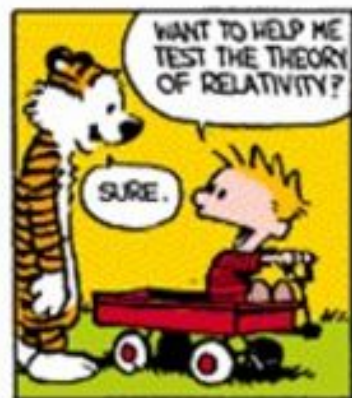

Physics Education

Laboratory

Lecture 22

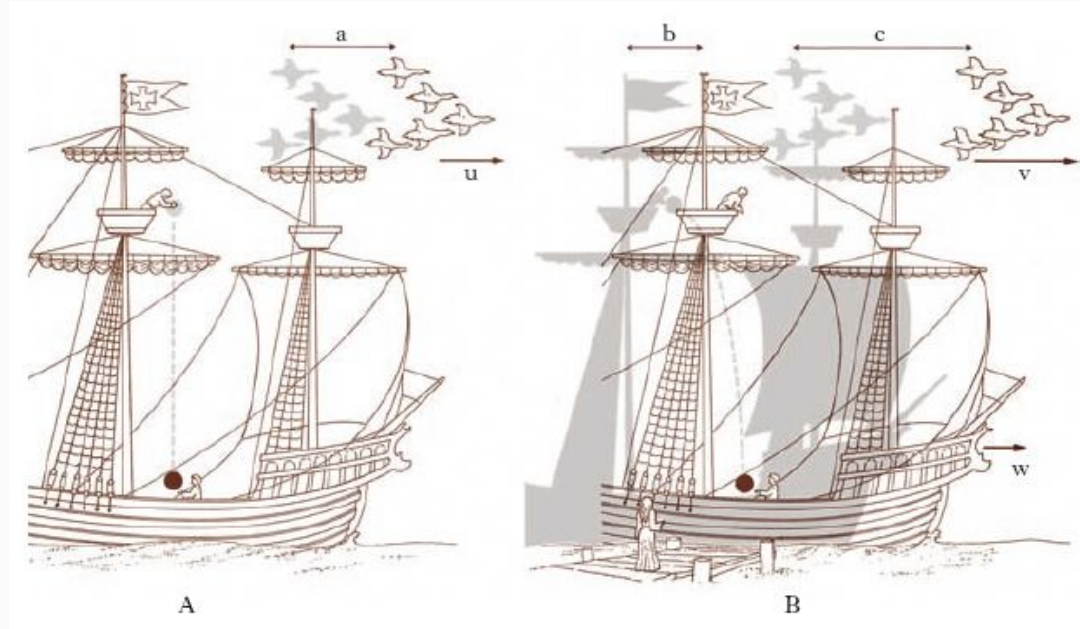
Content Knowledge for Special (and General) Relativity and Modern Physics

Francesco Longo • 21/12/2021



Key concepts in Relativity

- System of reference
- Measure of Time and Distance
- Inertial systems
- Relativity principle
- The postulates
- The interval
- Measures of time “and” space ..



Key concepts in Relativity

- The postulates

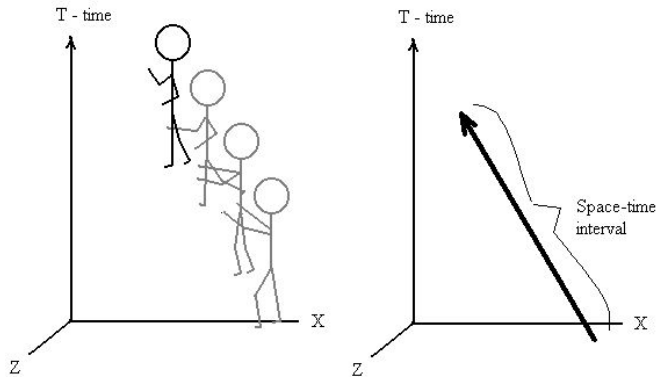
Postulates of Special Relativity

- The Relativity Postulate
 - The laws of physics are the same in **every** inertial reference frame
- The Speed of Light Postulate
 - The speed of light in a vacuum, measured in **any** inertial reference frame, **always** has the same value of c , no matter how fast the source of light and the observer are moving relative to each other.

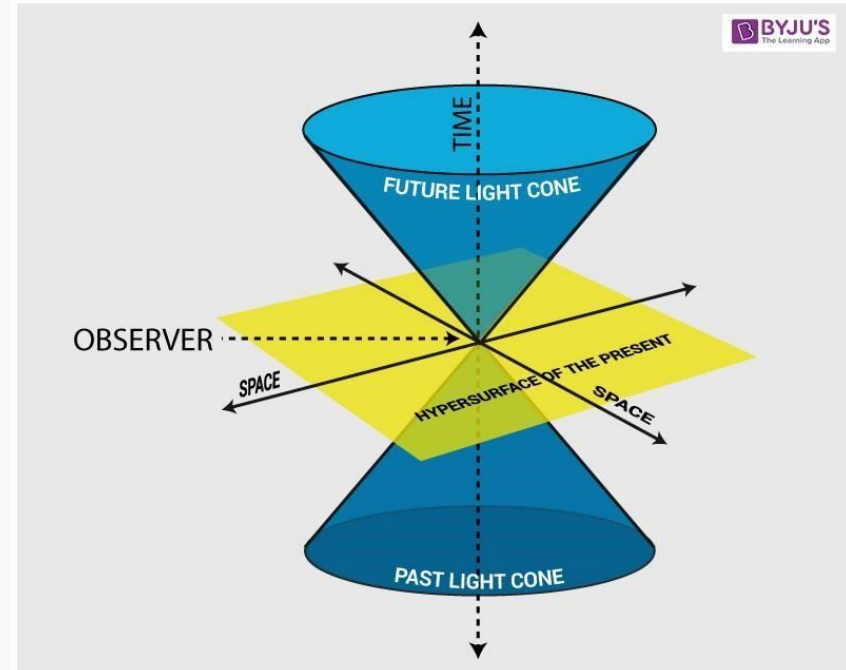
Key concepts in Relativity

- The interval

Figure 3: The invariant space-time interval.

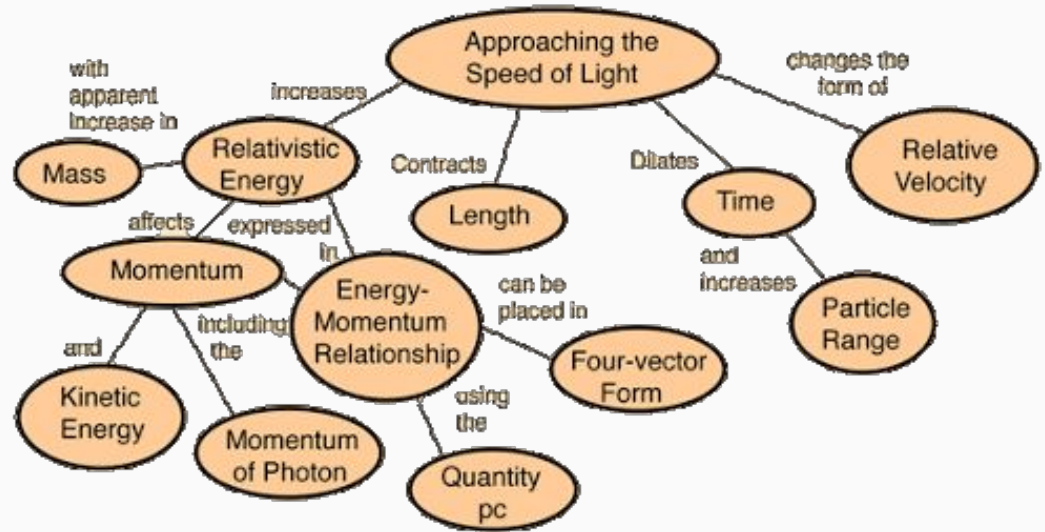
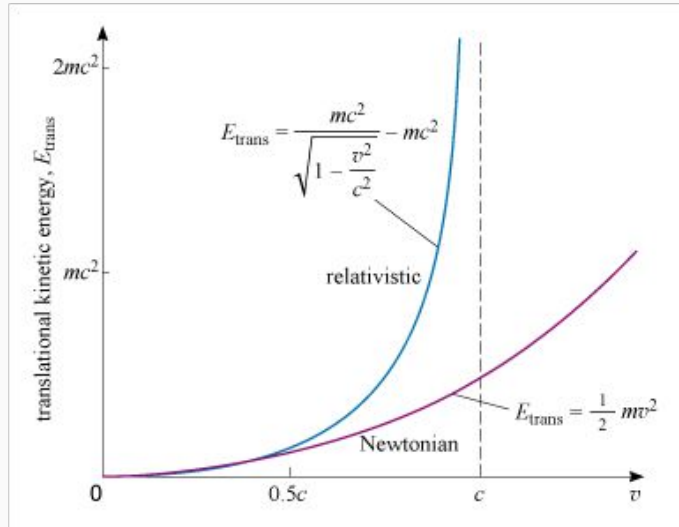


Motions can be represented as lengths spanning both space and time in a coordinate system. These lengths are called **SPACE-TIME INTERVALS**. Time can be considered to be yet another direction for arranging things. This suggests that the universe could be four dimensional. If the universe is truly four dimensional then space-time intervals would be invariant when things move.



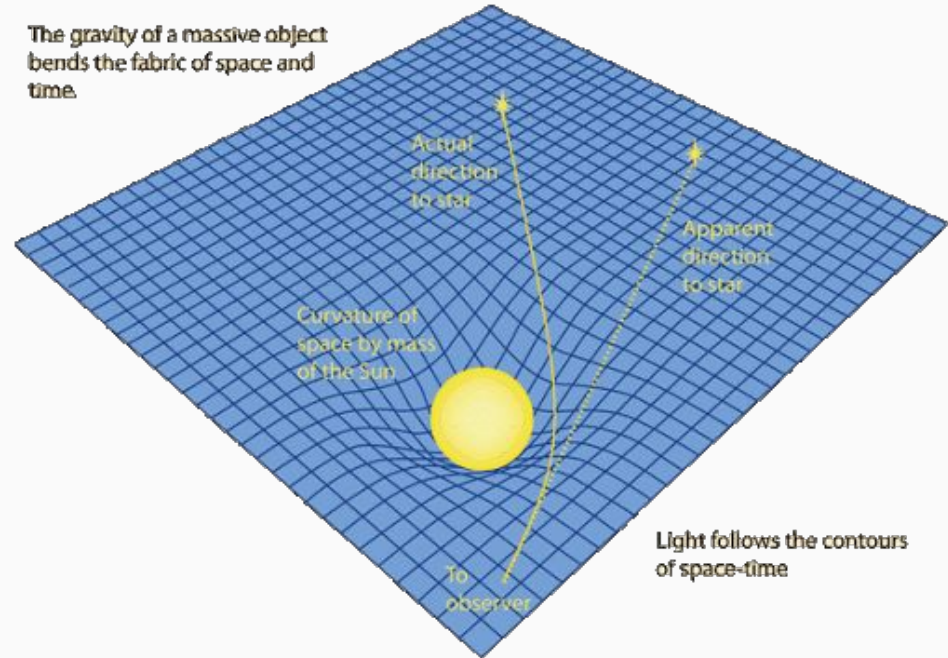
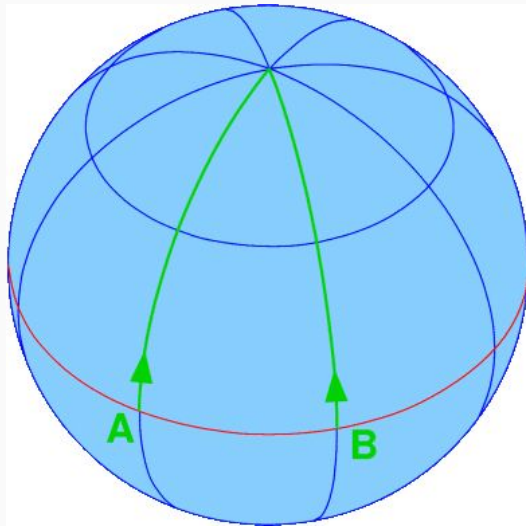
Key concepts in Relativity

- Energy and mass



Key concepts in General Relativity

- The space time
- The Fermat principle ...



