

La Fisica di Star Trek

Stefano Spagocci

(stefans@tin.it)

GACB



Viaggi nello Spazio

- Le distanze cosmiche sono incommensurabili.
 - Distanza Terra/Alpha Centauri: 3 anni luce.
 - Distanza Terra/centro galattico: 25000 anni luce.
 - Diametro della Via Lattea: 100000 anni luce.
 - Distanza Terra/galassie: milioni/miliardi di anni luce.
 - Un anno luce corrisponde alla distanza percorsa dalla luce (viaggiando a 300000 km/s) in un anno: circa 10000 miliardi di km!
-
-

Viaggi nello Spazio

- La massima velocità possibile nell'Universo è quella della luce (detta c). Man mano che ci si avvicina ad essa, per un osservatore fermo il tempo di chi viaggia si ferma a sua volta.
 - A velocità prossima a c , un viaggio interstellare di alcuni anni apparirà, a un osservatore terrestre, come un viaggio di migliaia di anni. I viaggiatori, al ritorno sulla Terra, troveranno i loro lontani discendenti!
-
-

Viaggi nello Spazio

- Dunque, viaggiando a velocità vicina a c , una civiltà potrebbe al massimo muoversi nel Sistema Solare o, al limite, verso le stelle più vicine.
 - Per altre mete occorre trovare un mezzo per viaggiare più velocemente della luce, nonostante la proibizione di cui sopra. Un tale mezzo sembra esistere, come vedremo.
-
-



Viaggi Subluminali

- Per chi viaggia a velocità prossima a c , come abbiamo visto, il tempo rallenta (rispetto a chi rimane fermo a terra).
 - Ad esempio, viaggiando a $c/4$ (un quarto della velocità della luce) ogni mese di viaggio si sarebbe più giovani di 1 giorno rispetto a chi sia rimasto a terra!
-
-

Viaggi Subluminali

- Non è però possibile arrivare istantaneamente (o quasi) a $c/4$. Il corpo umano, infatti, può sopportare un'accelerazione prolungata di 3 g al massimo (g = accelerazione di gravità).
 - Quindi, per raggiungere $c/4$ in condizioni di sicurezza per l'equipaggio dell'Enterprise, occorrerebbe circa un mese!
-
-

