XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA, UNIVERSIDADES E FORMACIÓN PROFESIONAL

O MOVEMENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO (MRUA)


"Patrulla acrobática de paracaidismo" (CC-BY-NC-2.0)

Ámbito científico-tecnolóxico

Módulo 2

ÍNDICE

1. ACELERACIÓN

Chamamos **aceleración** á variación da velocidade en función do tempo.

Matematicamente:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Onde **a** é a aceleración xeralmente expresada en m/s^2, **Δv** é a variación da velocidade expresada en metros por segundo (m/s) e **Δt** é o tempo transcorrido medido en segundos (s).

A primeira implicación é que se un móbil non varía a súa velocidade, entón, non terá aceleración. Isto é totalmente independente de que o corpo estea en movemento.

En liñas xerais, tendemos a diferenciar entre dous tipos de aceleración, ben que, desde un punto de vista físico, ambas sexan descritas polas mesmas fórmulas.

Así, cando un inicia unha viaxe en coche comeza acelerando para modificar a súa velocidade e pasar de 0 ata a velocidade que considere adecuada, a este proceso chámase de xeito coloquial *acelerar*. Pero existe o proceso inverso que sucede cando un acciona o freo co obxectivo de parar ou de reducir a velocidade, isto é *frear*. De cara a este tema, ambos os procesos son aceleracións aínda que teñan obxectivos opostos.

1.1 Ecuación MRUA

As siglas MRUA fan referencia a un **movemento rectilíneo uniformemente acelerado**. Todas estas palabras teñen importancia e non poderán usarse as ecuacións aquí vistas para móbiles que non cumpran as seguintes características:

- O móbil debe estar en **movemento**
- A traxectoria debe ser unha liña recta (**rectilíneo**). Non empregues estas ecuacións en móbiles que estean a tomar unha curva aínda que teñan aceleración!
- A aceleración debe ser constante (**uniformemente acelerado**), se a aceleración varía non empregues estas ecuacións!

O MRUA é, por tanto, un caso bastante específico de movemento. Non é sinxelo ver na natureza móbiles que presenten un MRUA de forma continuada, ben que os primeiros instantes dun corpo en caída libre semellan un MRUA.

Imos deducir a primeira ecuación do MRUA. Supoñamos un vehículo que inicia a súa marcha desde unha velocidade $\mathbf{v_0}$ e acelera cunha aceleración constante **a** durante un tempo **t**. Nese caso:

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

Que pode reescribirse como:

$$a \cdot t = v - v_0$$

Despexamos **v**:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Esta é a ecuación fundamental do MRUA e permite coñecer a velocidade que leva un corpo para un tempo determinado. Onde **v** é a velocidade que leva no instante **t** e exprésase coas unidades de *m/s* de forma habitual, e $\mathbf{v_0}$ é a velocidade coa cal inicia o movemento (se parte do repouso sería 0). A variable **a** fai referencia á aceleración que debe ser constante durante todo momento e virá expresada en m/s^2. Por último, a variable de tempo **t** expresa a duración que tivo o movemento e virá en *s*.

Se se representa a velocidade no eixe das ordenadas (**y**) e o tempo no eixe das abscisas (**x**), obtemos unha recta onde a ordenada na orixe é a velocidade inicial e a pendente é a aceleración.

1.2 Fórmulas adicionais

No caso do MRUA existen varias fórmulas máis que serán útiles de cara á resolución de exercicios.

A primeira destas fórmulas permite relacionar a posición co tempo, de xeito que podemos determinar a posición que ocupa un móbil para un tempo determinado. A fórmula é a seguinte:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Onde $\mathbf{x_0}$ fai referencia á súa posición de partida e **x** á posición para o instante **t**. De forma xeral, ambas as variables virán expresadas en metros *m*.

A segunda destas fórmulas relaciona velocidade con posición e prescinde da variable tempo. Isto permite coñecer a velocidade á cal viaxa un móbil con base onde se atopa aínda que non teñamos coñecemento do instante no cal isto sucede. Trátase dunha fórmula na cal debemos reparar cando o enunciado do exercicio non fai ningunha referencia temporal. A fórmula é a seguinte:

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot (x - x_0)$$

Todas as variables que aparecen na fórmula xa foron previamente definidas.

