

電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

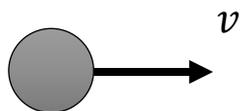
第1回 電荷の運動
~電界中の電荷の運動~

2023.07.15 Sat

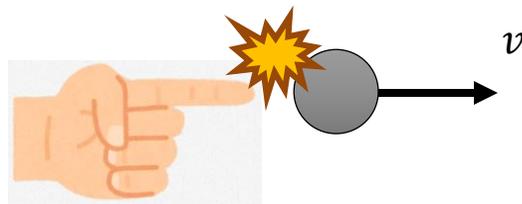
物体を加速させるとは？

速度 v [m/s] で進む物体が加速するには、**物体に力を加える** 必要がある

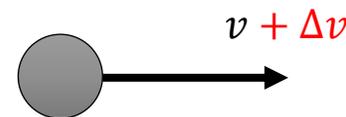
速度 v [m/s] で進む物体



物体に力を加える

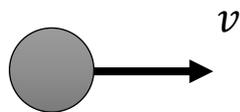


物体の速度が上昇する

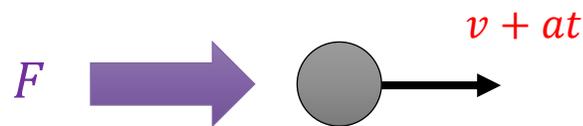


速度 v [m/s] で進む物体が**加速し続ける**には、**物体に力を加える続ける** 必要がある

速度 v [m/s] で進む物体



物体に力を加え続ける



物体に加速度 a を生じる

力と加速度の関係を表す式
→ **運動方程式**

$$F = ma$$

F : 物体に加わる力 [N]

m : 物体の質量 [kg]

a : 物体に生じる加速度 [m/s²]

運動方程式

運動方程式とは
物体に作用する力により生じる物体の運動を表す式

$$F = ma \quad F \text{ [N] : 力} \quad m \text{ [kg] : 質量} \quad a \text{ [m/s}^2\text{] : 加速度}$$

<色々な力>

重力： mg

クーロン力：

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon r^2} = q_1 E$$

$$F = \frac{m_1 m_2}{4\pi\mu r^2}$$

電磁力 (※)

$$F = I \times B \Delta l = qv \times B$$

※電磁力は回転運動を表す

- ・加速度をもとに、速度、位置（運動の軌道）、時間を導出することができる
- ・力がゼロ ($F = 0$) は物体の静止または等速直線運動

$$a = \frac{F}{m} \quad \Rightarrow \quad v = at + v_0 \quad \Rightarrow \quad x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + x_0$$

