

## FÍSICA

### PRÀCTICA III: ESTUDI DELS MOVIMENTS RECTILINIS

#### Introducció:

Tal i com hem estudiat en la unitat: “Més alt, més ràpid, més fort” de l'iBook, en la física podem reconèixer dos tipus de moviments rectilinis. Un d'ells és l'anomenat moviment rectilini uniforme (MRU) i la principal característica d'aquest és que sempre té una velocitat constant. L'altre tipus de moviment rectilini és l'anomenat moviment rectilini uniformement accelerat (MRUA) que com bé explica la paraula, va accelerant de manera constant a mesura que es va desplaçant.

En aquesta pràctica els nostres **objectius** principals són:

- Reconèixer el Moviment Rectilini Uniforme (MRU) i el Moviment Rectilini Uniformement Accelerat (MRUA)
- Experimentar amb aquests moviments i determinar les variables cinemàtiques d'espai,  $x$ , velocitat,  $v$ , acceleració,  $a$ , i temps,  $t$ , en cada situació proposada a partir de les equacions del moviment.



Aquests són els tres cotxes que farem servir per a l'experiment de moviments rectilinis.

#### Material:

- Guies de plàstic
- Cotxes amb corda (2) i sense (1)
- Cronòmetre del mòbil
- Regle/flexòmetre
- Programa Excel per a les gràfiques
- Aplicació Physics at School: *MECÁNICA, Movimiento*

#### Procediment:

**1.** Agafa els dos cotxes que funcionen amb corda. Dóna'ls tota la corda (SUAUMENT I SENSE PASSAR-TE DE ROSCA!). Deixa anar cada cotxe des d'un mateix punt i cronometra el temps que triguen a recórrer 1m.

a) De quin tipus de moviment es tracta? Per què?

Es tracta d'un moviment rectilini uniforme (MRU) perquè van a velocitat constant (acceleració = 0).

b) Omple la columna de velocitat utilitzant les equacions adients. Indica'n el procediment.

NOTA: Per obtenir un resultat experimental prou precís, has de repetir-ho 5 vegades i fer la mitjana. Apunta en una taula els resultats:

**COTXE 1**

	Espai (m)	Temps (s)					Mitjana ( $\Sigma t/5$ )	Velocitat (m/s) o (cm/s)
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>		
<b>Cotxe 1</b>	<b>1 m</b>	11,36	11,14	10,98	10,90	11,78	<b>11,23 s</b>	0,089 m/s = <b>8,9 cm/s</b>

-Calculem la Velocitat del cotxe:

$$MRU \rightarrow \Delta x = v \cdot \Delta t \rightarrow v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

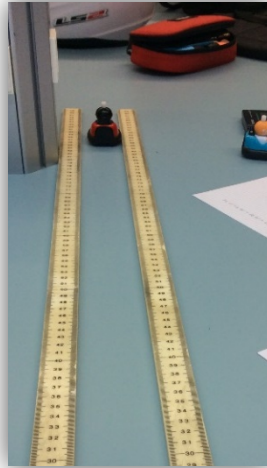
$$\Delta x = 1 \text{ m}$$

$$\Delta t = 11,23 \text{ s}$$

$$v = \frac{1}{11,23} = 0,089 \text{ m/s} \rightarrow 8,9 \text{ cm/s}$$



El cotxe a la línia de sortida amb el cronòmetre a punt.



El primer cotxe està apunt de recórrer 1m, apunt d'arribar a la "meta".

**COTXE 2**

	Espai (m)	Temps (s)					Mitjana ( $\Sigma t/5$ )	Velocitat (m/s) o (cm/s)
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>		
<b>Cotxe 2</b>	<b>1 m</b>	13,20	13,59	12,96	14,50	13,33	<b>13,52 s</b>	0,074 m/s = <b>7,4 cm/s</b>

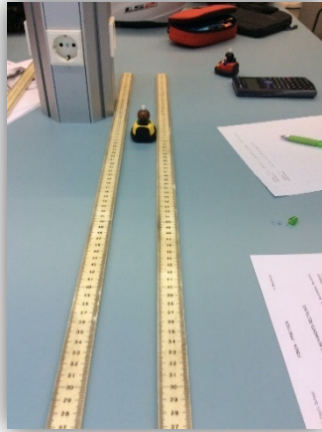
-Calculem la Velocitat del cotxe:

$$MRU \rightarrow \Delta x = v \cdot \Delta t \rightarrow v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

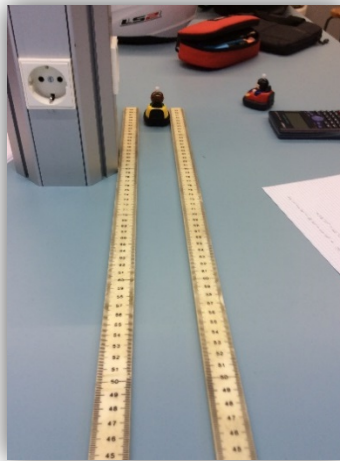
$$\Delta x = 1 \text{ m}$$

$$\Delta t = 13,52 \text{ s}$$

$$v = \frac{1}{13,52} = 0,074 \text{ m/s} \rightarrow 7,4 \text{ cm/s}$$



El segon cotxe està apunt de recórrer 1m.

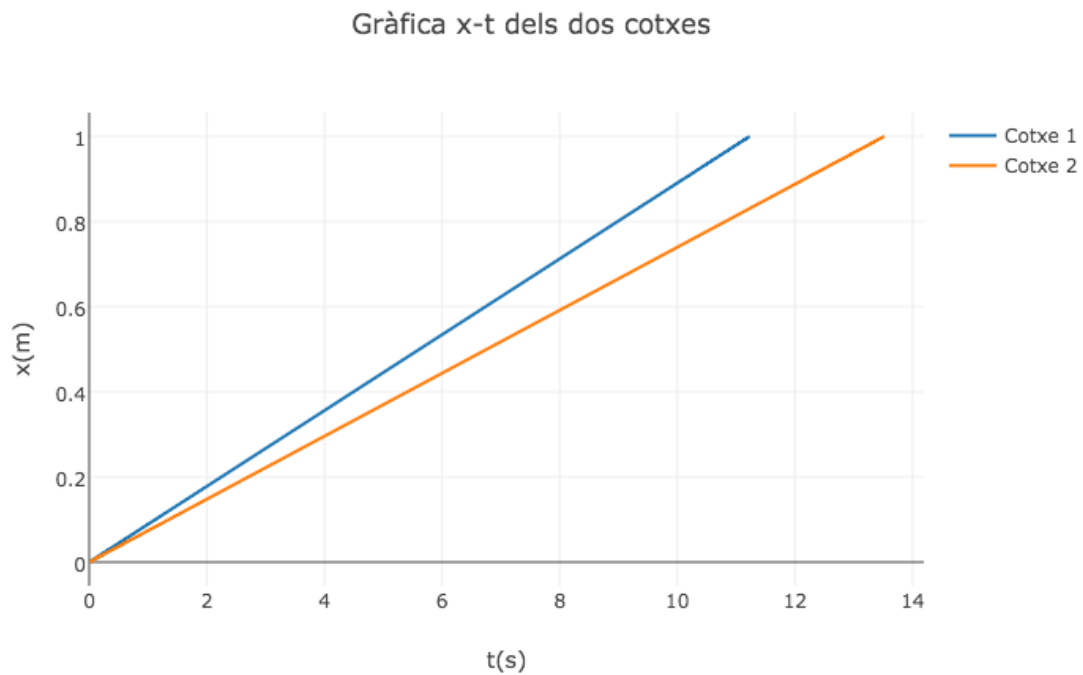


El segon cotxe ja ha recorregut 1m, ha acabat la “cursa”.

