

La Luce nella Scienza

Giorgio Giacomelli

Dipartimento di Fisica dell'Università di Bologna e INFN, Sezione di Bologna

Convegno ANT "Bioetica ed Etica Ambientale", Aula A, Via Belmeloro 14, Bologna 24 Ott 2009

Riassunto. Si sottolinea l'importanza della Luce nella Scienza ricordando le scoperte astronomiche a partire da Galileo e poi con strumenti ottici sempre più perfezionati e più potenti, sino ad osservare i limiti estremi dell' Universo. Si passerà quindi agli strumenti astronomici basati sull'uso di altre lunghezze d'onda dello spettro delle onde elettromagnetiche. Si discuterà poi delle osservazioni nell'estremamente piccolo, con microscopi sempre più sofisticati. A questo punto ci si chiederà se sia possibile osservare l'Universo utilizzando altre onde/particelle, come quelle gravitazionali e i telescopi a neutrini. Verranno infine ricordati i grandi sviluppi delle tecnologie fisiche e chimiche e le loro ricadute in medicina che hanno permesso di osservare l'interno del nostro corpo. Seguirà una breve discussione sulle possibili prospettive future.

1. Introduzione

“Sin dagli albori della vita sulla terra, la luce ha favorito gli uomini nella comprensione della natura ed ha influenzato i loro spostamenti sulla terra e sul mare. Da sempre la luce circonda l'esistenza dell'uomo, ne domina la quotidianità e il nostro modo di pensare e di vivere. Terrore davanti ai fulmini, ammirazione davanti all'arcobaleno e al cielo stellato” [1].

L'osservazione del cielo ad occhio nudo ci mostra il sole, la luna, le stelle, la Via Lattea, il *macrocosmo*. Galileo per primo, 400 anni fa, rivolse verso il cielo un telescopio inventato da olandesi e da lui perfezionato, Fig. 1a. Scoprì i satelliti di Giove, studiò il loro moto intorno al pianeta (Fig. 1b) e molti altri dettagli che modificarono la nostra concezione della Terra, del Sistema Solare e dell'Universo [2]. Telescopi di dimensioni sempre maggiori hanno permesso di vedere che l'Universo si compone di grandi agglomerati di stelle, le Galassie e che le Galassie formano Gruppi e Ammassi di Galassie, che si addensano in strutture filiformi ai bordi di grandi spazi vuoti.

La tecnologia moderna ha permesso di osservare l'Universo utilizzando non solo la luce visibile, ma anche altre onde elettromagnetiche (O.E.) di lunghezza molto diversa: nel secolo scorso furono costruiti radiotelescopi, telescopi a raggi infrarossi, ultravioletti, a raggi x e gamma. Per diminuire l'assorbimento nell'atmosfera molti di questi telescopi furono posti su satelliti artificiali, fuori dell'atmosfera terrestre. Essi hanno permesso di osservare nuovi tipi di corpi celesti. Tutti i grandi telescopi hanno evidenziato la grandiosità dell'Universo. Come unità di distanza astronomica usiamo *l'anno luce* (cioè la distanza percorsa in un anno dalla luce); in queste unità l'Universo ha dimensioni di circa 14 miliardi di anni luce [circa 10^{26} m]. Ricordo che il 2009 è l'Anno Mondiale dell'Astronomia.

Lo studio dell'estremamente piccolo, il *microcosmo*, richiese nuovi strumenti: venne iniziato con lenti d'ingrandimento e microscopi ottici, poi con microscopi elettronici e infine con acceleratori di nuclei e di particelle di dimensioni ed energie sempre maggiori. E' un po' ironico il fatto che per esplorare distanze e dimensioni via via più piccole dobbiamo usare acceleratori sempre più grandi e più energetici. Si è così scoperto che tutta la materia è formata da molecole e da atomi, a loro volta costituiti da elettroni e da nuclei atomici; i nuclei sono poi formati da protoni e da neutroni, e questi ultimi da quarks. L'unità di misura appropriata dei nuclei, protoni e neutroni è *1 fermi* = 10^{-15} m. La dimensione più piccola studiata è di $\sim 10^{-18}$ m.