v : 速度

x : 位置

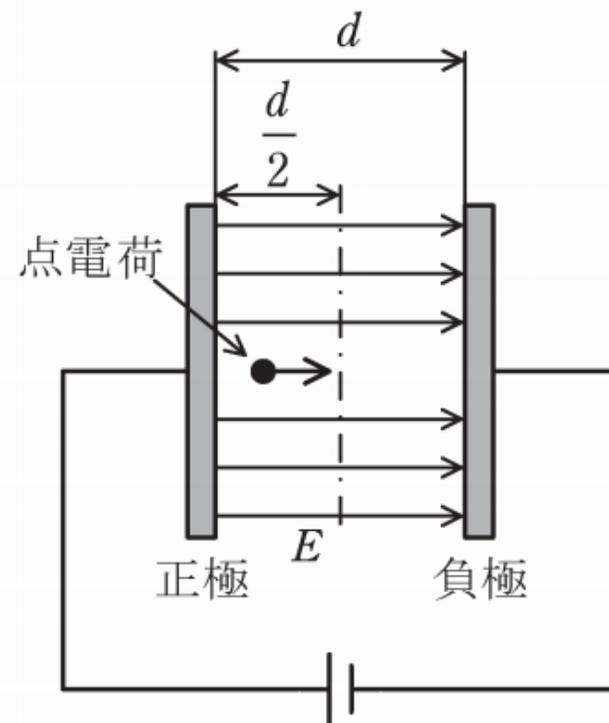
v_0 : 初速度

x_0 : 初期位置

R01 問12

問 12 図のように、極板間の距離 d [m] の平行板導体が真空中に置かれ、極板間に強さ E [V/m] の一様な電界が生じている。質量 m [kg]、電荷量 $q(>0)$ [C] の点電荷が正極から放出されてから、極板間の中心 $\frac{d}{2}$ [m] に達するまでの時間 t [s] を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点電荷の速度は光速より十分小さく、初速度は 0 m/s とする。また、重力の影響は無視できるものとし、平行板導体は十分大きいものとする。



(1) $\sqrt{\frac{md}{qE}}$

(2) $\sqrt{\frac{2md}{qE}}$

(3) $\sqrt{\frac{qEd}{m}}$

(4) $\sqrt{\frac{qE}{md}}$

(5) $\sqrt{\frac{2qE}{md}}$

導出のポイント

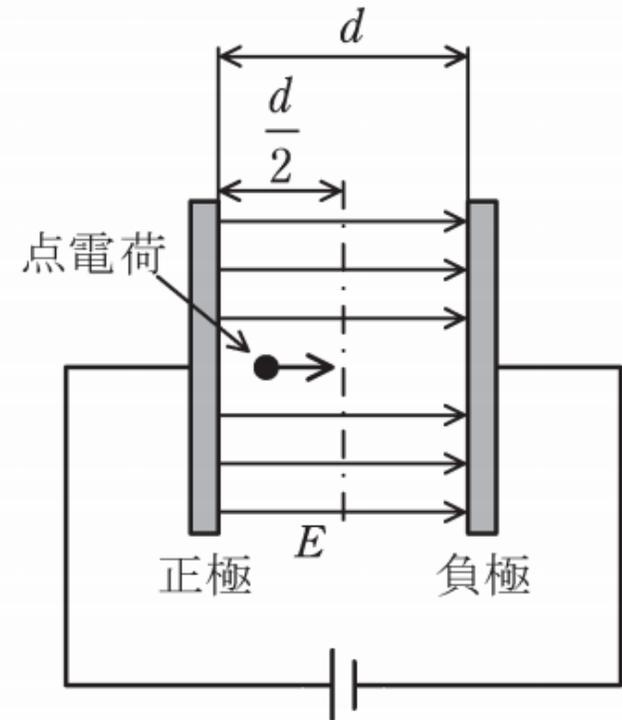
問 12 図のように、極板間の距離 d [m]の平行板導体が真空中に置かれ、極板間に強さ E [V/m]の一様な電界が生じている。質量 m [kg]、電荷量 $q(>0)$ [C]の点電荷が正極から放出されてから、極板間の中心 $\frac{d}{2}$ [m]に達するまでの時間 t [s]を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点電荷の速度は光速より十分小さく、初速度は 0 m/s とする。また、重力の影響は無視できるものとし、平行板導体は十分大きいものとする。

クーロン力 $F = qE$

運動方程式 $F = m\alpha$

位置と時間の関係 $x = \frac{1}{2}at^2$



- (1) $\sqrt{\frac{md}{qE}}$ (2) $\sqrt{\frac{2md}{qE}}$ (3) $\sqrt{\frac{qEd}{m}}$ (4) $\sqrt{\frac{qE}{md}}$ (5) $\sqrt{\frac{2qE}{md}}$

R01 問12

問 12 図のように、極板間の距離 d [m] の平行板導体が真空中に置かれ、極板間に強さ E [V/m] の一様な電界が生じている。質量 m [kg]、電荷量 $q(>0)$ [C] の点電荷が正極から放出されてから、極板間の中心 $\frac{d}{2}$ [m] に達するまでの時間 t [s] を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