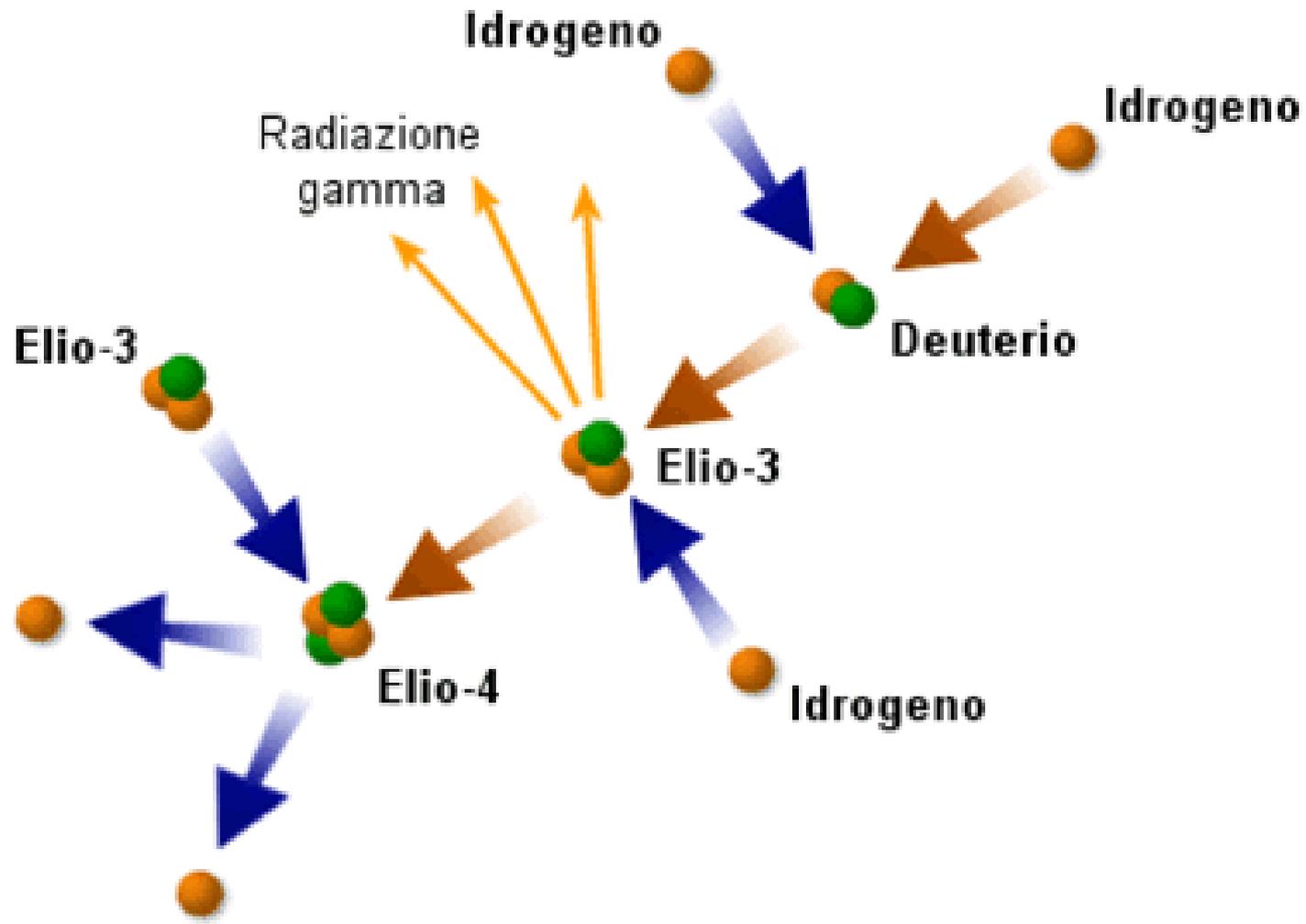
Viaggi Subluminali

- Due possibili propellenti: energia di fusione nucleare (nuclei di idrogeno che si fondono a dare nuclei di elio, come nel Sole), annichilazione di antimateria (ogni particella possiede un'antiparticella di carica opposta e, se le due si incontrano, si annichilano e liberano un'energia corrispondente alla massa totale).
-
-

Viaggi Subluminali

- Secondo l'equazione $E = mc^2$, ogni massa possiede un'enorme energia che può essere liberata, ad esempio, nella fusione o nell'annichilazione materia/antimateria.
 - La fusione nucleare libera l'1% dell'energia contenuta nella materia, l'annichilazione materia/antimateria ne libera il 100%!
-
-

La fusione nucleare



Fusione Nucleare

- L'Enterprise dovrebbe portare con sè, per ogni volta che accelera a $c/4$ e quindi decelera, 40 volte la sua massa in idrogeno (massa dell'Enterprise = 4 milioni di tonnellate).
 - Potrebbe raccogliercela per strada? Nella Via Lattea esiste circa 1 atomo di idrogeno per cm^3 : per raccogliercene a sufficienza, occorrerebbe un imbuto di 600 milioni di km di diametro (4 volte la distanza Terra/Sole)!
-
-



Antimateria (p/\bar{p})

- Rimane quindi, come sola alternativa, l'annichilazione protone/antiprotone. Propulsione più efficace (efficienza 100%).
 - Per accelerare a $c/4$ e poi decelerare, occorrerebbe una massa di idrogeno pari a circa il 10% della massa dell'Enterprise.
 - Nell'Universo non esiste praticamente antimateria: occorre quindi produrla negli acceleratori.
-
-

