 作用線を意識する必要がある。

(3) トルク(力のモーメント)

$$N \equiv b F = r F \sin\theta \rightarrow N = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$



(4) 物体の平衡(静止の状態)

平衡の条件(静止の条件)

- 質点の場合 → 質点に働く外力の和がゼロ
- 大きさのある物体の場合
 - (イ) 全ての外力のベクトル和がゼロ
 - (ロ) 任意の位置の周りのトルクの和がゼロ。

(5) 運動の第2法則

運動量 mv が時間によって変化する割合は、その物体に働く力に比例し、その力の方向に生じる。(注: v は速度)

$$ma = f$$

力の単位 $N \rightarrow kg \cdot m/s^2$

一様な重力場の中の運動 $f = mg$

4. 単位と次元

(1) 国際単位系

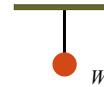
(2) 実用上利用される単位の例

kgw (kg重: dgf)
1 kgw = 9.80665 N

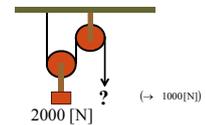


<問題3>

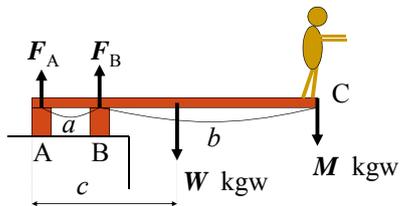
1. 重さ W [kgw] のおもりにひもをつけて、天井からつるす。おもりが静止しているとき、天井はひもからどれだけの力を受けるか。



2. 定滑車と動滑車を組み合わせた牽引装置について考えよ。



3. 水泳の飛び込み台の板に働く力について考えよ。



F_A と F_B は板が支柱 A と B それぞれから受ける力。

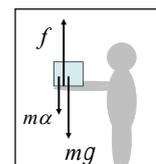
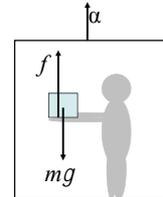
$$F_A + F_B - W - M = 0$$

$$-a \cdot F_B + c \cdot W + (a+b) \cdot M = 0$$

4. 加速度 α で上昇中のエレベータの中にいる人が、質量 m [kg] の物体を手を持っている。手にはどれだけの力がかかるか。

物体に対しての運動方程式 (慣性系)

$$m\alpha = f - mg \rightarrow$$



← 物体に対しての運動方程式 (非慣性系)
 $m\alpha' = 0 = f - mg - m\alpha$

5. 次の物理量の単位の換算をなさい。なお、重力加速度は $g=9.8\text{m/s}^2$ である。

(1) 質量 2 kg に働く重力を kgw で表せ。
(答 2 kgw)

(2) 質量 2 kg に働く重力を N で表せ。
(答 19.6 N)

(3) ある物体に働く重力が 49 N である。この物体の質量を求めよ。
(答 5 kg)