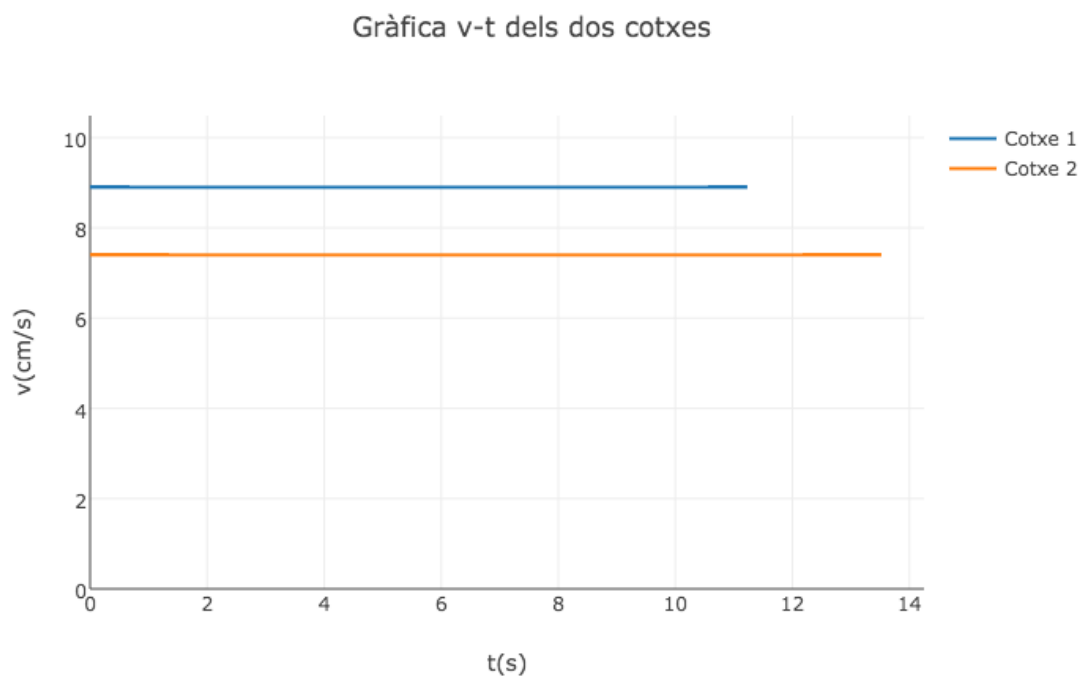
**Resultats (resum)**

	Espai (m)	Temps (s)	Velocitat (m/s) o (cm/s)
Cotxe 1	1 m	11,23 s	0,089 m/s = 8,9 cm/s
Cotxe 2	1 m	13,52 s	0,074 m/s = 7,4 cm/s

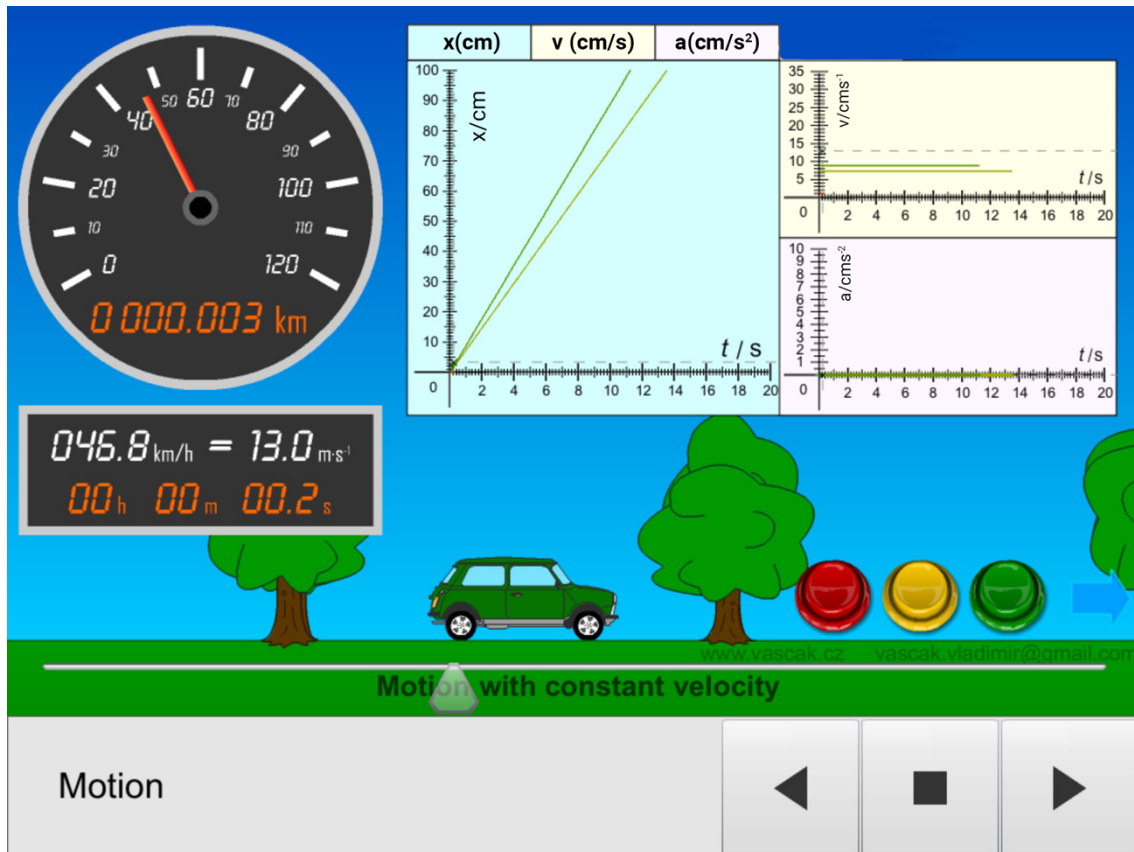
c) Dibuixa les gràfiques x-t i v-t (dues en total, és a dir, els dos cotxes en una sola gràfica). Utilitza l'Excel i l'App.



El cotxe 1 és més ràpid, recorre la mateixa distància en menys temps.



Com viatgen a velocitat constant, la velocitat en la gràfica no canvia i per tant és una línia recta horitzontal.



**Conclusions:**

Aquesta primera part de l'experiment l'hem realitzat amb dos cotxes diferents, però tots dos de corda, i hem pogut comprovar que els dos viatgen a un moviment rectilini uniforme (MRU) i per tant sempre ho fan a velocitat constant. Inicialment, pensàvem que els dos cotxes haurien recorregut la mateixa distància amb el mateix temps i velocitat perquè no acceleraven. No obstant, cadascun té el seu propi mecanisme de funcionament i les petites diferències que hi ha entre ells fa que els nostres resultats experimentals no siguin els mateixos. Aquí també podem veure la importància d'agafar varies mesures per tal que els resultats siguin el més precisos possible.