Example

<https://arxiv.org/pdf/1704.02058.pdf>

Teaching Einsteinian Physics at Schools: Part 1, Models and Analogies for Relativity

Tejinder Kaur¹, David Blair¹, John Moschilla¹, Warren Stannard¹ and Marjan Zadnik¹

¹*The University of Western Australia, 35 Stirling Highway, Crawley, WA 6009, Australia.*

E-mail: tkaur868@gmail.com

Abstract

The Einstein-First project aims to change the paradigm of school science teaching through the introduction of modern Einsteinian concepts of space and time, gravity and quanta at an early age. These concepts are rarely taught to school students despite their central importance to modern science and technology. The key to implementing the Einstein-First curriculum is the development of appropriate models and analogies. This paper is the first part of a three-paper series. It presents the conceptual foundation of our approach, based on simple physical models and analogies, followed by a detailed description of the models and analogies used to teach concepts of general and special relativity. Two accompanying papers address the teaching of quantum physics (Part 2) and research outcomes (Part 3).

Keywords: Einsteinian physics, models, analogies, relativity, curriculum, Einstein-First.

da LE INDICAZIONI NAZIONALI....

“Il percorso didattico comprenderà le conoscenze sviluppate nel XX secolo relative al microcosmo e al macrocosmo, accostando le problematiche che storicamente hanno portato ai nuovi concetti di spazio e tempo, massa ed energia. L'insegnante dovrà prestare attenzione a utilizzare un formalismo matematico accessibile agli studenti, ponendo sempre in evidenza i concetti fondanti.

Lo studio della teoria della relatività ristretta di Einstein porterà lo studente a confrontarsi con la simultaneità degli eventi, la dilatazione dei tempi e la contrazione delle lunghezze; l'aver affrontato l'equivalenza massa-energia gli permetterà di sviluppare un'interpretazione energetica dei fenomeni nucleari (radioattività, fissione, fusione).”

LA RELATIVITÀ RISTRETTA NEI LIBRI DI TESTO

La *scaletta* della tradizione didattica *a la Resnick*

- Situazione di fine '800 (esperimento di Michelson-Morley)
- La relatività come la teoria che ha permesso di risolvere i problemi aperti di fine '800
- I postulati e le sue conseguenze (effetti relativistici)
- Prove sperimentali e applicazioni tecnologiche

Scaletta

Pluralità di analisi di un tipico libro di testo con diversi criteri:

- "occhio piccolo –occhio grande" (analisi di comprensione interna del testo)
- Lenti della ricerca in Didattica della fisica (e quelle della storia – la memoria di Einstein; analisi da fuori)
- Lenti delle grandi domande di senso (quale contributo ha dato la relatività ristretta al dibattito sui concetti di spazio e tempo in fisica? - analisi da fuori)

Un aspetto critico/curioso

Nel corso degli anni la tradizione didattica ha progressivamente “asciugato e semplificato” la trattazione originale di Einstein.

La ricerca in Didattica della Fisica ha mostrato quanto tali “semplificazioni” abbiano snaturato l’approccio, non solo impoverendone il significato e la portata culturale, ma anche rendendolo “intrinsecamente incomprensibile” (la perdita di *dettagli critici* - Viennot).

**L'approccio di Resnick non è l'unico possibile
ed è il risultato di precise scelte di tipo
epistemologico e didattico**

Approccio di Resnick (1968)

Approccio di tipo “storico” e di stampo empirista (l’esperimento come argomento principe per dare credibilità alla teoria)

Riferimento principale: l’approccio di Einstein (1905)

Linguaggio algebrico
(basato sulle trasformazioni di Lorentz)

Enfasi sugli aspetti di continuità tra la dinamica relativistica e quella classica (SdR inerziali; massa-energia-quantità di moto)

Approccio di Taylor & Wheeler (1965)

Approccio di tipo “a-storico” e di stampo razionalista (la coerenza logica come argomento principe per dare credibilità alla teoria)

Riferimento principale: l’approccio di Minkowski (1908)

Linguaggio geometrico
(basato sulla geometria spaziotemporale di Minkowski)

Enfasi sugli aspetti di rottura della dinamica relativistica rispetto a quella classica e enfasi sulla continuità tra relatività ristretta e relatività generale. (SdR inerziali; massa-energia-quantità di moto)

I DUE POSTULATI
E
IL PROBLEMA DI CONFRONTARE
LE MISURE EFFETTUATE DA OSSERVATORI SITUATI IN DIVERSI
SISTEMI DI RIFERIMENTO INERZIALI

Problema

E' possibile confrontare misure di intervalli temporali e
lunghezze effettuate in diversi Sistemi di Riferimento
Inerziali?

accettando le definizioni operative date di tempo e di lunghezza
e
applicando i due principi della RR
è possibile
ma
“le misure non coincidono”

**DAI POSTULATI
AGLI
EFFETTI RELATIVISTICI**

**La relatività della simultaneità
La dilatazione del tempo
La contrazione delle lunghezze**

Possibili strade rispettose dell'approccio di Einstein ma diverse sul piano didattico:

1. Algebrica: “introduzione” delle trasformazioni di Lorentz e deduzione formale degli effetti relativistici (Einstein, Resnick)
2. “Concettuale-immaginativa”: gli effetti relativistici come risultati di esperimenti mentali (il ruolo della luce nelle misure di spazio e tempo e il vincolo in natura dell'esistenza di una velocità limite e invariante)

I due postulati

“Esempi di questo tipo, uniti ai tentativi falliti di rilevare un qualche movimento della Terra rispetto al “mezzo luminifero”, portano a ipotizzare che anche i fenomeni elettrodinamici, come quelli meccanici, non possiedano proprietà corrispondenti al concetto di quiete assoluta. Anzi, come già stato mostrato per quantità del prim'ordine, le stesse leggi dell'elettrodinamica e dell'ottica saranno valide per tutti i sistemi di coordinate nei quali valgono le equazioni della meccanica. **Eleveremo questa congettura (il cui contenuto, d'ora in poi, sarà chiamato “principio di relatività”) al rango di postulato;** introdurremo, inoltre, un altro postulato, solo all'apparenza incompatibile col precedente, cioè **che la luce nello spazio vuoto si propaghi sempre con una velocità determinata V ,** indipendente dallo stato di moto del corpo che la emette.” (Einstein, 1905)

“Questo concetto [di “simultaneo”] non esiste per il fisico, finché non gli sia possibile scoprire se esso sia o non sia soddisfatto in un caso reale. Ci è necessaria, quindi, una definizione di simultaneità capace di fornirci i mezzi con i quali, nel caso concreto, si possa decidere mediante l’esperienza se entrambi i segnali luminosi avvengono simultaneamente. Finché questa condizione non è soddisfatta, io mi lascio ingannare, come fisico (e lo stesso vale anche se non sono un fisico), se ritengo di poter attribuire un significato alla nozione di simultaneità.”

Einstein, 1916, *Relatività: esposizione divulgativa e scritti classici su Spazio Geometria Fisica*, Bollati Boringhieri, Torino (ed. 1994).

LA PROSPETTIVA “OPERAZIONISTA”

In generale, per concetto noi non intendiamo altro che un gruppo di operazioni [...]: Se il concetto è fisico, come nel caso della lunghezza, le operazioni sono effettivamente operazioni fisiche, cioè quelle mediante cui si misura la lunghezza”

Bridgman P.W., *La Logica della Fisica Moderna*, Boringhieri,
1927

Il dibattito su Spazio e tempo: sostanzialismo e relazionismo



Spazio e tempo intesi come oggetti
fisici dotati di sostanzialità

(contenitori)

**'SPAZIO E TEMPO
SOSTANZIALI'**

Epicuro, Lucrezio

Newton

Minkowski

Wheeler

Spazio e tempo intesi come costruzione della
mente umana per "capire" il mondo naturale

(insieme di relazioni formali)

**'SPAZIO E TEMPO
RELAZIONALI'**

Aristotele

Cartesio, Leibniz, Mach

Einstein, Poincaré

Weinberg, Sciama

La prospettiva sostanzialista

"[...] gli elementi di base o primitivi delle nostre teorie sono di due tipi: spazio-tempo e sua struttura geometrica; e campi materiali – distribuzioni di materia, carica, ecc. – che rappresentano i processi fisici e gli eventi che avvengono nello spazio-tempo. Le nostre teorie cercano di spiegare e prevedere le proprietà dei processi e degli eventi materiali mettendoli in relazione alla struttura geometrica entro cui sono 'contenuti'. In questa trattazione noi prenderemo esplicitamente gli enti geometrici come primitivi e definiamo gli enti osservativi in termini di quelli."

(Friedman, 1983)

L'operazionismo come scelta didattica

da Resnick: "Introduzione alla relatività ristretta"

La relatività dice semplicemente che il moto relativo degli eventi e dell'osservatore influenza il procedimento di misura degli intervalli di lunghezza e di tempo:

"La relatività è una teoria della misura e il moto influenza le misure"

Aspetti caratterizzanti e pregi:

- la "concretezza" del dare **definizioni operative**;
- la semplicità del **linguaggio algebrico**;
- il fascino e il "potere persuasivo" degli **esperimenti mentali**;
- il piacere intellettuale di sovvertire il senso comune: il ruolo centrale degli **effetti relativistici**;
- Il fascino per la figura di **Einstein**.

Capire l'interpretazione operazionista: aspetti delicati

- Frammentare l'esperienza in "eventi" misurabili;
- Rinunciare all'idea di spazio e tempo come contenitori "sciolti da tutto il resto e tra di loro";
- Abbandonare una visione "newtoniana" della realtà.



Difficoltà cognitive (Posner et al., 1982)

- Risuonare "epistemologicamente" con l'operazionismo.



***Perplexità epistemologiche
Limiti disciplinari: la sottovalutazione del ruolo e del
significato della geometria quadridimensionale***

L'approccio "geometrico" come scelta didattica

Taylor e Wheeler: "La fisica dello spaziotempo"

Fabri: "Per un insegnamento moderno della Relatività"

Aspetti caratterizzanti e pregi

- Eleganza del linguaggio **geometrico quadridimensionale**;
- Efficacia del potere di sintesi della geometria, evidenziando gli aspetti di **invarianza** (effetti relativistici come particolari proiezioni della realtà nel tempo e nello spazio);
- Potenzialità nel creare una forte **continuità tra la relatività ristretta e generale**

Capire l'interpretazione geometrica: aspetti delicati

- rischio di astrattezza e di far prevalere gli aspetti formali rispetto a quelli fenomenologici;
- ipoteche nella comprensione dei testi che seguono un approccio "operazionista";
- rischio di "cortocircuiti" che impediscono di sottolineare gli aspetti di rottura della RR



Difficoltà cognitive

- Risuonare epistemologicamente con l'approccio geometrico



Perplessità epistemologiche verso visioni "assolute"

Dalle interpretazioni alle proposte didattiche

*Tradizioni
didattiche*

“operazionista”

“geometrica”



Radici storiche

Einstein, 1905

Minkowski, 1908

“Sull’ elettrodinamica
dei corpi in
movimento”

“Spazio e tempo”

*Concezioni di
spazio (e tempo)
presupposte*

“spazio e tempo come
relazioni tra eventi o
oggetti”

“spazio-tempo
come contenitore”

Implicazioni per l'insegnamento

La molteplicità degli approcci per "comprendere"

"L'uso di una molteplicità di approcci può rappresentare uno strumento potente per affrontare concezioni sbagliate, preconcetti e stereotipi degli studenti. Finché un concetto o un problema verrà affrontato da un'unica prospettiva o da un solo punto di vista, quasi certamente gli studenti se ne faranno un'idea quanto mai rigida e limitata. Al contrario, adottare nei confronti di un fenomeno tutta una gamma di atteggiamenti diversi vorrà dire incoraggiare lo studente a conoscere quel fenomeno da diversi punti di vista, a mettere a punto una molteplicità di rappresentazioni e a cercare di metterle in rapporto tra loro"

(Gardner H. (1991), *Educare al comprendere*, Feltrinelli, Milano.)

Dipartimento di Fisica

La relatività ristretta ai tempi del COVID-19

V. BOLOGNA, A. FRONTINO CRISAFULLI, F. LONGO*, G. TURRI

* francesco.longo@ts.infn.it

<https://www.sif.it/attivita/congresso/106/inviti/sezione7>

La motivazione della ricerca

L'insegnamento della Fisica

- Molti argomenti compressi in poco tempo
- Utilizzo dei libri di testo
- Carenza di esercizi 'a step'
- Come realizzare il laboratorio?

La necessità di una integrazione disciplinare

- La pregnanza del linguaggio matematico
- Non solo formule ...
- Il legame con la realtà fisica
- Saper passare da un linguaggio ad un altro ..
Non solo "vocabolario" ...
- Esempi non "fantascientifici" ..

