

# Descobrim l'Univers

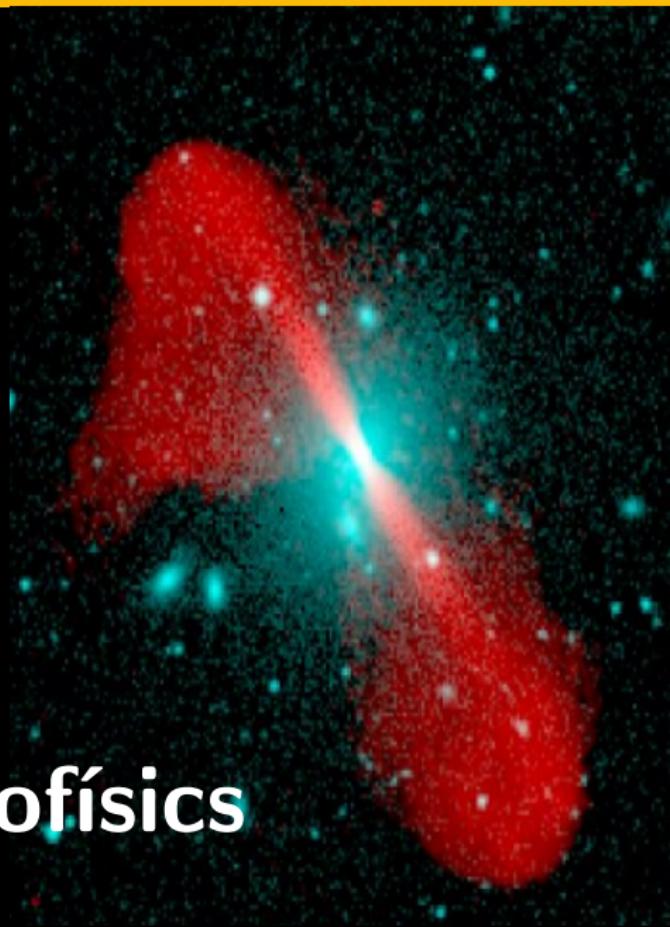
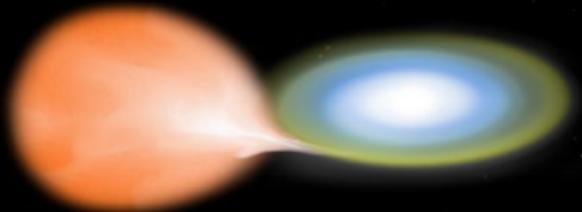
Cristina España i Bonet

Tertúlies de literatura científica

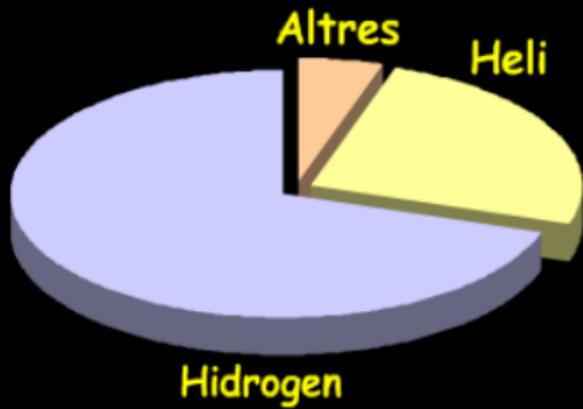
25 d'octubre de 2011



**La gran explosió**

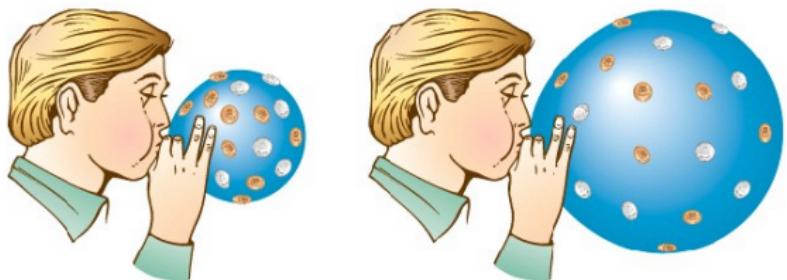
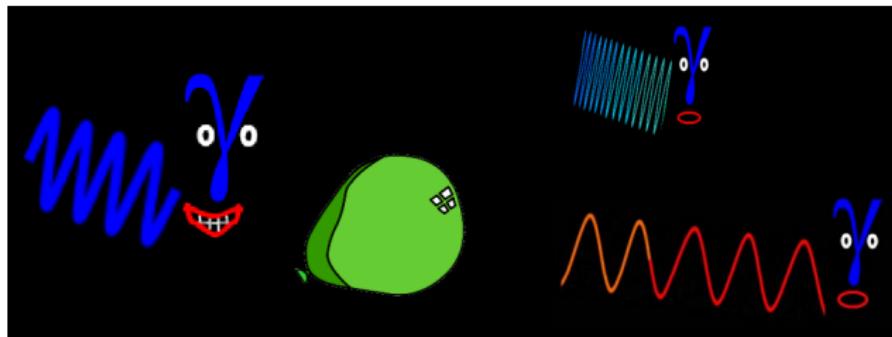


# Objectes astrofísics



Quant passa en...