2. Ara, agafa el cotxe que no té corda i el tires enrere 10 cm (NOMÉS 10cm!) per a que agafi "carrerilla" i es pugui accelerar. Realment, si et fixes bé amb el moviment del cotxe, primer accelera i després frena fins a parar-se. Però farem l'aproximació de que, tal com el deixem anar, surt amb una certa velocitat inicial i comença a frenar amb una  $a=-0,8 \text{ m/s}^2$ .

a) De quin tipus de moviment es tracta? Per què?

Es tracta d'un moviment rectilini uniformement accelerat (MRUA) perquè el cotxe té acceleració constant i uniforme, i la velocitat varia (no és constant).

- b) Torna a tirar el cotxe enrere 10 cm (NOMÉS 10cm!) i deixa'l anar. Mesura quin espai recorre FINS QUE ES PARA i quin temps triga a fer-ho.  
 c) Amb les equacions del moviment i les dades mesurades, calcula la velocitat inicial del cotxe. Indica'n tots els procediments. Apunta els resultats en la taula:

NOTA: Repetiu-ho unes quantes vegades per minimitzar l'error i calcula'n les mitjanes, com a l'exercici anterior.

	Espai (m) (experimental)				Temps (s) (experimental)				Acceleració ( $\text{m/s}^2$ )	Velocitat inicial (m/s)
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	Mitjana ( $\sum x/3$ )	$t_1$	$t_2$	$t_3$	Mitjana ( $\sum t/3$ )		
<b>Cotxe</b>	4,10	2,80	3,40	<b>3,43 m</b>	6,95	4,91	6,25	<b>6,04 s</b>	-0,8 $\text{m/s}^2$	<b>2,98 m/s</b>

-Calculem la Velocitat inicial del cotxe:

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

$$3,43 = v_0 \cdot 6,04 + \frac{1}{2} \cdot (-0,8) \cdot (6,04)^2$$

$$3,43 = v_0 \cdot 6,04 + (-14,59)$$

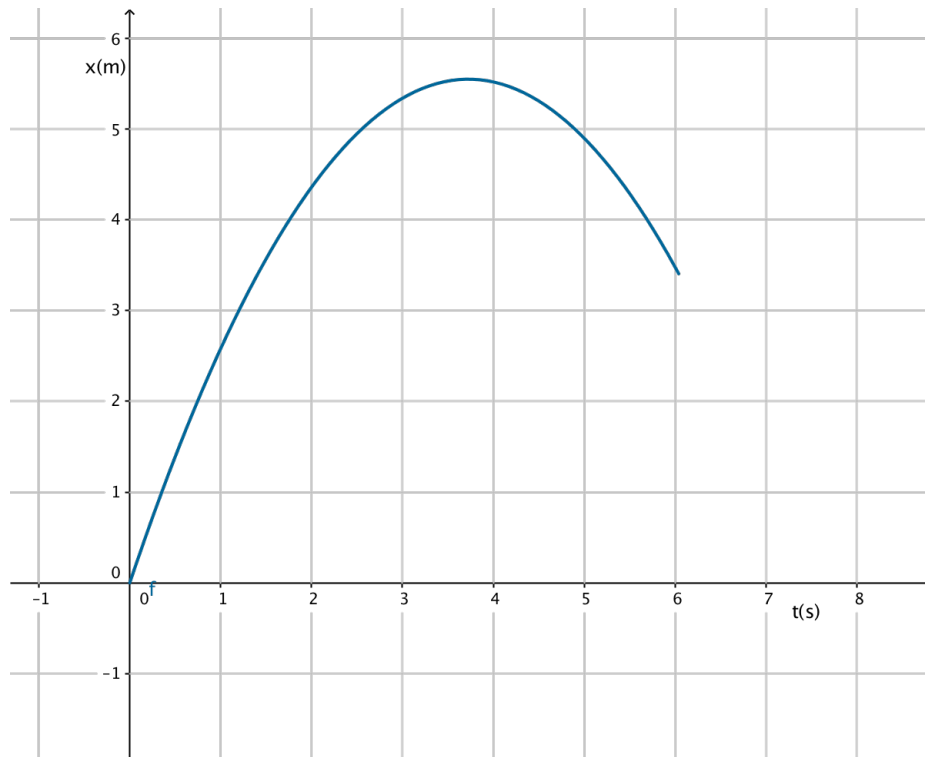
$$3,43 + 14,59 = v_0 \cdot 6,04$$

$$18,02 = v_0 \cdot 6,04$$

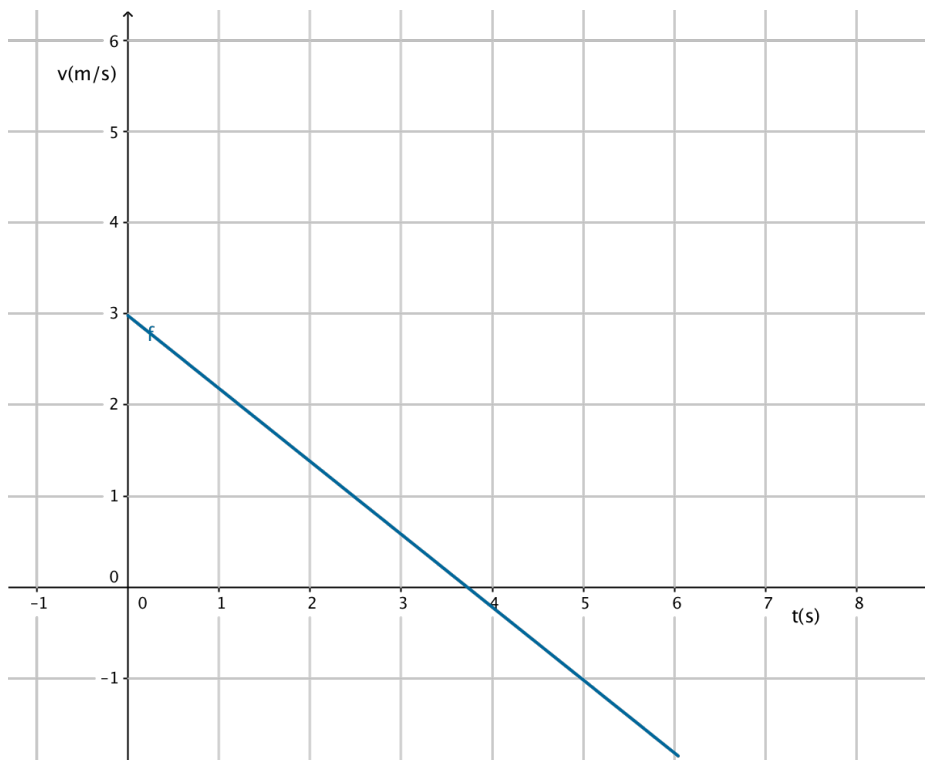
$$v_0 = \frac{18,02}{6,04} = 2,98 \text{ m/s}$$

c) Dibuixa les gràfiques x-t, v-t i a-t. Utilitza l'Excel i l'App.