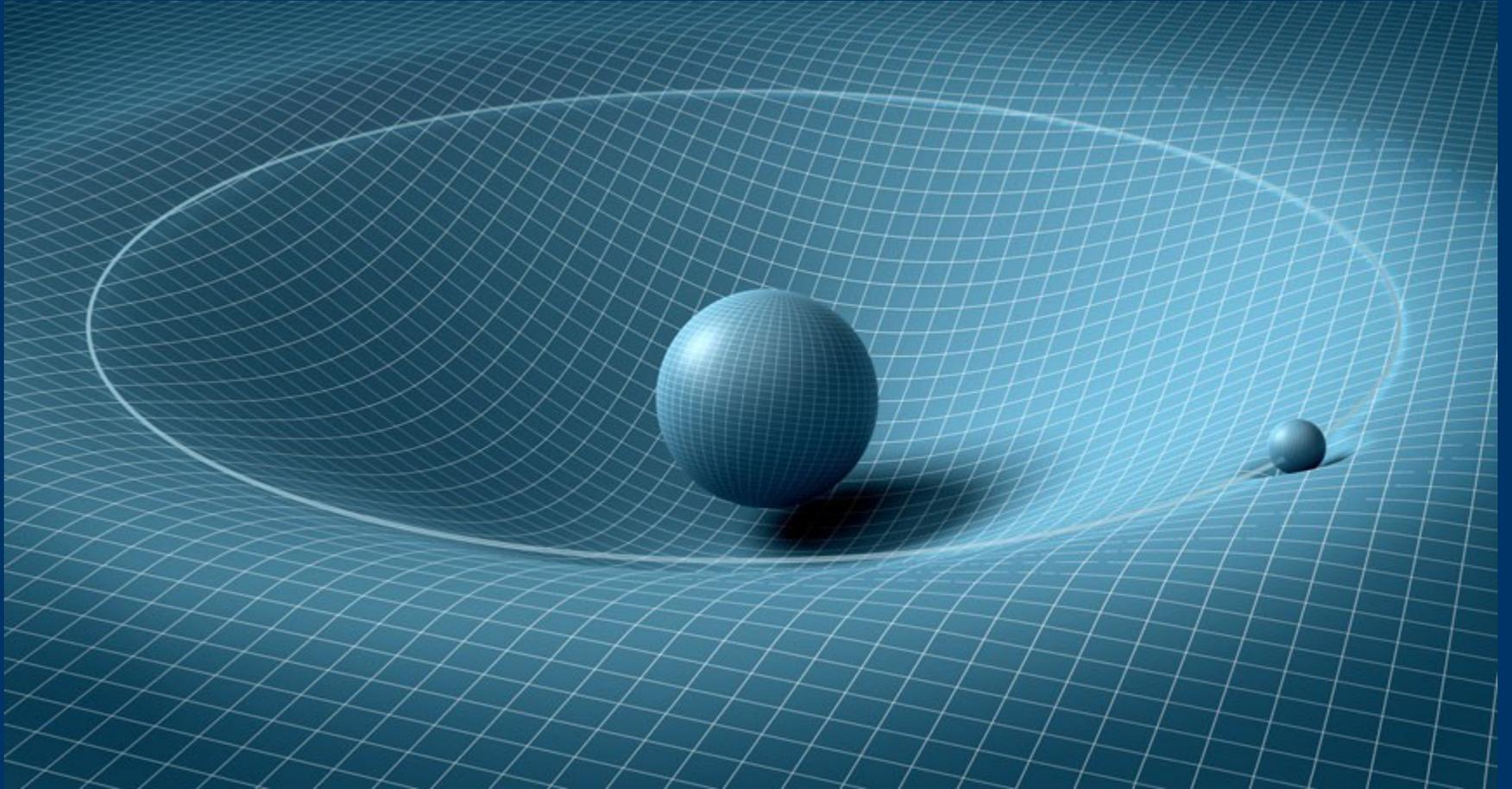
Antimateria (p/\bar{p})

- Gli acceleratori, però, producono pochissimi antiprotoni. Il Fermilab ne produceva, ad esempio, 50 miliardi all'ora. Trasformati in energia, essi corrispondono a un mW, un centomillesimo della potenza dissipata da una lampadina!
 - Per l'Enterprise occorrerebbe quindi portarsi “sul tetto” 10^{22} acceleratori (diecimila miliardi di miliardi!) per poter raggiungere velocità $c/4$, allo stato attuale della tecnologia.
-
-

Antimateria (p/\bar{p})

- Dovremo quindi rinunciare a viaggiare a velocità prossima a quella della luce, a meno di portare a bordo centinaia di milioni di tonnellate di idrogeno? Sorprendentemente, non è affatto detto.
- Le prestazioni degli acceleratori, infatti, aumentano di un fattore 10 ogni circa 20 anni: se la tendenza dovesse continuare, fra circa 500 anni basterebbe un solo acceleratore a bordo dell'Enterprise, cosa del tutto fattibile!