I testi storici

QUANDO LA FISICA PARLAVA TEDESCO

(ALCUNE MEMORIE DI UN'EPOCA)

S.Antoci, 2003

Relatività ed elettromagnetismo

1

A. Einstein, L'elettrodinamica dei corpi in movimento, Zur Elektrodynamik bewegter Körper, Ann. d. Phys. **17**, 891-921 (1905).

3

tradotte da Salvatore Antoci
ricercatore del C.N.R. presso l'Unità I.N.F.M. di Pavia

Hermann Minkowski

Space and Time

Minkowski's Papers on Relativity

Translated by Fritz Lewertoff and Vesselin Petkov

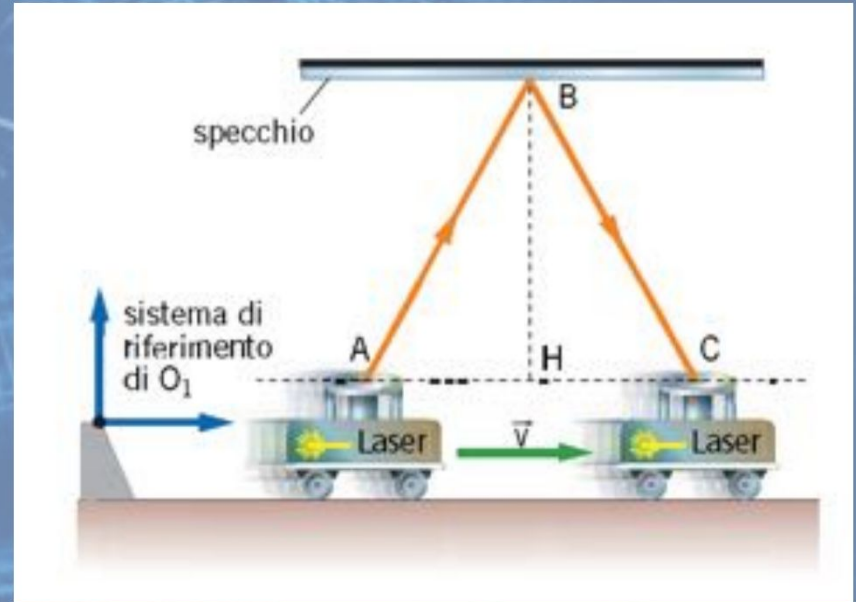
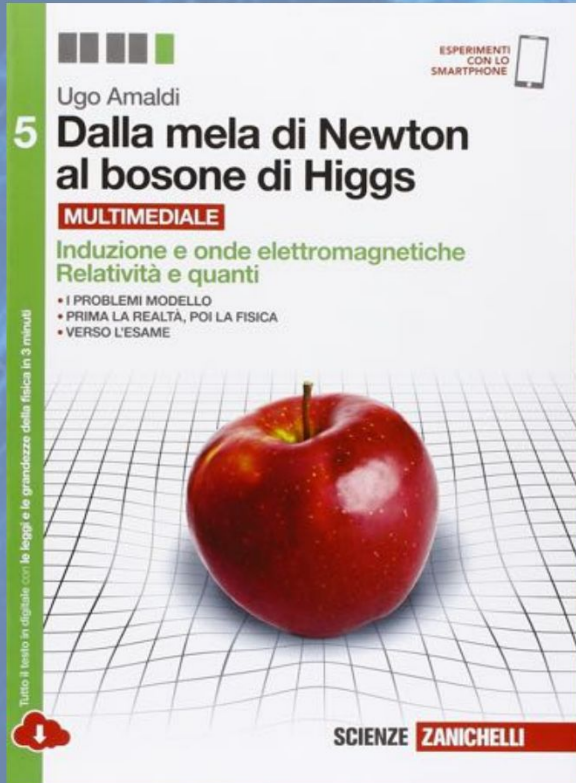
Edited by Vesselin Petkov

Free version

2012

<https://www.sif.it/attivita/congresso/106/inviti/sezione7>

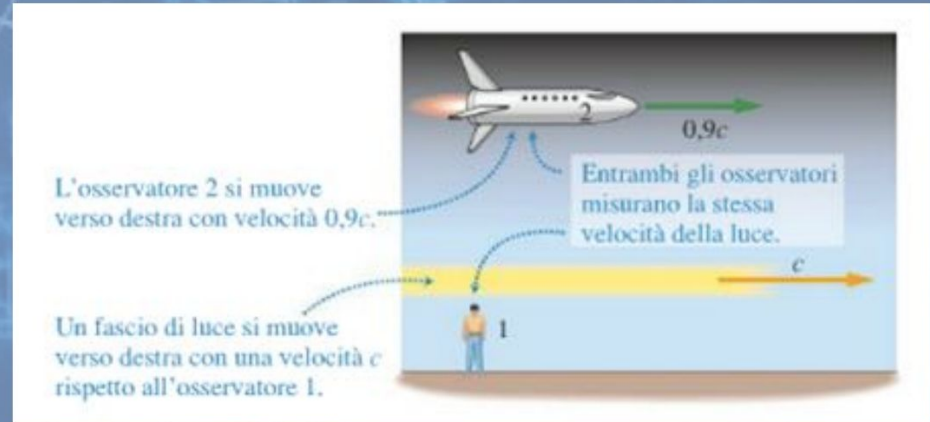
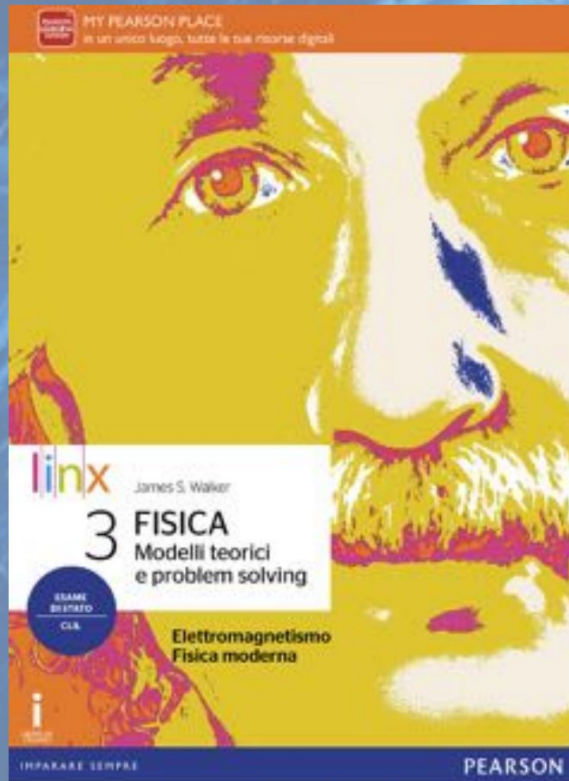
La relatività nei libri di testo



<https://www.sif.it/attivita/congresso/106/inviti/sezione7>

U. Amaldi, Dalla mela di Newton al Bosone di Higgs, 2016

La relatività nei libri di testo



<https://www.sif.it/attivita/congresso/106/inviti/sezione7>

J.S.Walker, Fisica. Modelli teorici e problem solving, 2018

Il problema delle *grandezze proprie*

Tempo proprio

Intervallo di tempo tra due eventi misurati da un osservatore che li vede accadere nello stesso luogo

Lunghezza propria

Distanza tra due punti misurata da un osservatore che li vede fermi

Conferiscono validità alle leggi di dilatazione del tempo e di contrazione delle lunghezze:

- La misura di un intervallo di tempo è dilatata di un fattore γ solo rispetto al tempo proprio
- La misura di una lunghezza è contratta di un fattore γ solo rispetto alla lunghezza propria

Nei libri di testo:

- Le leggi vengono espresse prescindendo dalle grandezze proprie e ricavate in contesti particolari
- Notazione di tipo circostanziale e riferita agli osservatori
- Le grandezze proprie vengono trattate in maniera qualitativa
- Non vengono riformulate le leggi mediante notazione adeguata per caratterizzare le grandezze proprie

Il percorso didattico

- Valutare la risposta degli studenti davanti ai cambiamenti concettuali che la teoria della relatività ristretta impone;
- Sondare l'efficacia didattica dell'approccio tradizionale alla Resnick e quindi valutarne vantaggi e limiti;
- Individuare le difficoltà degli studenti davanti ai concetti di sistema di riferimento e osservatore;
- Migliorare gli approcci didattici alle nozioni di tempo proprio e lunghezza propria;
- Analizzare le strategie di problem solving adottate da studenti che si confrontano con esercizi riguardanti la dilatazione del tempo, la contrazione delle lunghezze e la composizione relativistica delle velocità;
- Indagare sulla possibilità di svolgere un percorso interdisciplinare tra matematica e fisica nell'ambito della relatività ristretta;
- Sperimentare l'efficacia di strumenti online per la didattica a distanza nell'ambito dell'insegnamento della fisica.

PRIMA PARTE (introduzione alla relatività)
<https://teacher.desmos.com/activitybuilder/custom/5e6fb26adf6ec40af800f6c7>

SECONDA PARTE (la dilatazione dei tempi)
<https://teacher.desmos.com/activitybuilder/custom/5e7b671044315b0bbee44414>

TERZA PARTE (la contrazione delle lunghezze e la composizione delle velocità)

<https://teacher.desmos.com/activitybuilder/custom/5e84b3057a7a9f0c3d1b6d0c>

<https://forms.gle/WgJ9xoMcYncHThrx7>

Esercizio 1. Un'astronave che si allontana dalla Terra alla velocità di $0,75c$ lancia una sonda nella direzione opposta al suo moto, cioè verso la Terra.

- a. Per un osservatore sull'astronave il lancio della sonda dura 10 s. La durata del lancio della sonda misurata da un osservatore sulla Terra sarà minore, maggiore o uguale? Calcola il suo valore.
- b. La velocità della sonda rispetto all'astronave è di $0,40c$. Qual è la velocità della sonda rispetto alla Terra?
- c. La lunghezza propria della sonda lungo la direzione del suo moto è 13 m. La lunghezza della sonda misurata da un osservatore sulla Terra sarà minore, maggiore o uguale? Calcola il suo valore.

<https://docs.google.com/document/d/1cFcAlZpMmssc0GDL8zBTRiZW8MPfrSWqyItWXRtdBzs/edit?usp=sharing>

«Nessun altro problema scientifico ci affascina più di quello della natura dello spazio e del tempo. È normale che sia così, perché questi due concetti formano il palcoscenico su cui si dipana la trama del cosmo. L'intera nostra esistenza, tutto ciò che facciamo, pensiamo e proviamo, si verifica in una determinata regione dello spazio in un determinato intervallo di tempo; eppure la scienza non è ancora riuscita a svelare che cosa siano con esattezza spazio e tempo: **sono due entità fisiche reali o semplicemente utili semplificazioni concettuali?**».

(B. Greene, La trama del cosmo, 2004)

Student understanding of time in special relativity: simultaneity and reference frames

Rachel E. Scherr, Peter S. Shaffer, and Stamatis Vokos
Department of Physics, University of Washington, Seattle, WA

This article reports on an investigation of student understanding of the concept of time in special relativity. A series of research tasks are discussed that illustrate, step-by-step, how student reasoning of fundamental concepts of relativity was probed. The results indicate that after standard instruction students at all academic levels have serious difficulties with the relativity of simultaneity and with the role of observers in inertial reference frames. Evidence is presented that suggests many students construct a conceptual framework in which the ideas of absolute simultaneity and the relativity of simultaneity harmoniously co-exist.