Gràfica x-t



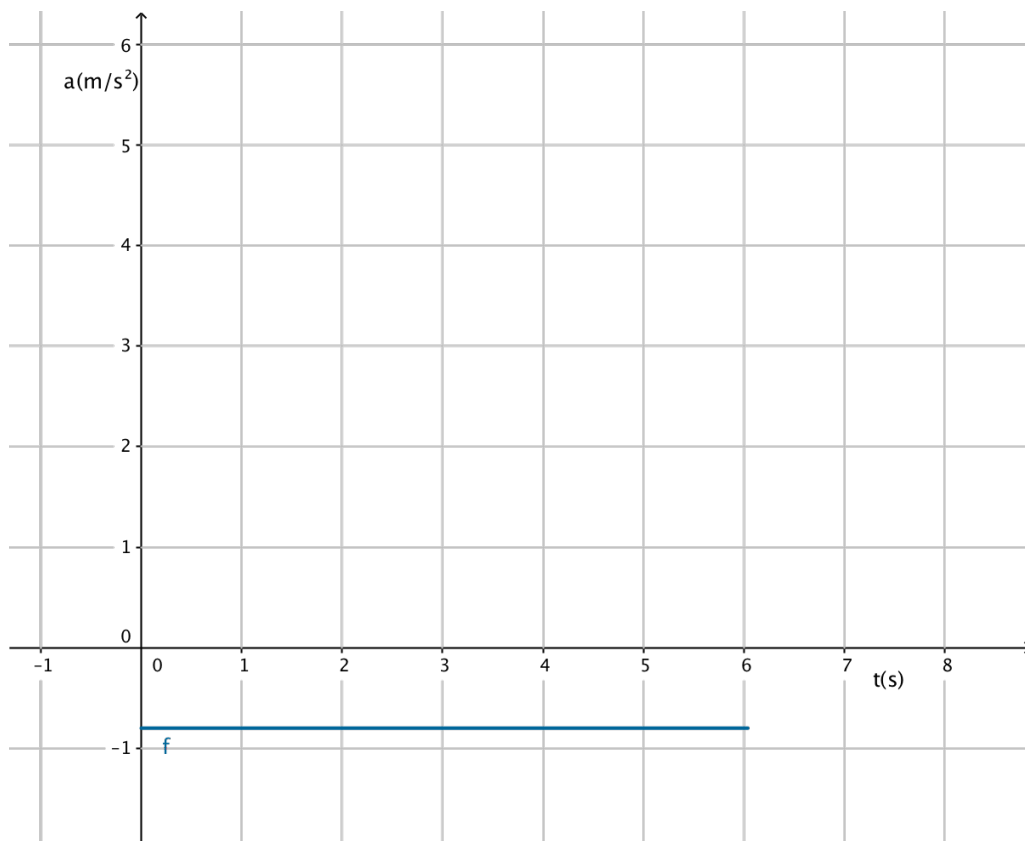
Gràfica v-t



La velocitat no és constant (MRUA), canvia.



Gràfica a-t



L'acceleració és constant

### **Conclusions:**

En aquesta part hem vist un MRUA, i hem pogut aplicar les fórmules apreses a classe per calcular la velocitat inicial del cotxe. L'acceleració ens indicava que no era un MRU, i hem pogut diferenciar els dos tipus de moviments i comparar amb la part anterior on fèiem servir cotxes de velocitat constant, sense acceleració.

**3.** Per acabar, simularem una carrera entre dos cotxes:

a) - Primer, dones corda al cotxe i el deixes anar des d'un punt de sortida.

- Després deixes passar 5 segons i deixes anar el cotxe de "carrerilla" (com abans, primer tirant-lo 10cm enrere)

- Finalment, mesura amb el regle i el cronòmetre, l'espai i el temps on es creuen

Espai (m) on es creuen				Temps (s) on es creuen			
X1	X2	X3	Mitjana ( $\sum X/3$ )	T1	T2	T3	Mitjana ( $\sum T/3$ )
0,61 m	0,57 m	0,59 m	<b>0,59 m</b>	5,88 s	5,68 s	5,70 s	<b>5,75 s</b>

- <https://youtu.be/gKOfwvvM5C0> - vídeo en càmera lenta que mostra el creuament dels cotxes.

b) Ara fes un sistema amb les equacions del moviment de cada cotxe i les dades inicials i demostra que els resultats experimentals s'ajusten als teòrics. (suposa que el cotxe de "carrerilla" té la velocitat inicial que has trobat a l'exercici 3 i una  $a = -0,8m/s^2$ )

$$\text{Cotxe MRU} \rightarrow \Delta x = v \cdot \Delta t \rightarrow \Delta x = 0,089t$$

$$\text{Cotxe MRUA} \rightarrow \Delta x = v_0 \cdot (t - t_0) + \frac{1}{2} \cdot a \cdot (t - t_0)^2 \rightarrow$$

$$\Delta x = 2,98t - 14,9 - 0,4 \cdot (t^2 + 5^2 - 10t) \rightarrow \Delta x = -0,4t^2 + 6,98t - 24,9$$

$$\begin{cases} \Delta x = 0,089t \\ \Delta x = -0,4t^2 + 6,98t - 24,9 \end{cases}$$

$$0,089t = -0,4t^2 + 6,98t - 24,9$$

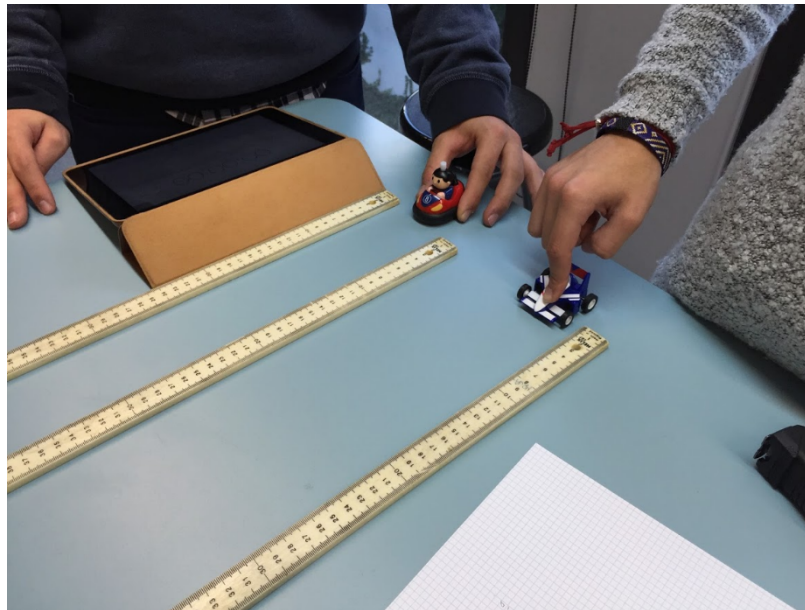
$$0,4t^2 + 0,089t - 6,98t + 24,9 = 0$$

$$0,4t^2 - 6,891t + 24,9 = 0$$

$$t = \frac{6,891 \pm \sqrt{(-6,891)^2 - 4 \cdot 0,4 \cdot 24,9}}{2 \cdot 0,4} = \frac{6,891 \pm \sqrt{7,646}}{0,8}$$

