



COMUNICARE L'UNIVERSO:

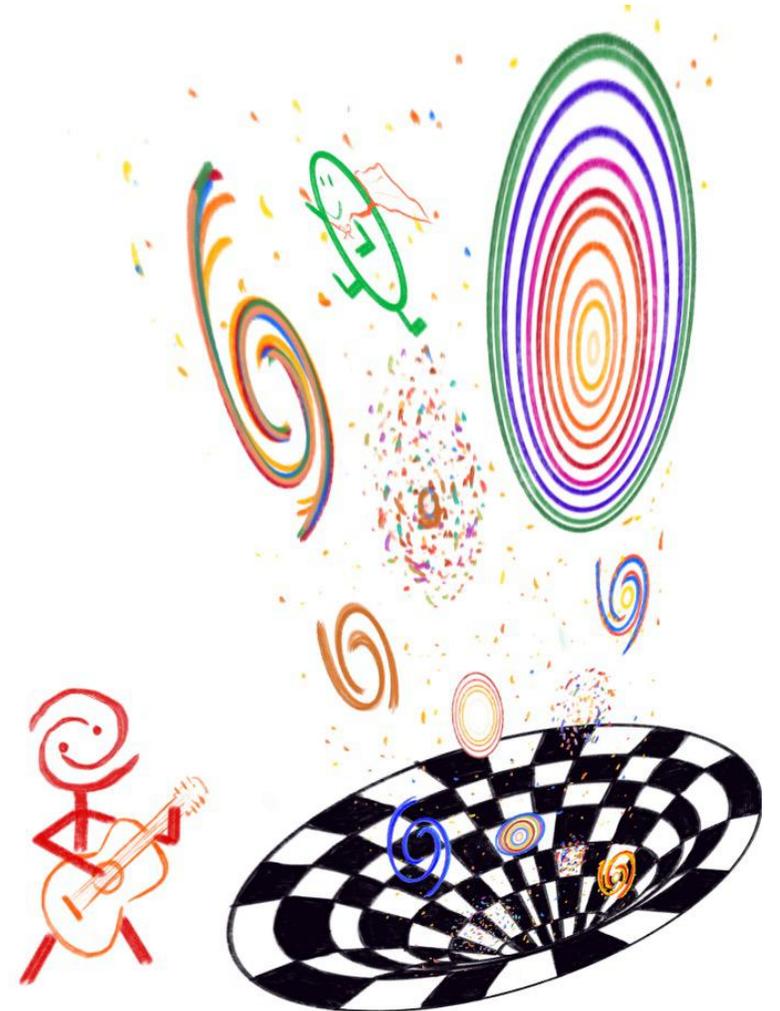
LO STORYTELLING COME STRUMENTO PER

LA DIDATTICA DELLA FISICA IN CLASSE

CONTAI S'UNIVERSU: SU STORYTELLING CUMENTI AINA PO
S'IMPARU DE SA FÌSICA A SCOLA

MATTEO TUVERI

Circadori in s'Universidadi de Casteddu e
INFN de Casteddu
&
Ciak si Fisica



Chini seu?



E BOSATRUS? CHINI SEIS?

Ita eus a fai

1 – A connosci sa natura

2 – S'universu a Bolu po s'imparu de sa fìsica de oi

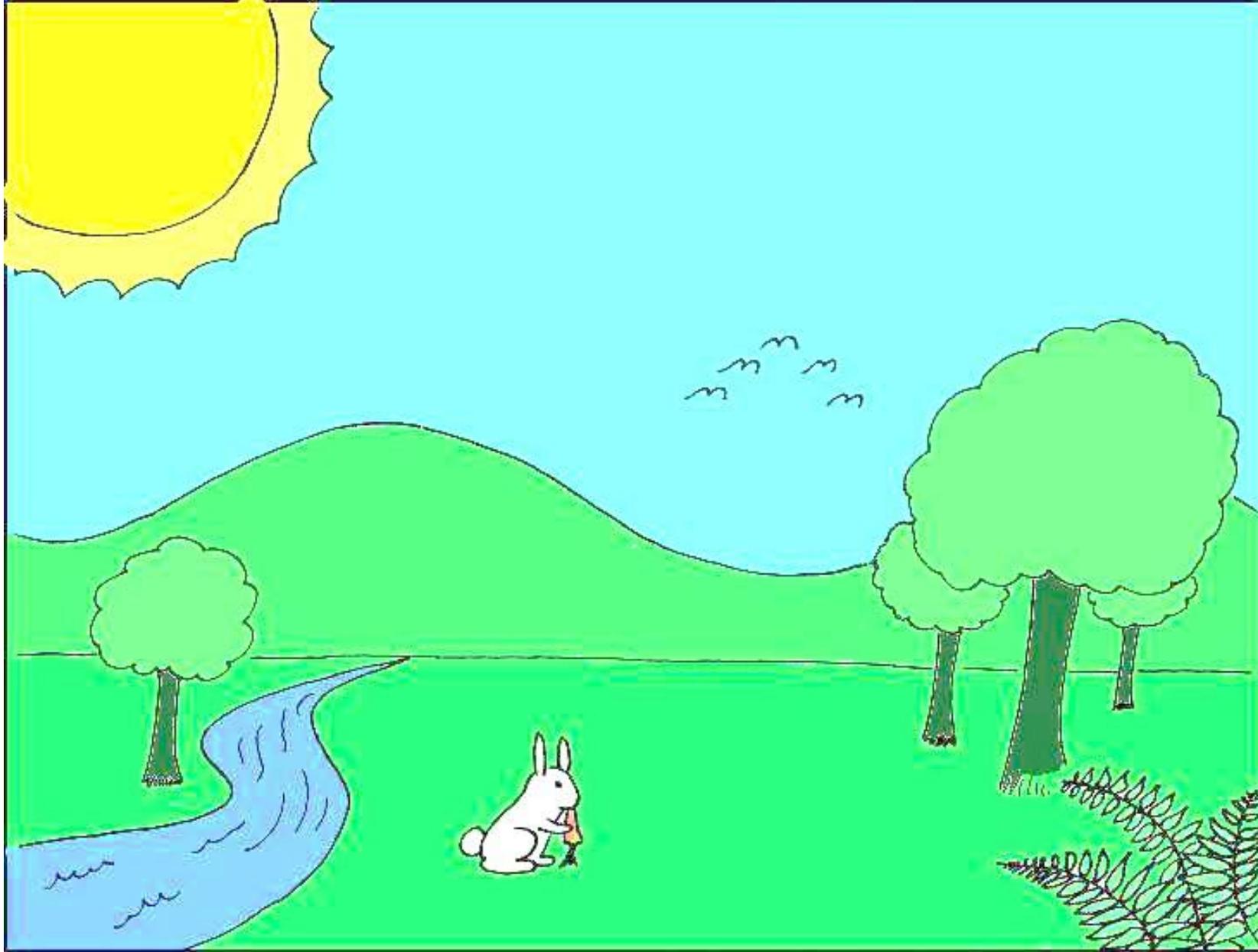
3 – Giogai cun sa fìsica

1- A CONNOSCI SA NATURA

Sa natura po bosatrus

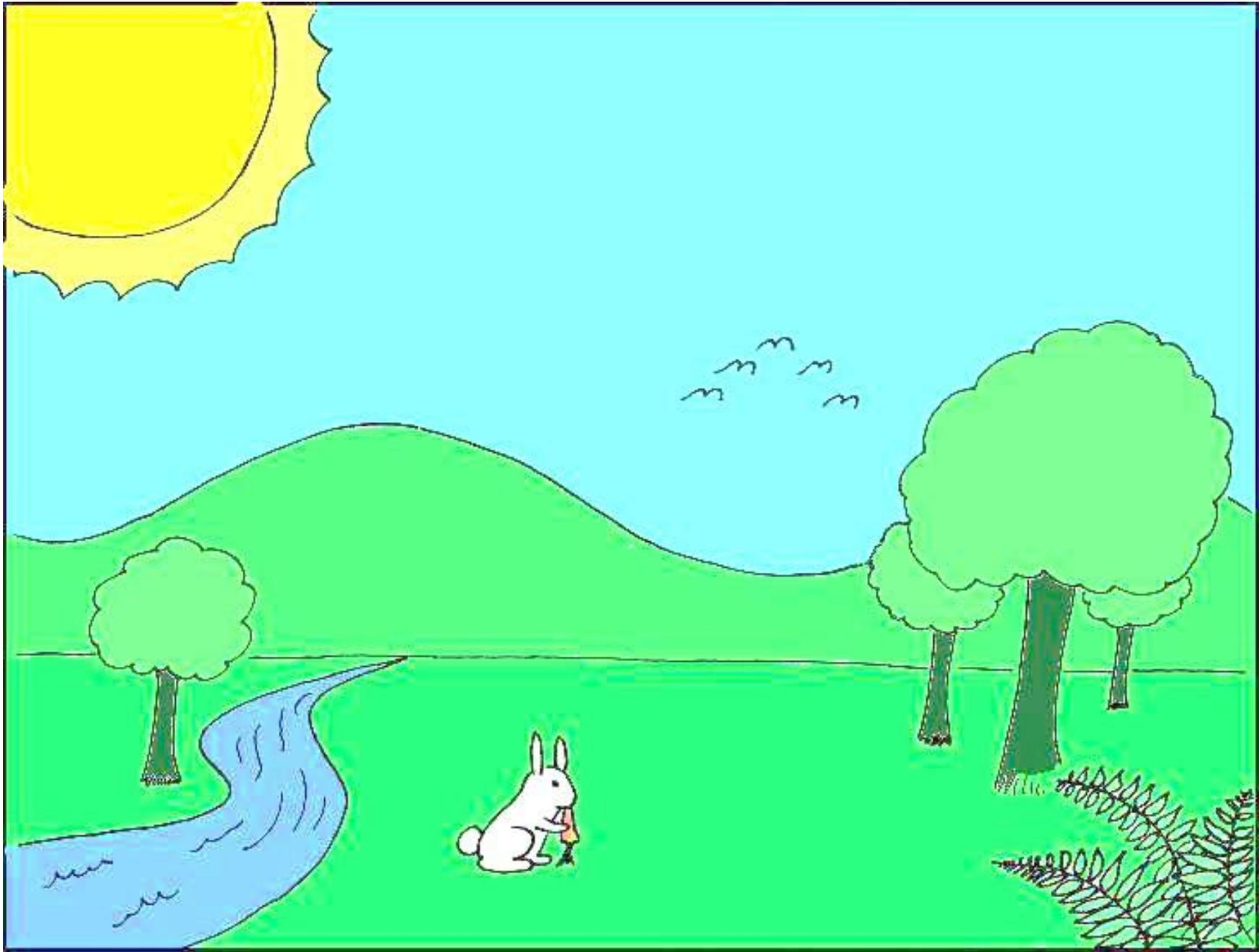
- meravigliosa
- verde
- sorprendente
- alberi
- vita
- ambiente
- mondo
- tutto ciò che ci circonda
- evoluzione
- rispetto
- origine

Sa natura chi si contant



Sa fìsica po bosatrus

- equilibrio
- esperimenti
- atomi
- difficoltà
- moto
- movimento
- forze
- meccanismi
- baricentro
- «Perché?»
- fenomeni
- universo
- realtà



Connosci sa natura po mori de sa fìsica

Castiai

Ascurtai

Murigai

CUN AINAS SPETZIALIS

Connosci s'universu po mori de sa fìsica

Castiai

UNDAS ELETROMANNÈTICAS

~~**Ascurtai**~~

S'UNIVERSU EST BUIDU

Murigai

MURIGUS

PARTICELLAS

GRAVIDADI

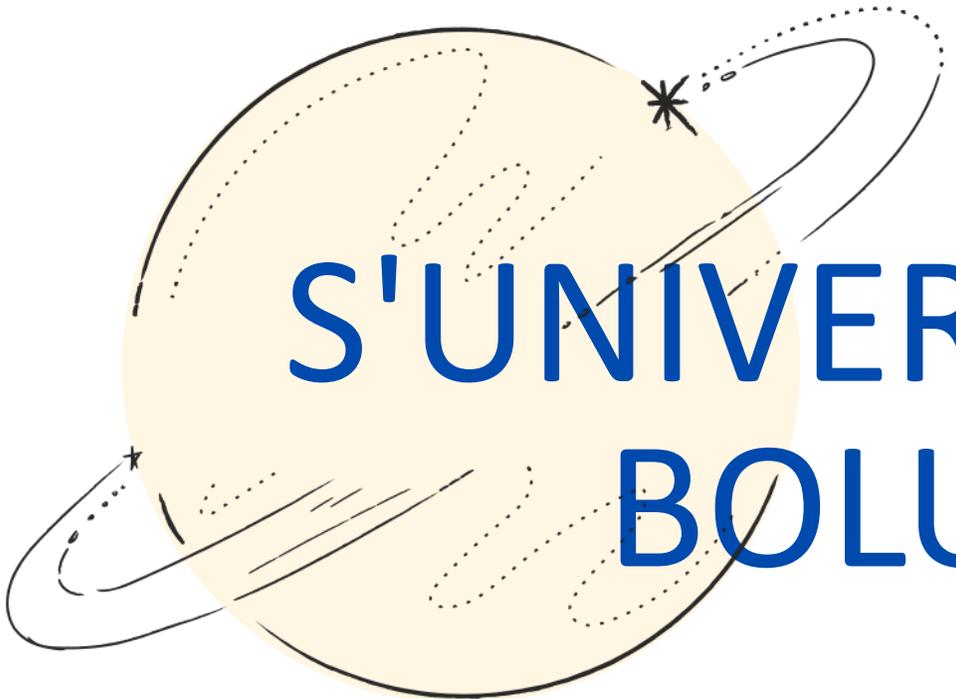
TRES PREGUNTAS

CUMENTI SI MOVINT IS COSAS?

CUMENTI EST FATU S'UNIVERSU?

CUMENTI EST FATA SA MATÈRIA?