[Home](#) > [American Journal of Physics](#) > [Volume 84, Issue 5](#) > [10.1119/1.4938057](#)



Open . Published Online: 20 April 2016 Accepted: November 2015

Visualizing relativity: The OpenRelativity project

American Journal of Physics **84**, 369 (2016); <https://doi.org/10.1119/1.4938057>

Zachary W. Sherin, Ryan Cheu^{a)}, and Philip Tan

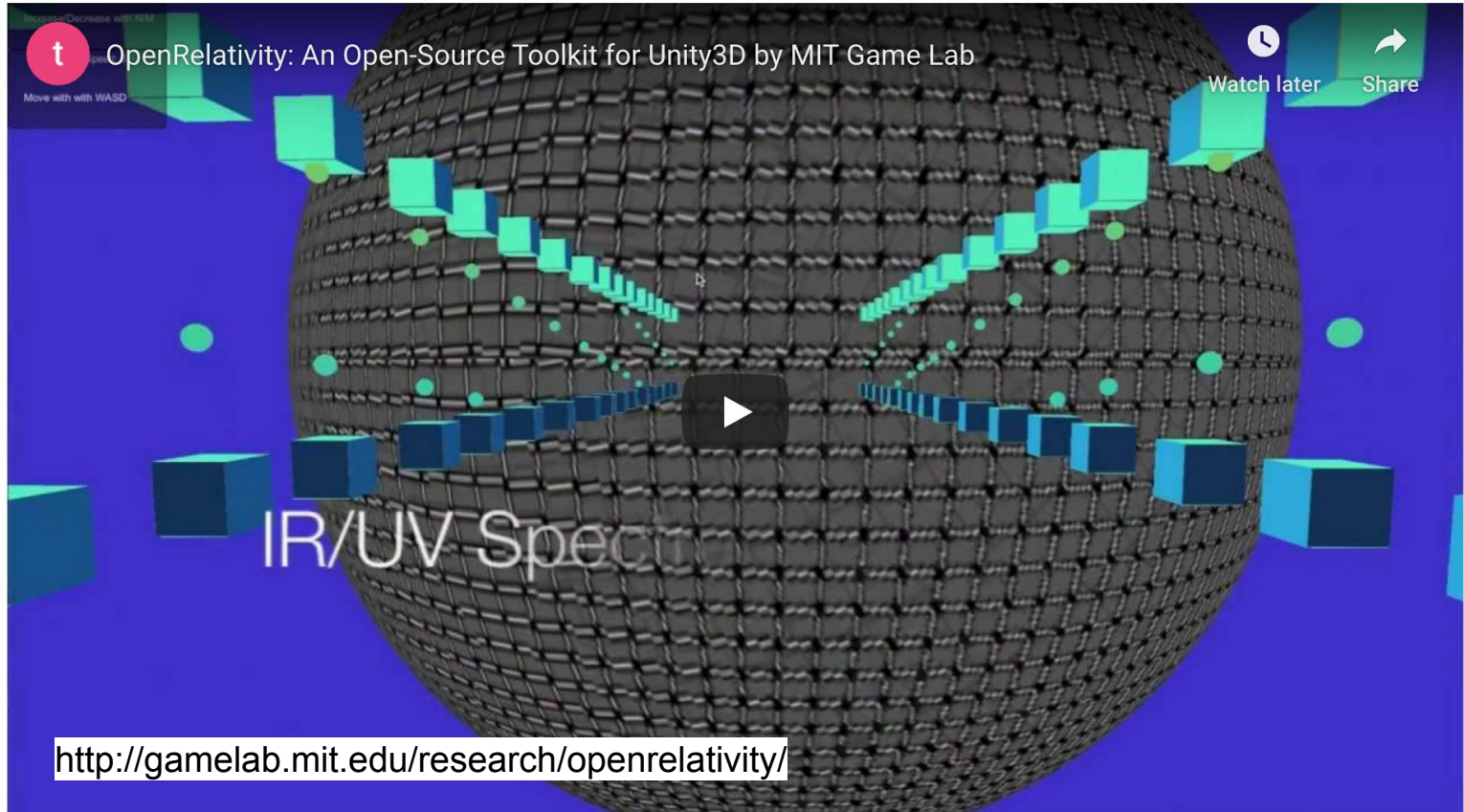
• Game Lab, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts 02139

Gerd Kortemeyer^{b)}

more...

OpenRelativity

2012-2013: Gerd Kortemeyer, Philip Tan, Zach Sherin, Ryan Cheu, Steven Schirra & Sonny Sidhu



<http://gamelab.mit.edu/research/openrelativity/>

Relativity visualized

Space Time Travel

[Next](#) [Prev](#) [Home](#)

Visualization of the theory of relativity.

Online papers, images, movies and paper models by [Ute Kraus](#) and [Corvin Zahn](#) (Institut für Physik, Universität Hildesheim, Germany).

This is an English version of the German site

www.tempolimit-lichtgeschwindigkeit.de

Relativity visualized

The theory of relativity holds a certain fascination for many people. At the same time it is often regarded as very abstract and difficult to understand.

Part of the difficulties in understanding relativity are due to the fact that relativistic effects contradict everyday experience. Motion, for example, is a familiar process and everybody "knows from experience" that it entails neither time dilation nor length contraction. A flight with half the speed of light could correct this misjudgement but is not on offer.

A possible alternative are simulations. Images, films and virtual reality let us in a sense experience relativistic flights, gravitational collapse, compact objects and other extreme conditions.

<https://www.spacetime.travel/>

General relativity in upper secondary school: Design and evaluation of an online learning environment using the model of educational reconstruction

Magdalena Kersting,^{*} Ellen Karoline Henriksen, Maria Vetleseter Bøe, and Carl Angell

Department of Physics, University of Oslo, P.O. Box 1048 Blindern, 0316 Oslo, Norway



(Received 27 September 2017; revised manuscript received 3 April 2018; published 25 May 2018)

Because of its abstract nature, Albert Einstein's theory of general relativity is rarely present in school physics curricula. Although the educational community has started to investigate ways of bringing general relativity to classrooms, field-tested educational material is rare. Employing the model of educational reconstruction, we present a collaborative online learning environment that was introduced to final year students (18–19 years old) in six Norwegian upper secondary physics classrooms. Design-based research methods guided the development of the learning resources, which were based on a sociocultural view of learning and a historical-philosophical approach to teaching general relativity. To characterize students' learning from and interaction with the learning environment we analyzed focus group interviews and students' oral and written responses to assigned problems and discussion tasks. Our findings show how design choices on different levels can support or hinder understanding of general relativity, leading to the formulation of design principles that help to foster qualitative understanding and encourage collaborative learning. The results indicate that upper secondary students can obtain a qualitative understanding of general relativity when provided with appropriately designed learning resources and sufficient scaffolding of learning through interaction with teacher and peers.

TABLE I. Science content structure: Key features of general relativity.

Conceptual foundation	<p>The principle of equivalence:</p> <ul style="list-style-type: none">- In small enough regions of spacetime, the laws of physics reduce to those of special relativity. In particular, this implies that locally there is no way to distinguish between the effect of a gravitational field and of being in a uniformly accelerated reference frame. <p>Reference frames and the principle of relativity:</p> <ul style="list-style-type: none">- One can only define inertial frames locally.- An inertial system is defined as a system in free fall.- All reference frames are equivalent to formulate the laws of physics. <p>Spacetime and curvature:</p> <ul style="list-style-type: none">- Gravity is not a force, but a manifestation of the curvature of spacetime.- Energy and momentum influence spacetime to create curvature.- Free particles move in straight paths in curved spacetime.
Relativistic phenomena	<p>Gravitational bending of light:</p> <ul style="list-style-type: none">- Massive objects deflect light. <p>Gravitational red shift:</p> <ul style="list-style-type: none">- The frequency of light is influenced by gravity.- Light that moves away from a massive body is redshifted. <p>Gravitational time dilation:</p> <ul style="list-style-type: none">- A gravitational field influences the rate at which time passes.- The farther a clock is away from a source of gravitation, the faster the time passes.

TABLE II. Students' learning challenges in GR according to the literature.

General challenges	Specific challenges
GR builds on an advanced level of mathematics.	Students struggle with the definition of reference and inertial frames.
GR requires a lot of background knowledge, in particular special relativity.	Students struggle with the role of observers in different reference frames.
Students have no direct experience of relativistic phenomena.	Students struggle to apply the principle of equivalence.
The nature of relativistic phenomena seems to be counterintuitive to learners.	Students cannot connect the equality of inertial and gravitational mass to the principle of equivalence and generally fail to see the difference between inertial and gravitational mass.
Preexisting ideas stemming from classical physics hinder understanding of GR.	Students take the Euclidean nature of our universe for granted.
Students struggle to accept the implications of GR even when they have understood the basic principles of the theory.	

TABLE III. GR content structure for instruction specified by learning goals.

Content	Learning goals
Introduction	<p>Describe general relativity as a new theory of gravity.</p> <p>Explain how the fact that Newton's force of gravity acts instantaneously contradicts Einstein's claim that nothing can move faster than the speed of light.</p>
The principle of equivalence	<p>Use the fact that locally it is impossible to distinguish between a gravitational field and a uniform acceleration and/or between free fall and the absence of a gravitational field to explain how acceleration and gravity are equivalent phenomena.</p>
Reference frames and principle of relativity	<p>Describe an inertial reference frame as a reference frame in free fall.</p> <p>Explain that the laws of physics take the same form in all reference frames.</p>
Relativistic phenomena (bending of light, gravitational redshift, time dilation)	<p>Give examples of phenomena that are predicted by GR but not by Newton's theory of gravity.</p> <p>Describe how light travelling through the gravitational field of the sun is deflected and use the principle of equivalence to explain why this is predicted by GR.</p> <p>Describe how time goes slower close to massive objects and use the principle of equivalence to explain why this is predicted by GR.</p> <p>Explain how light that moves away from a gravitational source is redshifted and light that moves towards a gravitational source is blueshifted.</p>
Spacetime and curvature	<p>Explain how general relativity is a theory describing the relationship between space, time, and gravity.</p> <p>Describe our universe as having three spatial and one temporal dimension.</p> <p>Explain that gravity is not a force, but a geometric phenomenon.</p> <p>Describe how mass curves spacetime and how curvature influences the movement of mass.</p>

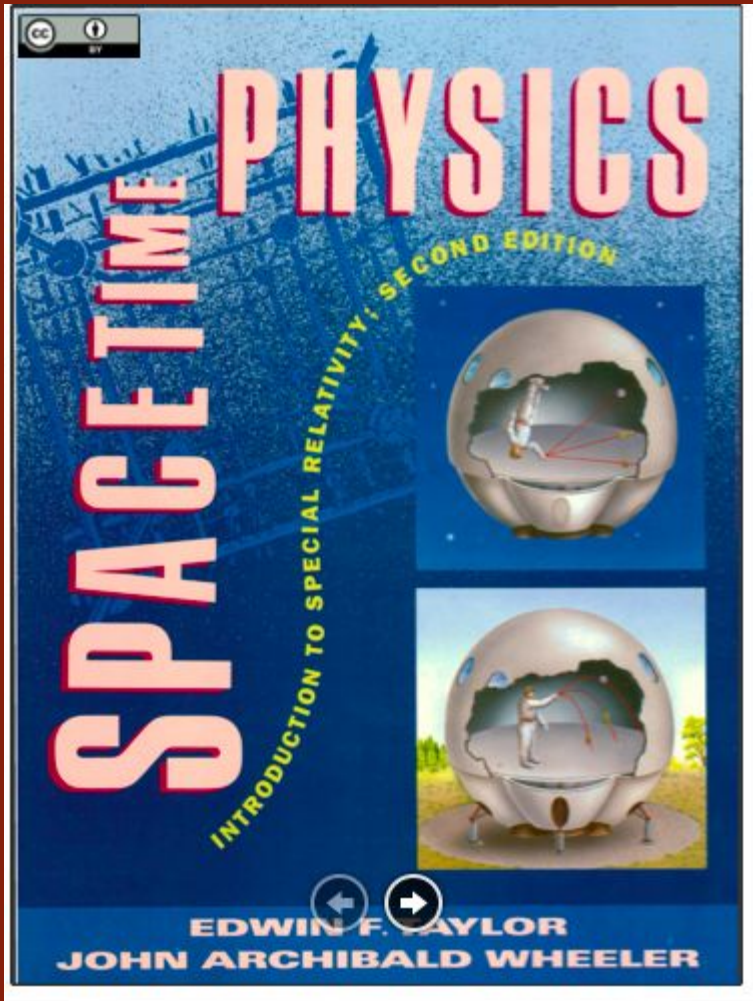
TABLE IV. Design hypotheses for design of learning resources.

Design hypotheses	
DH1	Students can grasp central ideas in GR qualitatively without advanced mathematics by relying on geometric ideas.
DH2	Thought experiments, analogies and visualizations of relativistic phenomena foster understanding in GR.
DH3	Emphasizing the break of relativistic with classical physics helps students to overcome their classical preconceptions.
DH4	Recalling background knowledge in special relativity allows students to align relativistic ideas from special relativity with general relativity.
DH5	Linking abstract topics to students' everyday life motivates and fosters understanding in GR.
DH6	Students are generally motivated by topics in relativistic physics, such as black holes and spacetime.
DH7	Use of language and talking physics facilitates understanding of abstract concepts in GR.
DH8	Students are interested in the historical development of GR and its philosophical implications.

TABLE V. Empirically based design principles for learning resources in GR.