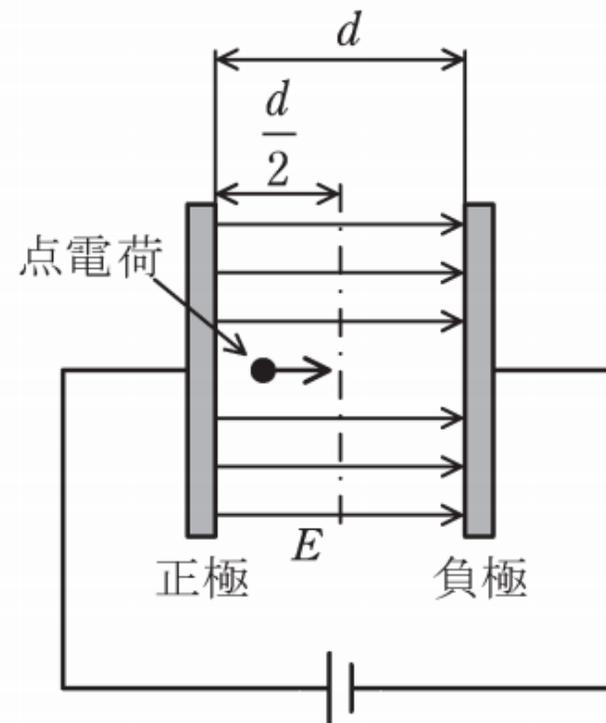
ただし、点電荷の速度は光速より十分小さく、初速度は 0 m/s とする。また、重力の影響は無視できるものとし、平行板導体は十分大きいものとする。

$$F = qE$$

$$F = ma$$

$$\rightarrow qE = ma \rightarrow a = \frac{qE}{m}$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 \rightarrow \frac{d}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{qE}{m} \times t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{md}{qE}}$$



(1) $\sqrt{\frac{md}{qE}}$

(2) $\sqrt{\frac{2md}{qE}}$

(3) $\sqrt{\frac{qEd}{m}}$

(4) $\sqrt{\frac{qE}{md}}$

(5) $\sqrt{\frac{2qE}{md}}$

演習問題 I



一様な電界中 E に電荷 q [C] に帯電した導体球を配置する。時刻 t_0 において導体球の速度はゼロとする。以下の問に答えよ。ただし、導体球に加わる重力は無視できるものとする。

$t_0 = 0$ s $t_1 = 5$ s



(1) 導体球に加わるクーロン力 F [N] を求めよ。 (2) 導体球の加速度 a [m/s²] を求めよ。

$v_0 = 0$ m/s

$m = 2$ kg

$q = 2$ C

Ans. $F =$ _____

Ans. $a =$ _____

(3) 時刻 t_1 の速度 v_1 [m/s] を求めよ。

(4) 時刻 t_1 までに進んだ距離 x [m] を求めよ。

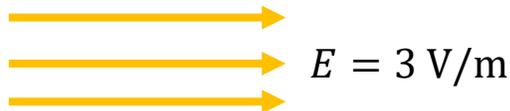
(5) 時刻 t_1 に導体球がもつ運動エネルギー K [J] を求めよ。

Ans. $v_1 =$ _____

Ans. $x =$ _____

Ans. $K =$ _____

演習問題 I (解答)



一様な電界中 E に電荷 q [C] に帯電した導体球を配置する。時刻 t_0 において導体球の速度はゼロとする。以下の問に答えよ。ただし、導体球に加わる重力は無視できるものとする。



- (1) 導体球に加わるクーロン力 F [N] を求めよ。 (2) 導体球の加速度 a [m/s²] を求めよ。

$$v_0 = 0 \text{ m/s}$$

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$q = 2 \text{ C}$$

$$F = qE = 2 \times 3 = 6 \text{ N}$$

$$F = ma = qE$$

$$\rightarrow a = \frac{qE}{m} = \frac{2 \times 3}{2} = 3$$

Ans. $F = 6 \text{ N}$

Ans. $a = 3 \text{ m/s}^2$

- (3) 時刻 t_1 の速度 v_1 [m/s] を求めよ。

$$v_1 = at_1 = 3 \times 5 = 15$$

Ans. $v_1 = 15 \text{ m/s}$

- (4) 時刻 t_1 までに進んだ距離 x [m] を求めよ。

$$x = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 5^2 = 37.5 \text{ m}$$