<b>Solució 1:</b>	<b>Solució 2:</b>
$t_1 = \frac{6,891 - \sqrt{7,646}}{0,8} = 5,16s$ $x = 0,089t \rightarrow x_1 = 0,089 \cdot 5,16 = 0,46m$	$t_2 = \frac{6,891 + \sqrt{7,646}}{0,8} = 12,07s$ $x = 0,089t \rightarrow x_2 = 0,089 \cdot 12,07 = 1,07m$ <p>En cas que el cotxe fes un moviment idèntic al MRUA, començaria a tenir una velocitat negativa, i el que acabem de calcular serien les coordenades del següent creuament.</p>

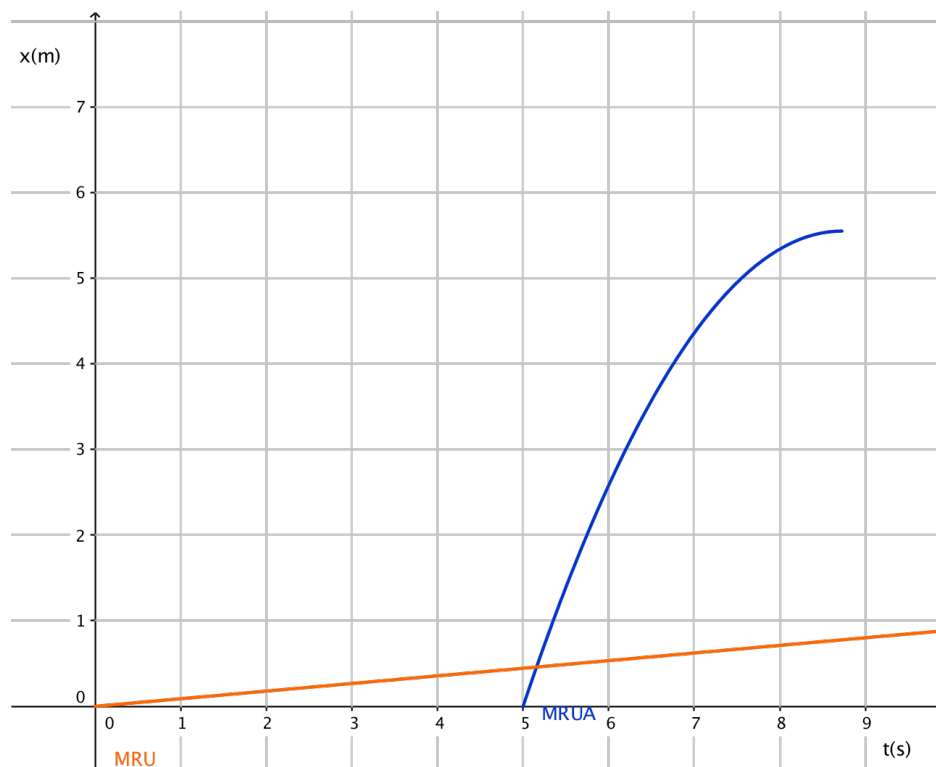
Els resultats experimentals s'apropen als teòrics però hi ha un error inevitable causat pels cotxes que no són gaire precisos i errors experimentals a l'hora de prendre mesures, que per molt petits que siguin poden afectar els resultats.



Instant inicial ( $t=0$ ) de la cursa.

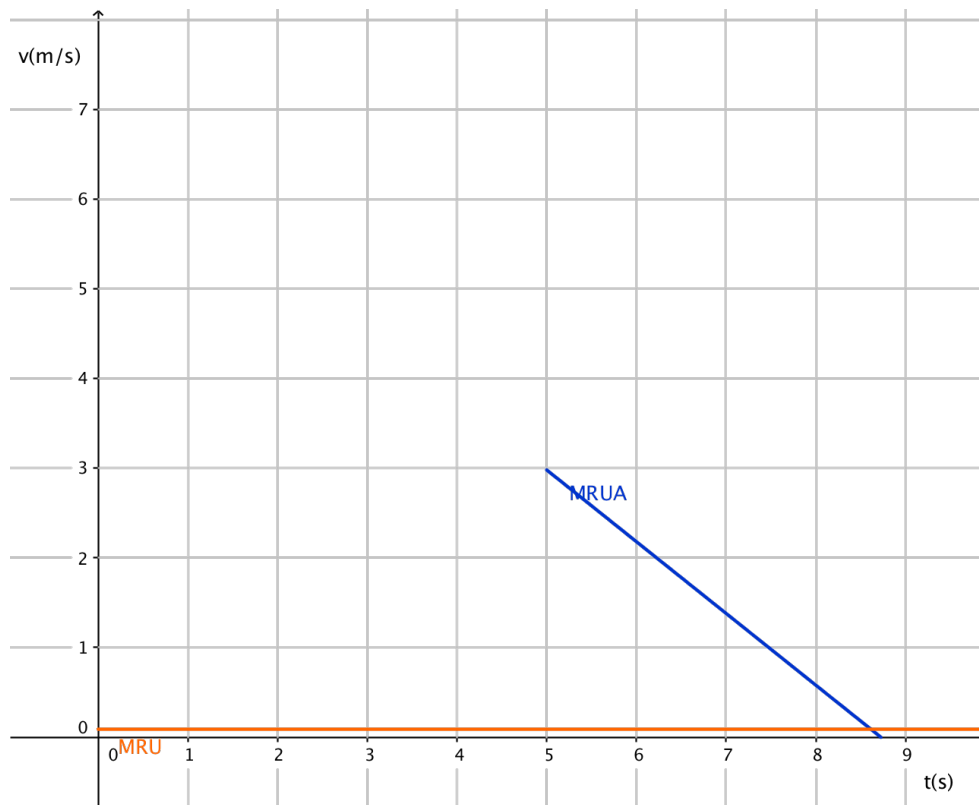
c) Dibuixa tres gràfiques  $x-t$ ,  $v-t$  i  $a-t$  (els dos cotxes junts en cada gràfica). Utilitza l'Excel i l'App.

Gràfica  $x-t$



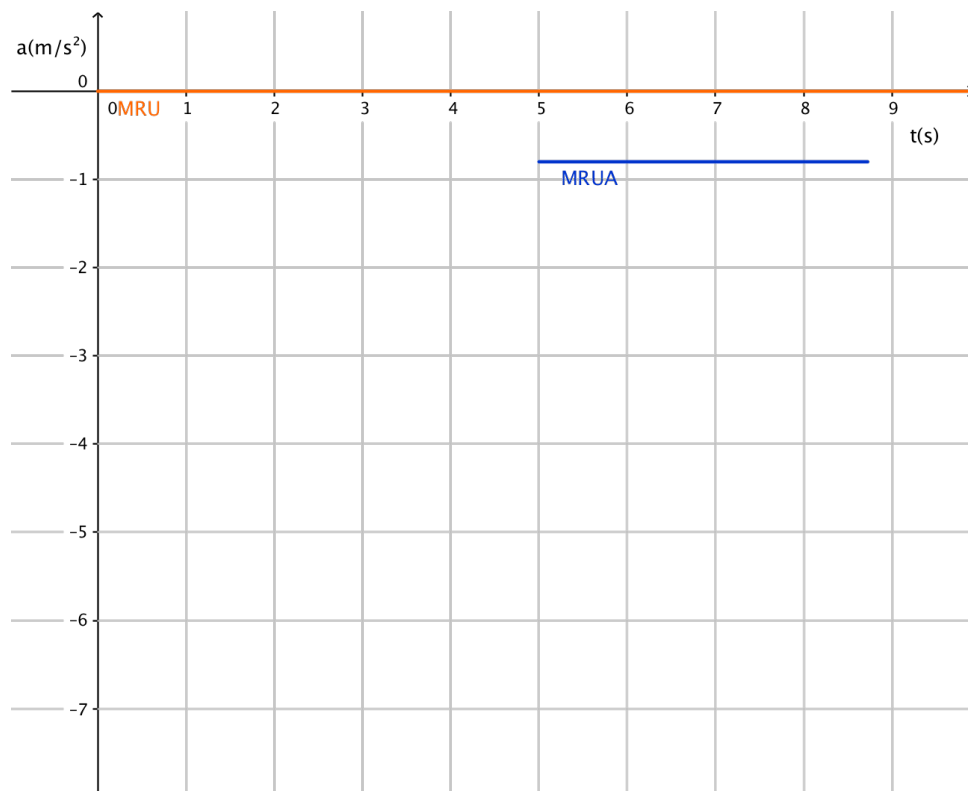
Els cotxes es creuen al punt A, calculat amb el sistema d'equacions. S'apropa al resultat experimental però no és el mateix.