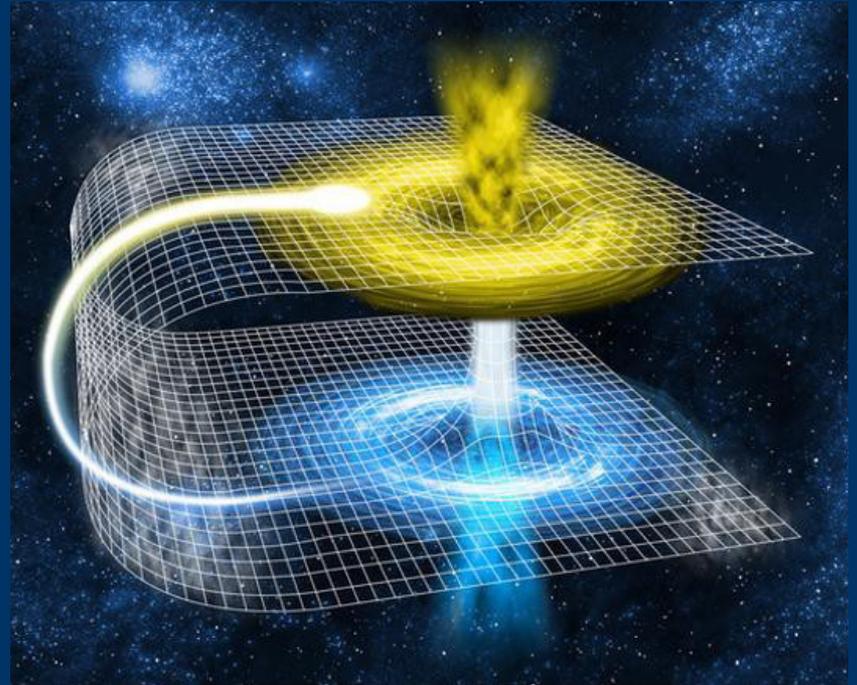


Viaggi Superluminali

- Secondo Einstein, lo spazio-tempo è paragonabile a un telo elastico. Ad esempio, l'azione gravitazionale del Sole è paragonabile a quella di una biglia che produca una depressione in un foglio di gomma: i pianeti compiono le loro orbite “cadendo” nella buca.
 - Da ciò nascono possibili “trucchi” per viaggiare più veloci della luce, nonostante la (apparente) proibizione della relatività einsteiniana.
-
-

