

体験物理 —力学とは何だろうか—

■ 1. 力学の基本事項

(1) 力学の目的：運動状態の把握 ⇨ 「どれくらいの物体が、いつ、どこで、どっち向きに、どれくらいの速さで運動しているか？」を定性的かつ定量的に把握すること。

運動状態を把握するために、物理では理想化する。

(例 1) 「滑らかな床」とあったら「摩擦がない」と理想化する。

(例 2) 質点：質量を持った大きさを考えなくてよい物体

(2) 運動状態の定量的把握 ⇨ 定量的把握に必要な 3 つの道具「座標」、「速度」、「加速度」

⇨ 座標は物体が運動する方向に取る!! 速度、加速度は定義を覚えて $v-t$ グラフを使いこなす。

⇨ 運動状態は Newton の運動の 3 法則を使って計算!!!

(3) 初期条件：運動を考える上で「初めの状態」は大事な情報である。「初めの状態」を「初期条件」と言う。力学での初期条件は「初めの時刻、初めの場所、初めの速度(初速度)」である。初期条件をそれぞれ「 t_0 , x_0 , v_0 」と 0 を添え字に付けて表すことが多い¹。

(4) 時刻、位置、速度のイメージ

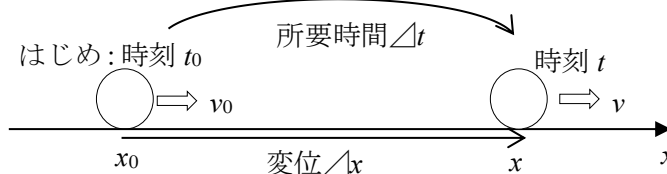
「時刻 t において、位置 x を速度 v で直線運動する物体」とは右図のような状態を考える²。

(5) 時間、変位、速度

① (所要)時間[s] : $\Delta t = t - t_0$

② 変位=位置の変化量[m] : $\Delta x = x - x_0$

③ 速度 = $\frac{\text{変位}}{\text{(所要)時間}}$ [m/s] : $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$



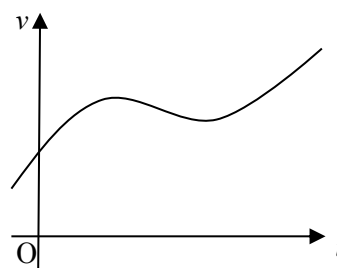
なお、時刻 t と時間 Δt は異なる概念として区別をしている。また、物理では、幅や差分を表すときは Δ (「デルタ」と読む) を使うことが多い。

■ 2. $v-t$ グラフ と加速度および変位の関係

(1) $v-t$ グラフと加速度：右のグラフのように、時々刻々変化する物体の速度 v を時刻 t に対して書いたグラフを「 $v-t$ グラフ」と言う。 $v-t$ グラフは物体の運動の状態を把握するための便利な道具である。

加速の度合いは、 $v-t$ グラフの傾斜の度合い(割合)によって判断できる。したがって、加速度を次のように定義する。

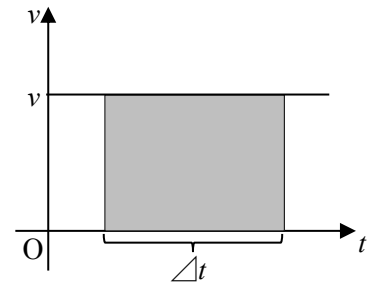
$$\text{加速度 } a = v-t \text{ グラフの接線の傾き [m/s}^2\text{]} : a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



¹ 添字「0」は「はじめ」を表すシンボルのような役割をしている。

² なお、物理では「速さ」を「速度の大きさ」として定義する。

(2) **v-t グラフと変位**：直線上を一定の速度 v [m/s] で Δt [s] 間運動する物体が移動する距離(変位) Δx [m] は「移動距離(変位) = 一定速度 \times 時間： $\Delta x = v \Delta t$ 」で計算できる。「一定速度 \times 時間」は上の v - t グラフの長方形の面積を表している。一般に、「**移動距離(変位) = v-t グラフと t 軸が囲む部分の面積**」が成り立つ。

