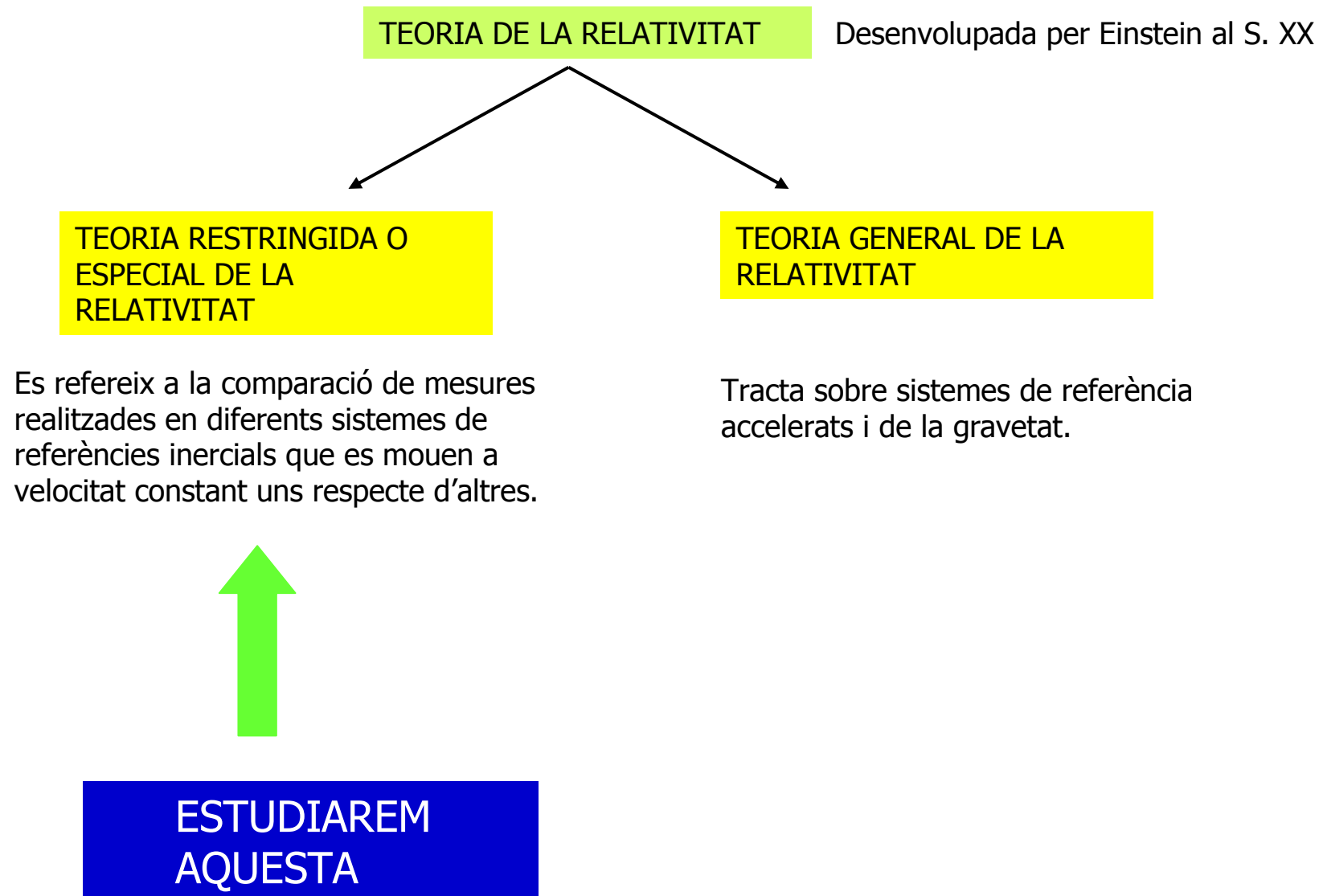
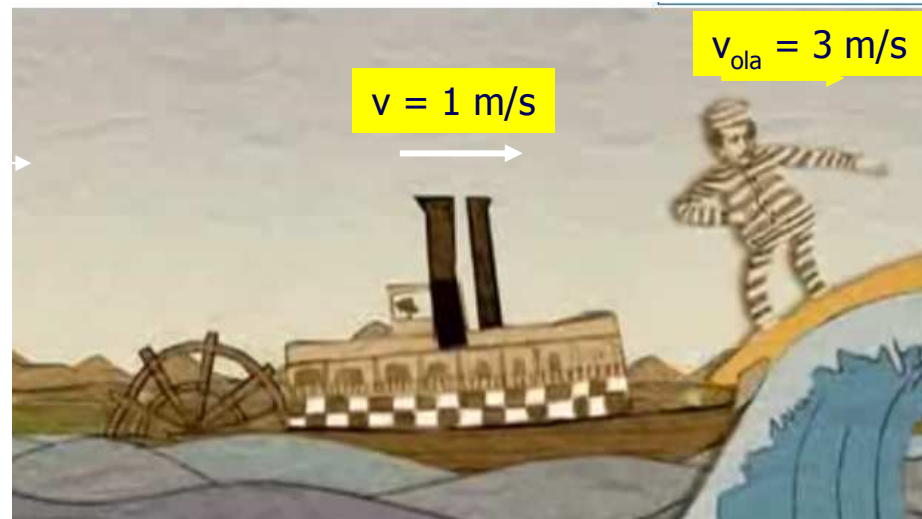