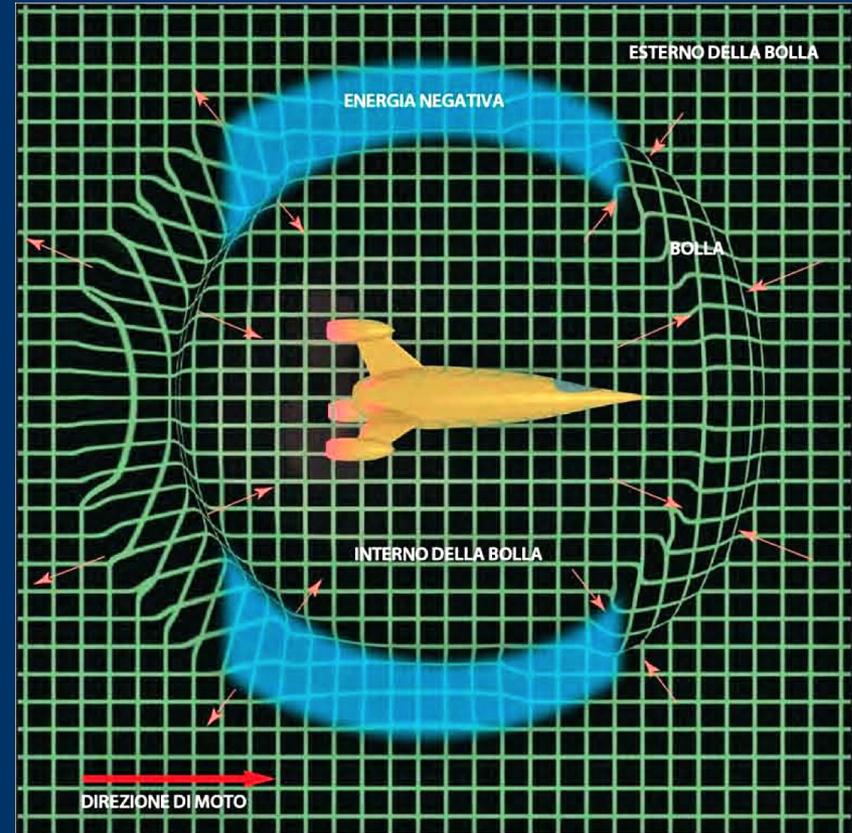
Wormholes

- Piegando il “foglio di gomma” e aprendo un tunnel spazio-temporale tra due punti, si può accorciare la distanza tra i punti stessi, procedendo in linea retta invece che sul “foglio”. Di fatto, quindi, si può superare la velocità della luce!



Propulsione di Alcubierre

- L'astronave è ferma rispetto al “foglio” spazio-temporale. Tuttavia, il “foglio” può essere “stirato”, così da portare l'astronave a velocità anche molto superiori a quella della luce. L'astronave è ferma rispetto al “foglio”: è il foglio a “stirarsi”!



Propulsione di Alcubierre

- Deformare lo spazio-tempo, però, costa moltissima energia. Tipicamente, si dovrebbe fornire all'astronave l'energia di massa di un buco nero di circa 100 metri di raggio (le dimensioni dell'Enterprise).
- Un tale buco nero ha massa pari a circa 1/10 della massa solare. La corrispondente energia è pari a circa 10 volte quella emessa dal Sole nella sua vita, circa 10 miliardi di anni!



Massa Negativa?

- Per tenere aperto un wormhole, o per “stirare” lo spazio-tempo nella propulsione di Alcubierre, occorrerebbe usare materia con massa/energia negativa.
 - Ordinariamente tale materia non esiste. Nel mondo della meccanica quantistica, per fluttuazioni casuali, è però possibile che una tale materia sia prodotta. Tuttavia è da confermare se possa essere veramente prodotta e, soprattutto, prodotta in grande quantità.
-
-

Viaggi nel Tempo

- I viaggi nel tempo portano a grandi paradossi. Viaggiando indietro nel tempo, ad esempio, potrei uccidere mia madre prima che mi abbia concepito. Ma allora non sarei generato e, dunque, non potrei aver viaggiato nel tempo e aver ucciso mia madre!
-
-



Viaggi nel Tempo

- Producendo un wormhole, e facendone poi ruotare l'estremità inferiore per un certo tempo, potrei entrare dalla parte superiore del wormhole e uscire dalla parte inferiore. Uscito, mi troverei proiettato nel passato! Questo rende plausibili i viaggi nel tempo, descritti in alcuni episodi e film della serie di Star Trek.
-
-



Teletrasporto

- E' la tecnologia più famosa di Star Trek: si tratta di smaterializzare un corpo (o oggetto) e rimaterializzarlo a distanza.
 - Sorprendentemente, oggi si possono teletrasportare atomi a chilometri di distanza. Ben diverso, però, è il caso di un uomo, con ben 10^{28} atomi da teletrasportare!
-
-

Teletrasporto

- Per smaterializzare un uomo, dovrei portarlo a mille miliardi di gradi (100 MeV di energia per particella). In tal modo, i suoi quark e gluoni si libererebbero (stato di Quark Gluon Plasma).
 - Tutto questo mi costerebbe un'energia pari a quella liberata da 1000 bombe atomiche da un megatone!
-
-

Teletrasporto

- Se descrivere 10 atomi (stato quantistico, posizione assoluta e relativa agli altri atomi) richiede una pagina (circa 1 kB), sapendo che ci sono circa 10^{28} atomi in un uomo e supponendo di avere hard disk da 100 GB e spessi 1 cm, si calcola che le informazioni per ricostruire l'uomo richiederebbero un banco di hard disk alto 10 anni luce!
-
-

Teletrasporto

- Considerando una frequenza di clock di 1 GHz, per un supercomputer con 100000 processori in parallelo, i dati di cui sopra sarebbero scritti negli hard disk in un tempo circa pari all'età dell'Universo (dell'ordine dei 10 miliardi di anni).
- Se volessi leggere a distanza lo stato di un corpo per riportarlo indietro dopo il teletrasporto (diciamo da circa 40000 km, orbita geostazionaria), mi servirebbe un telescopio di 50000 km di diametro ed operante nei raggi γ !