2. RESOLUCIÓN DE EXERCICIOS

Cando se pretende resolver exercicios de movemento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) debemos comezar establecendo un sistema de referencia. Este proceso é o mesmo que faciamos no MRU pero agora teremos unha nova magnitude como é a aceleración que pode actuar en ambos os sentidos (xa que pode acelerar ou frear).

Ademais, a diferenza do MRU, no MRUA contamos con varias ecuacións, co cal é importante pensar que ecuación debe ser empregada. Neste sentido, é imprescindible que nos preguntemos que queremos determinar cando empregamos unha ecuación e non outra.

2.1 Aplicación da fórmula fundamental

Imos comezar cunha serie de exemplos sinxelos onde só imos aplicar a fórmula xeral:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

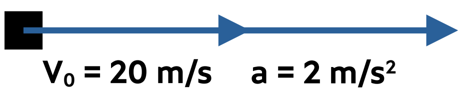
Exemplo 1

Un vehículo que viaxa a 20 m/s acelera cunha aceleración constante de 2 m/s^2. Determina canto tempo debe acelerar ata alcanzar unha velocidade de 40 m/s.

O primeiro é establecer un sistema de referencia onde se indique claramente cara onde vai a velocidade inicial e cara onde vai a aceleración. Para dar resposta a isto debemos preguntarnos se a aceleración vai no mesmo sentido que a velocidade (acelera o móbil) ou ben vai en sentido oposto e pretende reducir a velocidade (frea o móbil).

Neste caso, ambas as magnitudes irían no mesmo sentido xa que o obxectivo da aceleración é aumentar a velocidade do móbil e pasar de 20 m/s a 40 m/s.

O sistema de referencia sería:



As frechas indican cara onde se move inicialmente (**v_0**) e cara onde acelera (**a**).

O seguinte paso consistiría en comprobar se as unidades son adecuadas. Neste caso, ao operar con velocidades expresadas en m/s e unha aceleración en m/s^2, temos unha serie de unidades coherentes e o tempo que obteñamos virá expresado en segundos.

Sabendo que se pretende alcanzar unha velocidade **v** de 40 m/s, abonda con substituír na fórmula para obter o resultado:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$40 = 20 + 2 \cdot t$$

Agora despexamos **t**:

$$40 - 20 = 2 \cdot t$$

$$20 = 2 \cdot t$$

$$t = \frac{20}{2} = 10 \ s$$

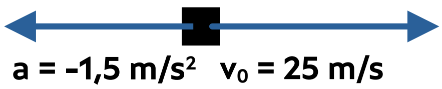
Se o vehículo acelera con 2 m/s^2 durante 10 segundos, alcanzará 40 m/s de velocidade.

Exemplo 2

Un vehículo que viaxa a 25 m/s frea a razón de 1,5 m/s^2. Determina canto tempo debe frear ata reducir a súa velocidade ata os 10 m/s.

Este exemplo é case igual ao anterior cun pequeno matiz. Neste exemplo, o vehículo está freando, de forma que, a aceleración debe opoñerse á velocidade inicial. Isto implica que se consideramos a velocidade inicial $\mathbf{v_0}$ como positiva, entón a aceleración **a** debe ser negativa.

O sistema de referencia quedaría deste xeito:



Igual que no exemplo anterior, agora abondaría con substituír na fórmula e determinar o tempo. Debemos ter coidado cos signos (neste caso a aceleración é negativa).

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$10 = 25 - 1{,}5 \cdot t$$

$$1{,}5 \cdot t = 25 - 10$$

$$1{,}5 \cdot t = 15$$

$$t = \frac{15}{1{,}5} = 10 \ s$$

O vehículo debe frear durante 10 s para reducir a velocidade ata 10 m/s.

Exemplo 3

Sabendo que un vehículo pasa de 30 m/s a 36 km/h en 4 segundos. Determina a aceleración que realiza.

Neste exemplo precisamos cambiar os 36 km/h a m/s para que as unidades sexan coherentes. Así que o primeiro paso é realizar o seguinte cambio de unidades:

$$\frac{36\ km}{h} \cdot \frac{1000\ m}{1\ km} \cdot \frac{1\ h}{3600\ s} = 10\ \frac{m}{s}$$

A continuación cabe decatarnos de que o vehículo vai pasar de 30 m/s a 10 m/s o que supón unha freada. A aceleración debe ser negativa.