Basic principles and specific features

1. Emphasize how GR relates to and sometimes breaks with classical physics.
 - (a) Present the need for a new theory of gravity by showing that special relativity and classical mechanics are irreconcilable.
 - (b) Present relativistic phenomena such as gravitational bending of light and time dilation to show that GR extends the scope of classical physics.
 - (c) Point out how the definition of inertial frames in GR differs from similar notions in special relativity and classical mechanics. Ask students to apply the abstract definition of an inertial frame to specific problems.
 - (d) Show that there exist concepts in GR that are NOT relative, such as the notion of inertial reference frames, to help students connect relativistic ideas to their classical understanding of physics.
 2. Link key concepts of GR to students' life worlds to counteract the lack of experience with relativistic phenomena.
 - (a) Use everyday examples to illustrate relativistic ideas and to enable students to connect GR to their everyday life. GPS technology can exemplify gravitational time dilation and the geometry of world maps can illustrate motion in curved spaces.
 - (b) Use thought experiments as educational tools to help students understand abstract concepts in GR. Thought experiments that illustrate free fall and weightlessness are particularly successful when explaining the principle of equivalence.
 - (c) Use analogies with caution. State shortcomings of analogies explicitly to prevent the formation of misconceptions. In particular, explain how the rubber sheet analogy oversimplifies the notion of curved spacetime.
 - (d) Use visualizations in the form of digital simulations and animations to introduce students to relativistic concepts and to prevent the formation of misconceptions.
 3. Draw on students' prevailing motivation and interest to introduce key concepts in GR.
 - (a) Use astronomical phenomena to engage students. Gravitational lensing around black holes can illustrate gravitational bending of light and curvature of spacetime. Thought experiments involving spaceships can illustrate the principle of equivalence.
 - (b) Present GR in light of its historical development. The solar eclipse in 1919 can serve as historical example for an experimental verification of GR. Relate Einstein's quest to find a new theory of gravity to abstract descriptions of GR.
 - (c) Emphasize epistemological aspects of GR and explain how Einstein's new interpretation of space, time, and gravity has shaped our worldview.
 - (d) Present GR as an active field of research by referring to the recent observation of gravitational waves.
 4. Invite students to use written and oral language to facilitate understanding of abstract concepts in GR.
 - (a) Give students the opportunity to "talk physic" with their peers by using discussion tasks that probe conceptual understanding of key concepts in GR.
 - (b) Ask students to summarize their understanding of key concepts in written exercises to let them practice the use of new physics vocabulary.
 - (c) Use plenary discussions guided by the teacher to consolidate understanding of GR and resolve misconceptions.
 - (d) Explain that our qualitative understanding of GR can be made rigorous by employing advanced mathematics.
-



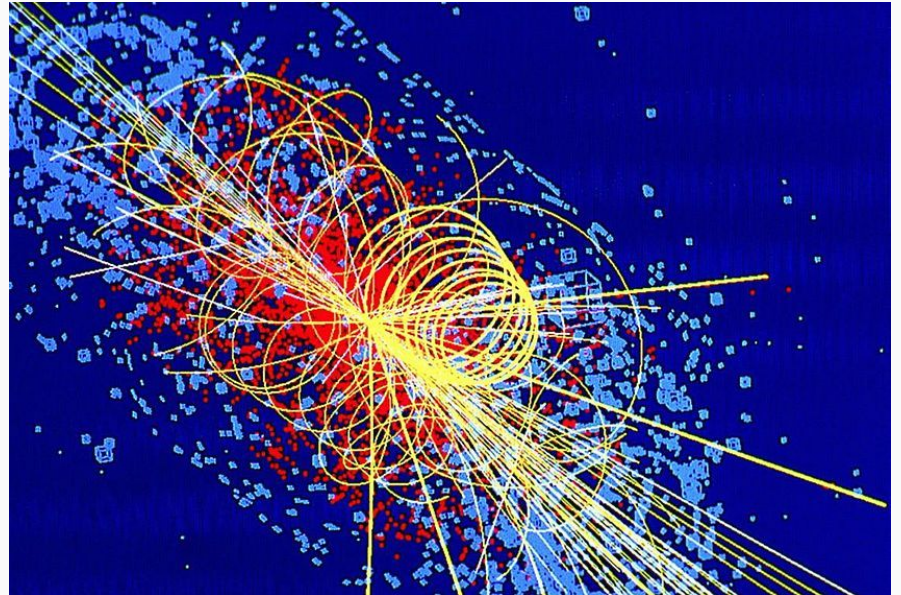
http://www.eftaylor.com/spacetimephysics/0000_spacetime_physics.pdf

And now??



PCK for modern Physics

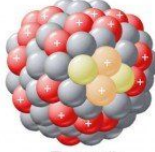
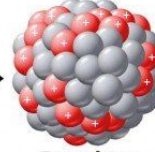


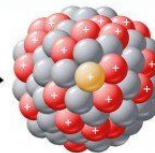


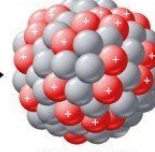

- To the infinitesimal world ...
 - Radioactivity
 - Nuclear Physics
 - Particle Physics



PCK for modern Physics

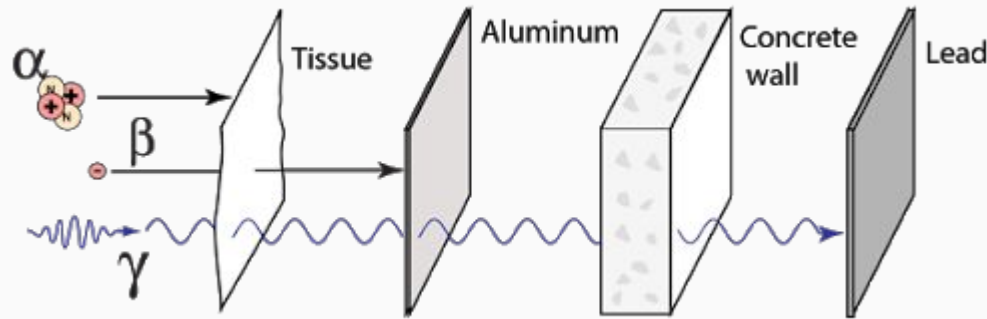
- Radioactivity



Decay Type	Generic Equation	Model		
Alpha decay	$\frac{A}{Z}X \rightarrow \frac{A-4}{Z-2}X' + \frac{4}{2}\alpha$	 Parent	 Daughter	 Alpha Particle
Beta decay	$\frac{A}{Z}X \rightarrow \frac{A}{Z+1}X' + \frac{0}{-1}\beta$	 Parent	 Daughter	 Beta Particle
Gamma emission	$\frac{A}{Z}X^* \xrightarrow{\text{Relaxation}} \frac{A}{Z}X' + \frac{0}{0}\gamma$	 Parent (excited nuclear state)	 Daughter	 Gamma ray

PCK for modern Physics

- Radioactivity



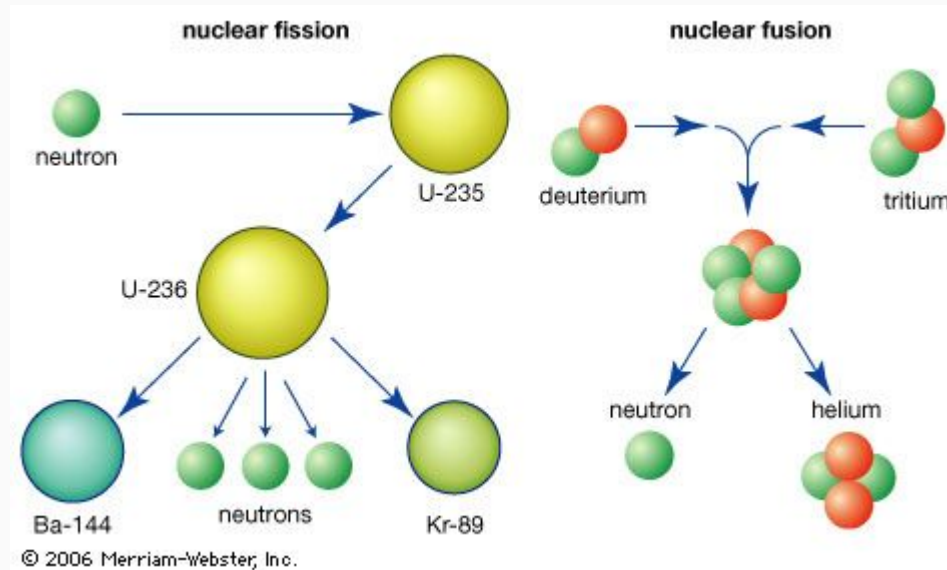
$$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$N(t) = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

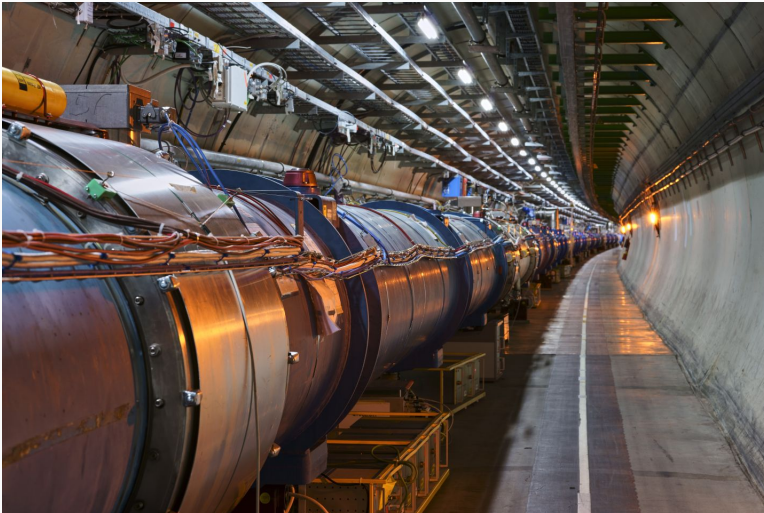
PCK for modern Physics

- Nuclear Energy



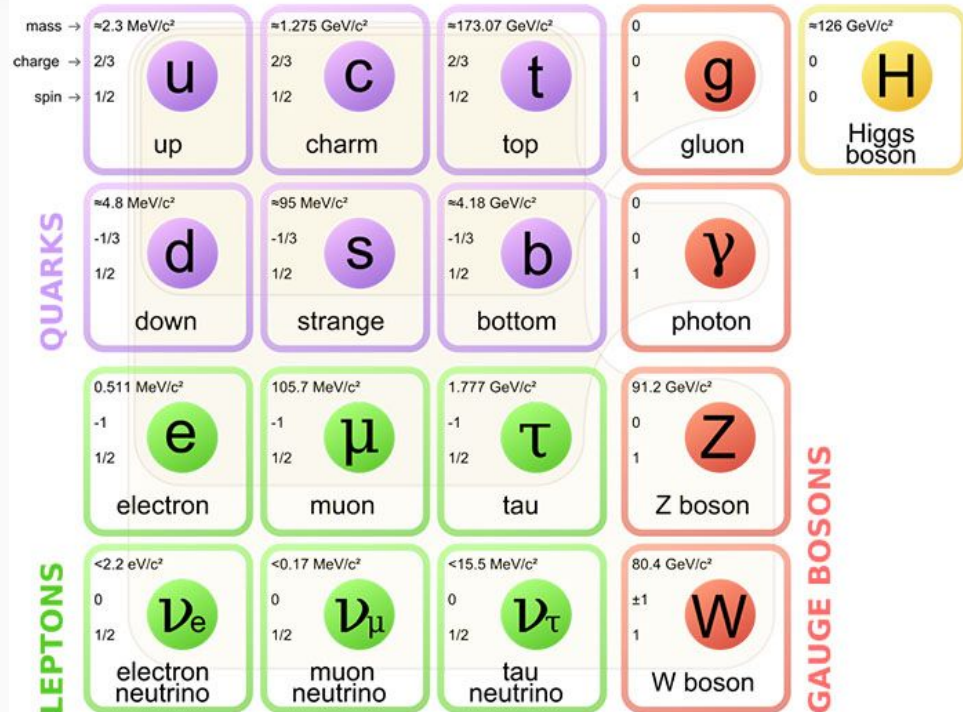
PCK for modern Physics

- The accelerators



PCK for modern Physics

- The particles ...



Materials ?

THE PARTICLE ADVENTURE
THE FUNDAMENTALS OF MATTER AND FORCE

Supported by the DOE and NSF

LANGUAGES MIRROR SITES

Android App Available now | Apple App Available now

An **award-winning** interactive tour of quarks, neutrinos, antimatter, extra dimensions, dark matter, accelerators and particle detectors from the **Particle Data Group** of **Lawrence Berkeley National Laboratory**.

Diagram showing quarks (u, d) and leptons (e).

THE STANDARD MODEL
The theory of fundamental particles and forces
GO!

HIGGS BOSON DISCOVERED: FIREWORKS ON THE 4TH OF JULY
GO!

ACCELERATORS AND PARTICLE DETECTORS
GO!