2- S'UNIVERSU A BOLU
PO S'IMPARU DE SA FÌSICA DE OI



S'UNIVERSU A BOLU

CONTIXEDDUS PO PITICUS E MANNUS PO
SCOBERRI SU MUNDU DE SA FÌSICA DE OI

Matteo Tuveri

MATTEO TUVERI

S'UNIVERSU A BOLU

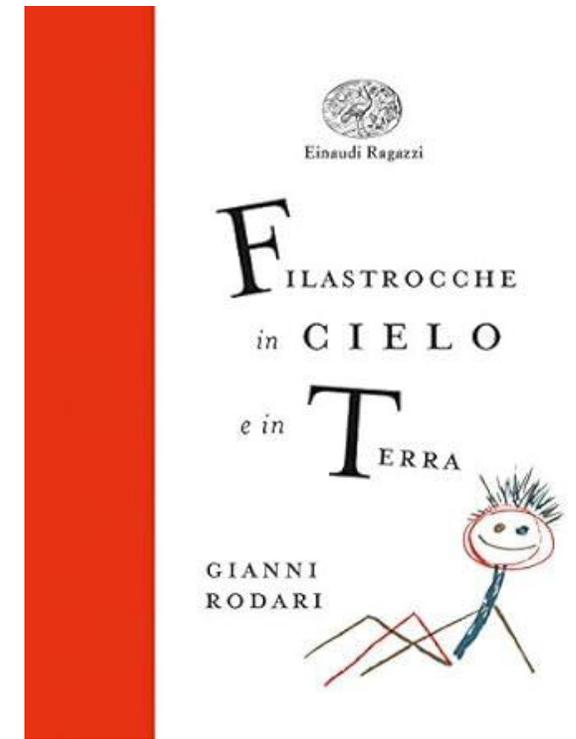
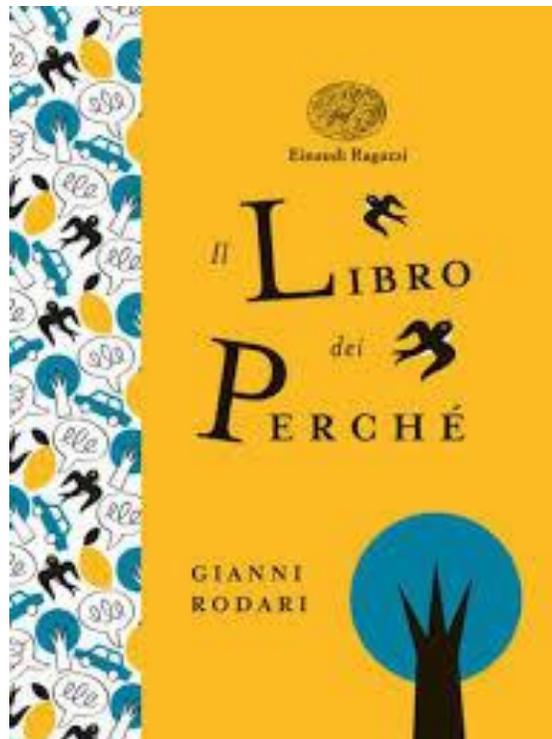
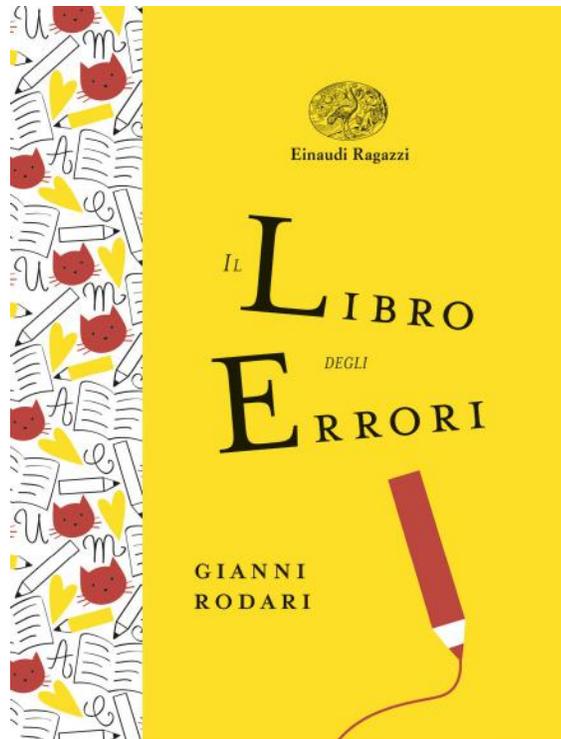
*Contixeddus po piticus e mannus
po scoberri su mundu de sa fisica de oi*



NOR

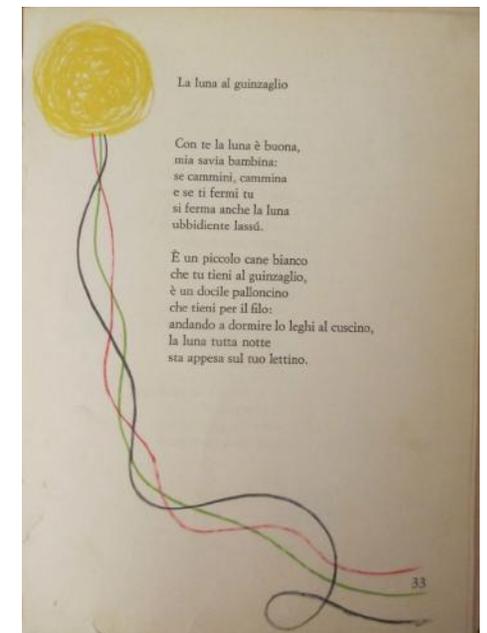
LIBRUS CHI M'ANT MUDAU SA VIDA

PO SA SCIÈNTZIA: GIANNI RODARI



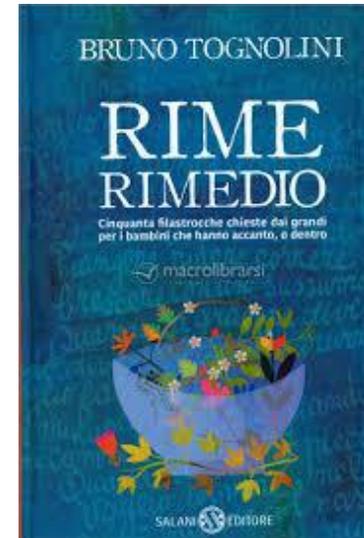
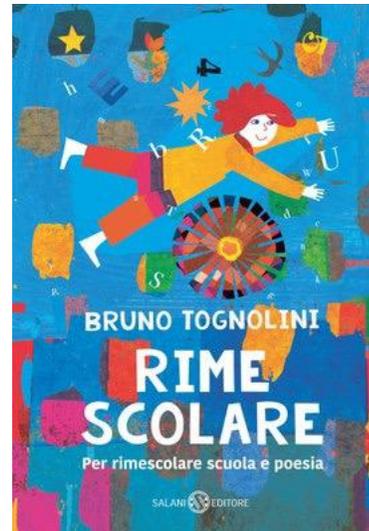
LIBRUS CHI M'ANT MUDAU SA VIDA

PO SA COMUNICAZIONI DE SA SCIÈNTZIA: GIANNI RODARI + BRUNO MUNARI



LIBRUS CHI M'ANT MUDAU SA VIDA

PO TOTU S'ATRU: BRUNO TOGNOLINI



ATRUS (PRUS TÈNNICUS)

- E. Segrè, 2018, *Personaggi e scoperte della fisica. Da Galileo ai Quark* (Mondadori)
- R. March, 1994, *Fisica per poeti. Lo scienziato come uomo e artista: storia della fisica da Galileo ai giorni nostri* (Edizioni Dedalo)
- G. Gamow, 1966, *Trent'anni che sconvolsero la fisica. La teoria dei quanti* (Zanichelli)
- J. L. Heilbron, 2018, *The History of Physics. A very short introduction* (Oxford University Press)
- J. Maxwell, *History of Physics. The story of Newton, Feynman, Schrödinger, Heisenberg and Einstein. Discover the men who uncovered the secrets of our universe* (Amazon libri)
- M. Morganti, 2016, *Filosofia della fisica. Un'introduzione* (Carocci Editore)
- A. Einstein, L. Infeld, *L'evoluzione della fisica*, (1965) Bollati Boringhieri
- C. Rovelli, *Helgoland*, (2020) Adelphi
- M. Kumar, *Quantum. Da Einstein a Bohr, la teoria dei quanti, una nuova idea della realtà*, (2020) Mondadori
- F. Laudisa, *La realtà al tempo dei quanti. Einstein, Bohr, e la nuova immagine del mondo*, (2019) Bollati Boringhieri
- Joseph D. Martin, *Resource Letter HCMP-1: History of Condensed Matter Physics American Journal of Physics* 85, 87 (2017)
- Joseph D. Martin and Michel Janssen, *Beyond the Crystal Maze: Twentieth-Century Physics from the Vantage Point of Solid State Physics Historical Studies in the Natural Sciences*, Vol. 45, No. 5 (Nov., 2015), pp. 631-640, University of California Press
- A. Blum, R. Lalli, and J. Renn, *The Reinvention of General Relativity: A Historiographical Framework for Assessing One Hundred Years of Curved Space-time*, *Isis*, Vol. 106, No. 3 (September 2015), pp. 598-620, The University of Chicago Press on behalf of The History of Science Society, <http://www.jstor.org/stable/10.1086/683425>
- H. Goenner, *A golden age of general relativity? Some remarks on the history of general relativity*, *Gen Relativ Gravit* (2017) 49:42, DOI 10.1007/s10714-017-2203-1
- Malcom S. Longair, *A Brief History of Cosmology*, *Carnegie Observatories Astrophysics Series, Vol. 2: Measuring and Modeling the Universe*, 2004 ed. W. L. Freedman (Cambridge: Cambridge Univ. Press)
- David W. Hughes and Richard de Grijs, *The Top Ten Astronomical "Breakthroughs" of the 20th Century*, *Communicating Astronomy with the Public Journal*, Cap V Vol. 1, No. 1, October 2007
- S. Vitale, *The first 5 years of gravitational-wave astrophysics*, *Science* 372 (2021) 6546, abc7397, e-Print: 2011.03563 [gr-qc]
- C. Rovelli, *Notes for a brief history of quantum gravity*, *Contribution to 9th Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Gravitation and Relativistic Field Theories (MG 9)*, 742-768, e-Print: grqc/0006061 [gr-qc]

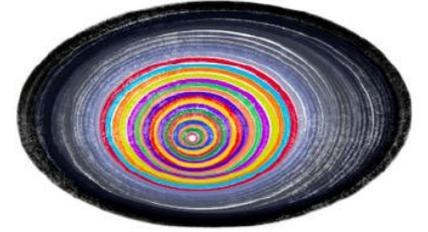
CROBETANTZAS

METAFORE

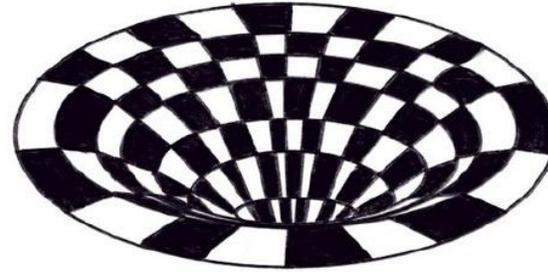


ITA - SRD

Big bang - Sciarrocu mannu (grande esplosione/implosione)



Buco nero - stampu nieddu



Dalla tradizione

Carru 'e nannai = Tuono

Sa bia de sa palla = Via Lattea

Gurdoni (troni) de istellas ("grappolo di stelle") - Costellazioni (o Pleiadi)



Alcuni nuovi (da S'Universu a Bolu)

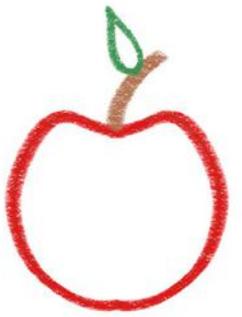
Sciarrocu gravitatzionali - collasso gravitazionale

Atòbiu nucleari - reazione (collisione) nucleare

Stella a neutronis - stella di neutroni

CUMENTI SI MOVINT IS COSAS?

Sa fortza de sa gravidadi



Ita est sa gravidadi? Est cussa fortza chi s'at conta Newton, sa de sa mela a sconchedadura de su pòberu scientziau inglesu, o calincuna cosa de prus?

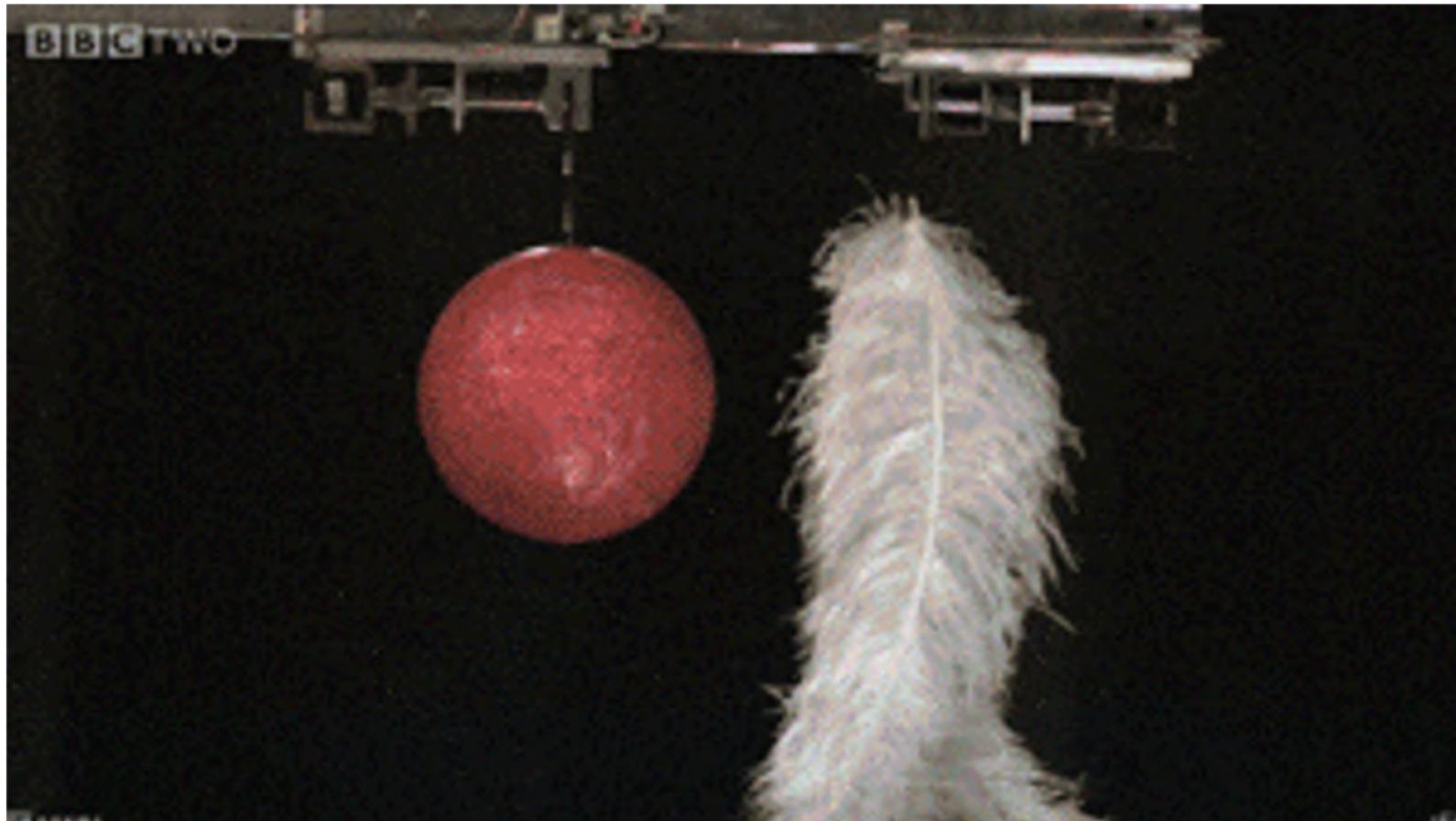
Si ddu torrat a narri Einstein ita est sa gravidadi, e ddu fait cun sa teoria de sa Relatividadi Generali cosa sua. Po ddu contai nosu puru, parteus de unu contu chi pertocat a unu atru fisicu de importu mannu de su Noixentus:

John Archibald Wheeler. Naràt Wheeler asuba de is ecuatzionis de Einstein chi descriint sa gravidadi: issas si nant chi “sa matèria imparat a su spàtziu-tempus a si curvai e su spàtziu-tempus imparat a sa matèria a si movi”. Duncas, sa gravidadi no est pròpiu sa chi s'at conta Newton, una spètzia de fortza invisibili chi tragat is cosas a sei, imperada de is corpus pasteris meda (calichisiat sa gana chi ndi tenint de tragai is cosas, est a nai, “involontariamente” in italianu e fueddendi in cobertantza)...



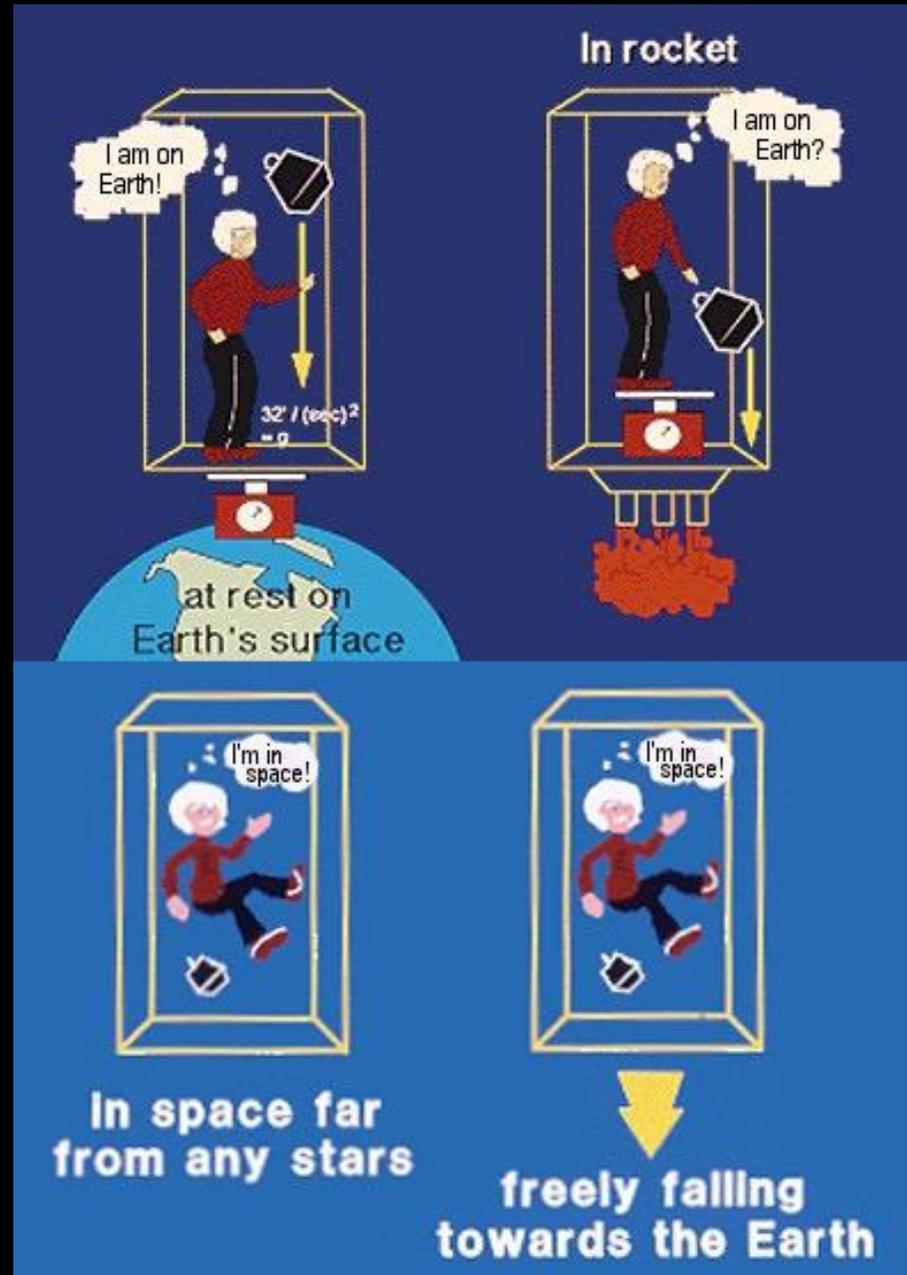
Principiu de Ecuivalèntzia

In su buidu, corpus diferentis (cun massa diferenti) nd'arruint cun sa matessi aceleratzioni

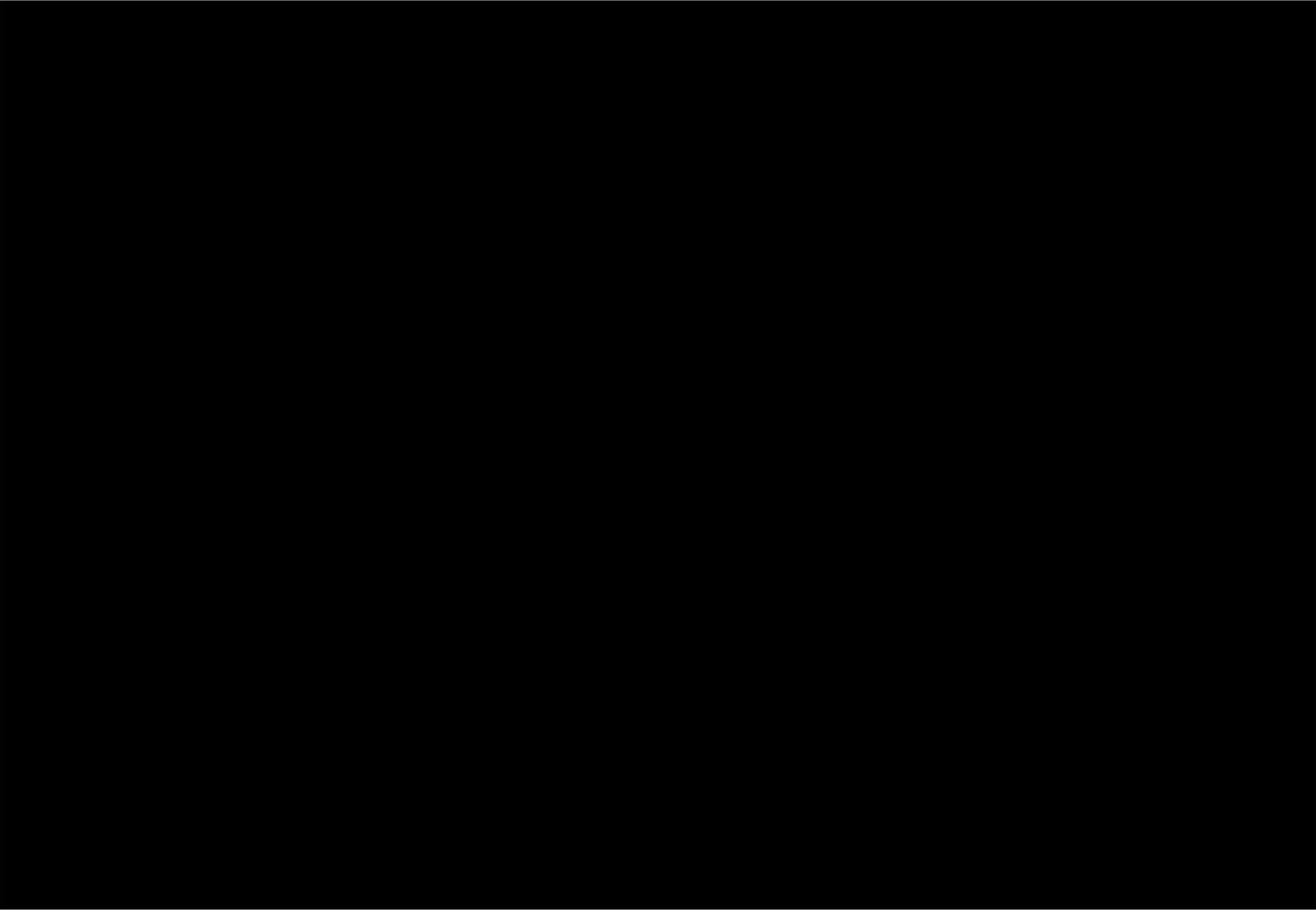


Massa vs Pesu: <https://www.youtube.com/watch?v=9cQM2B-0mm8&t=6s>

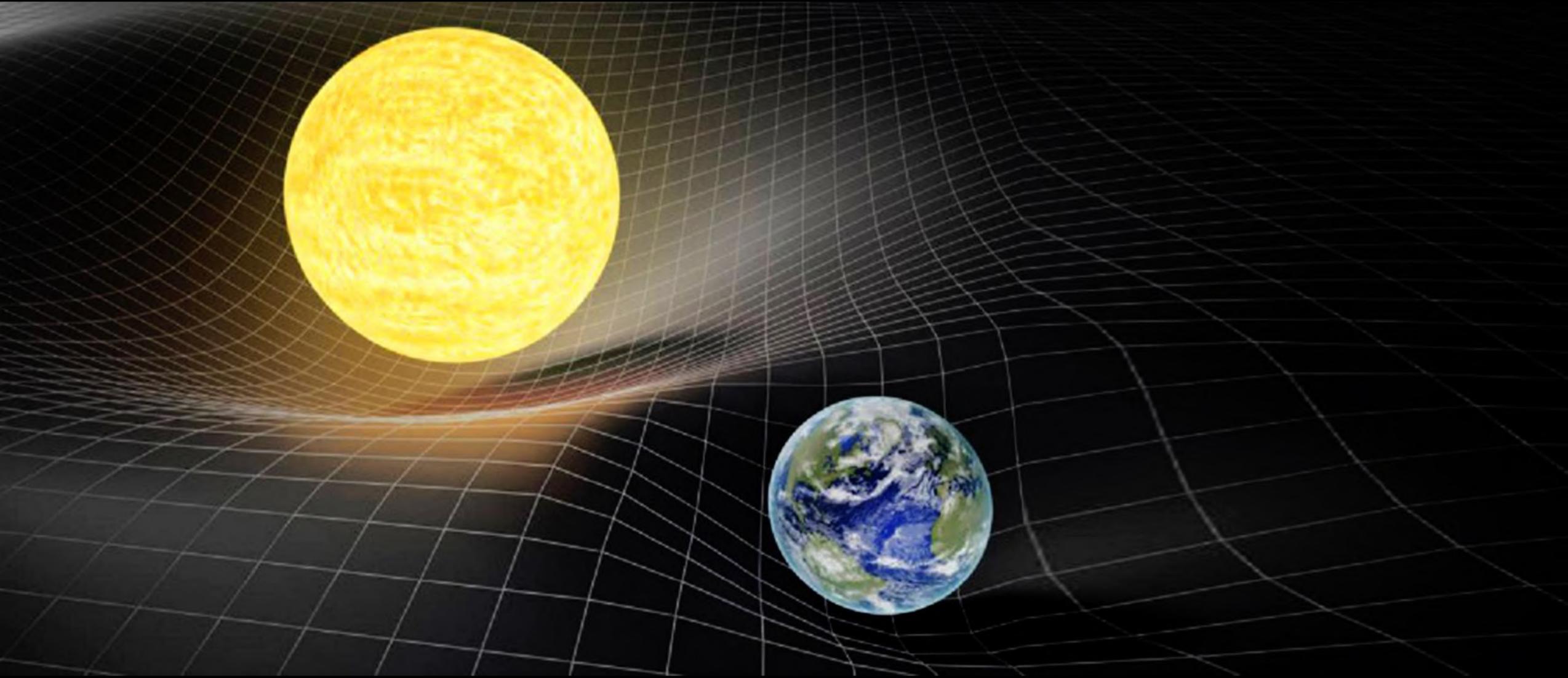
ESPERIMENTU DE CONCA DE S'ASCENSORI



«CASTIAI» CUMENTI GRAVIDADI E
ACELERATZIONI TORRANT PARIS



SU SENTIDU DE SA RELATIVIDAD DE EINSTEIN



CUMENTI EST FATU S'UNIVERSU?