Por último, temos que substituír na fórmula e determinar o valor da aceleración.

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$10 = 30 + a \cdot 2$$

Reordenamos:

$$10 - 30 = 2 \cdot a$$

$$-20 = 2 \cdot a$$

$$a = \frac{-20}{2} = -10\ \frac{m}{s^2}$$

2.2 Exercicios máis complexos

O emprego das outras fórmulas ten unha complexidade lixeiramente maior xa que aparece, novamente, a posición. Polo tanto, o primeiro paso para establecer o sistema de referencia pasará por situar onde se atopa o valor de x = 0 e cara onde se sitúan os valores positivos de x. Isto é exactamente igual ao que sucedía no MRU.

Recordemos as fórmulas:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot (x - x_0)$$

Comezamos co seguinte exemplo:

Exemplo 4

Un pequeno avión engala logo de alcanzar unha velocidade de 40 m/s. Para alcanzar esa velocidade, o aeroplano esgota os 2.000 metros de pista dispoñibles. Supoñendo unha aceleración constante, determina:

a) *A aceleración necesaria para engalar.*

b) *O tempo que tarda en engalar.*

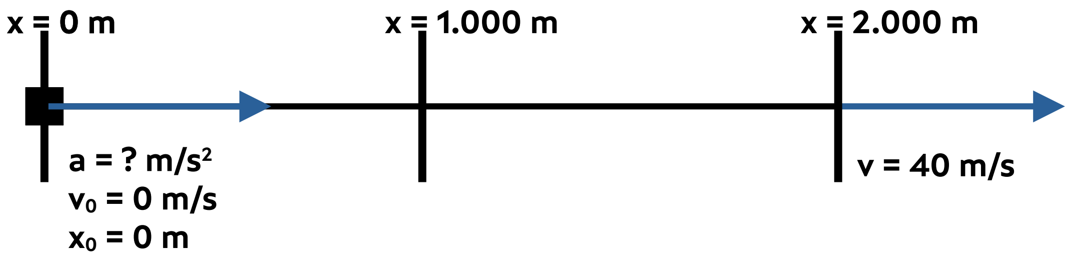
c) *A velocidade que leva tras 5 segundos de iniciar a engalaxe.*

d) *A distancia percorrida nos últimos 5 segundos.*

e) *A distancia percorrida nos primeiros 5 segundos.*

O primeiro paso é tratar de identificar o tipo de movemento descrito no enunciado. Parece evidente que o avión inicia a engalaxe desde o repouso (velocidade 0) ata unha velocidade de 40 m/s. Porén, a idea fundamental atópase na última frase do enunciado, onde se nos indica que a aceleración é constante durante a engalaxe. Dado que a aceleración é constante, isto permite concluír que debe tratarse dun movemento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA), de forma que podemos empregar as ecuacións previamente expostas.

Unha vez comprobamos que as unidades son coherentes, é dicir, as distancias están en metros, os tempos en segundos e as velocidades en m/s, podemos establecer un sistema de referencia. O máis adecuado neste caso é situar o punto x_0 = 0 m, no punto de partida do avión, e situar o punto de engalaxe nos 2.000 m. A velocidade irá cara á dereita (signo positivo) e a aceleración tamén (signo positivo). O sistema de referencia quedaría así:



Agora trataremos de dar resposta aos apartados que se propoñen.

Neste exercicio resulta sorprendente que non se nos achega ningunha información relativa ao tempo, isto pode darnos unha lixeira idea de que ecuación convén empregar, xa que como non dispoñemos de información sobre **t**, imos pensar na única ecuación onde **t** non aparece, esta é:

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot (x - x_0)$$

a) No primeiro apartado pídese determinar a aceleración necesaria, para isto debemos ter claro o seguinte:

v é de 40 m/s cando alcanza o límite da pista situado en x = 2000 m.

v_0 é 0, xa que parte desde parado.

x é de 2.000 m (o extremo final da pista).

x_0 é a posición inicial, que segundo o noso sistema de referencia é 0.