L'Univers s'expansiona



# Expansió, dimensions, galàxies i formigues

# Expansió, dimensions, galàxies i formigues

Tot comença amb

**el punt**

# Expansió, dimensions, galàxies i formigues

Tot comença amb



**el punt**

## Una dimensió, 1D

Repetim el **punt** i tenim



la línia

## Una dimensió, 1D

Repetim el **punt** i tenim

-

**la línia**

## Una dimensió, 1D

Repetim el **punt** i tenim

-

la línia

## Una dimensió, 1D

Repetim el **punt** i tenim



la línia

## Una dimensió, 1D

Repetim el **punt** i tenim



la línia

# Univers 1D, l'univers corda



La formiga pot anar **davant i darrera**.

# Univers 1D, l'univers corda



La formiga pot anar **davant** i **darrera**.

# Univers 1D, l'univers corda



La formiga pot anar **davant i darrera**.

# Univers 1D, l'univers corda



La formiga pot anar **davant i darrera**.

# Univers 1D, l'univers corda



La formiga pot anar **davant** i **darrera**.

Però... pot girar **dreta** i **esquerra**?

Pot saltar **amunt** i **avall**?

# Univers 1D, l'univers corda



La formiga pot anar **davant i darrera**.

Però... pot girar **dreta i esquerra**?

Pot saltar **amunt i avall**?

**NO!**

# Univers 1D, l'univers corda



Canvia alguna cosa ara?

## Univers 1D, l'univers corda



Canvia alguna cosa ara?

**NO!**

La formiga segueix en **una dimensió!**

# Univers 1D, l'univers corda



Què veu l'última formiga?

# Univers 1D, l'univers corda



Què veu l'última formiga?



# Univers 1D, l'univers corda



Què veu l'última formiga?



Pot veure com de **lluny** està la primera?

Pot saber que hi és?

# Univers 1D, l'univers corda en expansió!

Tenim tot un **univers**...



# Univers 1D, l'univers corda en expansió!

Tenim tot un **univers**... en expansió:



# Univers 1D, l'univers corda en expansió!

Tenim tot un **univers**... en expansió:



Què vol dir?

La corda s'estira.

# Univers 1D, l'univers corda en expansió!



Les galàxies, fixes a la corda, es mouen  
perque la corda s'estira.

Com més lluny estan, més se separen.

# Univers 1D, l'univers corda en expansió!



Les galàxies, fixes a la corda, es mouen  
perque la corda s'estira.

Com més lluny estan, més se separen.

# Univers 1D, l'univers corda en expansió!

Es mouen. A quina **velocitat**?

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

$$120 \text{ Km/h} = \frac{120 \text{ metres}}{1 \text{ hora}}$$

# Univers 1D, l'univers corda en expansió!

Es mouen. A quina **velocitat**?