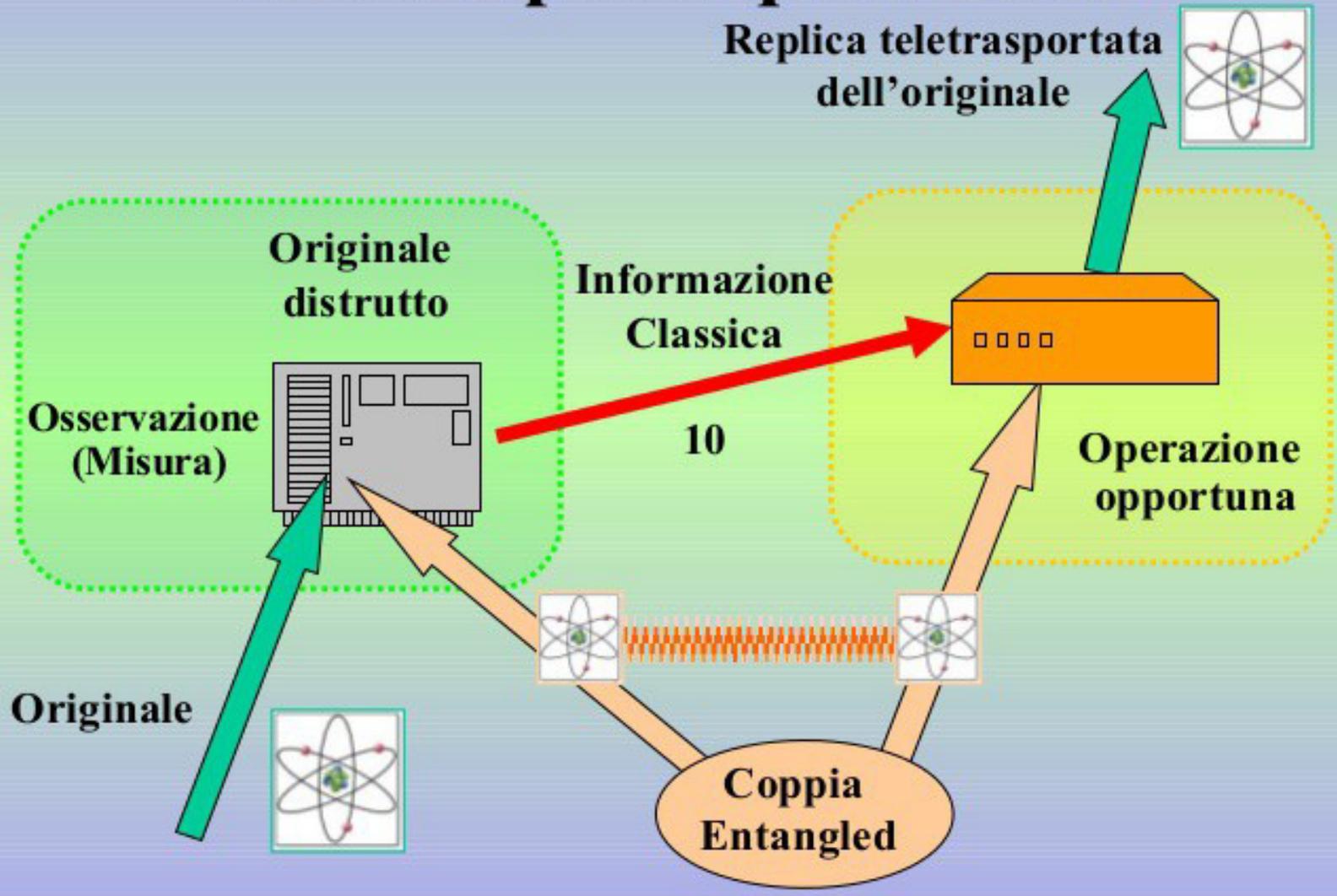
Teletrasporto

- Dobbiamo allora dire addio al teletrasporto? Sorprendentemente, non è affatto detto. Le prestazioni di un computer, infatti, aumentano di un fattore 100 ogni 20 anni circa (legge di Moore). Di questo passo, in circa 200 anni le dimensioni del banco di hard disk potrebbero ridursi a circa 10 cm e il tempo di scrittura/lettura a circa 1/10 di secondo!
-
-