Sabendo isto, o único que quedaría por facer é substituír na ecuación e achar o valor da aceleración correspondente:

$$40^2 - 0^2 = 2 \cdot a \cdot (2000 - 0)$$

$$1600 = 4000 \cdot a$$

$$a = \frac{1600}{4000} = 0{,}4 \ \frac{m}{s^2}$$

A aceleración durante toda a engalaxe é constante e igual a 0,4 m/s^2

b) Agora temos que determinar o tempo (**t**) necesario para completar a engalaxe. A primeira consecuencia disto é que teremos que empregar unha ecuación onde a variable **t** apareza, o máis sinxelo é empregar a ecuación fundamental do MRUA:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Novamente, faremos as seguintes consideracións:

v é a velocidade final, 40 m/s.

v_0 é 0, xa que parte desde parado.

a é a aceleración que calculamos no apartado anterior.

Substituímos e temos que:

$$40 = 0 + 0{,}4 \cdot \mathrm{t}$$

$$t = \frac{40}{0{,}4} = 100 \ s$$

O avión tarda 100 segundos en engalar.

c) Neste apartado prodúcese un novo cambio. Agora pídese a velocidade ao cabo de 5 segundos. É importante entender que a velocidade que calculemos debe ser menor a 40 m/s, dado que esa é a velocidade que alcanza ao final da pista. Para resolver este apartado empregaremos novamente a ecuación:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Neste caso, a incógnita será **v** e o tempo será de 5 s. Dado que a aceleración é constante durante toda a engalaxe, empregaremos a mesma que no apartado anterior. Substituímos:

$$v = 0 + 0{,}4 \cdot 5$$

$$v = 2 \ \frac{m}{s}$$

Ao cabo de 5 segundos, logo de comezar a aceleración, o avión viaxará a 2 m/s de velocidade.

d) Este apartado precisa un pouco de reflexión, xa que non existe unha fórmula que nos leve directamente ao resultado. No entanto, sabemos que, no último instante (onde t = 100 s), o avión se atopa en x = 2.000 m (o límite da pista).

O que imos facer é responder a seguinte cuestión, onde se atopaba 5 segundos antes? Dado que a engalaxe durou 100 segundos, 5 segundos antes de despegar o tempo **t** será de 95 segundos.

Para dar resposta a esta cuestión debemos empregar unha ecuación que relacione a posición (**x**) é o tempo (**t**). Debemos, polo tanto, empregar a ecuación que faltaba por empregar:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Se substituímos polo tempo correspondente (95 s), a aceleración como 0,4 m/s^2 e considerando que tanto $\mathbf{x_0}$ como $\mathbf{v_0}$ son 0, temos que:

$$x = 0 + 0 \cdot 95 + \frac{1}{2} \cdot 0{,}4 \cdot 95^2$$

$$x = \frac{1}{2} \cdot 0{,}4 \cdot 95^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}4 \cdot 9025 = 1805 \ m$$

Unha vez que coñecemos a posición en que se atopa 5 segundos antes de engalar e a posición en que se atopa na engalaxe, a distancia percorrida non é máis que a distancia que separa eses dous puntos. Polo tanto, mediante una simple resta teremos que:

$$d = 2000 - 1805 = 195 \ m$$

O avión percorre 195 metros nos últimos 5 segundos.

e) A idea deste apartado é a mesma que o anterior pero, neste caso, dado que falan dos primeiros 5 segundos, debemos considerar que para o instante onde t = 0, o avión aínda estará parado na posición x = 0. A cuestión, polo tanto, é: en que posición está o avión parado t = 5 s?

De xeito análogo ao feito no apartado d), substituímos e temos:

$$x = 0 + 0 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 0{,}4 \cdot 5^2$$

$$x = \frac{1}{2} \cdot 0{,}4 \cdot 5^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}4 \cdot 25 = 5 \ m$$

A distancia percorrida será a distancia que separa a posición inicial desta posición acadada tras os 5 s.

$$d = 5 - 0 = 5 \ m$$

O avión percorre 5 metros nos primeiros 5 segundos.