La tecnologia ha permesso di esplorare dentro i corpi, in particolare per “vedere” gli organi interni dell'uomo. Per tale scopo vengono utilizzati i raggi x, gli ultrasuoni, la risonanza magnetica



Fig. 1. (a) Il cannocchiale di Galileo. (b) I satelliti di Giove osservati con moderni telescopi.

nucleare, e altre tecniche, che ora permettono nuove diagnostiche mediche e nuovi tipi di cure.

2. Il macrocosmo osservato in luce visibile

Uno dei telescopi ottici più importanti è stato il telescopio spaziale Hubble (vedi Fig. 2a). Essendo fuori dall'atmosfera terrestre, le sue osservazioni non sono influenzate dalle perturbazioni atmosferiche, ottenendo così una grande risoluzione spaziale e immagini molto nitide. Telescopi terrestri dotati di speciali strumenti permettono di osservare molti dettagli del sole e di notare le macchie solari, le protuberanze e molti altri dettagli, Fig. 2b.

La Fig. 3a mostra la galassia spirale NGC 1232 fotografata da uno dei grandi telescopi da 8.2 m di diametro dell'European Southern Observatory (ESO) situati in zona desertica di alta montagna nelle Ande Cilene, Fig. 3b. La foto è famosa e la rivista "Sky and Telescope" l'ha votata come una della 10 immagini astronomiche più "inspiring" prese nel secolo scorso [4]. Sono ben visibili i bracci a spirale della galassia, dominati da milioni di stelle molto brillanti; zone oscure tra i bracci contengono *polvere interstellare*. Meno visibili sono miliardi di stelle normali e vaste regioni di *gas interstellare*. Quantità ancora maggiori di materia, *la materia oscura*, sono concentrate ai bordi esterni della galassia; questa materia, la cui composizione è ancora ignota, è necessaria per spiegare il moto delle stelle visibili poste nelle regioni esterne della galassia. Notare che l'ESO ha scelto di mettere in Cile grandi telescopi ottici con la nuova ottica "adattica" per esplorare in condizioni ottimali il cielo dell'emisfero sud, dove è visibile il centro galattico e dove non esistono tanti telescopi come nell'emisfero nord.



Fig. 2. (a) Il telescopio ottico Hubble in orbita attorno alla terra. (b) Il sole: notare le protuberanze.