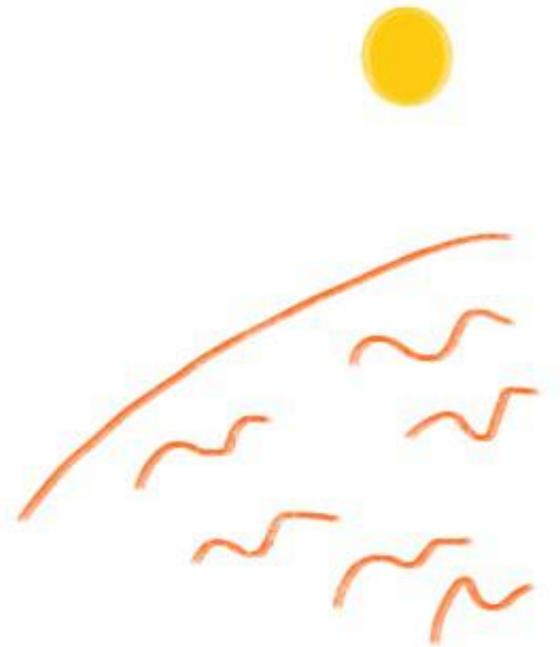
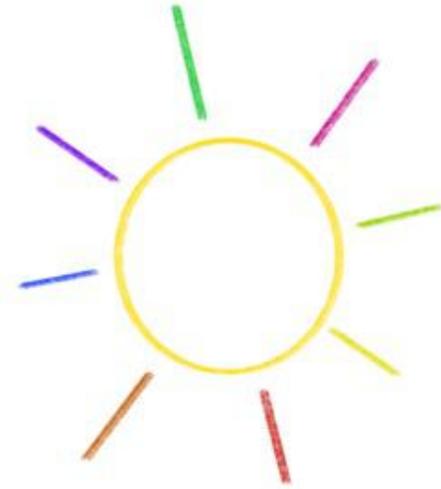
S'universu po 2000 annus est stètiu ...
su chi si bidiat feti...

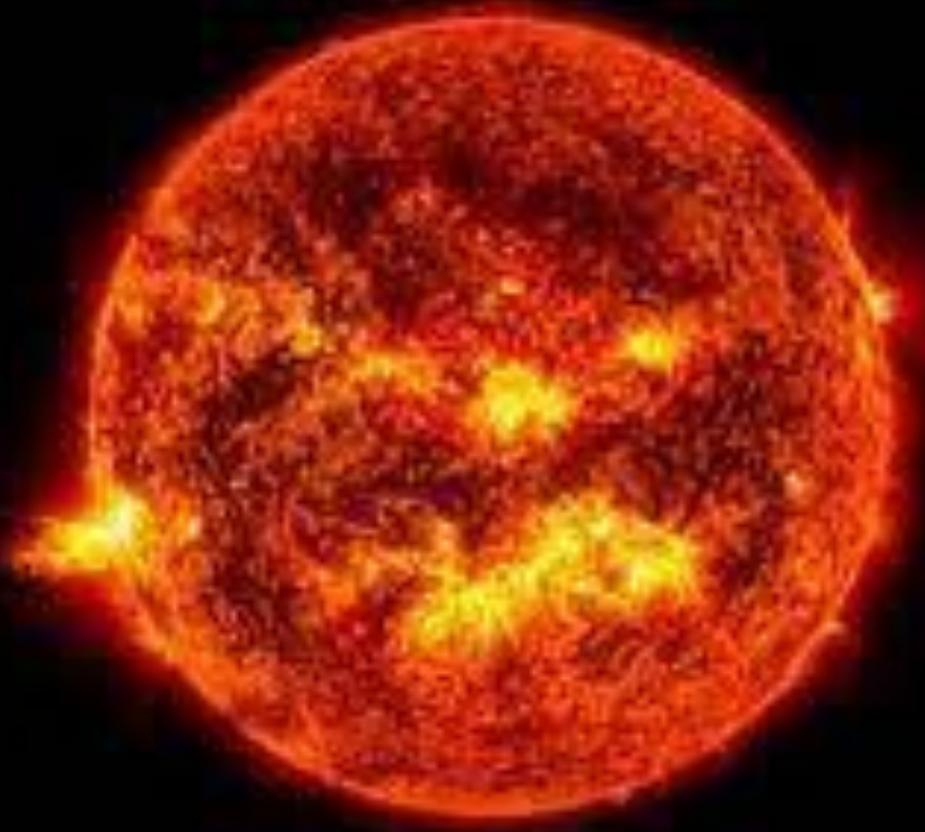
S'urtimu Bàsidu

Obrèsciu,
Primu amentu de sa die
Cantat sa natura po tie

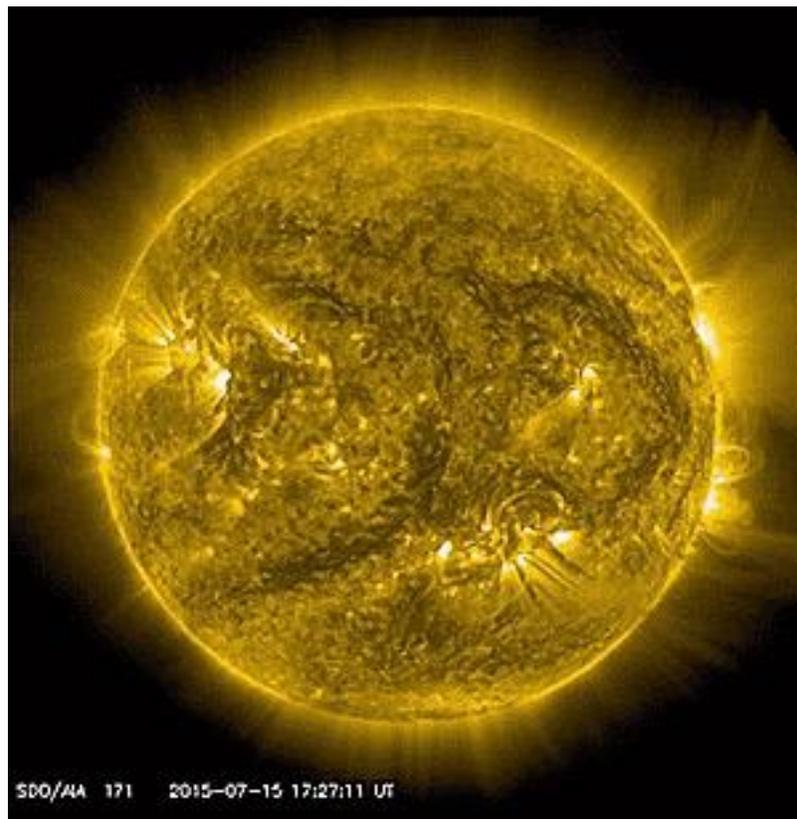
Vida,
Luxi e abba, calori e mari
Ti torraus gràtzias totus impari

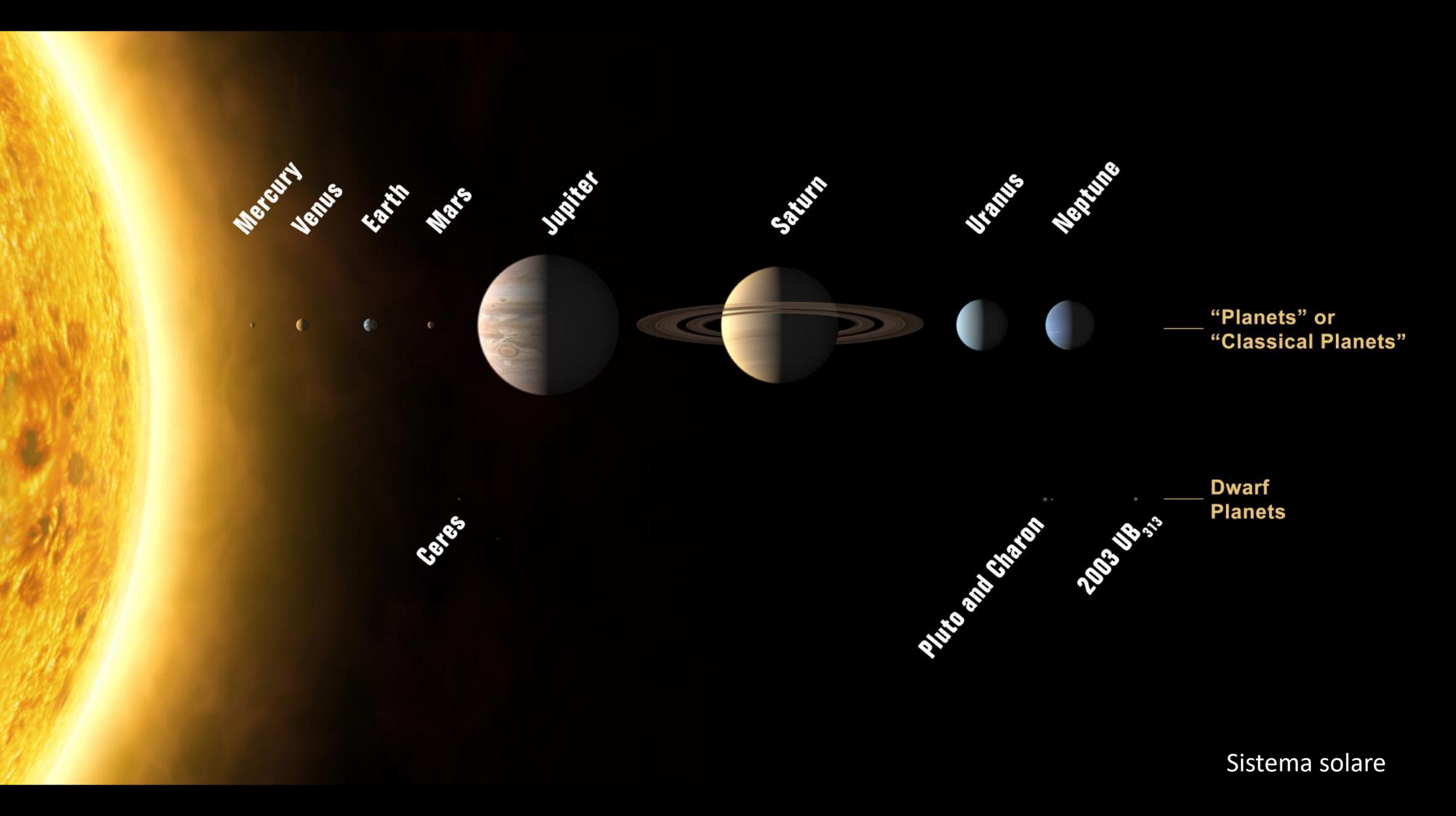
Scurigadroxu,
Celu pintau preguntat amori
De s'urtimu bàsidu de Terra cun Soli





Su sistema solare – su Soli e is pranetas





Mercury

Venus

Earth

Mars

Jupiter

Saturn

Uranus

Neptune

Ceres

Pluto and Charon

2003 UB₃₁₃

— "Planets" or
"Classical Planets"

— Dwarf
Planets

Sistema solare

Arretzeta còsmica

Ingredientis:

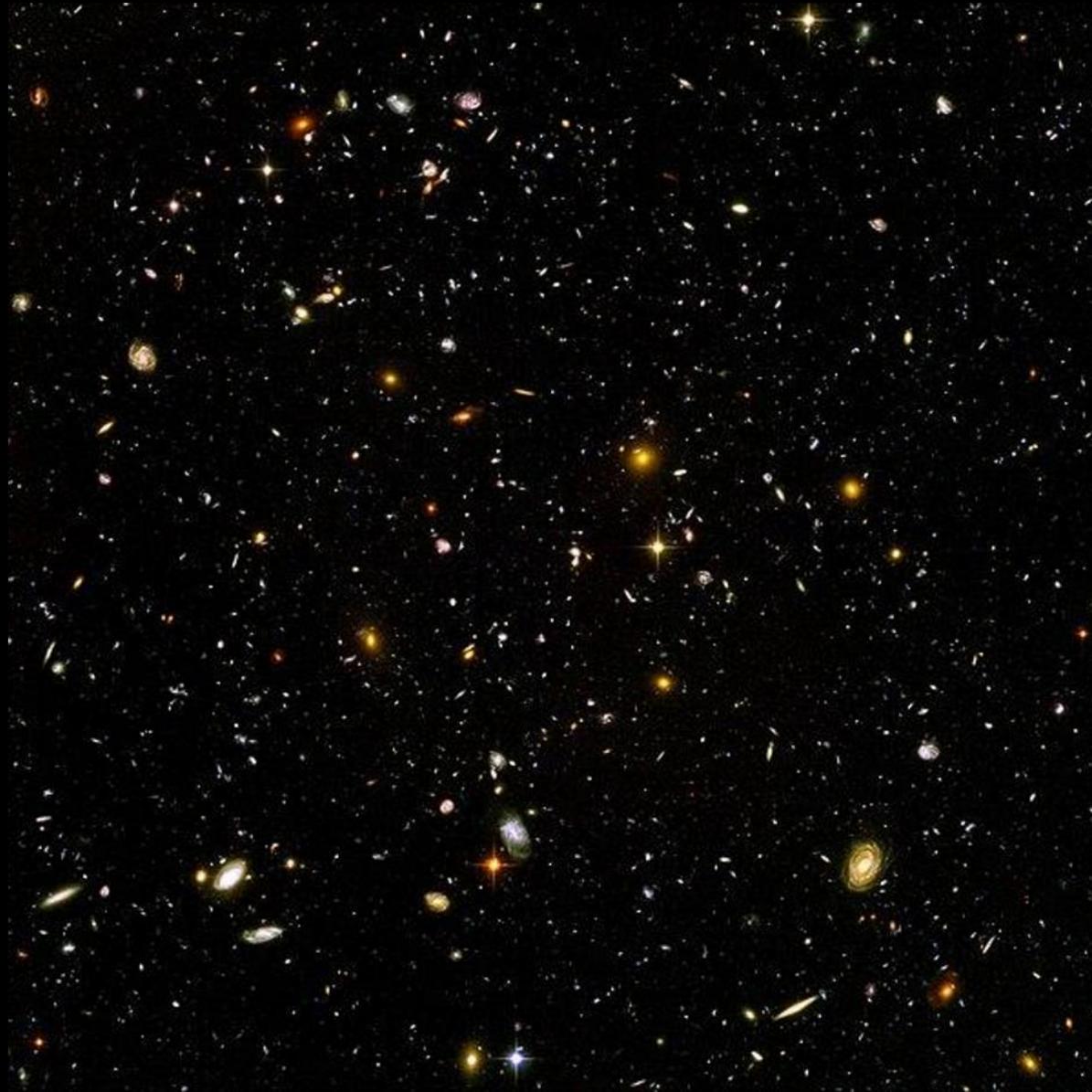
- muntionis de stellas, nuis de pruini, planetas e particellas meda passendi-nci in mesu cun grandu lestresa;
- unu stampu nieddu mannu chi si nci papat su chi ddi passat acanta, chi fait Ingiriai is cosas cumentis in d-una arroda manna e cun arrajus de milionis e miliardus de chilometrus;
- campus elètricus e mannèticus chi tirant is particellas de una parti a s'atra, aderetzendi-ndi su tretu, murighendi totu su pruini e totu sa mat.ria chi ingìriat su stampu nieddu etotu;
- maneras diferentis po amesturai sa matèria chi ingìriat su centru: a cudda genia (chentza de unu sètiu e nisciuna forma geomètrica specìfica), a spirali, a ellissi;
- ingredientis segretus cun trassa de matèria e energia chi no scideus ita funt ma scideus chi ddui depint essi.