É interesante facer unha última reflexión lóxica. Con base nos resultados, vemos que a distancia percorrida nos primeiros 5 segundos da engalaxe é ridícula en comparación coa distancia percorrida nos últimos 5 segundos. Isto debería resultarnos totalmente razoable se temos en conta que a velocidade que levamos ao final da engalaxe é moito maior que no inicio ao tratarse dun movemento con aceleración.

2.3 Caída libre

Cando un obxecto cae por acción da gravidade, describe un movemento que pode ser descrito polas ecuacións vistas neste tema durante os primeiros segundos da caída. Isto é debido a que a aceleración da gravidade é practicamente constante na superficie terrestre cun valor de 9,81 m/s^2 aproximadamente.

Imos facer un exercicio deste tipo:

Exemplo 5

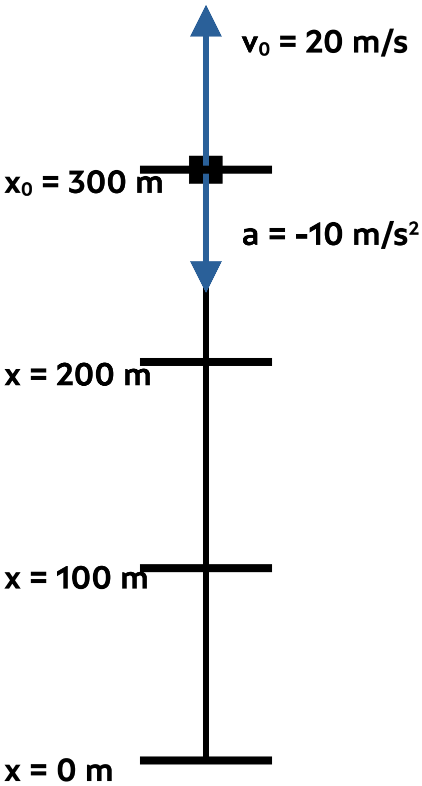
Lanzamos unha pelota cara arriba cunha velocidade de 20 m/s desde unha altura de 300 metros sobre o chan. Considerando que a aceleración da gravidade é de 10 m/s^2. Determina:

- *a) A velocidade de impacto contra o chan.*
- *b) O tempo que tarda en chocar contra o chan.*
- *c) A altura á cal se atopa a pelota tras 4 segundos.*
- *d) A altura á cal se atopa a pelota tras 8 segundos.*
- *e) A altura máxima que alcanza a pelota.*

A primeira consideración necesaria é que a gravidade pode ser considerada constante (isto é certo se nos atopamos preto da superficie terrestre). Dado que a aceleración que actúa sobre a pelota é constante, isto permite o emprego das ecuacións do MRUA.

A complexidade deste tipo de exercicios atópase no establecemento dun sistema de referencia robusto e que nos resulte comprensible. O sistema de referencia escollido sempre é unha decisión do alumno e é imprescindible debuxalo e comprendelo para poder empregar as fórmulas que un considere.

Para a resolución deste exercicio imos propoñer un sistema de referencia habitual nos exercicios de caída libre que consiste en tomar o chan como o punto x = 0. No noso caso:



Inicialmente debemos fixar a posición de dous puntos. Poremos x = 0 m no punto máis baixo, o chan. A parte superior estará situada no punto x = 300 m. Dado que o punto de lanzamento é desde a parte superior, a posición inicial $\mathbf{x_0}$ será 300 m. Todas aquelas magnitudes (velocidades ou aceleracións) que nos leven cara a valores máis positivos (é dicir, máis alto) terán un signo +. E, ao contrario, se as magnitudes queren levarnos cara a x = 0 (é dicir, cara ao chan), terán un signo -. Neste sistema de referencia, a velocidade inicial é positiva porque vai cara arriba. De xeito contrario, a aceleración da gravidade será negativa porque quere levar o obxecto cara a x = 0. Esta asignación de signos é imprescindible e debe realizarse antes de comezar a facer calquera cálculo.

a) Neste apartado imos empregar a ecuación que non depende do tempo:

$$v^2 - v_0^{\ 2} = 2 \cdot a \cdot (x - x_0)$$

No momento do impacto, o obxecto atoparase viaxando cunha velocidade **v** e estará a unha altura de 0 m. Polo tanto, **x** será neste caso x = 0.

Ademais x_0 = 300 m e v_0 = 20 m/s, como xa vimos antes.