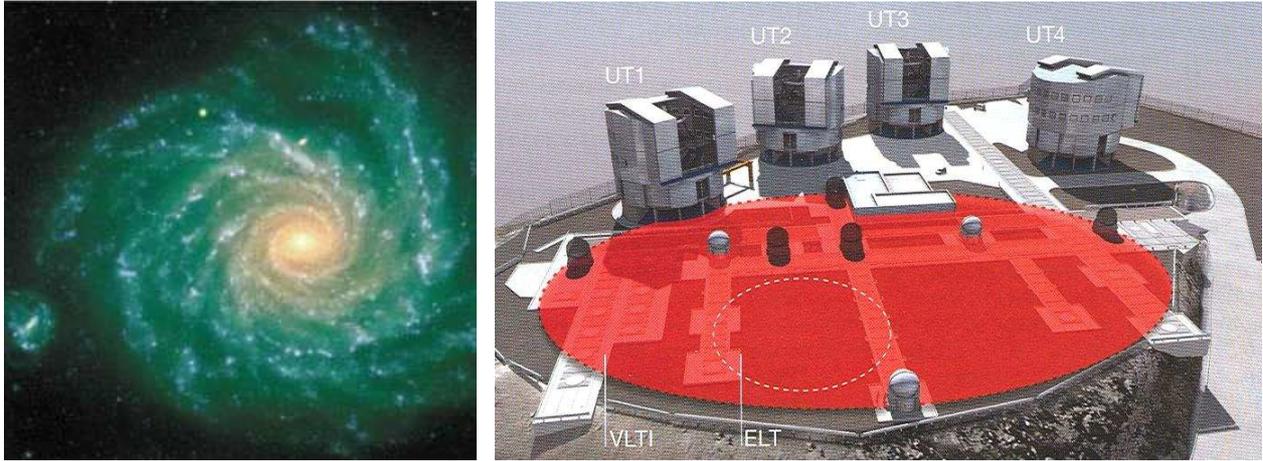


Fig. 3. (a) La galassia spirale NGC 1232 fotografata da VLT Antu, ESO. (b) I telescopi ottici dell'ESO in Cile; i 4 telescopi usati insieme hanno un potere risolutivo pari a quello di un telescopio con le dimensioni segnate in rosso. I 3 "piccoli telescopi" in basso ai vertici di un triangolo, se usati insieme sono equivalenti ad un telescopio delle dimensioni della circonferenza tratteggiata in bianco.

La Fig. 4 mostra una compilazione aggiornata di tutte le galassie osservate, e messe nel catalogo Sloan, fino a una distanza di 1 miliardo di anni luce da noi. Si osservi che le galassie sembrano disposte in strutture filiformi separate da grandi spazi vuoti. La struttura a sinistra, chiamata la *Sloan Great Wall*, ha una lunghezza di circa 1.4 miliardi di anni luce [5].

3. Le Onde Elettromagnetiche. Il macrocosmo osservato in varie O. E.

Le onde elettromagnetiche sono fenomeni ondulatori dovuti alla contemporanea propagazione di perturbazioni periodiche di un campo elettrico e di un campo magnetico, oscillanti in piani tra loro ortogonali, vedi Fig. 5a. Nel vuoto le onde elettromagnetiche viaggiano alla velocità della luce, 300.000 km al secondo. La Fig. 5b mostra lo spettro, in *lunghezza d'onda*, delle onde elettromagnetiche: campi elettromagnetici a bassissima frequenza (ELF) e lunghissima lunghezza d'onda, onde radio, microonde, luce visibile, radiazione ultravioletta, raggi x e raggi gamma (γ). (Ricordare che la *frequenza* di un'onda è l'inverso della sua lunghezza d'onda).

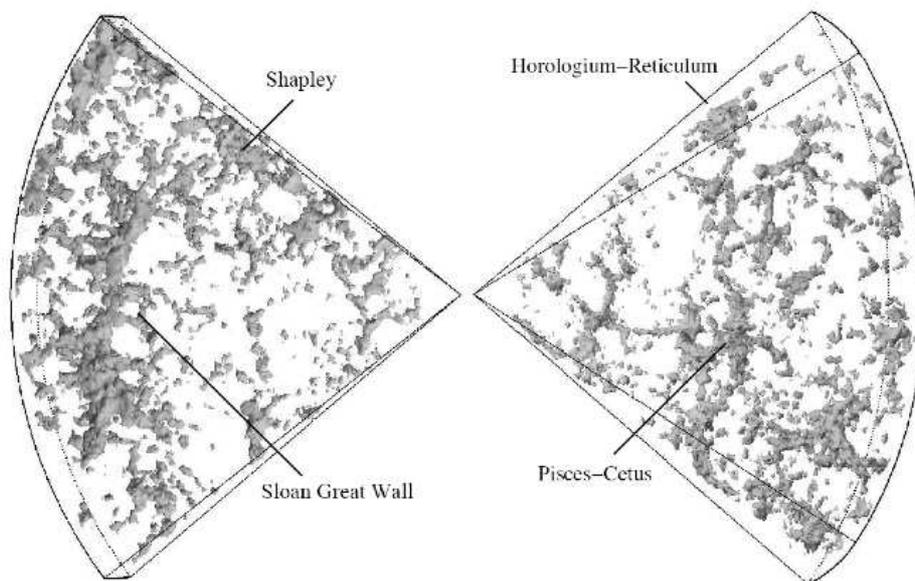


Fig. 4. Struttura dell'universo a grande scala. Ogni puntino è una galassia (dal catalogo Sloan).