Custus funt is ingredientis de un'arretzeta spantosa po fai is galàssias.





Sa bia de sa palla (Via Lattea). Credits: Wikipedia



OI, 2023 (Hubble Deep Field)

SU CHI NDI SCIDEUS DE S'UNIVERSU IN DII DE OI

De nudda a totu

Unu puntu

Puntu unfrau

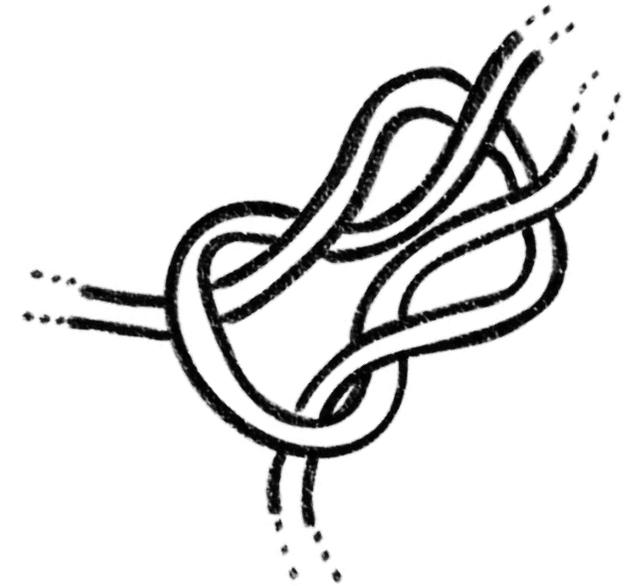
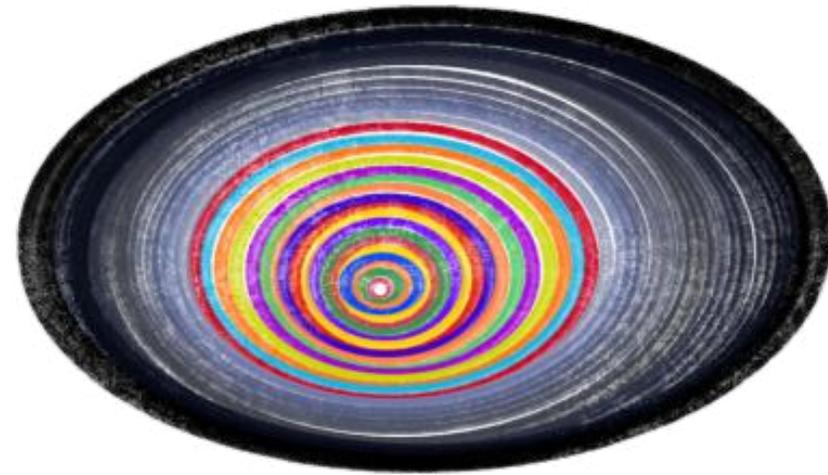
De nudda a totu s'est creau