Teletrasporto

- Il principio di indeterminazione di Heisenberg (la posizione e velocità di un oggetto non possono essere simultaneamente determinate con infinita precisione) proibisce, tuttavia, una ricostruzione esatta dell'oggetto teletrasportato. Questo potrebbe essere un grave problema, la cui soluzione è lasciata ai fisici e biologi del futuro.
-
-

Teletrasporto quantistico



Conclusioni

- Il mondo di Star Trek potrebbe persino avverarsi, in parte, fra qualche centinaia di anni. In ogni caso, Star Trek ha previsto correttamente tecnologie quali telefoni cellulari, laser, propulsione atomica, telemedicina (per fare alcuni esempi).
 - Spero di aver dimostrato come il metodo scientifico, spesso ritenuto arido e disumano, abbia una straordinaria potenza (e fascino), permettendoci di speculare su scenari che superano la fantasia di qualsiasi artista!
-
-

*To Boldly Go
Where Noone Has Gone
Before*





VENERDÌ 12 MAGGIO 2017

ORE 21.00 › AUDITORIUM • IL PERTINI

**4° INCONTRO DELLA RASSEGNA
ALLA SCOPERTA DELL'UNIVERSO**

LA FISICA DI STAR TREK

La serie televisiva che a suo tempo ha rivoluzionato il mondo della fantascienza **Star Trek** ha introdotto, per il grande pubblico, tematiche non consuete per la vecchia fantascienza pulp, fatta di dischi volanti, donnine seminude e verdi rettili umanoidi. E, soprattutto, ha anticipato tecnologie oggi esistenti e altre, come il teletrasporto, oggi ancora allo stadio embrionale. Nella conferenza si esamineranno le tecnologie e i principi fisici proposti in Star Trek, confrontandoli con l'effettiva realizzazione di tali tecnologie e con le teorie fisiche correnti

RELATORE

STEFANO SPAGOCCHI



ILPERTINI
La piazza dei saperi

In collaborazione con



VENERDÌ 12 MAGGIO 2017
ORE 21.00 › AUDITORIUM · IL PERTINI

4° INCONTRO DELLA RASSEGNA
ALLA SCOPERTA DELL'UNIVERSO

LA FISICA DI STAR TREK



La serie televisiva **Star Trek**, nata nel lontano 1966, a suo tempo ha rivoluzionato il mondo della fantascienza. Pur rifuggendo dagli intellettualismi della fantascienza più colta, Star Trek ha introdotto, per il grande pubblico, tematiche non consuete per la vecchia fantascienza pulp, fatta di dischi volanti, donnine seminude e verdi rettili umanoidi. E, soprattutto, ha anticipato tecnologie oggi esistenti (telefoni cellulari, laser, propulsione atomica, telemedicina, per fare alcuni esempi) e altre, come il teletrasporto, oggi ancora allo stadio embrionale. Nella conferenza si esamineranno le tecnologie e i principi fisici proposti in Star Trek, confrontandoli con l'effettiva realizzazione di tali tecnologie e con le teorie fisiche correnti. Sarà questa l'occasione per parlare, in modo semplice e piano, di relatività ristretta e generale, spazio-tempo curvo, buchi neri e wormholes. Ma anche di quella fisica più "terrestre", ingiustamente bistrattata da noiosi programmi scolastici.



Relatore:

Stefano Spagocci

Nato a Milano nel 1966. Laureato in Fisica all'Università Statale di Milano, ha poi conseguito un M.Sc. alla University of Edinburgh e un Ph.D. a University College London. Svolge attività di ricerca e consulenza nel campo della modellizzazione matematica, applicata a problemi ingegneristici e finanziari. Ha lavorato presso il CERN di Ginevra e il Joint Research Center di Ispra. Astrofilo di lungo corso, si occupa di divulgazione delle discipline astronomiche, prediligendo la cosmologia, l'archeostronomia e lo studio delle stelle variabili.

a cura di




COMUNE DI
Cinisello Balsamo

**IL PER
TINI**
La piazza dei saperi