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

$$120 \text{ Km/h} = \frac{120 \text{ metres}}{1 \text{ hora}}$$

# Univers 1D, l'univers corda en expansió!

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

velocitat



# Univers 1D, l'univers corda en expansió!

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

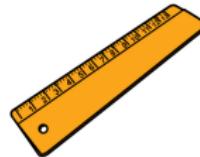
temps 1



temps 2

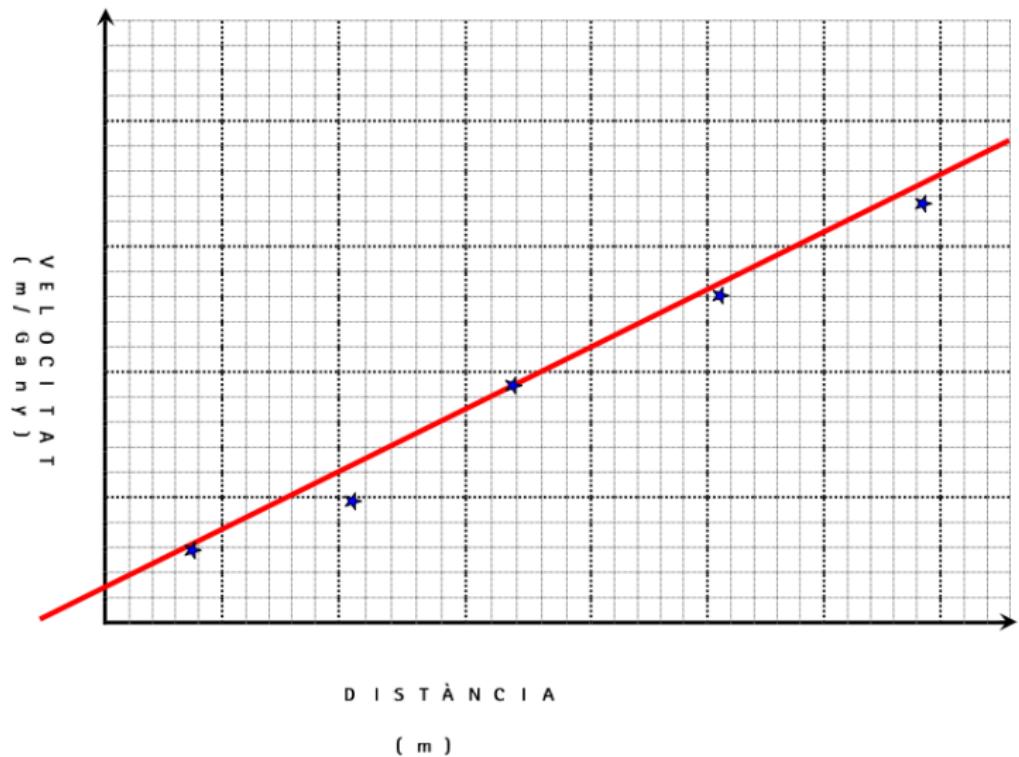


velocitat



distància

# Univers 1D, l'univers corda en expansió!



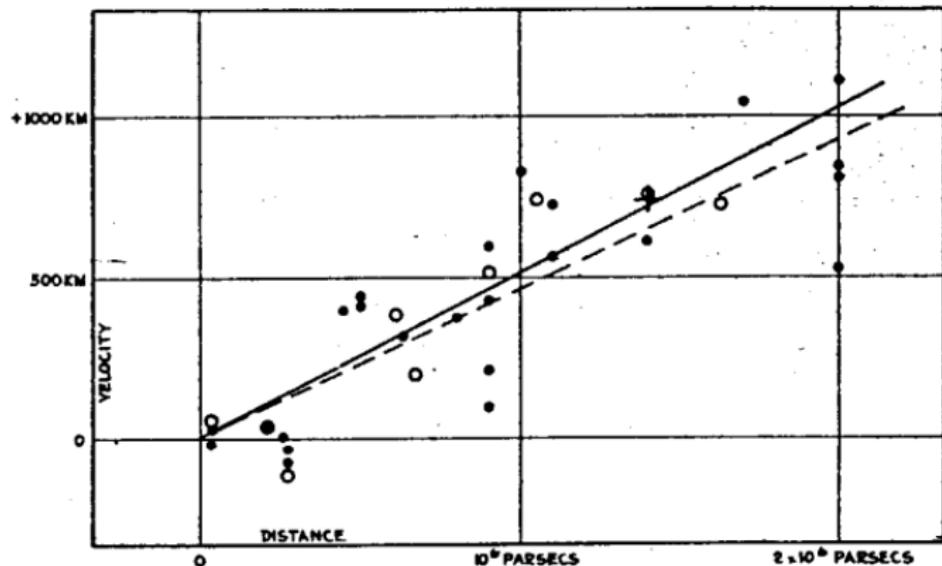
# Univers 1D, l'univers corda en expansió!

Però això calia **descobrir**-ho!

Ningú pensava que l'Univers  
podia estar en expansió,

fins que...

# Univers 1D, l'univers corda en expansió!



Llei de Hubble

# Univers 1D, l'univers corda en expansió!



## Llei de Hubble (1929)

L'Univers ha d'estar  
en **expansió**

Si està en expansió  
hi va haver **Big Bang**

# Univers 1D, l'univers corda en expansió!



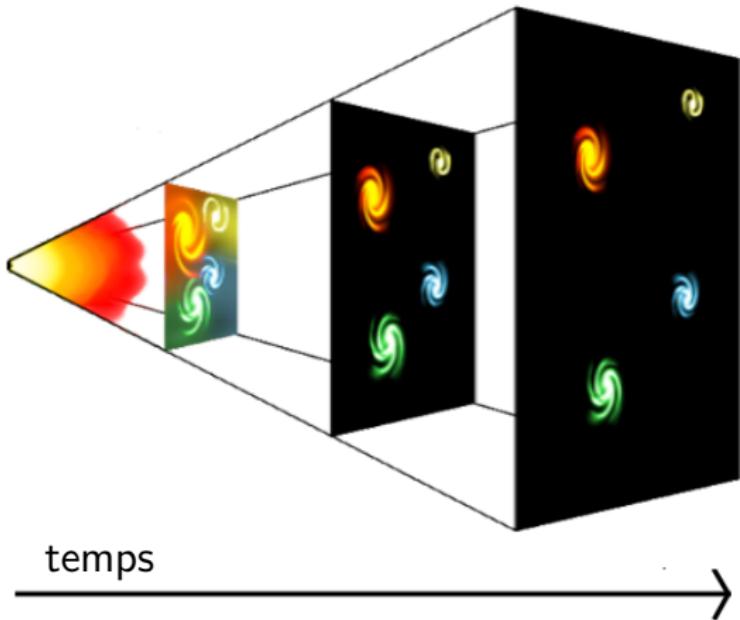
## Llei de Hubble (1929)

L'Univers ha d'estar  
en **expansió**

Si està en expansió  
hi va haver **Big Bang**

# Univers 1D, l'univers corda en expansió!

**Big Bang**



Si està en expansió hi va haver Big Bang

## Dos dimensions, 2D

Aquest exemple ja no era una corda (1D).

I és que el que hem vist és cert amb més dimensions...