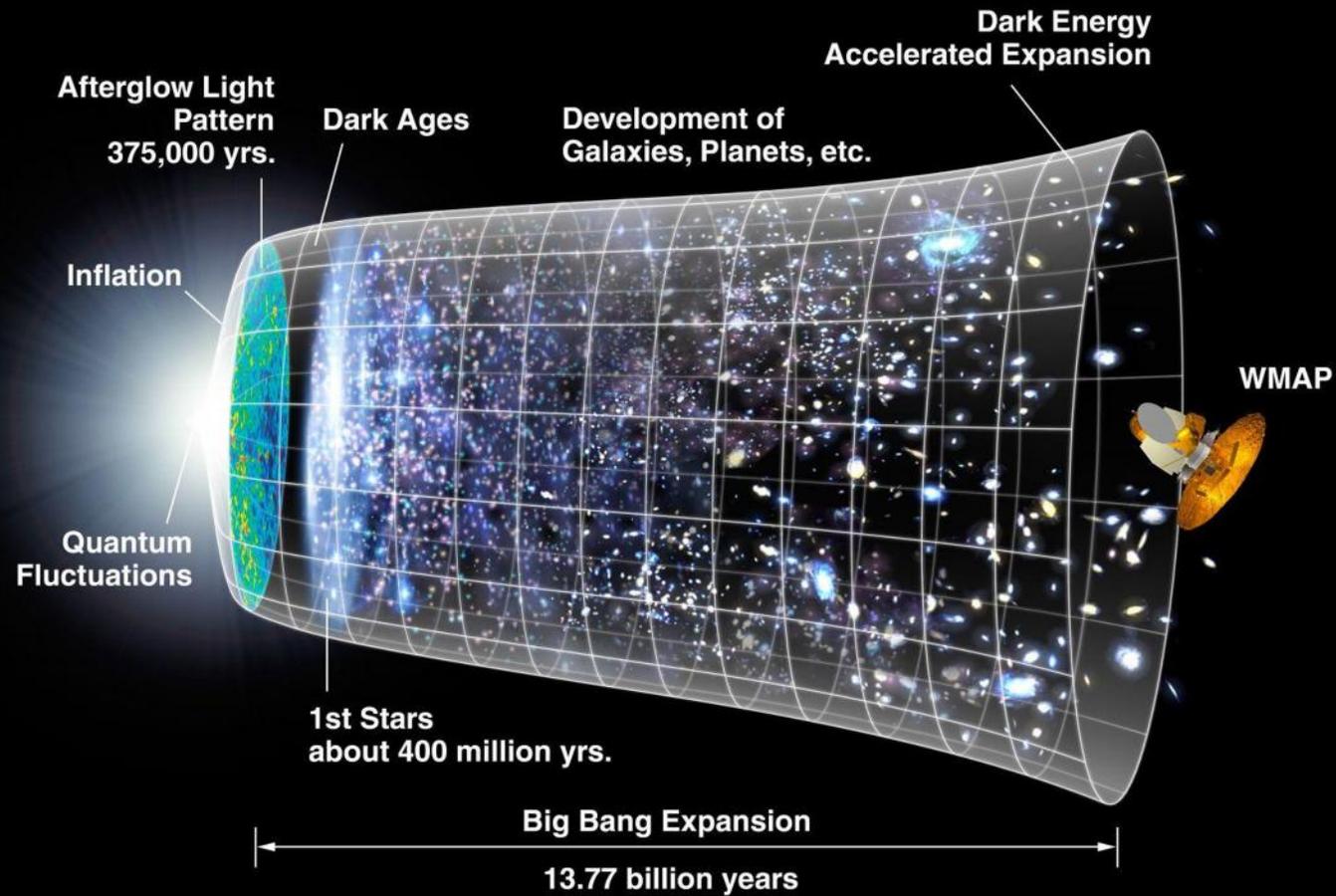
Unu prima chentza 'e sensu

Chentza 'e spàtziu, chentza 'e tempus

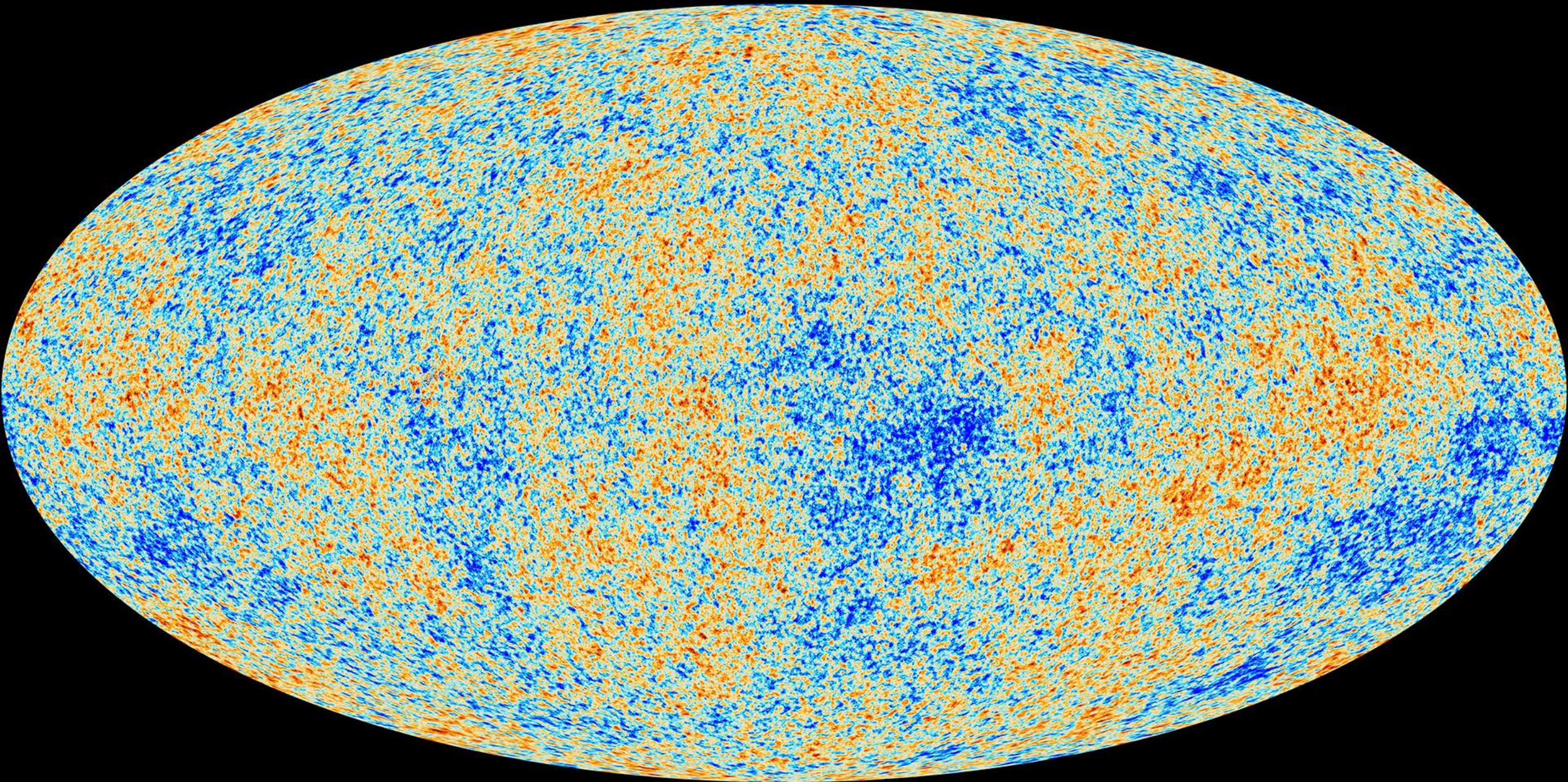
Unu prima s'at donau

Presenti, benidori e passau



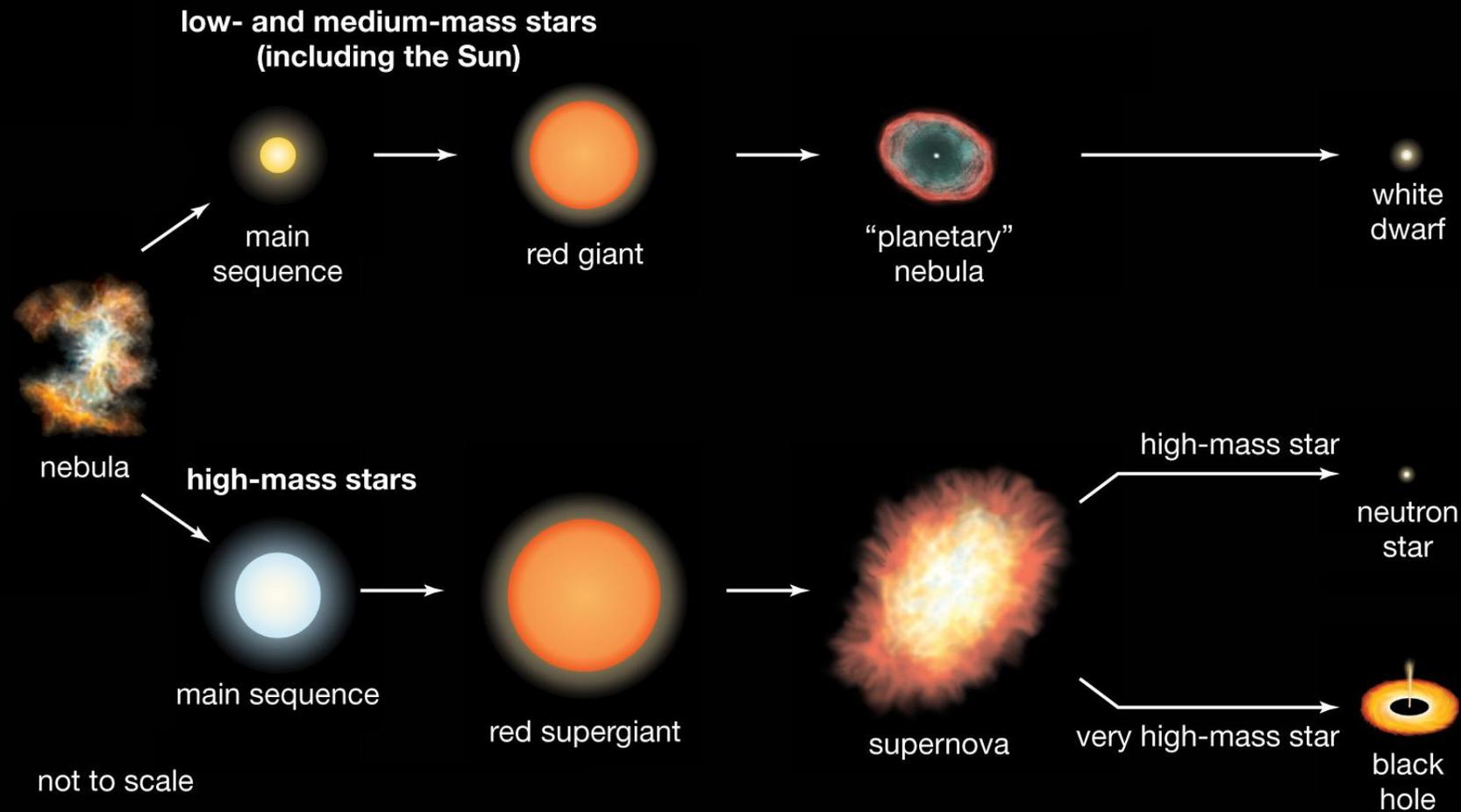


ARRÀSTU COSMICU – FUNDU CÒSMICU DE LUXI A MICROUNDAS



SU SCIARROCU GRAVITATZIONALI

Stellar evolution

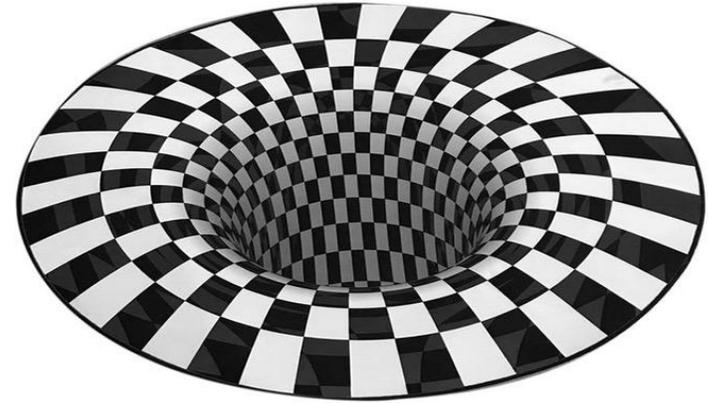


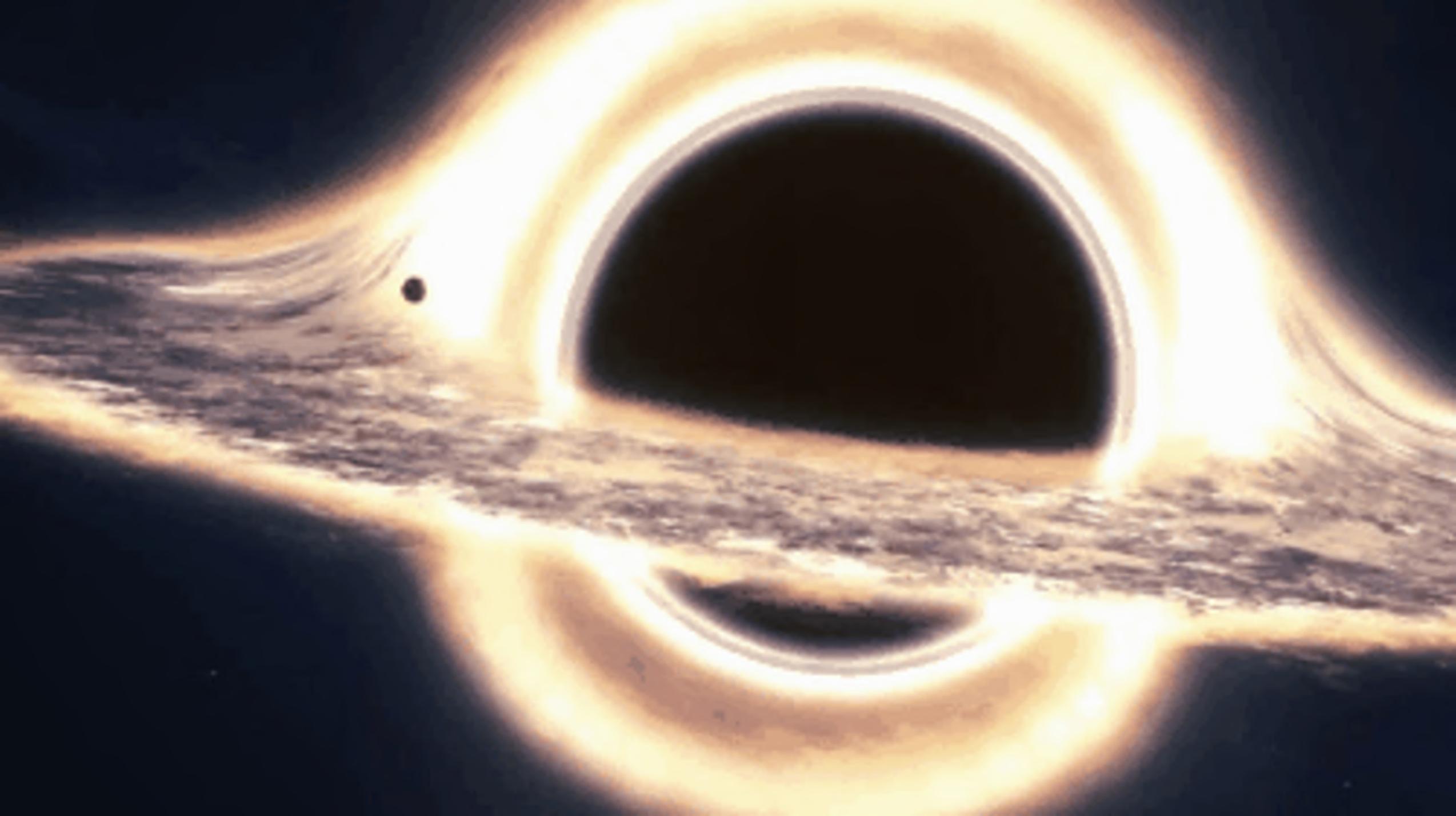
E SU CHI NO SI BIDI?

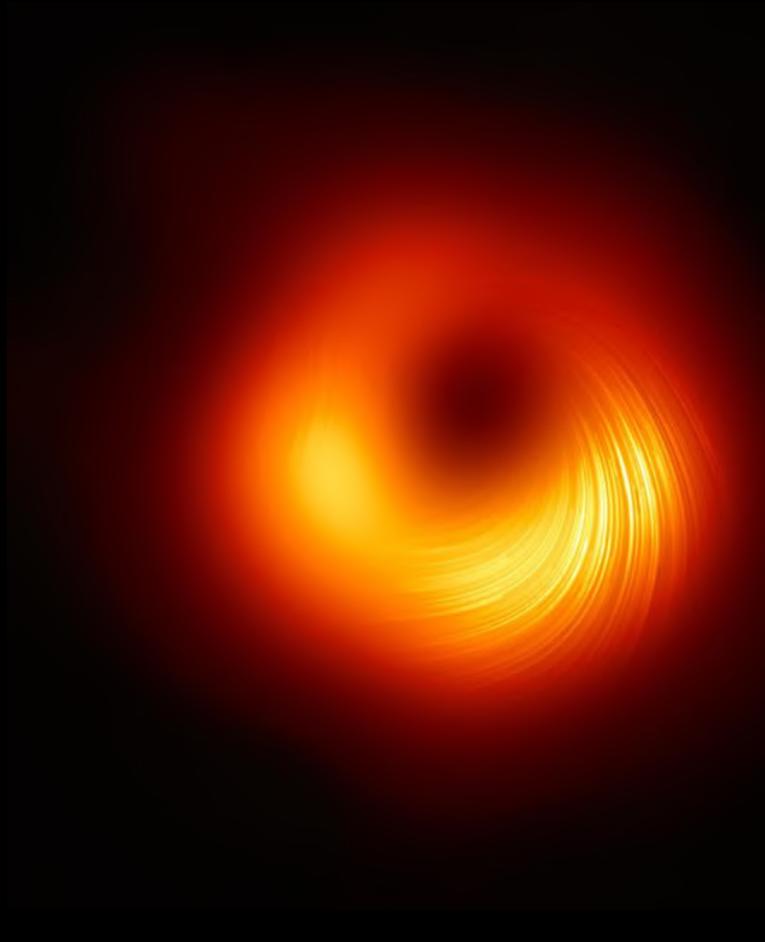
MURIGUS GRAVITATZIONALIS

Stampu Nieddu

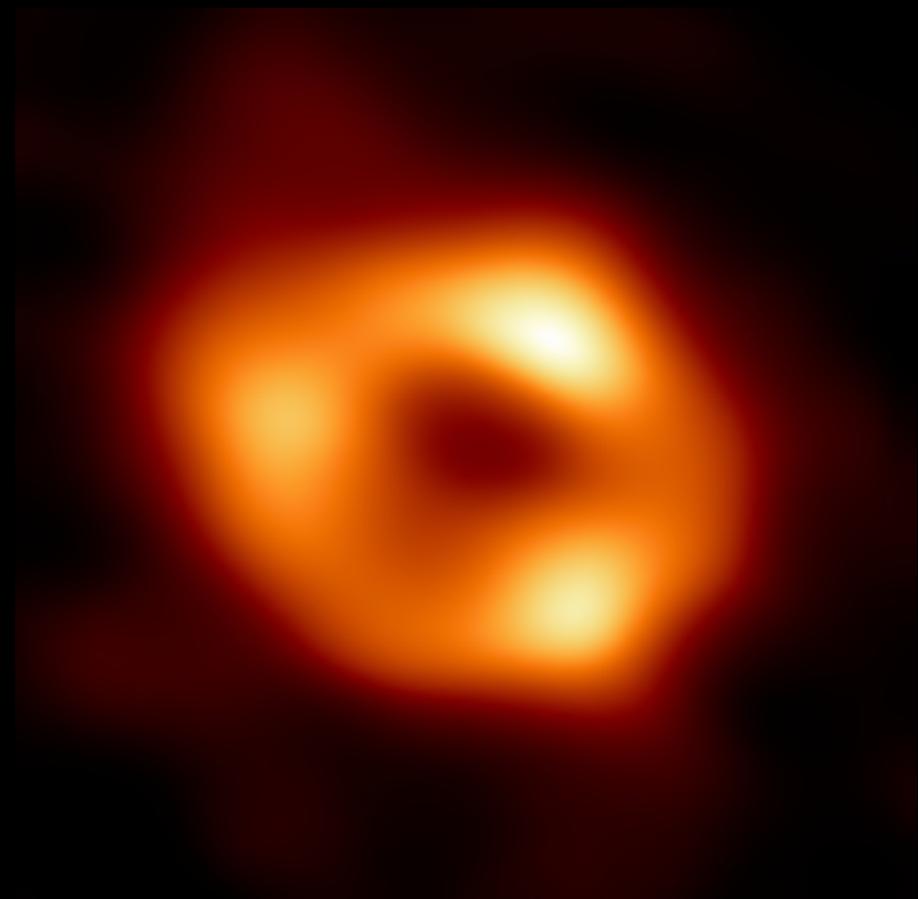
Grai? Ses grai
Lèbiu no ses mai
Stampu, stampau, stampueddu
Mannu, piticu, piticheddu
Nieddu ca su ludu
Làtzia ca imui ti tudu
Tudu? Tudau
Studau! Ses cuau
Ses stampu? Ses nieddu?
Ses unu stampu nieddu







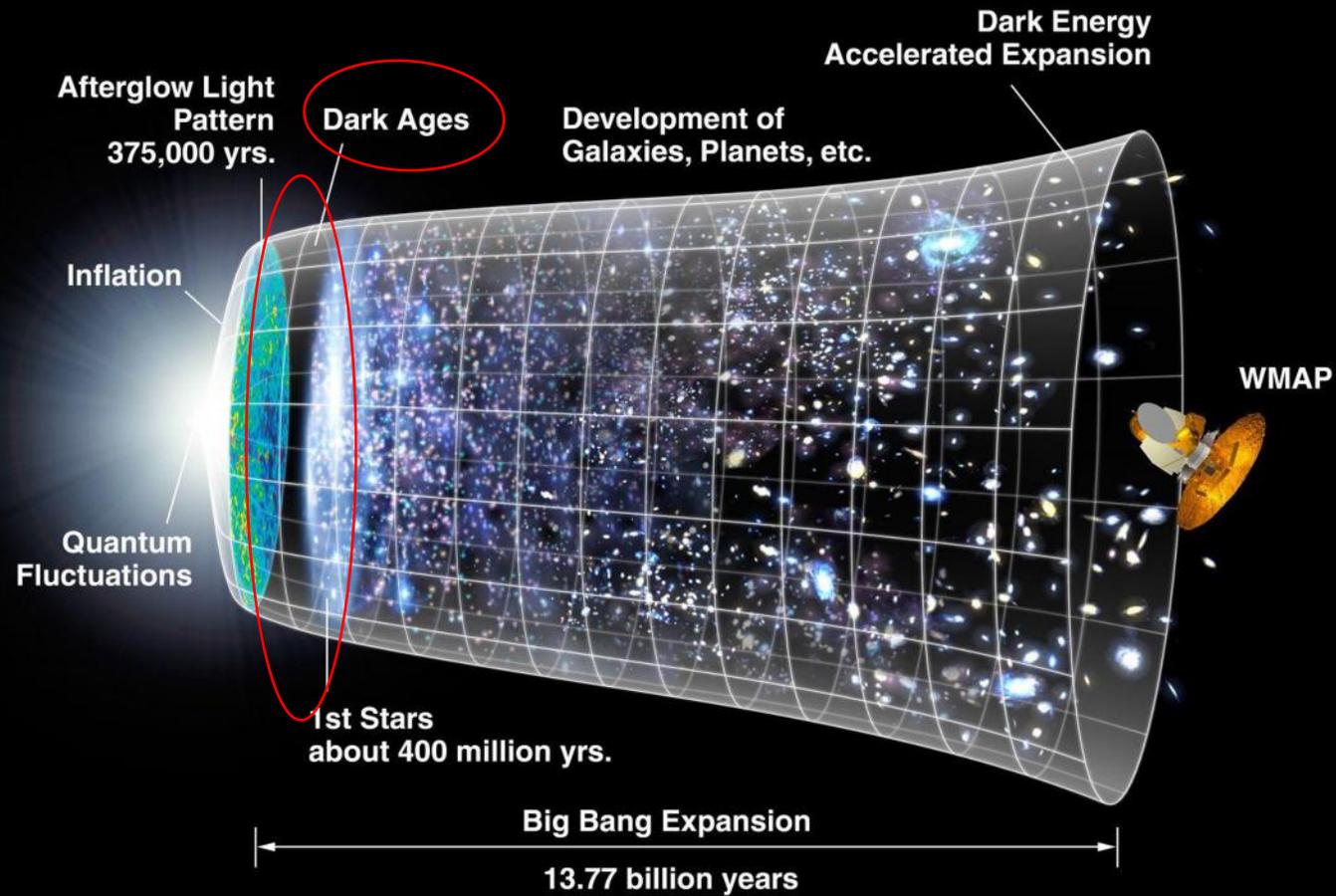
2020: SA PRIMU PINTADURA DE SU STAMPU NIEDDU M87A SU CENTRU DE SA GALÀSSIA (TRUMA) VIRGO A (SA PRUS ACANTA DE NOSU, A 56 MIL DE AL) – CREDITS EVENT HORIZON TELESCOPE COLLABORATION