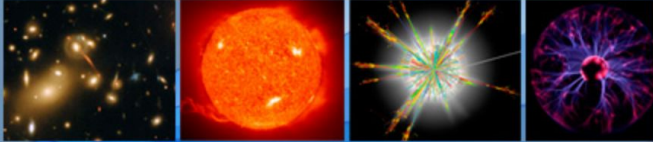
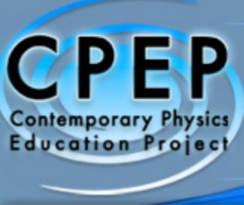
EXPLORING UNSOLVED MYSTERIES
GO!

PARTICLE DECAYS AND ANNIHILATIONS
GO!

CLASSROOM ACTIVITIES [CLICK HERE!](#)

<https://m.particleadventure.org/other/othersites.html>

Materials ?



CPEP Member Rush Holt served in US Congress 1999-2015

[Home](#) [Fundamental Particles](#) [Plasma Physics and Fusion](#) [History and Fate of the Universe](#) [Nuclear Science](#) [Gravitation](#) [Donate](#)

CPEP materials about... Fundamental particles and interactions

Classroom Activities

The Contemporary Physics Education Project has a free set of exciting classroom activities with worksheets.

This set, which has been very popular for 30 years, brings particle physics to the classroom with meaningful activities. It describes the concepts of the Fundamental Particles and Interactions chart: quarks, neutrinos, the fundamental forces, the history, as well as the design and use of particle accelerators and detectors.

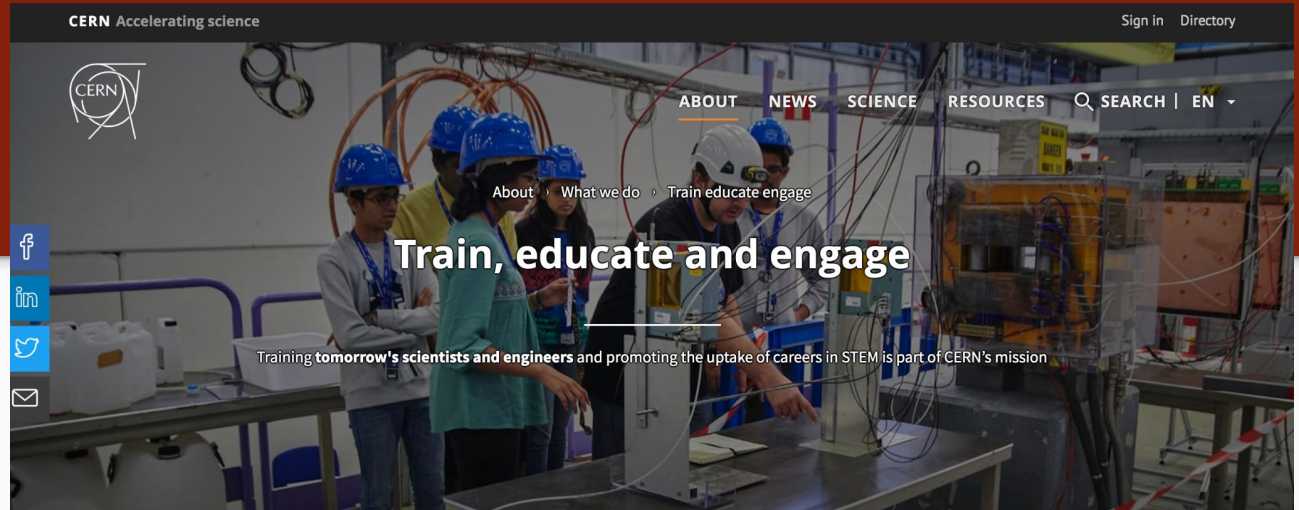
It has separate student and teacher worksheets. Teachers are encouraged to print out and reproduce these pages for classroom activities. Produced in cooperation with the U.S. Department of Energy.

New: Updated worksheets as PDF files.

[Student and Teacher Worksheets \(English\)](#)

[Student and Teacher Worksheets \(Español\)](#)

Materials ?



The founding Convention recognised the important role that CERN could play in training Europe's scientists and engineers. The Laboratory offers a unique environment for training – a rich and stimulating melting pot of people and ideas giving its young people an exceptional opportunity to hone their communication and analytical skills.

As a large accelerator laboratory, CERN relies on expertise in many engineering subjects, all of which feature in the recruitment and training programmes. There are opportunities for students in applied physics, engineering and computing to learn on the job at CERN and for technicians to train in fields at the cutting edge of technology. The comprehensive range of training schemes and fellowships attracts many talented young scientists and engineers to the Laboratory. Many go on to find careers in industry, where their experience of working in a high-tech, multi-national environment is highly valued.

Moreover, CERN's education and outreach programmes cover all ages from high-school students to university students. Specifically, CERN offers the tailor-made High-School Students Internship Programme several times per year and the Beamline for Schools Competition, challenging high-school students from around the world to propose an experiment to carry out at a real research laboratory. Indeed, of the 100 000 visitors who come to CERN each year, the majority are high-school students who also participate in a hands-on workshop in CERN's S'Cool LAB.

<https://home.cern/about/what-we-do/train-educate-engage>

Connection with Research facilities?

LINEE GENERALI E COMPETENZE

Al termine del percorso liceale lo studente avrà appreso i concetti fondamentali della fisica, le leggi e le teorie che li esplicitano, acquisendo consapevolezza del valore conoscitivo della disciplina e del nesso tra lo sviluppo della conoscenza fisica ed il contesto storico e filosofico in cui essa si è sviluppata.

In particolare, lo studente avrà acquisito le seguenti competenze: osservare e identificare fenomeni; formulare ipotesi esplicative utilizzando modelli, analogie e leggi; formalizzare un problema di fisica e applicare gli strumenti matematici e disciplinari rilevanti per la sua risoluzione; fare esperienza e rendere ragione del significato dei vari aspetti del metodo sperimentale, dove l'esperimento è inteso come interrogazione ragionata dei fenomeni naturali, scelta delle variabili significative, raccolta e analisi critica dei dati e dell'affidabilità di un processo di misura, costruzione e/o validazione di modelli; comprendere e valutare le scelte scientifiche e tecnologiche che interessano la società in cui vive.

La libertà, la competenza e la sensibilità dell'insegnante – che valuterà di volta in volta il percorso didattico più adeguato alla singola classe – svolgeranno un ruolo fondamentale nel trovare un raccordo con altri insegnamenti (in particolare con quelli di matematica, scienze, storia e filosofia) e nel promuovere collaborazioni tra la sua Istituzione scolastica e Università, enti di ricerca, musei della scienza e mondo del lavoro, soprattutto a vantaggio degli studenti degli ultimi due anni.

Visits to Museums?

museo della scienza interattivo e multimediale

IS **Immaginario scientifico**

in centrale S. science centre Trieste

Immaginario geografico

Immaginario scientifico

Immaginario didattico

Immaginario archeologico

contenuti digitali

Scienze 2021



scienze centre Immaginario scientifico

Situato nella splendida baia di Giugosano, a ridosso del Parco di Miramare di Trieste, il Science Centre Immaginario Scientifico (IS) è un museo della scienza interattivo e multimediale. Il centro adotta originali tecniche espositive e innovative metodologie di animazione didattica che lo inseriscono nella tipologia dei cosiddetti "musei di nuova generazione" - ovvero i "science centre" di scuole anglosassoni - che rivoluzionano le modalità tipiche di un museo tradizionale: da luogo deputato alla conservazione ed esposizione di reperti e vecchi strumenti, il museo si trasforma in un luogo vivo, dove il visitatore interagisce con gli oggetti presenti e con gli ambienti museali.

Il Science Centre è anche uno spazio pubblico che propone percorsi, mostre, eventi e attività volte alla diffusione della cultura scientifica e tecnologica, con particolare attenzione per i grandi temi emergenti che coinvolgono scienza e società.

Tra i principali settori caratterizzano il Science Centre:

- FENOMENA**
Un ambiente socializzato che raccoglie la collezione di esibizioni "hands-on" (partecipi interattive), organizzata secondo specifici percorsi tematici. Oggetti da manipolare e con cui giocare per avvicinarsi in modo piacevole ai fenomeni naturali e scoprire le leggi fisiche che li governano.
- KALEIDO**
Uno spazio multimediale, nel quale immergersi in mostre tematiche sempre diverse: multivisioni ad alta definizione su maxischermi, ipertesti, allestimenti interattivi. Musiche suggestive danno vita a un'originale fusione tra contenuto scientifico e coinvolgimento emotivo.
- COSMO**
Un planetario a cupola rigida che invita a scoprire le meraviglie dei moti astrali: simulazione di albe e tramonti, le costellazioni e il movimento apparente delle stelle durante la notte e le stagioni, la posizione dei pianeti nella volta celeste.

modalità di accesso

base
Science Centre Immaginario Scientifico
Via Miramare e Canale, 10
34100 Trieste (Trieste)
Tel. 0431 222211 - 0431 222212
E-mail: info@immaginoscientifico.it
www.immaginoscientifico.it

orario
dal gennaio a maggio
e da ottobre a dicembre
domenica 10.00-12.00
dal giugno a settembre:
estate e domenica 10.00-12.00

aperto su prenotazione durante il settimana
per gruppi e scuole

attività educative
2021 - 1 aprile - 12 aprile - 1 maggio - 12 agosto - 12 ottobre - 12 novembre - 28 dicembre

quanto
ingresso libero
gratuito

Ingresso Famiglie
adulto: euro 6,40
figlietto: euro 4,30
senza limiti di età

(scontato per le famiglie con gemelli)

Ingresso Scuole
adulto: euro 3,20
figlietto: euro 2,10
per bambini da 6 a 12 anni
adulto: oltre 65 anni, con handicap

SCIENCE CENTRE IMMAGINARIO SCIENTIFICO DI TRIESTE

MUSEO DELLA SCIENZA INTERATTIVO E SPERIMENTALE

L'Immaginario Scientifico di Trieste si trova nel **Magazzino 26 del Porto Vecchio**.

Dall'ottobre 2020 il museo della scienza interattivo e sperimentale occupa infatti una porzione del più grande magazzino del Porto Vecchio di Trieste, risalente al 1894, e recentemente ristrutturato. Al momento è possibile visitare metà degli spazi del nuovo Immaginario Scientifico, quella collocata al piano terra. Per poter conoscere il museo nella sua interezza bisognerà attendere la primavera del 2021.

Il nuovo Immaginario è caratterizzato da **spazi museali multimediali, immersivi e coinvolgenti**, con **apparati interattivi da toccare con mano**, per scoprire non solo i **fenomeni naturali** ma le applicazioni più **innovative** della scienza e le **attività di ricerca** degli enti del sistema scientifico di Trieste.

L'obiettivo è che ognuno, indipendentemente dall'età o dal livello di conoscenza scientifica, avvii un **processo di scoperta autonomo**, guidato dallo **stupore** e dalla **curiosità**, orientato ad acquisire **consapevolezza e cittadinanza scientifica**.

<https://www.immaginoscientifico.it/>

Connection with Research facilities?

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



UFFICIO COMUNICAZIONE

selezione e cerca

INFN HOME NEWS EVENTI MOSTRE MATERIALI AREA STAMPA RASSEGNA CONTATTI

IN PRIMO PIANO

26 MAGGIO, OPEN DAY AL GRAN SASSO



Domenica 26 maggio i Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN ospitano l'undicesima edizione dell'Open Day, una giornata di scienza e gioco a cui sono attesi circa 2000 visitatori. Una parte di questi, circa 400, avranno la possibilità di visitare (previa prenotazione) le sale sperimentali sotterranee dei Laboratori che ospitano una quindicina di

esperimenti costruiti per studiare alcuni degli aspetti più misteriosi ed affascinanti del cosmo. La manifestazione, che aprirà alle 10 e si legge tutto...

AREA STAMPA



COMUNICATI
PRESS RELEASE



APPROFONDIMENTI



IMMAGINI
INFOGRAFICHE



MULTIMEDIA



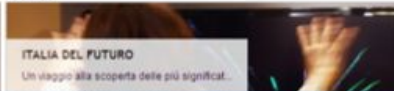
LE NOSTRE MOSTRE



L'ENERGIA DEL VUOTO

>> 19 gennaio - 10 febbraio 2013, Bologna 4

EVENTI



ITALIA DEL FUTURO

Un viaggio alla scoperta delle più significat...

asimmetrie.it
rivista dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

home ultimo numero chi siamo archivio in primo piano infografiche abbonamento link

cerca nel sito

asimmetrie 14

[massa]

Cari lettori di Asimmetrie, L'argomento trattato in questo numero è difficile, affascinante, con aspetti stupefanti. Al liceo, i concetti di massa e peso procurano certamente qualche difficoltà interpretativa. Che cosa misuri una bilancia non è una domanda a risposta unica. Dipende dal tipo di bilancia. La massa corporea è una sottile angoscia della società moderna ed è un bel modo di definire la massa.