Veiem **2D!**

**Recordem: anàvem de 0D a 1D**

Repetim el **punt** i tenim



**la línia**

## Recordem: anàvem de 0D a 1D

Repetim el **punt** i tenim

-

la línia

## Recordem: anàvem de 0D a 1D

Repetim el **punt** i tenim

-

**la línia**

**Recordem: anàvem de 0D a 1D**

Repetim el **punt** i tenim



**la línia**

**Recordem: anàvem de 0D a 1D**

Repetim el **punt** i tenim



**la línia**

## Ampliem a la segona dimensió

Repetim la **línia** i tenim

---

el **pla**

## Ampliem a la segona dimensió

Repetim la línia i tenim



el pla

## Ampliem a la segona dimensió

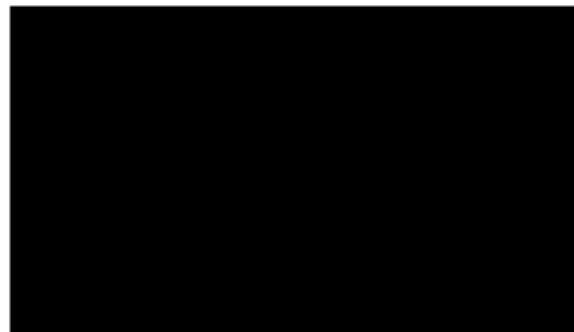
Repetim la línia i tenim



el pla

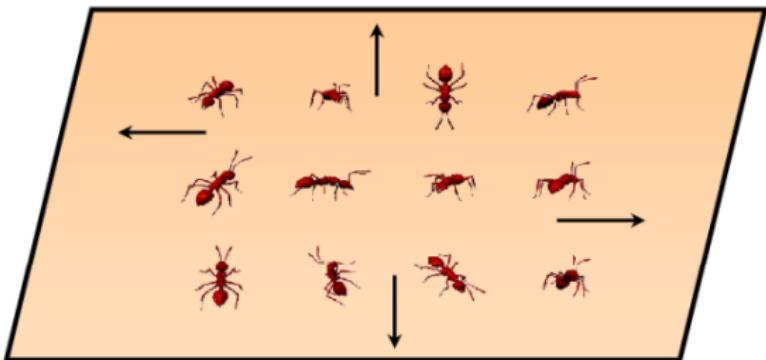
## Ampliem a la segona dimensió

Repetim la línia i tenim



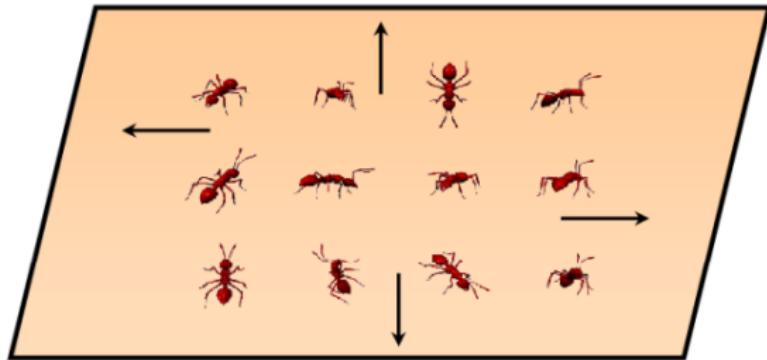
el pla

# Univers 2D, l'univers globus



Ara, les formigues poden anar  