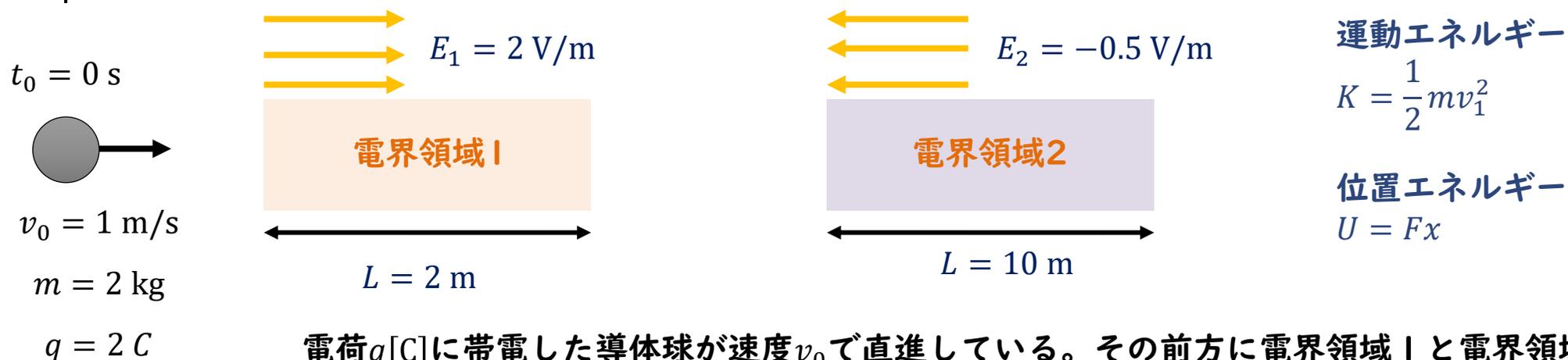
Ans. $x = 37.5 \text{ m}$

- (5) 時刻 t_1 に導体球がもつ運動エネルギー K [J] を求めよ。

$$K = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 15^2 = 225$$

Ans. $K = 225 \text{ J}$

演習問題2



電荷 $q[\text{C}]$ に帯電した導体球が速度 v_0 で直進している。その前方に電界領域1と電界領域2が存在する。以下の問に答えよ。ただし、導体球に加わる重力は無視できるものとする。

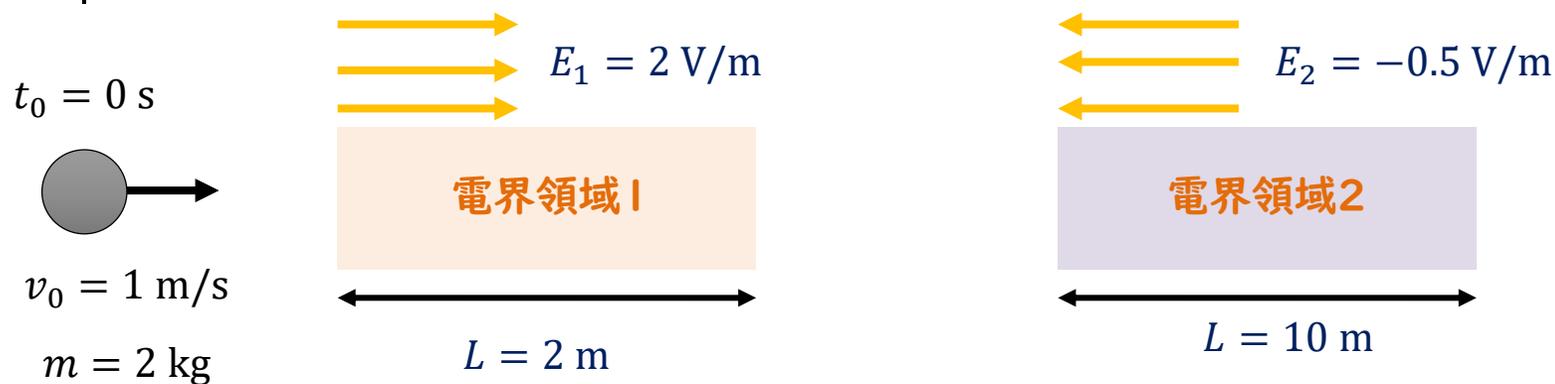
(1) 電界領域1を通過したときの導体球の速度 $v_1 [\text{m/s}]$ を求めよ。