2022: SA PINTADURA DE STAMPRU NIEDDU SAGITARIUS A* A SU CENTRU DE SA BIA DE SA PALLA – CREDITS EVENT HORIZON TELESCOPE COLLABORATION

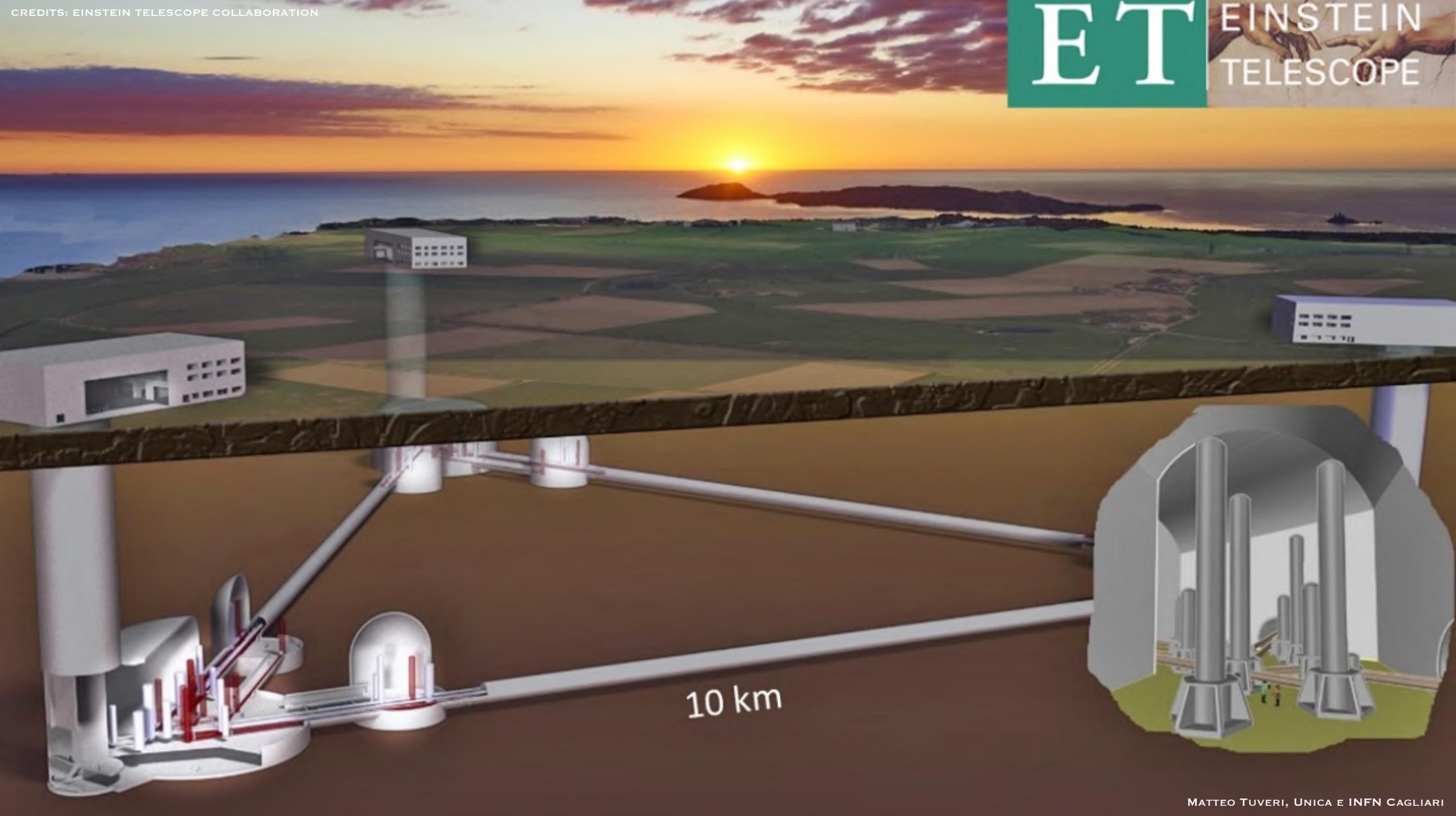
«ASCURTAI» A S'UNIVERSU
CUN IS UNDAS GRAVITATZIONALIS





ET

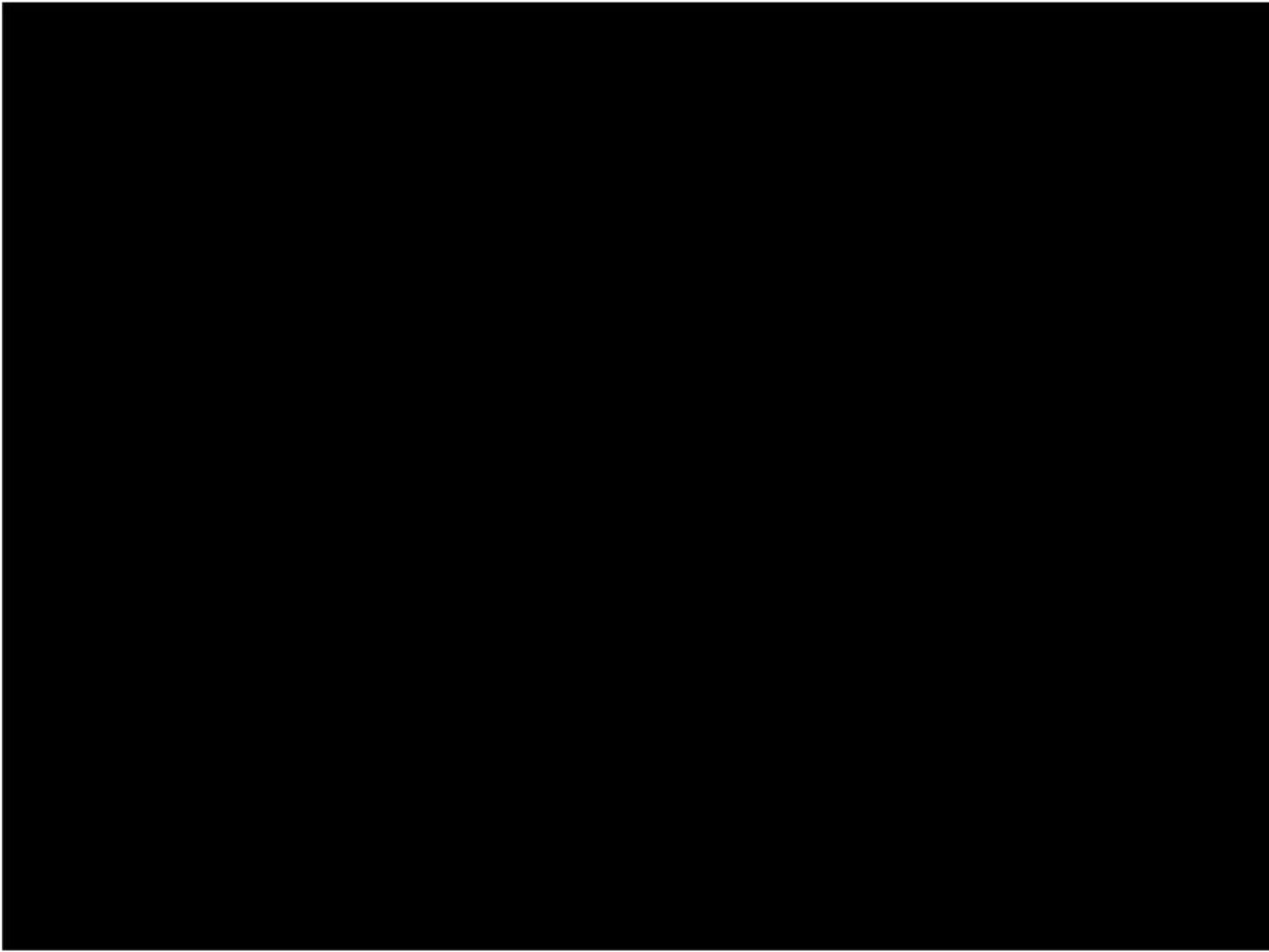
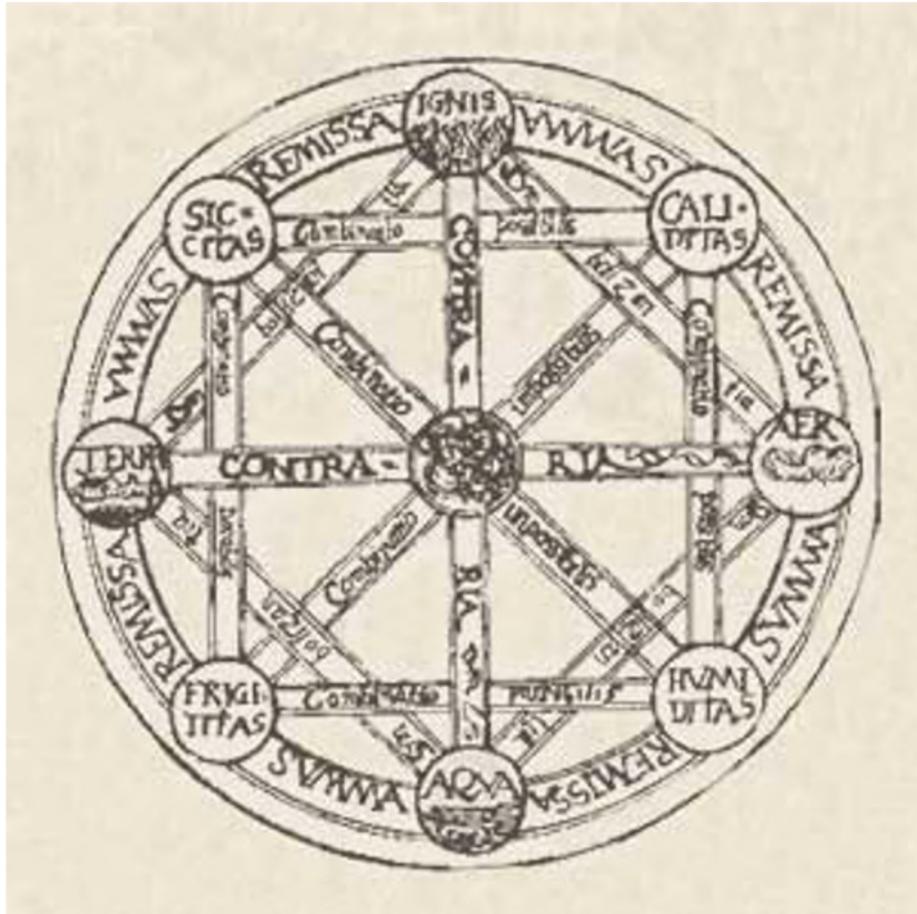
EINSTEIN
TELESCOPE



10 km



CUMENTI EST FATA SA MATÈRIA?



Aristotele, is elementus

CUANTUS

UNDA O PARTICELLA?

Unda
Sighis su tempus
Sighis su bentu

Mi ndi scidu
Mi torrat su suidu
E pensu a su chi sciu

Andas e torras
De su mari a sa terra
Atòbiu chentza 'e gherra

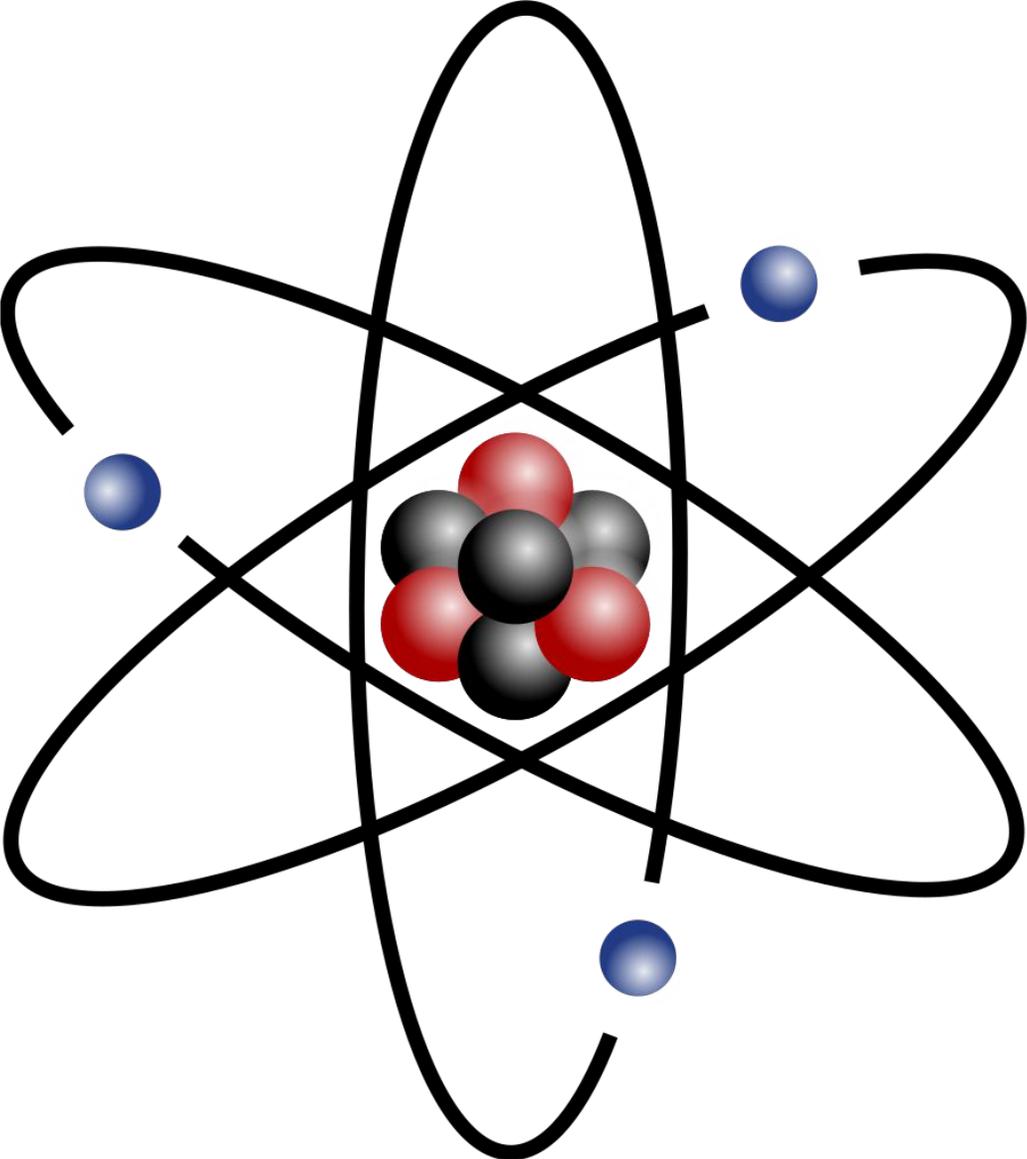
Sa natura est spantosa
E no est una cosa sola:
Est unda e particella de sa primu ora