**davant i darrera, dreta i esquerra.**

# Univers 2D, l'univers globus



Ara, les formigues poden anar  
**davant i darrera, dreta i esquerra.**

Però... pot saltar **amunt i avall?** Encara **NO!**

# Univers 2D, l'univers globus



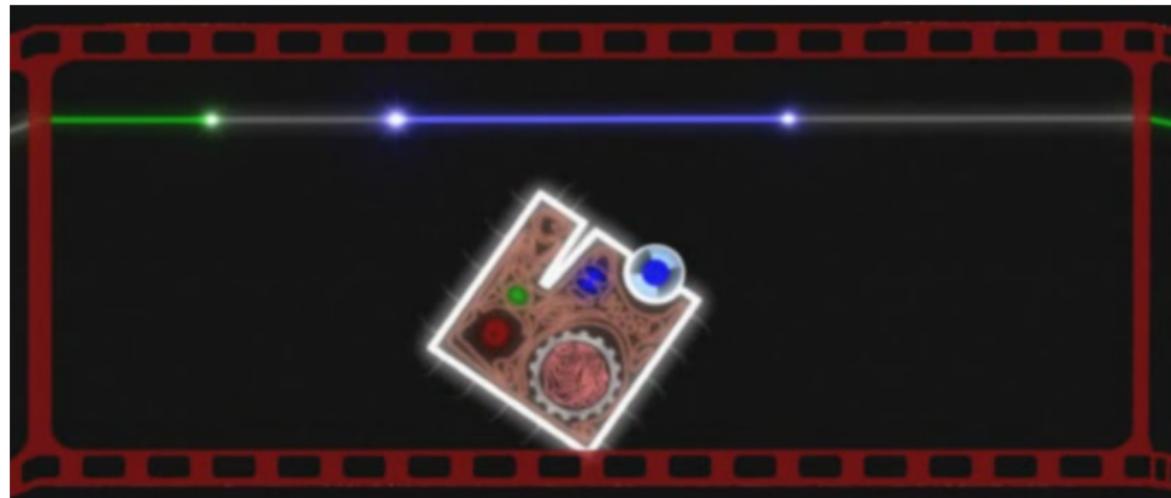
Coneguem uns **éssers 2D**

# Univers 2D, l'univers globus



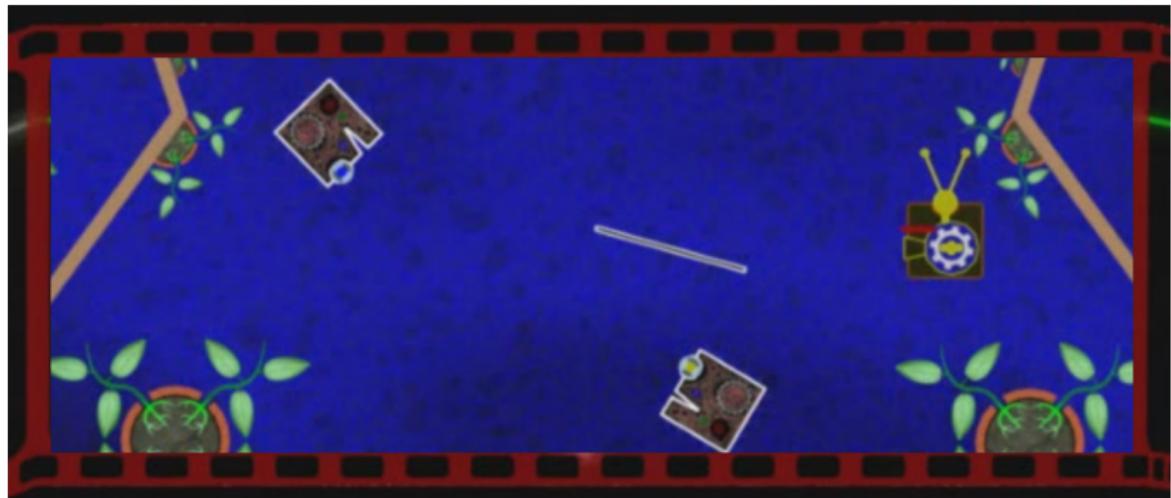
Coneguem uns éssers 2D

## Univers 2D, l'univers globus



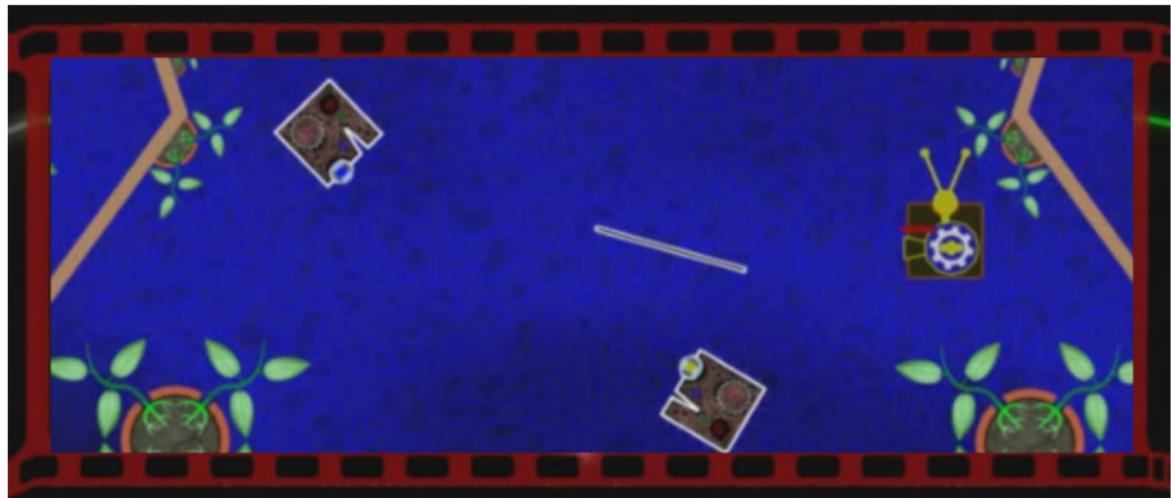
Com veu un ésser 2D l'univers 1D?

# Univers 2D, l'univers globus



Com es veuen entre ells els éssers 2D?

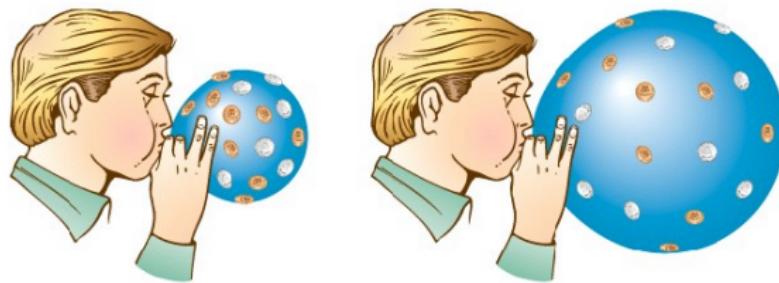
# Univers 2D, l'univers globus



Com veu un ésser 3D un ésser 2D?

# Univers 2D, l'univers globus en expansió!

Un **univers** globus... en expansió:

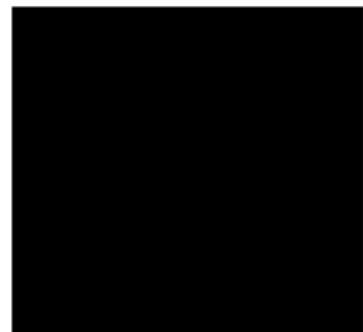


Què vol dir?

El globus s'**estira** (no l'aire de dins!).