Gràfica v-t

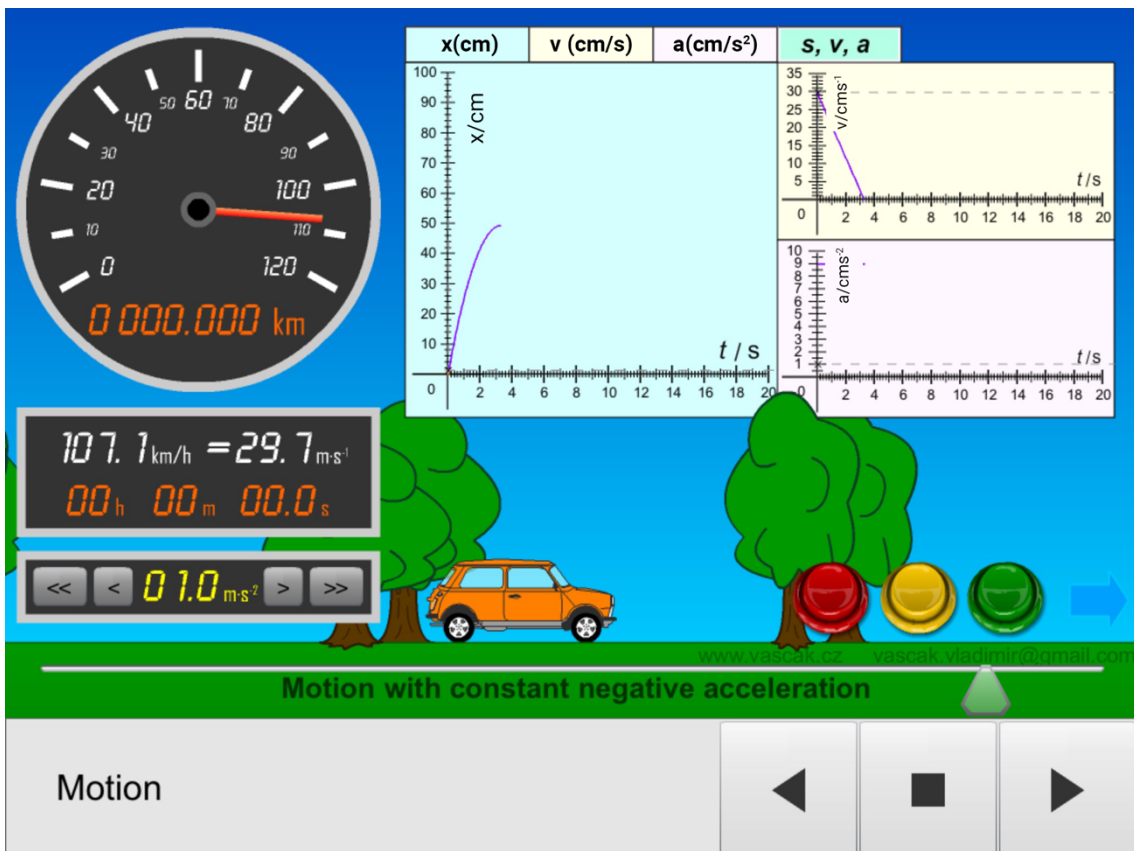
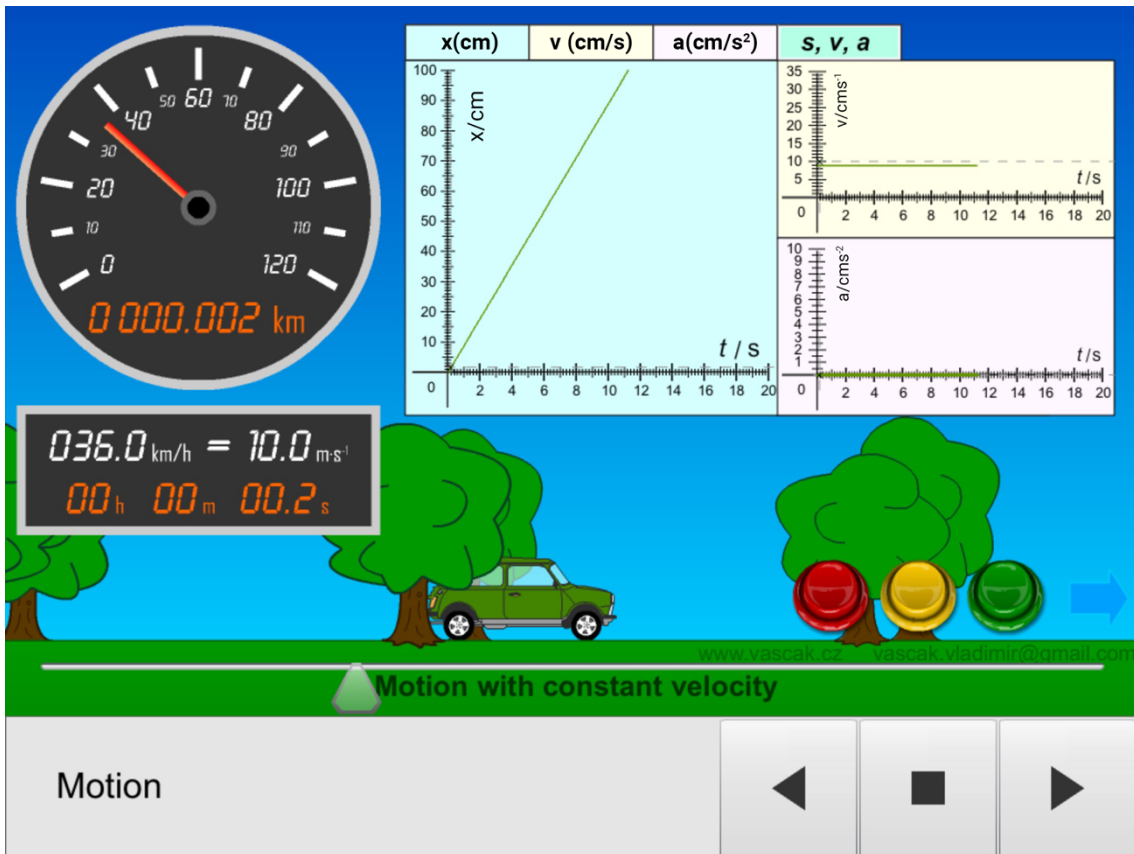


El cotxe de MRU porta velocitat constant i el de MRUA varia la velocitat.