(2) 導体球が電界領域2に侵入し、電界の影響を受けて、速度がゼロとなる時刻がある。電界領域2に突入してから何秒後にその条件を満たすか求めよ。

Ans. $v_1 =$ _____

Ans. $t =$ _____

演習問題2 (解答)



電荷 $q[\text{C}]$ に帯電した導体球が速度 v_0 で直進している。その前方に電界領域1と電界領域2が存在する。以下の問に答えよ。ただし、導体球に加わる重力は無視できるものとする。

- (1) 電界領域1を通過したときの導体球の速度 v_1 [m/s]を求めよ。

- (2) 導体球が電界領域2に侵入し、電界の影響を受けて、速度がゼロとなる時刻がある。電界領域2に突入してから何秒後にその条件を満たすか求めよ。

位置エネルギー U は

$$U = F\Delta x = qE \times L = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ J}$$

エネルギー保存則より

$$U = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times v_1^2 - \frac{1}{2} \times 2 \times 1^2$$

$$8 = v_1^2 - 1 \rightarrow v_1^2 = 9 \rightarrow v_1 = 3$$

Ans. $v_1 = 3 \text{ m/s}$

$$F = ma = qE$$

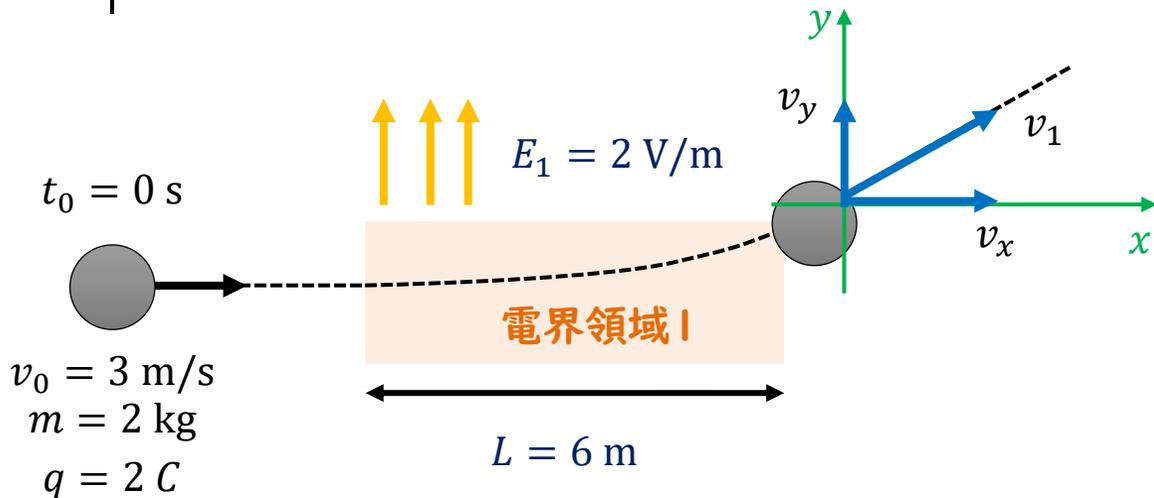
$$\rightarrow a = \frac{qE}{m} = \frac{2 \times (-0.5)}{2} = -0.5$$

$$v' = v_1 + at = 3 - 0.5t = 0$$

$$\rightarrow 0.5t = 3 \rightarrow t = 6$$

Ans. $t = 6 \text{ s}$

演習問題3



電荷 $q[\text{C}]$ に帯電した導体球が速度 v_0 で直進している。その前方に電界領域 I が存在する。次の問に答えよ。ただし、導体球に加わる重力は無視できるものとする。