## Ampliem a la tercera dimensió

Repetim el **pla** i tenim



l'espai

## Ampliem a la tercera dimensió

Repetim el **pla** i tenim



l'espai

## Ampliem a la tercera dimensió

Repetim el **pla** i tenim



l'espai

## Ampliem a la tercera dimensió

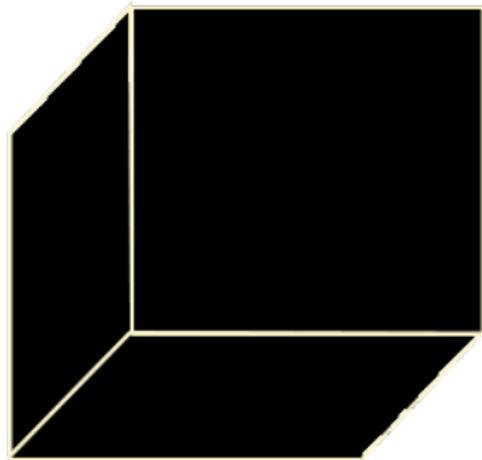
Repetim el **pla** i tenim



l'espai

## Ampliem a la tercera dimensió

Repetim el **pla** i tenim



l'espai

# Univers 3D, l'univers... Univers!

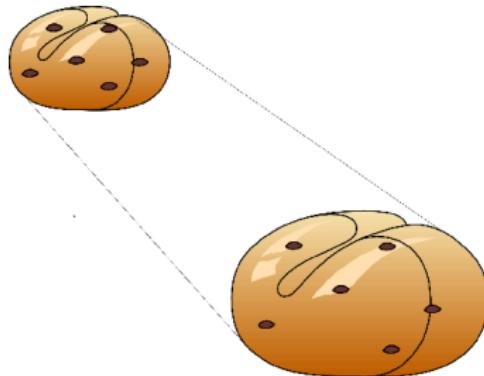


Ja sabeu què passa en 3D!

Les formigues poden anar  
**davant i darrera, dreta i esquerra, amunt i avall.**

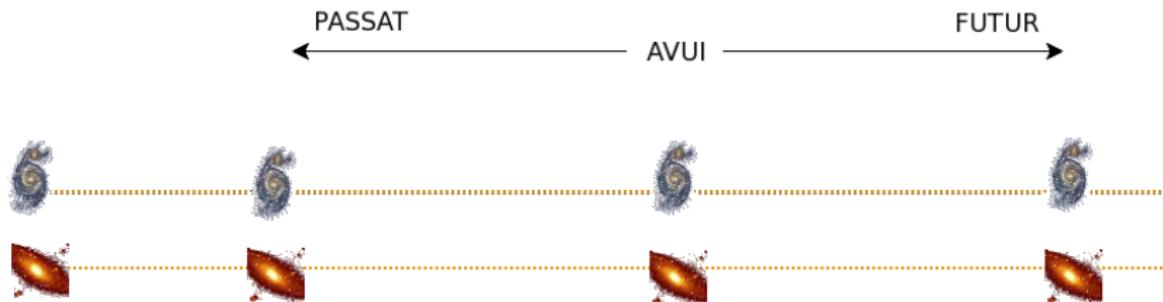
# L'Univers en expansió!

En **1D** s'estira la corda,  
en **2D** s'infla el globus,  
**en 3D** creix el pa.



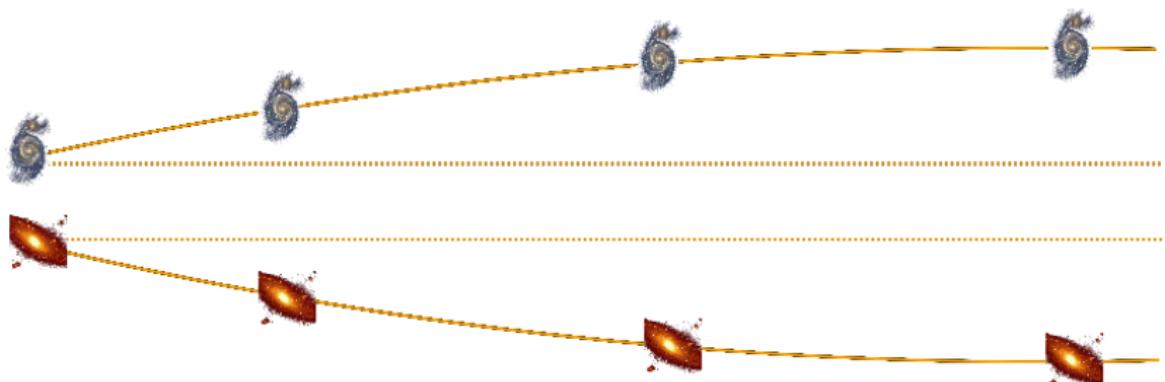
# L'Univers en expansió!

Si l'Univers fos **estàtic**...