## 9.9. Teoria de la relativitat restringida



## Segons la física clàssica

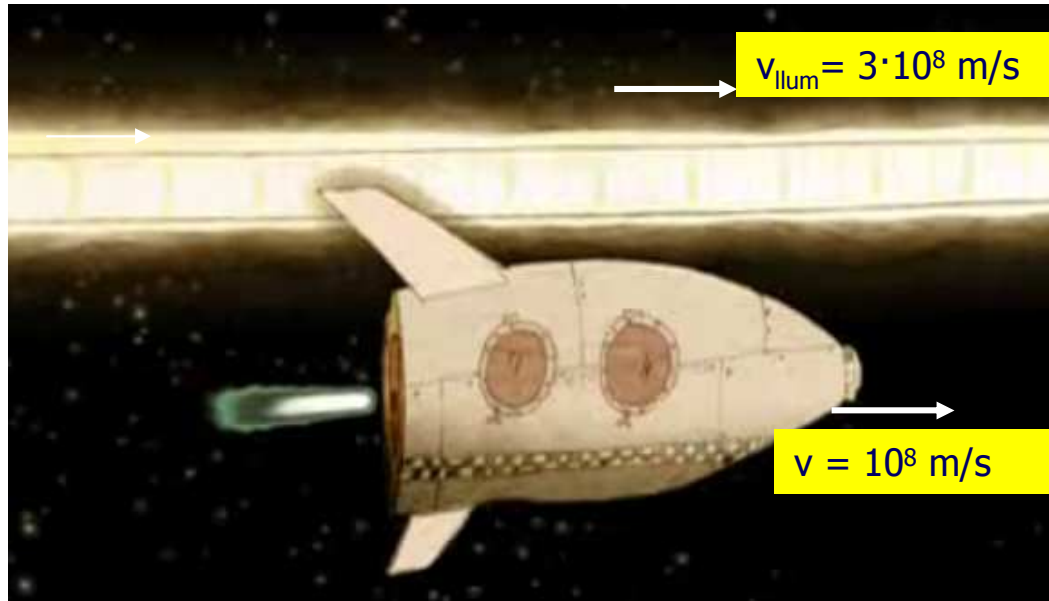


- Un observador que estigui quiet en la vora del mar, veure l'ola moure's cap a la dreta a  $3 \text{ m/s}$
- En canvi, si agafem com a sistema de referència el vaixell que s'està movent a  $1 \text{ m/s}$ , respecte el vaixell l'ola s'està movent cap a la dreta a  $2 \text{ m/s}$ .

PER TANT OBSERVEM QUE LA VELOCITAT DE L'OLA DEPÈN DELS SISTEMA DE REFERÈNCIA ESCOLLIT.

- Si el vaixell augmenta la seva velocitat, podrà agafar a l'ola.