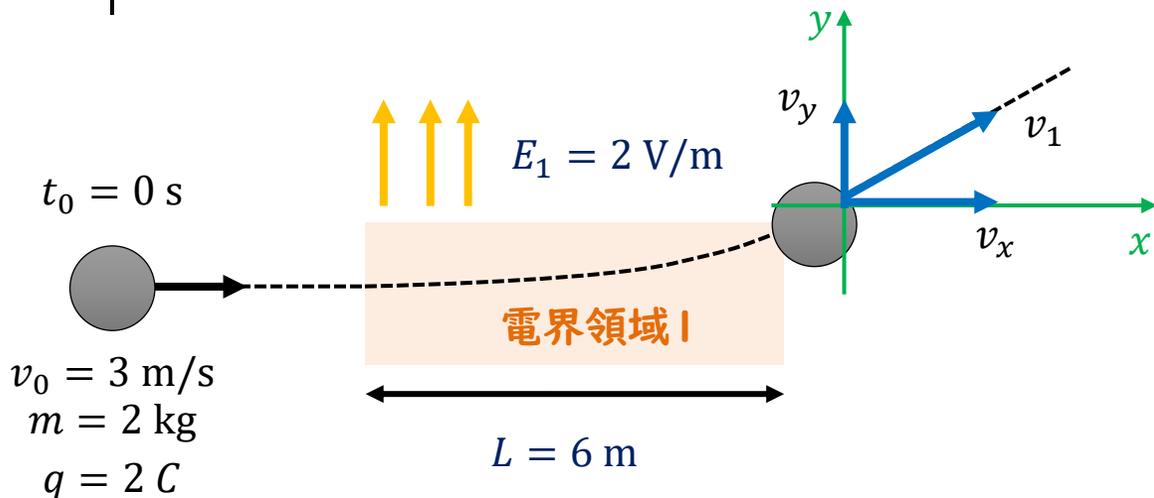
- (1) 電界領域 I に侵入中に導体球が受けるクーロン力 $F[\text{N}]$ の大きさとその向きを求めよ。

Ans. $F =$ 力の向き:

- (2) 電界領域 I 通過後の導体球の速度 v_1 、 x 軸方向の成分 v_x 、 y 軸方向の成分 v_y の大きさをそれぞれ求めよ。

Ans. $v =$ $v_x =$ $v_y =$

演習問題3 (解答)



電荷 $q[\text{C}]$ に帯電した導体球が速度 v_0 で直進している。その前方に電界領域 I が存在する。次の問に答えよ。ただし、導体球に加わる重力は無視できるものとする。

- (1) 電界領域 I に侵入中に導体球が受けるクーロン力 $F[\text{N}]$ の大きさとその向きを求めよ。

$$F = qE = 2 \times 2 = 4 \text{ N}$$

Ans. $F = 4 \text{ N}$ 力の向き: +y 方向

- (2) 電界領域 I 通過後の導体球の速度 v_1 、x 軸方向の成分 v_x 、y 軸方向の成分 v_y の大きさをそれぞれ求めよ。

$$v_x = v_0 = 3 \text{ m/s}$$

$$F = qE = ma_y \rightarrow a_y = \frac{qE}{m} = \frac{2 \times 2}{2} = 2 \text{ m/s}^2$$

電界領域 I を通過するのにかかる時間 t_L

$$t_L = \frac{L}{v_x} = \frac{6}{3} = 2 \text{ s}$$

電界領域 I を通過後の y 方向の速度成分 v_y は

$$v_y = a_y t_L = 2 \times 2 = 4 \text{ m/s}$$

$$v_1 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ m/s}$$

Ans. $v = 5 \text{ m/s}$ $v_x = 3 \text{ m/s}$ $v_y = 4 \text{ m/s}$

ご聴講ありがとうございました
ございました!!