Substituímos e teriamos que:

$$v^2 - (20^2) = 2 \cdot (-10) \cdot (0 - 300)$$

$$v^2 - 400 = 2 \cdot (-10) \cdot (- 300)$$

$$v^2 - 400 = 6000$$

$$v^2 = 6000 + 400$$

$$v = \sqrt{6400} = 80 \frac{m}{s}$$

O móbil chocará contra o chan cunha velocidade de 80 m/s.

b) Para determinar o tempo que tarda en chocar, podemos empregar a seguinte opción:

No apartado a. determinamos a velocidade de impacto, e sabendo que cando choque o móbil viaxará cara abaixo, sabemos que a velocidade de impacto é de -80 m/s. Empregamos a ecuación:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

E, tendo en conta que a aceleración é -10 m/s^2 e $\mathbf{v_0}$ é de +20 m/s (xa que inicialmente vai cara arriba), teremos que:

$$-80 = 20 - 10 \cdot t$$

$$-80 - 20 = -10 \cdot t$$

$$-100 = -10 \cdot t$$

$$t = \frac{-100}{-10} = 10 \ s$$

Chocará contra o chan tras 10 s.

c) Para coñecer a posición tras un tempo de 4 segundos, empregaremos:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Se $\mathbf{x_0}$ é 300 m, $\mathbf{v_0}$ é de 20 m/s e **a** é de -10 m/s^2. Substituímos:

$$x = 300 + 20 \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot (-10) \cdot 4^2$$

$$x = 300 + 80 - 80 = 300 \ m$$

É dicir, tras lanzalo cara arriba cunha velocidade inicial de 20 m/s, teremos o móbil na posición 300 m tras 0 segundos, é dicir, estará na mesma altura que no momento do lanzamento.

d) Trátase dun apartado idéntico ao anterior, a resolución faise do mesmo xeito pero substituíndo por un tempo **t** de 8 segundos.

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$x = 300 + 20 \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot (-10) \cdot 8^2$$

$$x = 300 + 160 - 320 = 140 \ m$$

Atoparase no punto x = 140 m, é dicir 160 m por debaixo do punto de lanzamento que era de 300 m. É dicir, o obxecto foi cara arriba ata alcanzar unha altura máxima e agora está baixando ata chocar contra o chan situado en x = 0.

e) Para determinar a altura máxima debemos facer a seguinte reflexión:

Xusto no instante en que alcanza a altura máxima, o móbil pasará de estar subindo a estar baixando, é dicir, pasa de ter velocidades positivas a ter velocidades negativas, e xusto no momento en que alcanza esa altura máxima a velocidade será durante un instante de 0 m/s.

O que faremos inicialmente é determinar o tempo que tarda en alcanzar unha velocidade de 0. Empregaremos a seguinte expresión:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Sabendo que **v** queremos que sexa 0, $\mathbf{v_0}$ é de 20 m/s e a -10 m/s^2. Substituímos:

$$0 = 20 - 10 \cdot t$$

$$10 \cdot t = 20$$

$$t = \frac{20}{10} = 2 \ s$$

Tarda 2 segundos en alcanzar a altura máxima.

E agora deberiamos determinar a posición á cal se atopa tras 2 segundos.

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$x = 300 + 20 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot (-10) \cdot 2^2$$

$$x = 300 + 40 - 20 = 320 \ m$$

A altura máxima será de 320 m con respecto á posición inicial de 300 m. É dicir, subirá 20 metros e comezará a caer.

EXERCICIOS

Exercicio 1

Lanzamos unha pelota cara abaixo cunha velocidade de 20 m/s desde unha altura de 300 metros sobre o chan. Considerando que a aceleración da gravidade é de 10 m/s^2. Determina:

a) Velocidade de impacto contra o chan.

b) Velocidade tras 2 segundos.

Exercicio 2

Un coche acelera cunha aceleración constante de 4 m/s^2 partindo do repouso ata alcanzar 40 m/s^2. Determina:

a) Tempo que tarda en alcanzar esa velocidade.

b) Distancia percorrida ata alcanzar esa velocidade.