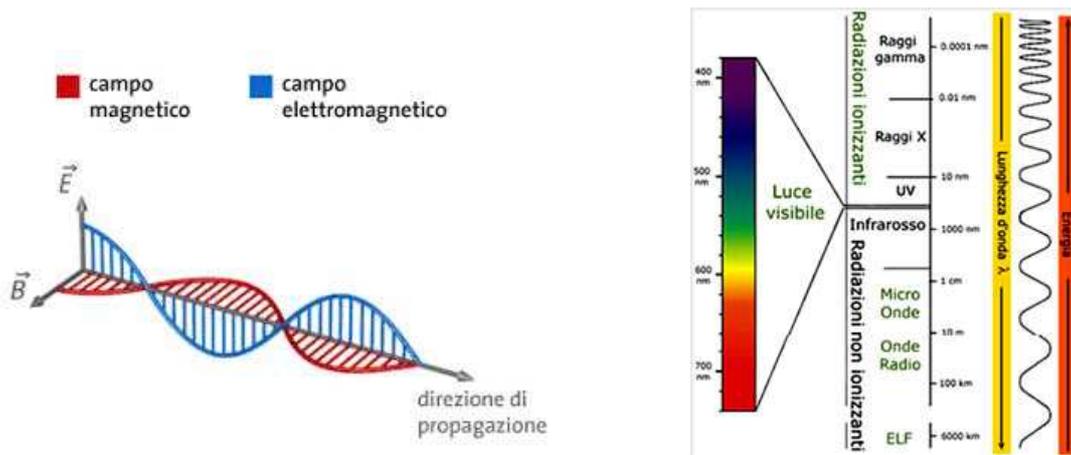


Fig. 5. (a) Prospettiva della propagazione di un'onda elettromagnetica (O. E.). (b) Lo spettro delle onde E.M.

Notare che la banda delle onde luminose è una parte piccolissima dello spettro delle onde E.M., ma è per noi molto importante perchè i nostri occhi sono sensibili solo a questa banda, che d'altra parte è la banda emessa in maggior quantità dal sole e da molte stelle. Notare anche che per le lunghezze d'onda nel visibile e per onde con maggiore lunghezza d'onda l'aspetto ondulatorio è dominante, mentre per lunghezze d'onda inferiori occorre anche considerare l'aspetto quantistico (un'onda è costituita di particelle, di fotoni, aventi ciascuno $energia=h \cdot frequenza, E=h\nu$).

Le onde radio sono onde elettromagnetiche con lunghezza d'onda da 1 mm a quasi infinito, corrispondenti a frequenze da zero a 300 GHz. Questa regione dello spettro elettromagnetico è stata ed è ancora la più utilizzata per le comunicazioni radio e oggi anche video. Nella Fig. 6a sono mostrati alcuni usi delle onde E.M. in generale, mentre nella Fig. 6b è mostrata la riflessione delle onde radio nell'alta atmosfera.

Nella seconda metà del secolo scorso è iniziato un grande sviluppo di radiotelescopi, sviluppo che continua tuttora: La Fig. 7a mostra il nuovo radiotelescopio di Medicina, vicino a Bologna. Nel Cile sono in costruzione, in una zona desertica a grande altezza, molti radiotelescopi mobili da parte dell'ESO, Fig. 7b, Progetto ALMA [6]. Questi radiotelescopi possono essere usati singolarmente oppure insieme, raggiungendo così grandi risoluzioni spaziali (come se fossero un unico radiotelescopio di grandissime dimensioni). I radiotelescopi hanno permesso di osservare molte stelle di neutroni, che si comportano come radiofari, vedi Fig. 8.