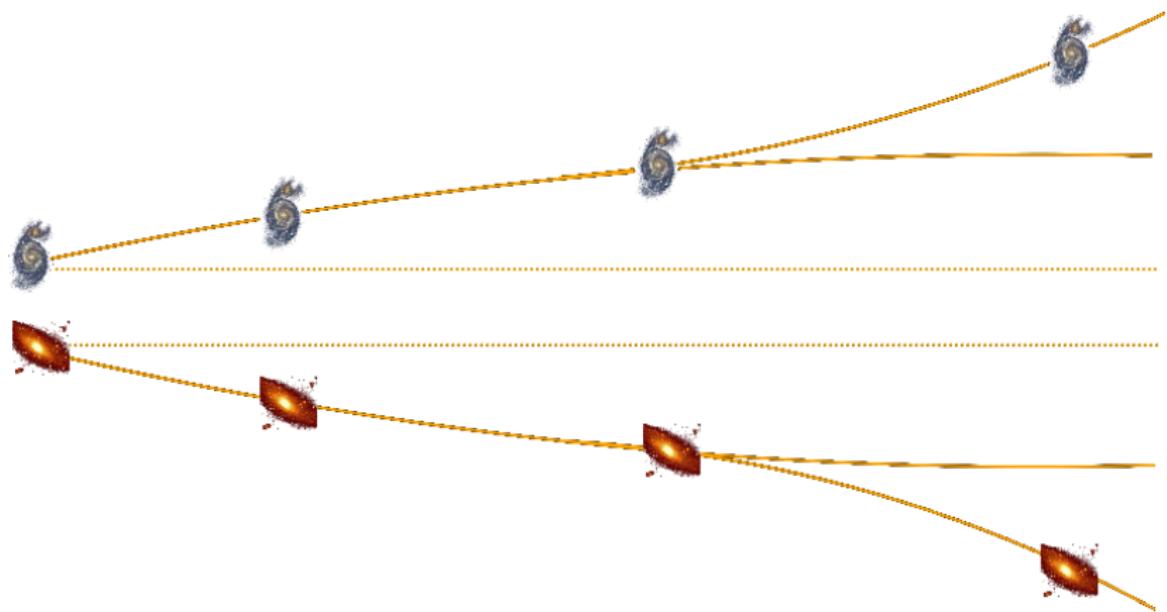
# L'Univers en expansió!

...però està en **expansió**

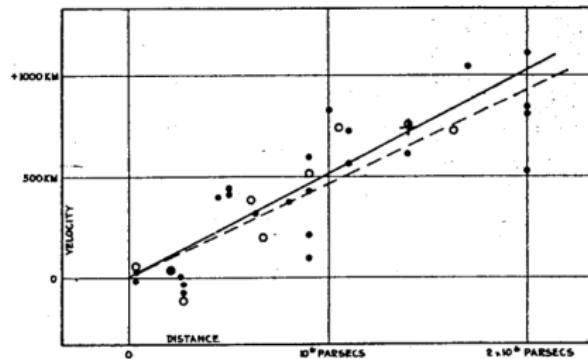


# L'Univers en expansió!

...i accelerada



L'Univers està en expansió: **Hubble**



Però... com sabem que s'**accelera**?

## L'Univers en expansió: candeles estàndard



Sempre fan la mateixa llum (i la sabem!),  
el que ens arriba depèn de la **distància**.

# L'Univers en expansió: Supernoves

Les **supernoves** són  
les candeles estàndard per excel·lència.



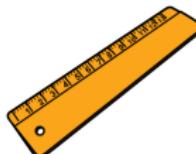
# L'Univers en expansió: Supernoves

Sabem que sempre **emeten** la mateixa llum  
(són les candeles estàndard!)

**Mesurem**  
què ens arriba



Això ens diu a  
quina distància està

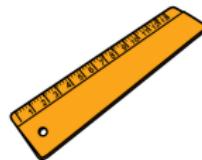


# L'Univers en expansió: Supernoves

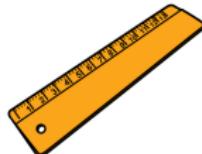
**Mesurem**  
què ens arriba



Això ens diu a  
quina distància està



**Mesurem**  
la distància

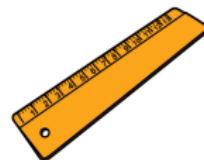


# L'Univers en expansió: Supernoves

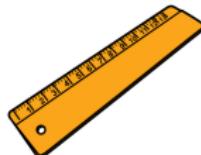
Mesurem  
què ens arriba



Això ens diu a  
quina **distància** està



Mesurem  
la **distància**

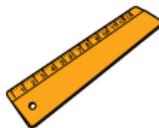


?

# L'Univers en expansió: Supernoves

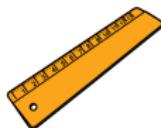
## Doncs...

Això ens diu a  
quina distància està



$\neq$

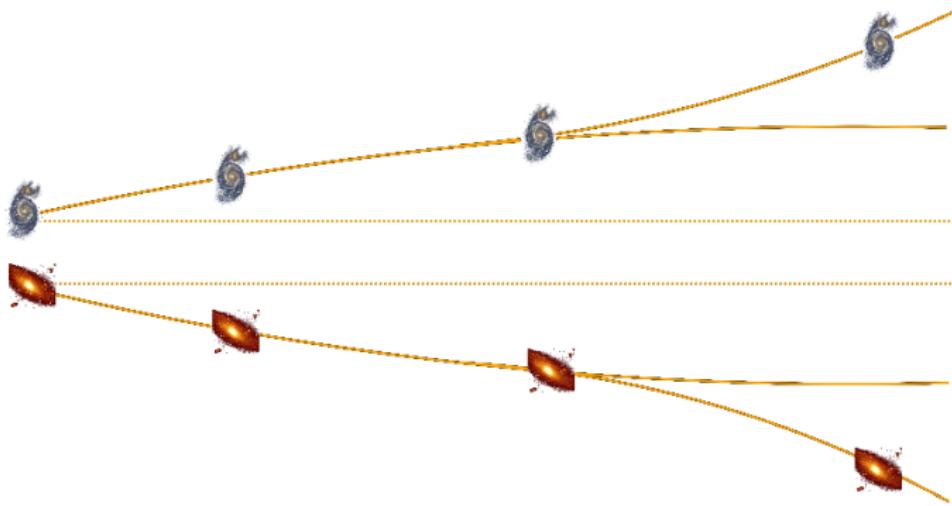
Mesurem  
la distància



...la distància és **més gran**  
que la que hauria!