Gràfica a-t



El cotxe de MRU no accelera i l'altre accelera de manera uniforme/constant.



**Conclusions:**

En aquest exercici hem pogut comprovar a quin instant es creuen dos cotxes que tenen moviments diferents (MRU i MRUA) utilitzant tres maneres diferents: utilitzant les equacions de moviment i solucionant un sistema d'equacions, fent-ho experimentalment (és a dir, mesurant el temps i distància) i observant una gràfica.

Desafortunadament els resultats que ens han donat les proves experimentals i el sistema d'equacions són una mica diferents. Això en part és pel fet que el moviment que feia el cotxe de "carrerilla" no era exactament un MRUA normal, ja que primer accelerava i després frenava fins a aturar-se. Per això, el MRUA ens descrivia el moviment aproximat d'aquell cotxe. A més a més, l'acceleració aproximada de  $-0,8 \frac{m}{s^2}$  canviava depenent del cotxe que tenia cada grup, així que estem bastant segurs que les dues aproximacions han sigut el motiu principal pel que hi hagi un error. Els cotxes no són gaire precisos.

## Extra

Mentre calculàvem la velocitat inicial i en especial quan vam dibuixar la gràfica  $x(t)$  del cotxe de carreres (el que té l'aleró i fa MRUA) ens vam adonar que l'equació  $x(t)$  que vam calcular per a fer la gràfica no descriu correctament el moviment del cotxe. Això és perquè la gràfica mostra que el cotxe avança i després torna cap enrere, quan en realitat el nostre cotxe només va avançar.

Per explicar això, i després de rumiar-ho molt, vam arribar a la conclusió que l'acceleració de  $-0,8 \text{ m/s}^2$  no s'ajusta al correctament al moviment del nostre cotxe, i subsegüentment tampoc la velocitat inicial ja que la vam calcular a partir de l'equació del moviment utilitzant aquesta acceleració errònia.

Llavors, per a poder trobar una equació que descrigui d'una manera més precisa el moviment del cotxe de carreres, utilitzarem única i exclusivament les equacions del MRUA i les dades experimentals que vàrem recollir, tal com mostrem aquí sota:

### Equacions MRUA

$$x(t) = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v(t) = v_0 + a t$$

$$a(t) = a$$

### Dades

$$x(0) = 0$$

$$x(6,04) = 3,43$$

$$v(0) = v_0$$

$$v(6,04) = 0$$

### Dedució

$$v_0 \cdot 6,04 + \frac{(6,04)^2}{2} \cdot a = 3,43$$

$$v_0 + 6,04 \cdot a = 0$$

$$\begin{cases} v_0 \cdot 6,04 + \frac{(6,04)^2}{2} \cdot a = 3,43 \\ v_0 + 6,04 \cdot a = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 6,04 \cdot v_0 + \frac{(6,04)^2}{2} \cdot a = 3,43 \\ -6,04 \cdot v_0 - (6,04)^2 \cdot a = 0 \end{cases}$$

$$\frac{(6,04)^2}{2} \cdot a - (6,04)^2 \cdot a = 3,43$$

$$-\frac{(6,04)^2}{2} \cdot a = 3,43$$

$$a = \frac{-3,43 \cdot 2}{(6,04)^2} = \frac{-6,86}{36,4816} = -0,188039 \bar{m}/s^2$$

$$-6,04v_0 - (6,04)^2 \cdot a = 0$$

$$-6,04v_0 - \frac{(6,04)^2 \cdot (-3,43) \cdot 2}{(6,04)^2} = 0$$

$$-6,04v_0 - (-3,43) \cdot 2 = 0$$

$$-6,04v_0 + 6,86 = 0$$

$$6,04v_0 = 6,86$$

$$v_0 = \frac{6,86}{6,04} = 1,13576 \bar{m}/s$$

### Equacions finals del MRUA

Substituint el valor numèric de les variables que hem trobat:

$$x(t) = 1,13576t - 0,0940195t^2$$

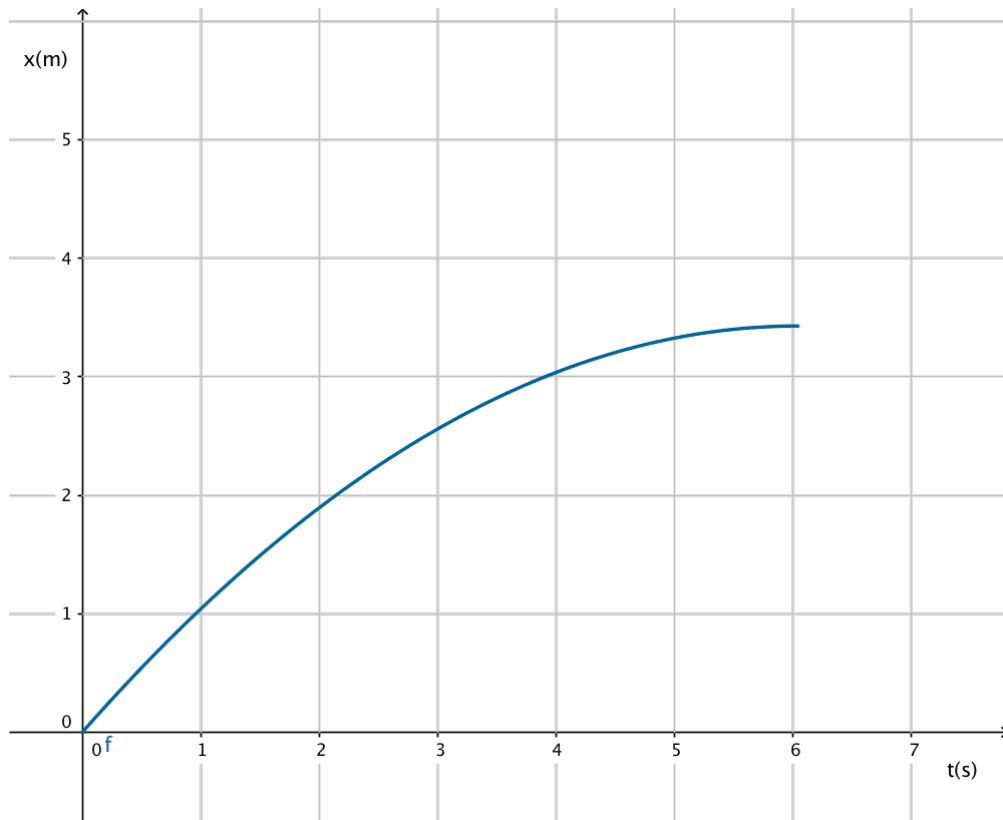
$$v(t) = 1,13576 - 0,188039t$$

$$a(t) = -0,188039$$

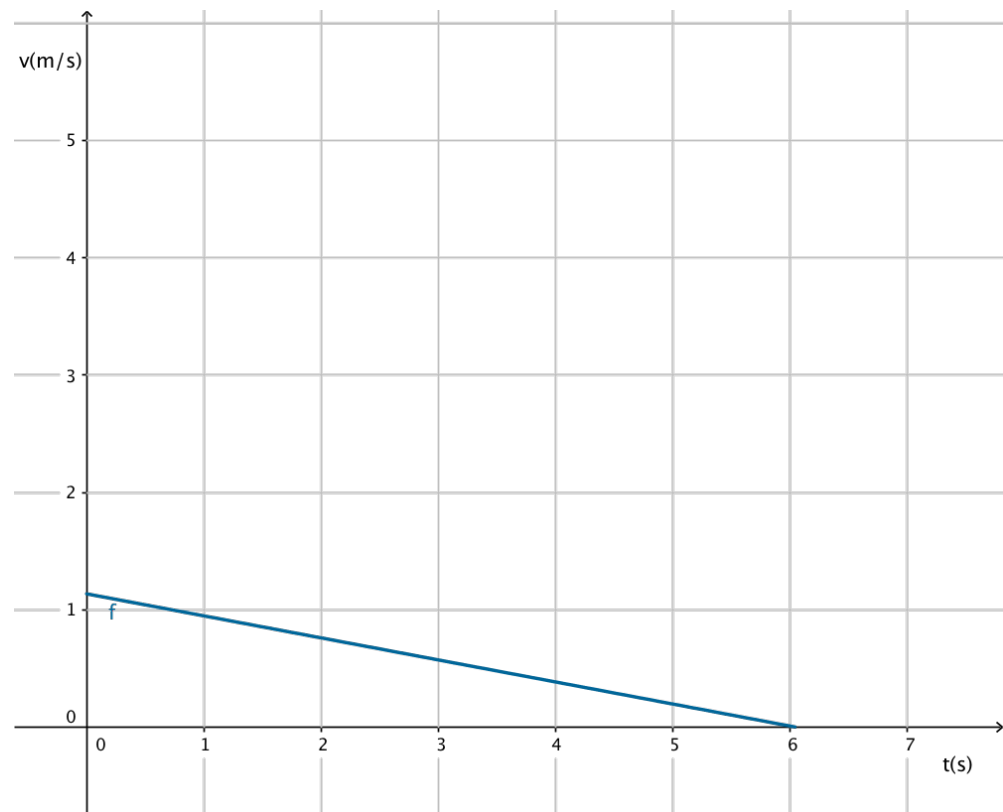


## Gràfiques de les equacions finals del MRUA

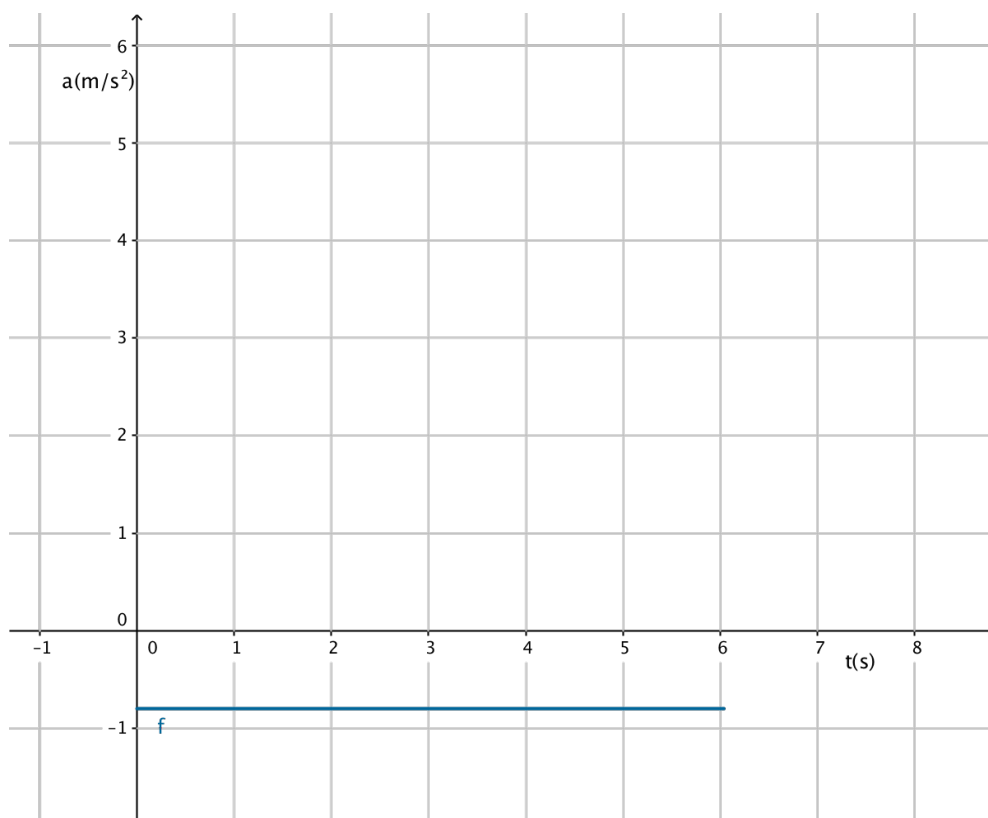
Gràfica x-t



Gràfica v-t



Gràfica a-t



## Cursa de cotxes (MRUA vs. MRU)

Ara que tenim una millor definició del moviment que realitza el cotxe del MRUA, provarem de tornar a buscar el punt en el que els dos cotxes es creuen:

### Dedució

$$\text{Cotxe MRU} \rightarrow \Delta x = v \cdot \Delta t \rightarrow \Delta x = 0,089 \cdot t$$

$$\text{Cotxe MRUA} \rightarrow \Delta x = v_0 \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2 \rightarrow \Delta x = 1,13576(t - 5) - 0,0940195(t - 5)^2$$

$$\Delta x = -0,0940195t^2 + 2,075955t - 8,0292875$$

$$\begin{cases} \Delta x = 0,089 \cdot t \\ \Delta x = -0,0940195t^2 + 2,075955t - 8,0292875 \end{cases}$$

$$0,089 \cdot t = -0,0940195t^2 + 2,075955t - 8,0292875$$

$$-0,0940195t^2 + 1,986955t - 8,0292875 = 0$$

$$t = \frac{-1,986955 \pm \sqrt{(1,986955)^2 - 4 \cdot (0,0940195) \cdot (8,0292875)}}{2 \cdot (-0,0940195)}$$

$$t = \frac{-1,986955 \pm \sqrt{3,948 - 3,01964}}{-0,188039}$$

$$t = \frac{-1,986955 \pm \sqrt{0,92836}}{-0,188039}$$

$$t_1 = \frac{-1,986955 + \sqrt{0,92836}}{-0,188039} = 5,44s$$

$$t_2 = \frac{-1,986955 - \sqrt{0,92836}}{-0,188039} = 15,69s$$

$$\Delta x = 0,089t \implies \Delta x = 0,089 \cdot 5,44 = 0,48m$$

### Conclusió

Els cotxes coincideixen en  $x=0,48$  m i  $t=5,44$  s. Aquests càlculs donen uns resultats més semblants als que hem obtingut en la pràctica.