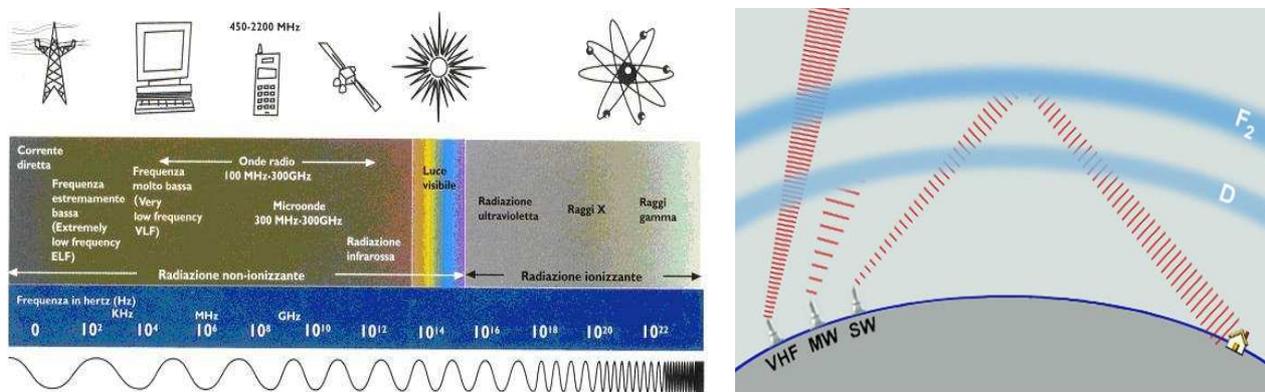


Fig. 6. (a) Alcuni usi delle onde E.M. (b) Riflessione delle onde radio nell'alta atmosfera.



Fig. 7. (a) Il nuovo Radiotelescopio di Medicina. (b) Radiotelescopi di tutto il mondo unitevi!

La Fig. 9 mostra la galassia M51 (*the Whirlpool Galaxy*) ripresa nel 2009 in luce infrarossa dal telescopio spaziale Herschel dell'European Space Agency (ESA): si vedono molto bene le stelle con relativa bassa temperatura superficiale e materiale interstellare freddo, composto da acqua e da atomi di carbonio, non osservabili in luce visibile [7].

Sono molti gli oggetti celesti che emettono raggi x (e la luna riflette i raggi x). La Fig. 10 mostra l'illustrazione di un sistema binario composto da un *buco nero*¹ (o di una stella di neutroni) e di una seconda stella, dalla quale cade materiale stellare verso il buco nero: i raggi x sono emessi nel percorso indicato in blu dove la materia accelerata si avvicina al buco nero ponendosi in un disco di accrescimento (microquasar GRO J 1655-40).

Nella Fig. 11 è mostrato un "mostro cosmico": una Galassia Attiva (AGN) che sembra emettere una grande quantità di onde elettromagnetiche, che coprono quasi tutto lo spettro e.m., da un nucleo

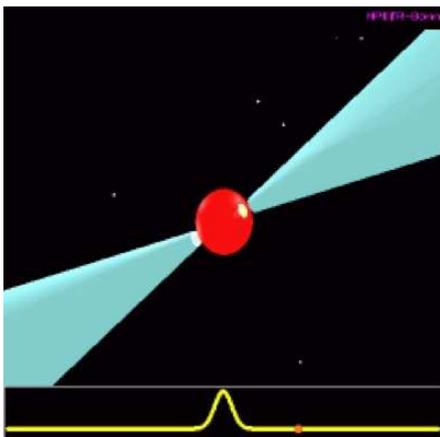


Fig. 8. Schema del "Radiofaro" di una stella di neutroni.



Fig. 9. Whirlpool Galaxy osservata dal telescopio spaziale Herschel a raggi infrarossi (ESO 2009).