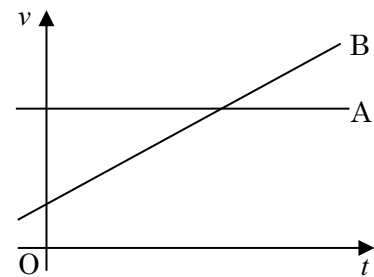


■ 3. 等加速度直線運動

(1) 等速直線運動と等加速度直線運動の v-t グラフ

直線上を運動する物体の v - t グラフが次のようになっていたとする。

A のように、速度 = 一定の運動を「等速直線運動」、B のように、加速度(傾き) = 一定の運動を「等加速度直線運動」と言う。



(2) 等加速度直線運動：加速度 = 一定の運動。等加速度直線運動の公式は次の 3 つ。とにかく、この 3 式を覚えること³。

① 速度と時刻(時間)の関係式

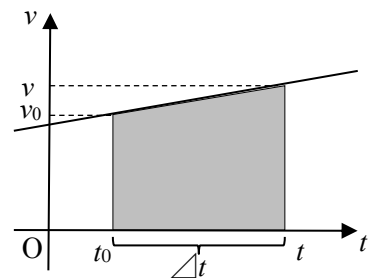
$$v = v_0 + a\Delta t \quad \leftarrow [v \text{ と } t \text{ の関係式}]^4$$

② 位置(変位)と時刻(時間)の関係式

$$\Delta x = v_0\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 \quad \leftarrow [x \text{ と } t \text{ の関係式}]$$

③ 速度と位置(変位)の関係式

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \quad \leftarrow [v \text{ と } x \text{ の関係式}]^5$$



【練習 1】地面からの高さ 78.4m の位置から、初速度 0 で自由落下を始めた物体が地面に達する時間を求めよ。ただし、重力加速度は 9.8m/s^2 とし、空気抵抗および物体の大きさは無視する。

◆解法のポイント◆

等加速度運動の公式を使うだけの問題である。3 公式の中の、どの公式を使うのかを考えよう。速度が問われていないので、公式②を用いる。図を書いてイメージできるようにすると良い。

³ 公式①、②は上の v - t グラフから直ちに理解できる。等加速度直線運動の移動距離(変位)は上の v - t グラフの台形の面積に相当している。これが②の意味である。

⁴ ①式は次の式で理解してもよい。加速度 = v - t グラフの接線の傾き $= a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{\Delta t}$

⁵ ③式は①および②式から Δt を消去すれば得られる。あるいは力学的エネルギー保存則からも導くことができる。

■解説■

位置情報が与えられ、時間を聞かれているので、公式 $\Delta x = v_0 \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$ を用いる。地面までの移動距離 $\Delta x = 78.4[\text{m}]$ であり、初速度 $v_0 = 0[\text{m/s}]$ 、加速度 $a = 9.8[\text{m/s}^2]$ とすればよい。

これらを代入すれば、 $\Delta t^2 = \frac{2 \times 78.4}{9.8} = 16[\text{s}^2]$ より $\Delta t = 4[\text{s}]$ を得る。

【練習 2】電車が駅を発車してから、一定の加速度で速さを増していったところ、400m 直進したときの速さが 20m/s であったとすると、この電車の加速度はいくらか。

◆解法のポイント◆

これも、**等加速度運動の公式を使うだけ**の問題である。3 公式の中の、どの公式を使うのかを考えよう。**時間や時刻が問われていないので、公式③**を用いる。

■解説■

初め、電車は駅で停止していたので初速度は $v_0 = 0[\text{m/s}]$ とすればよい。移動距離(変位)は $\Delta x = 400[\text{m}]$ であり、移動後の速度は $v = 20[\text{m/s}]$ なので、公式 $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$ に代入すれば、 $a = 0.5[\text{m/s}^2]$ を得る。

体験授業復習確認テスト/15分

【問題 1】

ある自動車が停止状態から等加速度直線運動をしたところ、停止状態から 4.00 秒で 50.0m 進んだ。このとき、自動車の加速度はいくらか。

◆解法のポイント◆

3 公式の公式②を使えば、一発で解ける問題である。

【問題 2】

x 軸上の原点 O から、 x 軸上の正の向きに初速度 3.0m/s で等加速度直線運動を始めた物体が、2 秒後には $x=4.0\text{m}$ の位置を正の向きに通過した。物体の変位が正の向きに最大になったときの位置を求めよ。

◆解法のポイント◆

等加速度運動なので、3 公式を使って考える。等加速度運動の公式を使うために、あらかじめ加速度を出しておく必要がある。また、イメージできるように、図を書いて考えてみよう。



【問題 3】

静止していたエレベーターが一定の速さを増しながら上昇し、3 秒後に秒速 8m になった。その後 5 秒間は等速で上昇して、さらに 4 秒かけて一定の加速度で減速して静止した。この間にエレベーターが上昇した距離はいくらか。

◆解法のポイント◆

運動が何段階かに分けられるときは、 $v-t$ グラフを書いて考えるとわかりやすい。加速度は $v-t$ グラフの傾きによって、移動距離は $v-t$ グラフで囲まれる面積によって与えられることも重要である。等加速度運動の問題は 3 公式に頼りすぎないようにできれば完成である。

以上