## Si això ho assimilem a cohet volant en el buit (vaixell) i llum (ola)



### Exemple inventat

- el cohet no veu la llum movent-se a  $2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , sinó que a  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , i fins i tot si el cohet va més ràpid encara, la llum continuarà movent-se a  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

PER TANT OBSERVEM QUE LA VELOCITAT DE LA LLUM ÉS UNA CONSTANC I NO DEPÈN DE LA VELOCITAT DE L'OBSERVADOR (és a dir, del sistema de referència escollit)

- Per molt ràpid que hi vagi el cohet, mai podrà sobrepassar la velocitat de la llum.

PER TANT LA VELOCITAT DE LA LLUM ÉS UNA VELOCITAT LÍMIT, RES POT VIATJAR MÉS RÀPID QUE LA LLUM.

Això no s'explica per la física clàssica i Einstein desenvolupa la teoria especial de la relativitat.

## FÍSICA RELATIVISTA

**aplicable només quan ens movem a velocitats properes a la de la llum.**

**Primer postulat.** Les lleis de la física es verifiquen de manera idèntica en tots els sistemes inercials.

**Segon postulat.** La velocitat de la llum és una constant,  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, independentment de la velocitat de l'observador.



## Conseqüències:

- Dilatació del temps (el temps NO és absolut, la seva mesura depèn dels sistema de referència escollit)

- Contracció de l'espai

- La massa és variable, la massa d'un cos augmenta quan aquest es mou.

**Això ens dona la idea de que la massa i l'energia són intercanviables.**

## FÍSICA CLÀSSICA

- El temps és absolut
- La massa és invariable
- La velocitat d'un objecte depèn de la velocitat de l'observador

$$E = m \cdot c^2$$

$$c = \frac{\text{espai}}{\text{temps}}$$



Si la velocitat és manté constant, aleshores el que ha de canviar és l'espai i el temps; ÉS A DIR, L'ASPECTE D'UN OBJECTE I LA MARXA D'UN RELLOTGE DEPEN DE LA VELOCITAT DE L'OBSERVADOR RESPECTE A ELLS.

- La dilatació del temps (si m'apropo a un rellotge a una velocitat propera a la de la llum, veure que el temps es dilata s'allarga).
- Contracció de l'espai (si ens movem molt depressa, a velocitats properes a la llum per aquesta habitació, veuríem l'habitació més petita).

CONTE LA PARADOXA DELS BESSONS.

- Dos germans bessons, un dels germans viatja a l'espai durant cinc anys a gran velocitat, quan torna, el germà que s'ha quedat té 16 anys.

$$E = m \cdot c^2$$

Un objecte malgrat estigui en repòs té una ENORME ENERGIA, el valor de la qual és la seva massa multiplicada per la velocitat de la llum al quadrat.

La massa d'un cos no és constant, sinó que es variable, Einstein va demostrar que la massa d'un cos augmenta quan aquest es mou a una velocitat  $v$ .

$$m = \frac{m_0 \rightarrow \text{massa en repòs}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Aquesta fórmula demostra que un objecte no pot anar a la velocitat de la llum, ja que la massa valdria infinit i l'energia seria infinita.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 1}} = \frac{m_0}{0} = \text{infinit}$$

Energia en repòs d'un cos:

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

Energia d'un cos en moviment:

$$E = m \cdot c^2$$

$$m = \frac{m_0 \rightarrow \text{massa en repòs}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Energia cinètica relativista d'un cos:  $E_c = E - E_0$

**Exercici 1.** En un ciclotró s'accelera un electró fins a una velocitat de 0,9 c. Sabent que la massa en repòs de l'electró és de  $9,11 \cdot 10^{-31}$  kg, calculeu:

a) La massa de l'electró a aquesta velocitat.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}{\sqrt{1 - \frac{(0,9c)^2}{c^2}}} = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}{\sqrt{1 - (0,9)^2}} = 2,09 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

b) l'energia total de l'electró  $E = m \cdot c^2 = 2,09 \cdot 10^{-30} \text{ kg} (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 1,88 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

c) l'energia de l'electró en repòs  $E_0 = m_0 \cdot c^2 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 8,20 \cdot 10^{-14} \text{ J}$

d) La seva energia cinètica  $E_c = E - E_0 = 1,88 \cdot 10^{-13} \text{ J} - 8,20 \cdot 10^{-14} \text{ J} = 1,06 \cdot 10^{-13} \text{ J}$