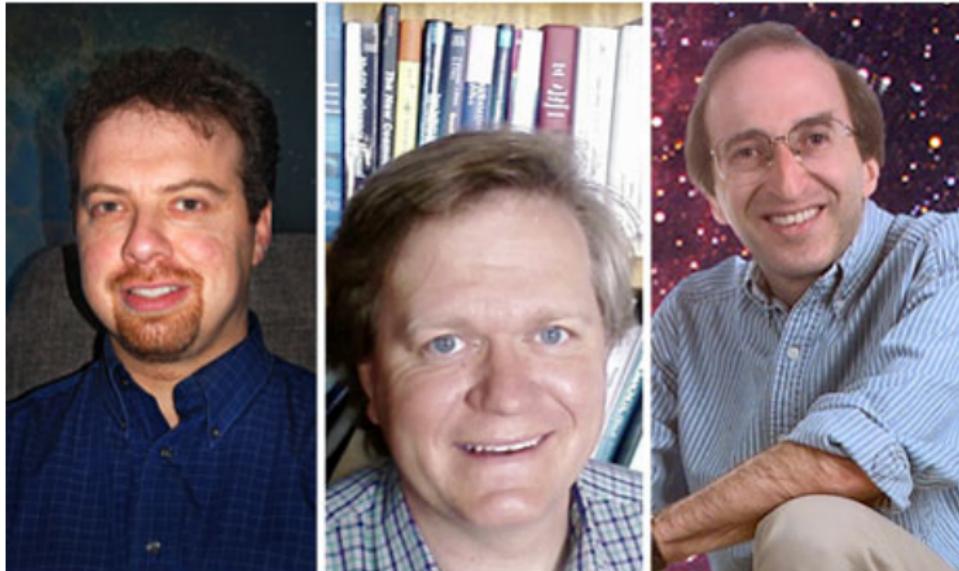
# L'Univers en expansió accelerada

Les supernoves estan **més lluny** del que haurien,  
**acceleració!**



# L'Univers en expansió accelerada

## Nobel de física – 2011



# L'Univers en expansió accelerada

Us sembla intuitiva una  
**expansió accelerada?**

# L'Univers en expansió accelerada



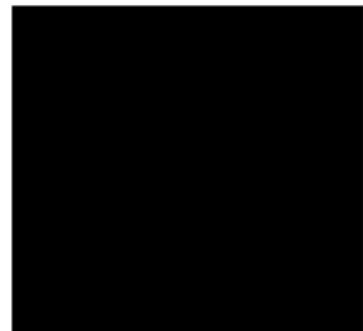
Penseu en una explosió



# Expansió, dimensions, galàxies i formigues

Recordeu. Podem continuar?

Repetim el **pla** i tenim



l'espai

Recordeu. Podem continuar?

Repetim el **pla** i tenim



l'espai

Recordeu. Podem continuar?

Repetim el **pla** i tenim



l'espai

Recordeu. Podem continuar?

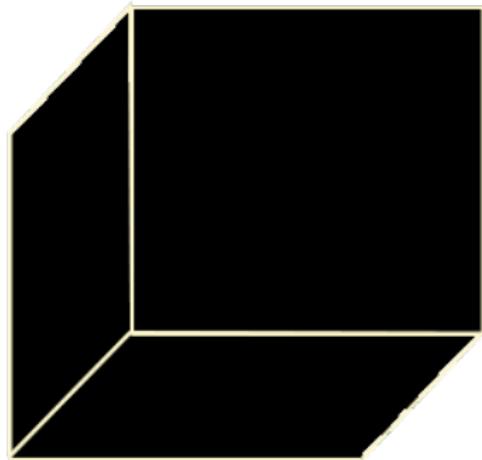
Repetim el **pla** i tenim



l'espai

Recordeu. Podem continuar?

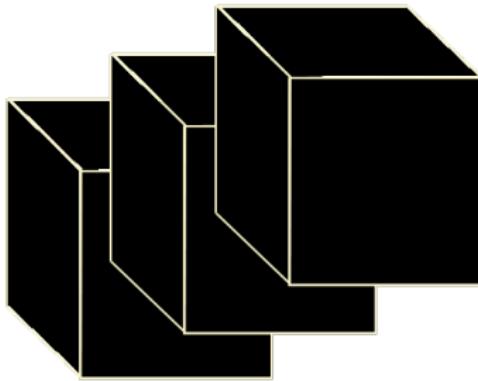
Repetim el **pla** i tenim



l'espai

Podem continuar?

Repetim el **espai** (*cub*) i tenim



**l'hiperespai** (*Tesseract*)

**Podem continuar?**

Millor veiem l'animació!

*Descobrim l'Univers*



# Expansió, dimensions, galàxies i formigues