Particella
Invisibili e pitichedda
Lèbia ca una mancosedda

Ferris ma no feris
Passas in giassus
Lassas arrastus

Unda o particella?
Prus nci pensu
E prus mi calat sa callella





SA MECÀNICA CUANTÍSTICA

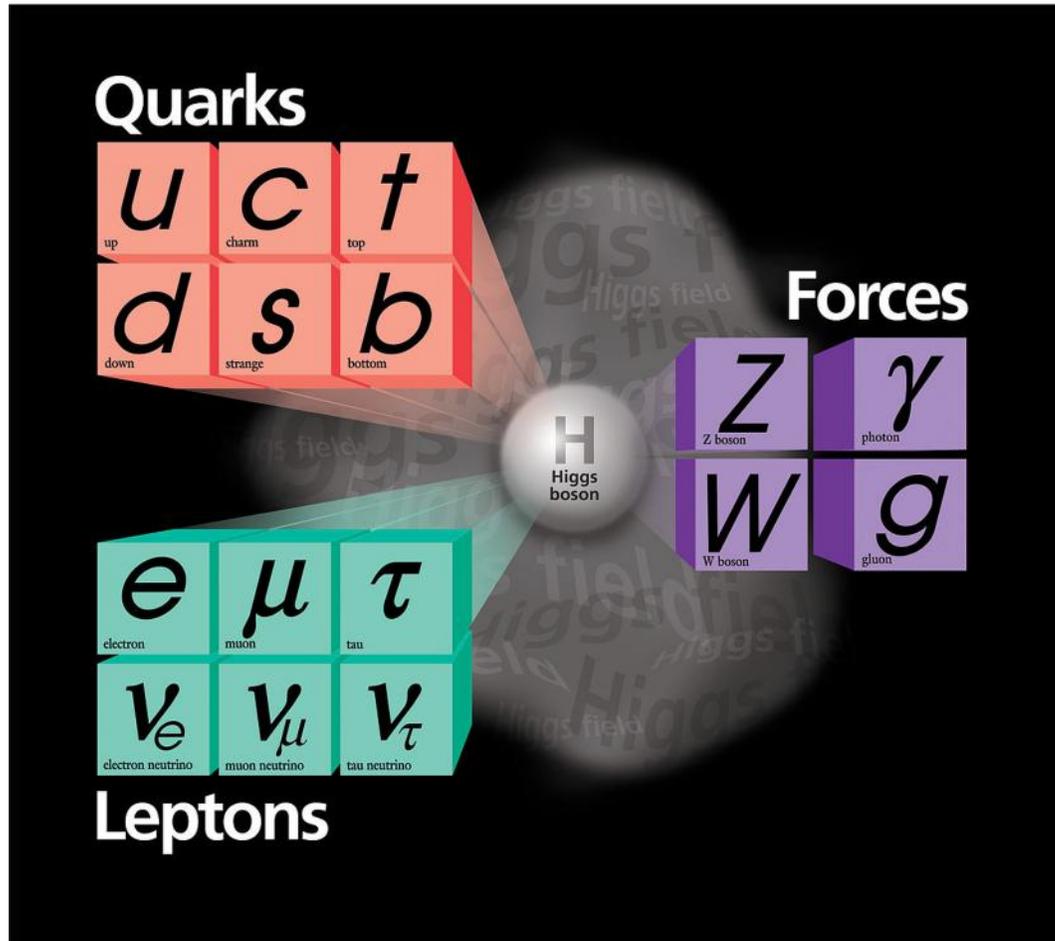
Sa natura est cuantística

“Sa natura est cuantística. Sa natura est ita?” Po cumprendi su sensu de custus fueddus, si tocat a imperai unu pagheddu de imaginatzioni. Candu naraus ca sa natura est cuantística, fueddaus asuba de su chi sutzedid in su mundu de is cosas piticas meda, mannas sa de unu miliardesimu de parti de metru e calincuna cosa de mancu puru. Provaus a si ddu imaginai a beru custu mundu. Mi praxit a pentzai chi siat cumentis a una spiàgia: biu de parti de susu e de atesu meda, parrit totu paris, chentza de imperfetzionis. Ma acosta acosta, si nd’acataus chi est fata de perdixedda, de uncueddus piticus chi totus impari faint sa spiàgia etotu. Custa est sa matèria: de atesu, parrit una cosa sola, ma chi castiaus in profundidadi, si ndi acataus chi est fata de unu muntone de “cuantus”.

Su “cuantu” est una cantidadi pretzisa de matèria chi format totu su chi podeus biri e tocai cun is manus nostas. A sa scièntzia chi st. diat is piessinnis de is cuantus ddi naraus “mecànica cuantística” o “mecànica de is cuantus”.

Is cuantus funt sa rapresentatzioni fìsica de is matonis fundamentalis de sa matèria: protonis, eletronis, neutronis (chi totus impari cumponint s’àtomu) funt unu esèmpiu de custu mundu cuànticu. Cali piessinnis tenint custus cuantus? Si ddu nau contendi-sì. unu esperimentu chi s’at amostau una de is ainas prus spantosas de su mundu cuant. sticu.

SU MODELLU STANDARD DE IS PARTICELLAS



Modello standard

Standard Model of Elementary Particles

		three generations of matter (fermions)			Interactions / force carriers (bosons)	
		I	II	III		
QUARKS	mass charge spin	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$	0 0 1	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$ 0 0
		u up	c charm	t top	g gluon	H higgs
		d down	s strange	b bottom	γ photon	
LEPTONS		$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$	0 1	
		e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
		$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$	+1 1	
		ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	

GAUGE BOSONS VECTOR BOSONS

SCALAR BOSONS

Pisiteddu Pisiteddu

Su “pisitu de Schrödinger” est unu paradossu de sa mecànica cuantistica pentzau de su fìsicu Erwin Schrödinger a printzìpiu de su Noixentus (1935). Est unu esèmpiu de cuddus chi ddis nant “esperimentus de conca” o “a conca a sola” (“esperimento mentale”, in italianu), unu traballu de conca innui sa cumprensioni de certus fenòmenus fìsicus ndi podit arribai sceti cun s’imaginationi e su arrexonamentu, chentza de podi fai diaderus unu esperimentu in d-unu laboratòriu. Su contu de su pisitu narat chi su chi est mannu su de unu milioni o de unu miliardu de partis de unu metru (cumentu a is particellas o a is àtomus etotu) si cumporat in d-una manera differenti meda de su chi est mannu sa de centu parti de unu metru, o de calincunu metru o, po fintzas, de calincunu chilometru.

Duncas, contras a su chi acadessit a una bòcia o a nosu etotu candu si frimaus in d-unu logu, una particella cuantistica si podit agatai in duus (o prus) logus diferentis in su matessi tempus. Po essi prus pretzistus, sa particella tenit una probabilitadi de essi in duus logus diferentis in su matessi tempus. E intzandus, ita sutz.dit chi custa esperièntzia cuantistica dda fadeus bivi a unu pisitu, scedau, ca de siguru no ddi custumat meda a essi una cosa cuantistica?

Pisiteddu Pisiteddu

Si ddu narat Schrödinger: bosatrus pigai unu pisiteddu e provai a nci ddu ponni aintru de una scàtula. Inguni aintru, su pisitu podit agatai unu pratu cun calincuna cosa de papai, mancai alluada. Serrai beni sa scàtula, su pisitu no ndi depit bessiri. Sigumenti sa scàtula est serrada, bosatrus no podeis sciri chi su pisitu apat papau o no apat papau de su pratu e, duncas, no podeis sciri chi issu est biu o mortu.

Po sa mecànica cuantistica, aintru de sa scàtula e in dònna momentu, issu podit essi biu e mortu in su matessi tempus. Totu custu est contras a su chi podeus nai nosu cun sa esperièntzia cosa nosta (ca su pisitu o est biu o est mortu). S'ùnica manera po scoberri ita est acadèssiu a su pisitu, est de aberri sa scàtula. Po nosu, ca no seus cuantisticus, custa faina iat a bolli nai a cumprèndi su chi est sutzèdiu aintru de sa scàtula, po biri chi su pisitu apat papau de su pratu alluau (est mortu) o no dd'apat fatu (est biu). In su mundu cuantisticu, invècias, dònna faina fata in pitzus de su sistema chi seus studiendi modìficat su sètiu de su sistema etotu e, duncas, sa probabilidadi de essi una cosa o un'atra.

Aberrendi sa scàtula, nosu decideus s'acunnortu de su pisitu, traghendiddu o a sa morti o a sa vida.

Pisiteddu Pisiteddu

Pisiteddu pisiteddu

Imui fadeus unu gioghiteddu

Unu gioghiteddu eus a fai

Ajò ca andaus a si spassiai

Beni, intra in custu logu

Unu logu meda strintu

Strintu at a essi custu logu?

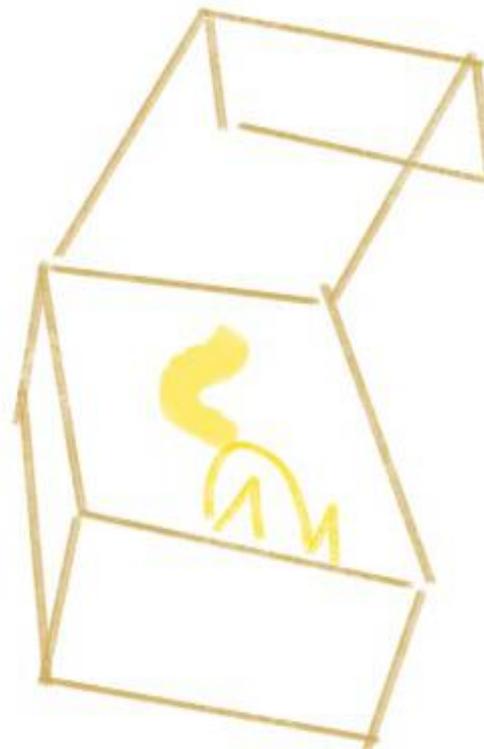
A bellu a bellu ti nci bogu

Innui est su pisiteddu?

Su pisiteddu s'est cuau

Su pisiteddu si nci est andau

Su pisiteddu m'at frigau



3 - A GIOGAI CUN SA FÌSICA

Is fueddus de oi

spaziotempo

filastrocche

amalgamare

fantasticare

sardo

metafore

orbita (elettronica)

visione

esperimenti

unità

rivelazione

velocità

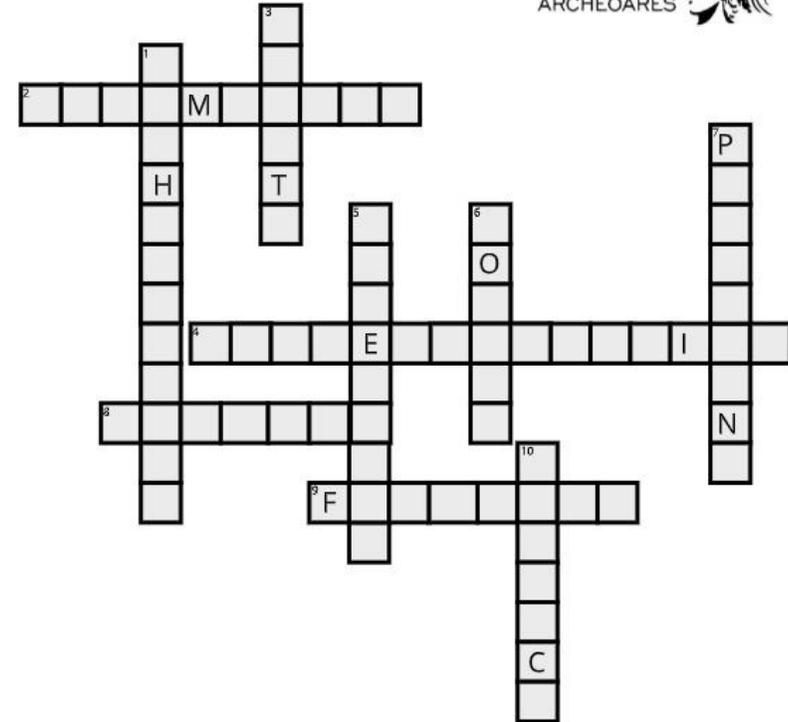
crea-attività

PARTI SA DE TRES
GIOGAUS CUN SA SCIÈNTZIA

Matràcara fìsica

Rompicapo fisico

Cruciverba



- 1 L'autore del Giudizio universale.
- 2 Nei suoi dipinti frutta e verdura.
- 3 L'autore del cerchio perfetto.
- 4 La sede del moderno Conclave.
- 5 Nome di una nota pittrice italiana emulatrice di Caravaggio.
- 6 Straordinari costruttori di strade e aeroporti.
- 7 Il monumento simbolo della Grecia.
- 8 Realizzò un David.
- 9 Nella "Scuola di Atene" Raffaello ha dipinto i più famosi...
- 10 Quelli di Ravenna sono tra i più famosi.

Ita si tocat a fai

- Scioberai unu o prus fueddus
- Scriei sa definitzioni de su fueddu segundis de su sentidu cosa bostra
- Su circadori ndi pinnigat totus is definitzionis paris cun is fueddus
- Bosatrus depeis intzertai su fueddu chi torrat paris cun sa definitzioni

BONA FÍSICA!

Gràtzias