[>] continua a leggere l'editoriale

[scarica pdf] oppure vai alla [versione online]



archivio



[as] in primo piano

<http://www.asimmetrie.it/>

<http://www.infn.it/comunicazione/>

Connection with Research facilities?



Un percorso didattico in “Fisica delle Particelle”



• I prerequisiti

- La tavola degli elementi → SCIENZE
- L’ atomo (la ricerca dei costituenti ultimi ...) → SCIENZE/
FILOSOFIA
- La carica elettrica
- Gli urti e la conservazione della quantità’ di moto
- La carica elementare → l’ esperienza di Millikan
- La forza di Lorentz
- Il tubo catodico
- Il funzionamento dell’ occhio umano → SCIENZE
- Il CERN → STORIA
- La radioattività’
- Il Laboratorio del Gran Sasso

The screenshot shows the INFN website interface. At the top, there is a navigation bar with links: home, info, contatti, notizie e stampa, ricerca, servizi di sezione, eventi, attività con l'esterno. The main content area is titled "Attività con l'esterno" and includes a sub-section "Offerta per le scuole". The text describes seminars and school visits offered by the INFN Trieste Section. It lists topics such as "La fisica dell'infinitamente piccolo", "Particelle elementari di origine cosmica e i loro misteri", and "Metodi per la ricerca in fisica delle particelle". It also mentions collaboration with the "Lauree Scientifiche dell'Università degli Studi di Trieste" and provides contact information for requests and reservations.

<http://www.ts.infn.it/it/outreach/offerta-per-le-scuole.html>

Connection with Research facilities?



Un percorso didattico in “Fisica delle Particelle”



- La visita ...
 - Un ente di ricerca (inter)nazionale ...
 - Formazione e Ricerca
 - Dalla struttura della materia a livello molecolare a quella atomica e sub-atomica
 - Particelle e interazioni fondamentali
 - Gravita', Elettromagnetismo, Interazione nucleare forte e debole
 - Leptoni e Quarks
 - Vedere le particelle elementari
 - Cosa vuol dire “misurare” una particella elementare?
 - Un po' di storia della fisica delle particelle elementari
 - Radioattivit  e Raggi Cosmici
 - Gli ultimi sviluppi ... Il bosone di Higgs?



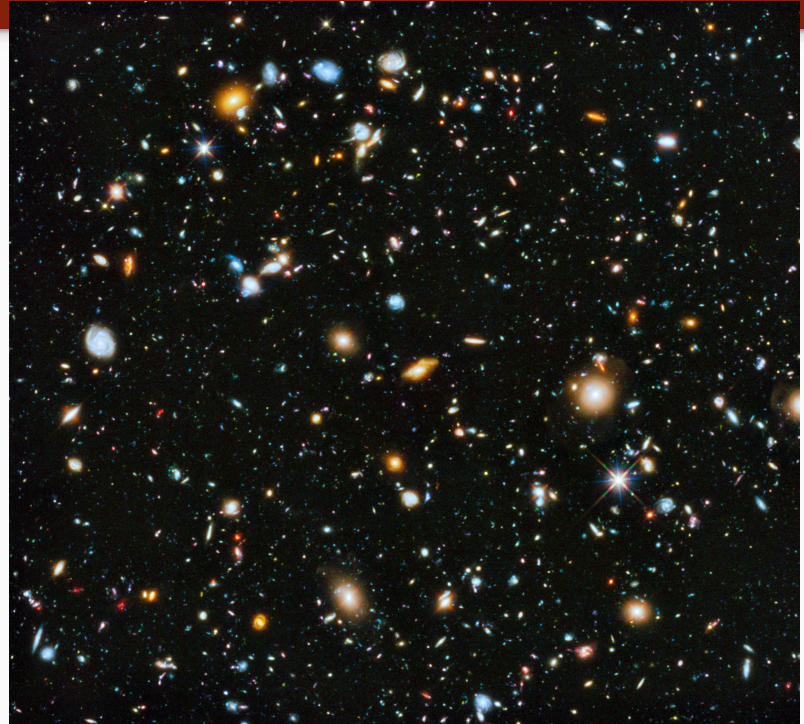
Un percorso didattico in “Fisica delle Particelle”



- Una verifica
 - Le attivita' di ricerca di un fisico delle particelle
 - Acceleratori, Rivelatori, Calcolo
 - $E = mc^2$?
 - Cosa vuol dire rivelare una particella elementare?
 - Tracciatori, Calorimetri, Scintillatori Plastici
 - L'effetto Cerenkov e la rivelazione di particelle
 - Come si costruisce un sistema di acquisizione dati?
 - La radioattivit 
 - Dove si trova?
 - Il Bosone di Higgs – cosa vuol dire cercare una particella elementare?
 - Particelle elementari dallo spazio?
 - I raggi cosmici
 - Il futuro del calcolo
 - Applicazioni della ricerca in fisica delle particelle elementari.

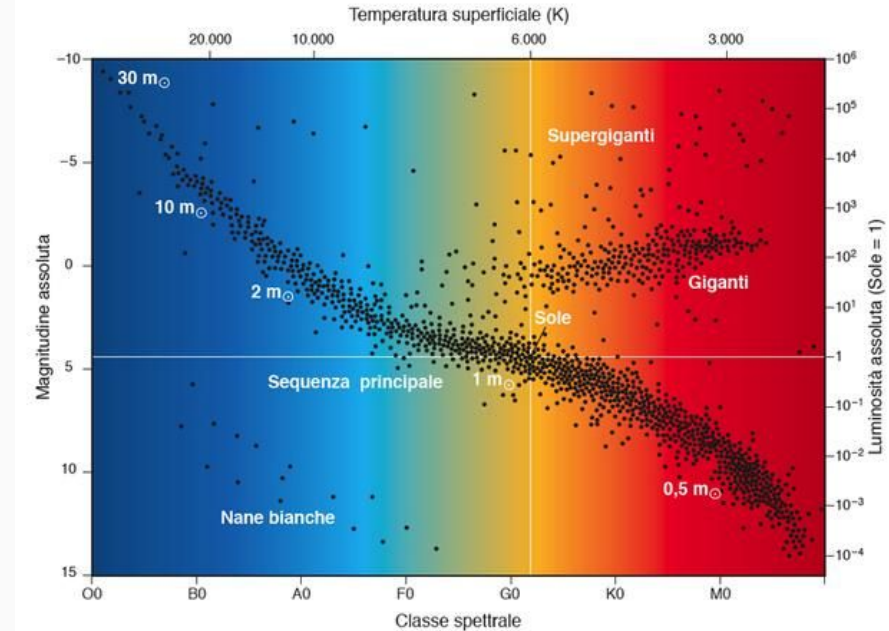
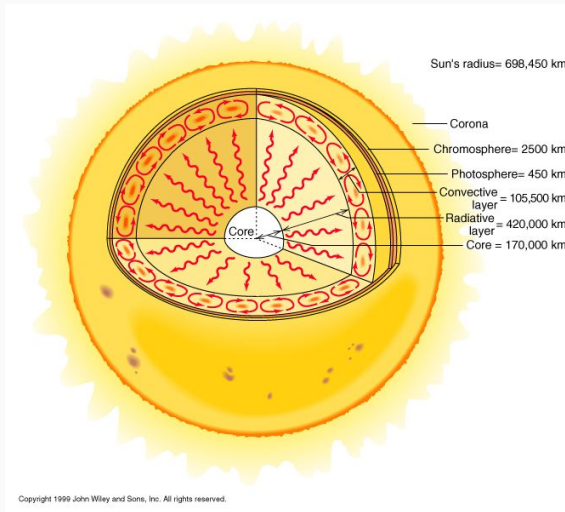
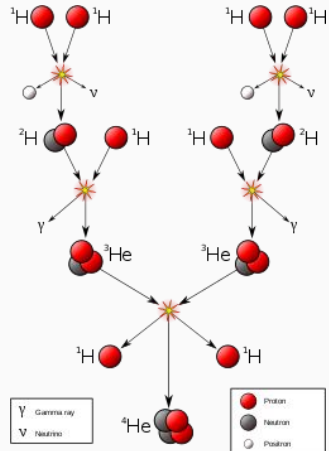
PCK for modern Physics

- To the Universe ...
 - Stars
 - Galaxies and the Universe
 - Cosmology
 - The Big Bang
 - Black Holes & Neutron Stars



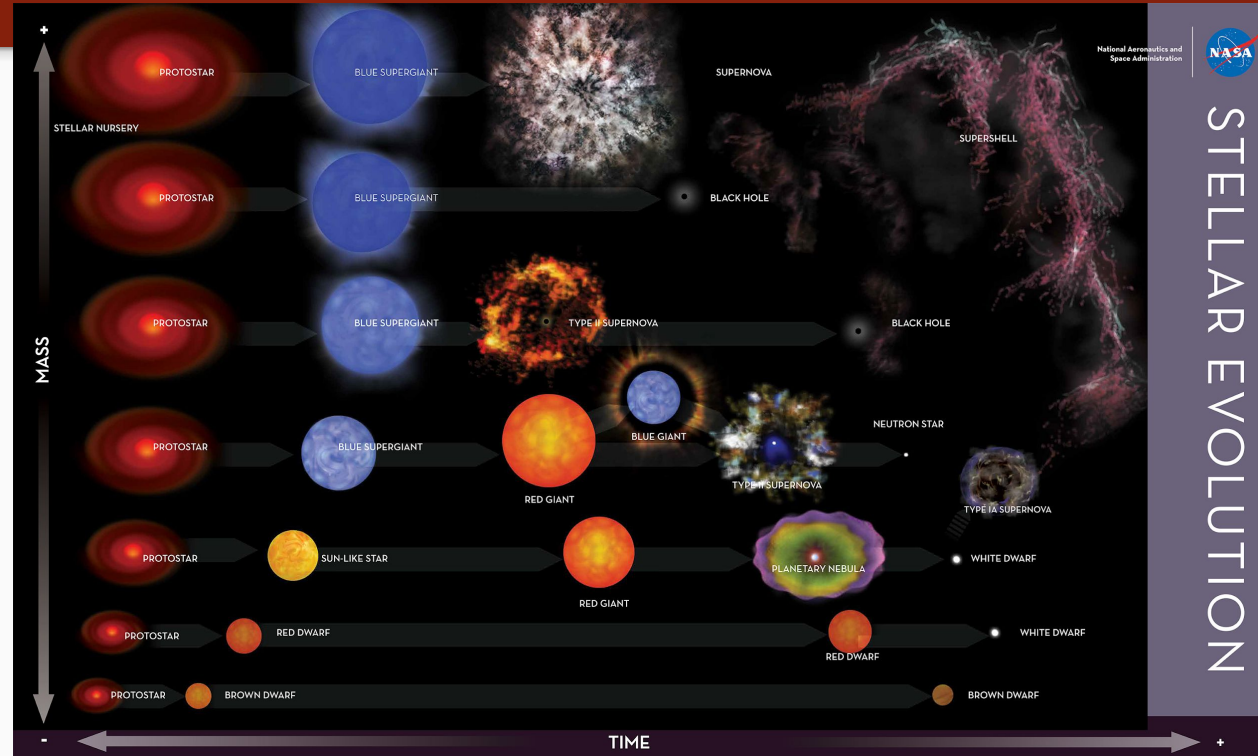
PCK for modern Physics

- Stars
- Stellar evolution



PCK for modern Physics

- Stellar death



PCK for modern Physics

- Galaxies and Cosmology



Our Cosmic Address

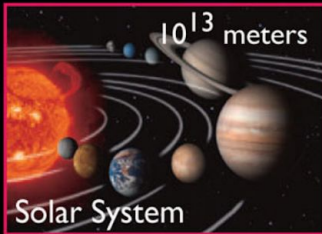
Our sun is one of 400 billion stars in the Milky Way galaxy, which is one of more than 100 billion galaxies in the visible universe.