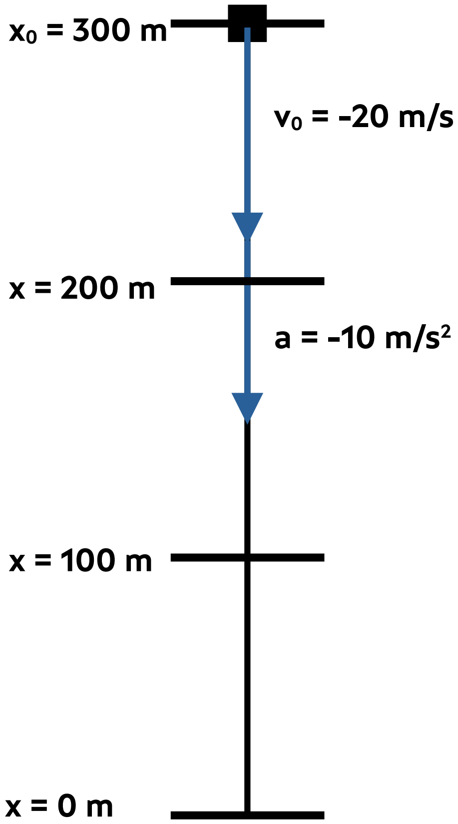
Exercicio 3

Un tren frea durante 5 segundos e pasa dunha velocidade de 50 m/s a 25 m/s. Determina a aceleración durante a freada.

SOLUCIÓNS

Exercicio 1

a. Empregando este sistema de referencia:



Temos que:

$$v^2 - v_0^{\ 2} = 2 \cdot a \cdot (x - x_0)$$

$$v^2 - (-20)^2 = 2 \cdot (-10) \cdot (0 - 300)$$

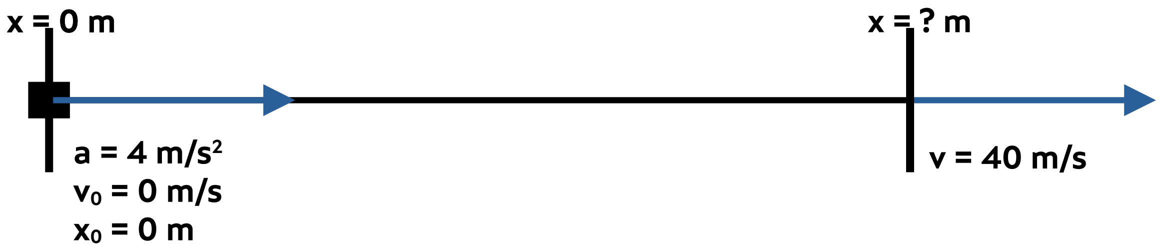
$$v = \sqrt{6400} = 80 \ \frac{m}{s}$$

b. $v = v_0 + a \cdot t$

$$v = -20 + (-10) \cdot 2 = -20 - 20 = -40 \ \frac{m}{s}$$

Exercicio 2

a) Empregando o seguinte sistema de referencia:



Temos que:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$40 = 0 + 4 \cdot t$$

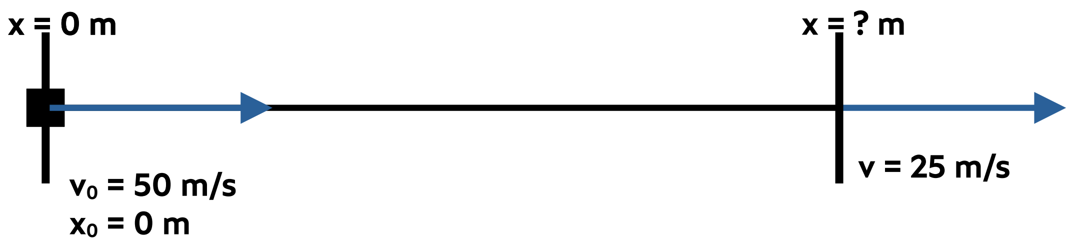
$$t = 10 \ s$$

b) $x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

$$x = 0 + 0 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 10^2 = 200 \ m$$

Exercicio 3

Empregando o seguinte sistema de referencia:



Temos que:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$25 = 50 + a \cdot 5$$

$$a = \frac{25 - 50}{5} = -5 \ \frac{m}{s^2}$$