

2 衝突やはね返りのときの変化がわかる (1) 運動量と力積

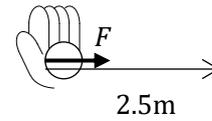
[グループ活動]

[板書] 大谷が投球でボールを押す力と時間を求めよ。

ボールの初速 0m/s, 手から離れるとき 162km/h

ボールの質量 140g, 手で押す距離 2.5m

一定の力 F [N] で時間 t [s] 水平に押すものとする。



※有効数字は配慮しなくてよい。

(説明) $162\text{km/h} = \frac{162}{3.6} = 45\text{m/s}$ である。

力の大きさが一定なので等加速度運動する。加速度を a として、

$$45^2 - 0^2 = 2a \times 32.5 \therefore a = 405\text{m/s}^2, \text{ 運動方程式より } F = 0.14 \times 405 = 56.7\text{N}$$

※1Lの水が入ったペットボトル約6本分!実際は一定の力でないので瞬間的には10本ぐらい!

$$45 = 0 + 405t \therefore t = 0.111\dots\text{s} \text{ となる。}$$

[板書] テーマ 運動量と力積

運動量と力積の定義

$$\boxed{\text{運動量}} = (\text{質量}) \times (\text{速度}), \quad \boxed{\text{力積}} = (\text{力}) \times (\text{時間})$$

物体に力を加えると速度が変化する。このとき、『(運動量)の変化は(力積)に等しい』

[発問] 大谷の投球で、この関係を確認せよ。

$$\text{[板書] 運動量の変化} = (0.14) \times (45) - (0.14) \times (0) = 6.3 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

$$\text{力積} = (56.7) \times \left(\frac{45}{405}\right) = 6.3 \text{ N}\cdot\text{s}$$

[発問] 運動量の単位は $\text{kg}\cdot\text{m/s}$, 力積の単位は $\text{N}\cdot\text{s}$ となる。次元が同じになることを示せ。

※次元記号を使わなくてもよい。

$$\text{[板書] 力積の単位} = \text{N}\cdot\text{s} = (\text{kg}\cdot\text{m/s}^2) \cdot \text{s} = \text{kg}\cdot\text{m/s} = \text{運動量の単位}$$

[発問] ところで、物理基礎の復習をしよう。この例で、運動エネルギーの変化が仕事に等しくなることを確かめよ。

$$\text{(説明) 運動エネルギーの変化} = \frac{1}{2} \times 0.14 \times 45^2 - \frac{1}{2} \times 0.14 \times 0^2 = 141.75 \text{ J}$$

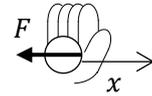
$$\text{仕事} = 56.7 \times 2.5 = 141.75 \text{ J}$$

〔発問〕 キャッチャーが大谷の投球を受け取る時の力を求めよ。

〔板書〕 ボールの初速 162km/h , ボールの質量 140g,

ボールが止まるまでの時間 0.02s,

一定の力 F [N] で押すものとする。



※有効数字は配慮しなくてよい。大谷が投げた後ボールは放物線を描き、減速するが、それらの変化は考慮しないことにする。

(説明) 運動量の変化=力積 より,

$$(0.14) \times (0) - (0.14) \times (45) = F \times 0.02 \quad \therefore F = (-315) \text{ N}$$

※何と 10kg の米袋 3 個以上! 運動エネルギーと仕事を使うとミットは $x = 45\text{cm}$ 下がることがわかる。力に負号が付くのは、ボールの進行方向と逆向きのため。

〔板書〕 『運動量の変化=力積』は、向きを持った(ベクトルの)関係式である。

質量 m の物体に、力 \vec{F} を時間 Δt 加えたとき、物体の速度が \vec{v}_1 から \vec{v}_2 になったとすると、

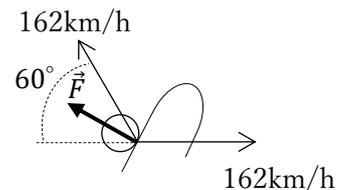
$$m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1 = \vec{F}\Delta t$$

〔発問〕 バッターが大谷の投球を打つときの力を求めよ。

〔板書〕 ボールの初速 162km/h , 打ち返した後の速さ 162km/h,

向きは右図, バットとボールの接触時間 0.01s,

ボールの質量 140g, 一定の力 \vec{F} [N] を加えたとする。

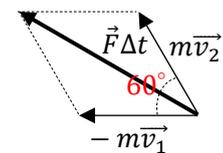


(説明) 右図のように、作図して求める。

$$mv_1 = mv_2 = (0.14) \times (45) = 6.3 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

$$F \times 0.01 = (2 \times 6.3 \cos 30^\circ) = 6.3 \times \sqrt{3} \text{ N}\cdot\text{s}$$

$$\therefore F = 630\sqrt{3} = 1.09 \dots \times 10^3 \text{ N}$$



※100kgw 以上! 接触時間はこのぐらいでいいのだろうか?

物体の運動を扱うときの3つのパターンを意識せよ。

- ① 力と加速度の関係(運動方程式)
- ② 仕事とエネルギーの関係
- ③ 力積と運動量の関係