1.3×10^7 meters



Earth

10^{13} meters



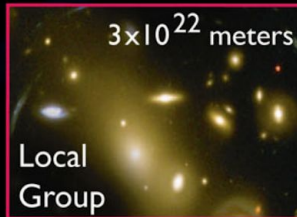
Solar System

10^{21} meters



Milky Way Galaxy

3×10^{22} meters



Local Group

10^{24} meters



Local Supercluster

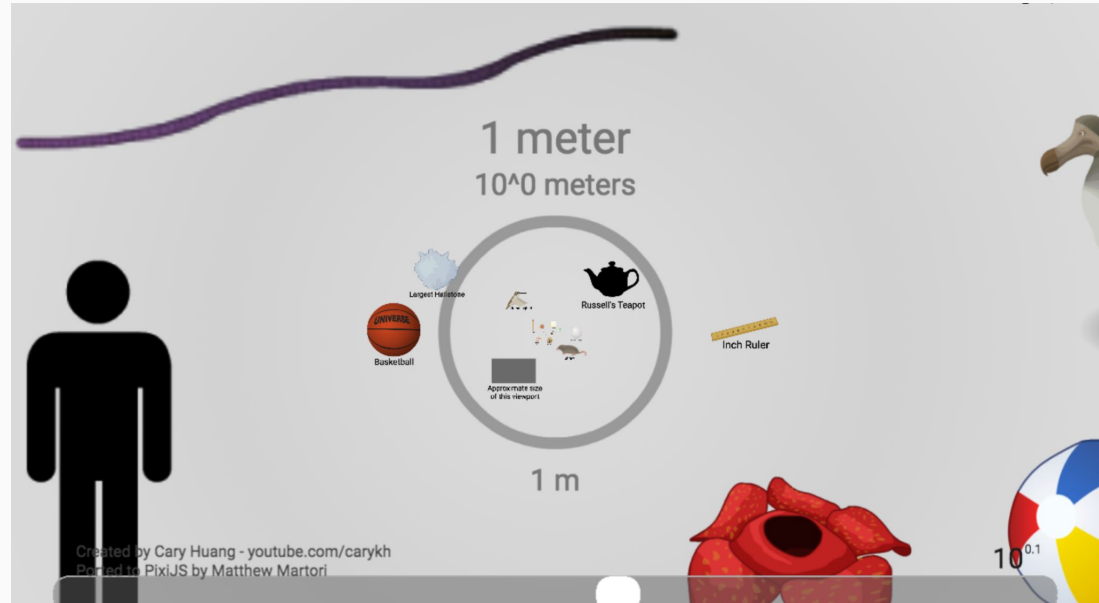
10^{26} meters



The Visible Universe

PCK for modern Physics

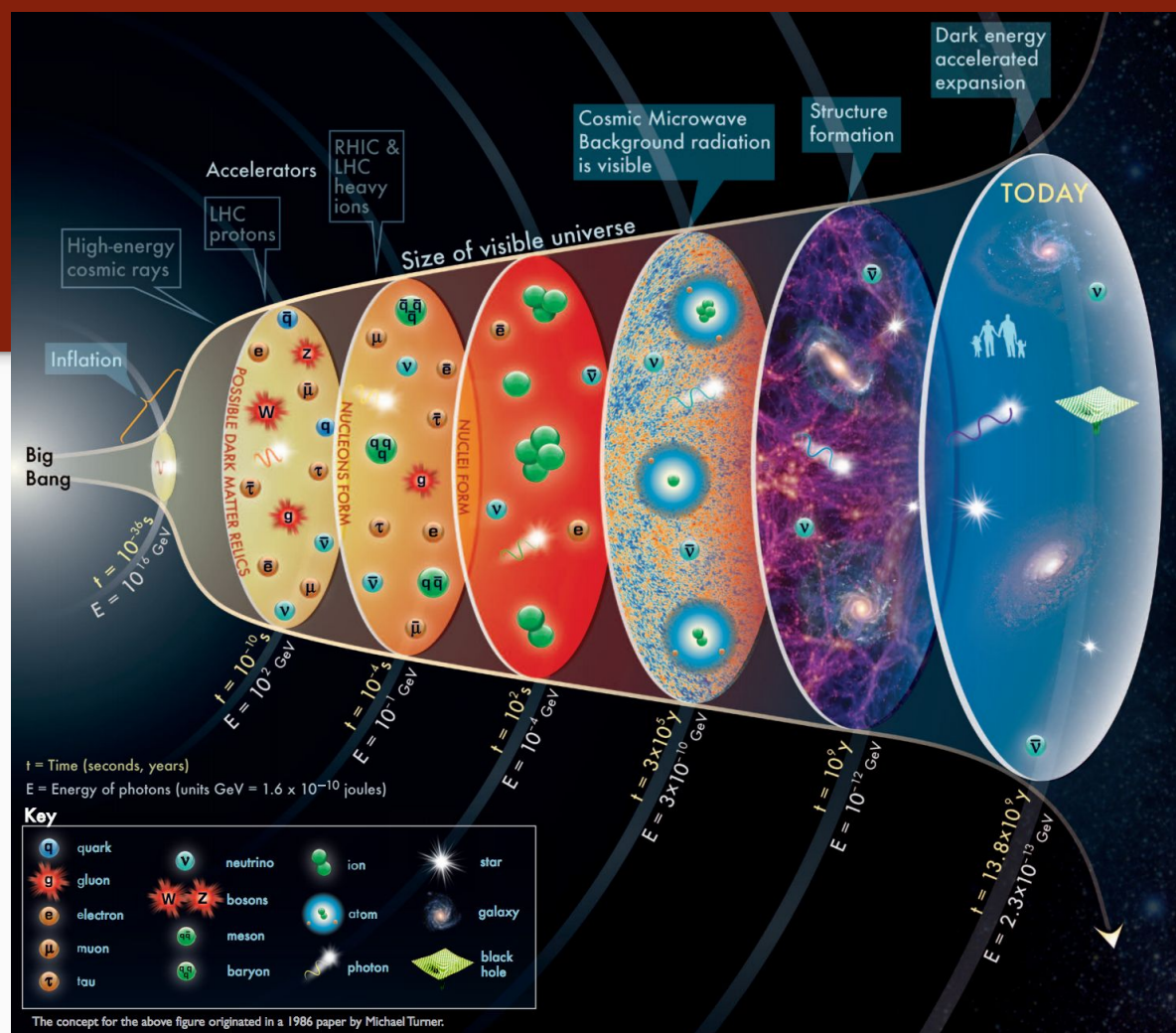
- Scales of 10



<https://htwins.net/scale2/>

PCK for modern Physics

- The Big Bang model



Materials?

Osservatorio Astronomico di Trieste
Astronomical Observatory of Trieste

INAF

cerca

Tel. +39 040 3199 111
Fax +39 040 309 418
info@oats@inaf.it

Attività INAF-OATs per il pubblico e le scuole

HOME Specola M. Hack SVAS Esploracomo Olimpiadi di Astronomia Il cielo Info e Prenotazioni Contatti

Le attività per pubblico e scuole sono sospese causa Covid-19.

Sospensione attività causa Covid-19

Si informano i visitatori che a causa dell'emergenza sanitaria sono sospese tutte le attività di didattica e divulgazione dell'INAF Osservatorio Astronomico di Trieste.

Risorse Didattiche EDU INAF

Basovizza Ni...

Specola Margherita Hack

La specola Margherita Hack è aperta alle visite del pubblico e delle scuole. Essa dispone di una cupola di nove metri di diametro che ospita un moderno riflettore da 60cm di diametro, accompagnato da due rifrattori per l'osservazione del Sole. Questi telescopi offrono ai visitatori l'emozione dell'osservazione guidata di una grande varietà di corpi e fenomeni celesti, sotto la guida di un astronomo. Al piano terreno è allestita la mostra storica che raccoglie testi, strumenti e notizie sull'attività scientifica degli astronomi triestini e giuliani.

Le Stelle Vanno a Scuola

Attività per studenti delle scuole secondarie di primo e secondo grado, da svolgere dalla propria scuola via internet con i telescopi a controllo remoto della nostra Stazione Osservativa di Basovizza. Le osservazioni sono condotte in aula sotto la supervisione di un insegnante mentre un astronomo, presente in cupola e collegato via audio con la scuola, guida le osservazioni e fornisce supporto scientifico.

Esploracomo

Esploracomo è il laboratorio interattivo della Stazione Osservativa di Basovizza dell'INAF-OATs. Esploracomo è collegato con i telescopi del progetto Le Stelle Vanno a Scuola (SVAS) e permette inoltre di accedere ai dati professionali dell'Osservatorio Virtuale, con software appositamente sviluppato per le scuole nell'ambito del progetto europeo "EuroVO for education". Attività per studenti delle scuole secondarie di primo e secondo grado.

Materials?

EuroVO for education



[home](#)
[news](#)

[chi siamo](#)

[download](#)

[contatti e link](#)

[cambia lingua](#)
[ita](#) / [eng](#) / [ger](#)

Attenzione: il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail o mettere un *mi piace* sulla nostra pagina facebook. [f Like](#)

Scarica i moduli didattici e gli esempi di utilizzo

Gli esempi di utilizzo hanno lo scopo di far familiarizzare gli utenti con Aladin e Stellarium e stimolare ulteriori interesse e attività campo astronomico. Gli esempi di utilizzo sono strutturati come moduli didattici, consistenti in due parti principali. La prima parte presenta un tipico problema astronomico con una breve introduzione e una descrizione della soluzione trovata dagli astronomi o, in alcuni casi, una trattazione più approfondita del problema. La seconda parte è una guida passo passo ai comandi necessari per raggiungere la soluzione con Aladin o Stellarium. Alcuni dei nostri esempi di utilizzo includono esercizi utili per l'attività degli insegnanti in classe. Le soluzioni sono fornite separatamente.

Astronomical Infrastructure for Data Access

[news](#)

[/more news/](#)

Nuovo modulo didattico: ammassi stellari.

[/ 17 dicembre 2017 /](#)

Ammassi aperti e globulari: forma, dimensioni, distanza, distribuzione nello spazio [/... /](#)

Nuovo modulo didattico: il catalogo di Messier.

[/ 17 ottobre 2016 /](#)

Il catalogo di Messier: esplorazione dei principali oggetti del cielo (galassie, nebulose, ammassi, ...) [/... /](#)

Materials?



LE STELLE

G. Iafrate^(a), M. Ramella^(a) e V. Bologna^(b)

^(a) INAF - Osservatorio Astronomico di Trieste

^(b) Istituto Comprensivo S. Giovanni Sc. Sec. di primo grado "M. Codermatz" - Trieste

Questo modulo didattico illustra come costruire il diagramma di Hertzsprung-Russell e quali informazioni sull'evoluzione stellare si possono ricavare dal colore e dalla luminosità delle stelle.

Informazioni e contatti: <http://vo-for-education.oats.inaf.it> - iafrate@oats.inaf.it

Materials?



stellarium

latest version is 0.20.3



Linux
source



Linux
snap



Linux
64 bit;
AppImage



Mac OS X
10.12+; 64
bit



Windows
32 bit



Windows
64 bit

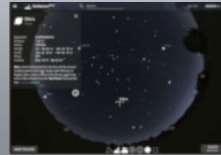


Stellarium
Web



User Guide
0.20.3-1

Stellarium is a free open source planetarium for your computer. It shows a realistic sky in 3D, just like what you see with the naked eye, binoculars or a telescope.



Try the
Web
Version



Full sky view of the constellations, their boundaries, the Milky Way.

[view screenshots »](#)

features

sky

- default catalogue of over 600,000 stars
- extra catalogues with more than 177 million stars
- default catalogue of over 80,000 deep-sky objects
- extra catalogue with more than 1 million deep-sky objects
- asterisms and illustrations of the constellations
- constellations for 20+ different cultures
- images of nebulae (full Messier catalogue)
- realistic Milky Way

news

- Presentation of Stellarium at IAUS367
- Stellarium v0.20.3 has been released!
- Stellarium v0.20.2 has been released!
- Stellarium v0.20.1 has been released!
- Stellarium v0.20.0 has been released!
- Stellarium v0.19.3 has been released!
- Stellarium v0.19.2 has been released!
- Stellarium v0.19.1 has been released!
- Stellarium v0.19.0 has been released!
- Stellarium 0.18.3

collaborate


You can learn more about Stellarium, get support and help the project from these links:





- [forum](#)
- [mailing list](#)
- [wiki](#)
- [FAQ](#)
- [scripts](#)
- [landscapes](#)
- [developers documentation](#)



system requirements

<http://stellarium.org/>

Materials?



Home About Virgo Science Galleries Educational resources Press How to visit Virgo Follow Us    

News Visit Virgo Press and Media Kit  

EDUCATIONAL RESOURCES

[Home](#) / [Educational resources](#)

In this page you will find some useful resources (websites, texts, videos) for teachers and students related to gravitational waves and the interferometers like Virgo.

The material in this page is in English language. For more material in French, please check [this page](#).

Gravitational Waves

[PhdComics: "Gravitational waves explained"](#)
[Minute Physics](#)

SEARCH

COMING SOON

No events

<http://public.virgo-gw.eu/educational-resources/>