¹ Una stella massiva brucia il suo combustibile nucleare molto velocemente e quando il suo nucleo centrale di ferro supera le 1.4 masse stellari forma rapidamente una piccola *stella di neutroni* con un diametro di qualche chilometro. Se la massa della stella iniziale supera ~5 masse solari, la stella diventa eventualmente un *buco nero stellare*, cioè un corpo celeste piccolo dal quale non può uscire nulla, neanche la luce. Al centro di molte galassie è situato un *buco nero supermassivo* con massa di almeno alcuni milioni di masse solari.

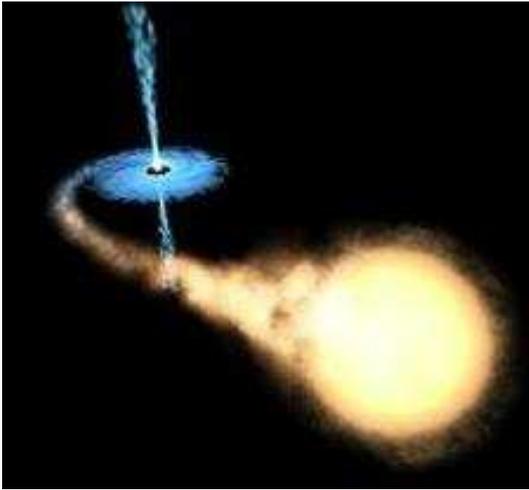


Fig. 10. Schema illustrativo del microquasar GRO J 1655-40.



Fig. 11 Getto di materia lungo circa 5000 anni luce emesso dall'AGN M87.

centrale compatto relativamente piccolo, probabilmente un *bucò nero supermassivo*, con massa di milioni fino a miliardi di masse solari. Il “motore” di questo meccanismo è la caduta di materia sul buco nero centrale. Nella Fig. 11 si vede che viene emesso anche un getto di materia (in particolare di elettroni) lungo circa 5000 anni luce.

“Telescopi” per raggi gamma (raggi γ) di alta energia hanno individuato diverse sorgenti celesti galattiche ed extragalattiche. La Fig. 12 mostra la nostra galassia osservata in raggi gamma: si vedono le caratteristiche generali della galassia, anche se i raggi γ sono forse emessi da sorgenti celesti diverse dalle stelle osservate nel visibile.

La luce emessa di notte dai sistemi di illuminazione terrestri è mostrata in Fig. 13 (è una foto composita presa da satelliti diversi). La figura mostra la grande quantità di luce artificiale, emessa in particolare dai paesi più sviluppati e anche dai paesi emergenti. Tale luce può danneggiare o impedire le osservazioni astronomiche: i nuovi telescopi ottici vengono messi in zone desertiche a grande altezza, in posti dove la luce artificiale emessa è poca o nulla.

4. Il microcosmo

Nel secolo scorso sono stati compiuti grandi passi in avanti nella conoscenza del *microcosmo* utilizzando microscopi ottici, microscopi elettronici (vedi Fig. 14), raggi cosmici e soprattutto fasci di particelle provenienti da acceleratori di energia sempre più elevata. Si è trovato che la materia

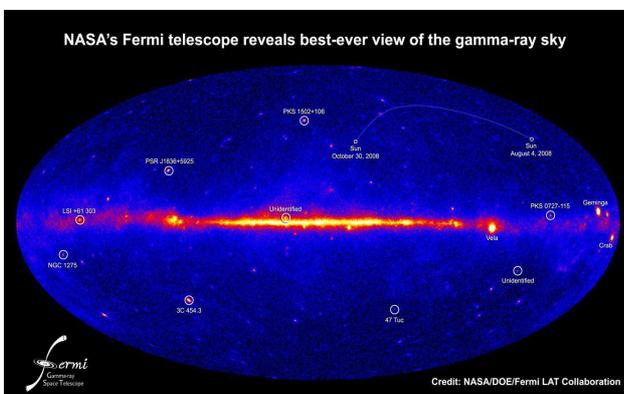


Fig.12 Il centro della nostra galassia osservato in raggi γ .



Fig.13 La luce emessa di notte dalle nostre città [11].

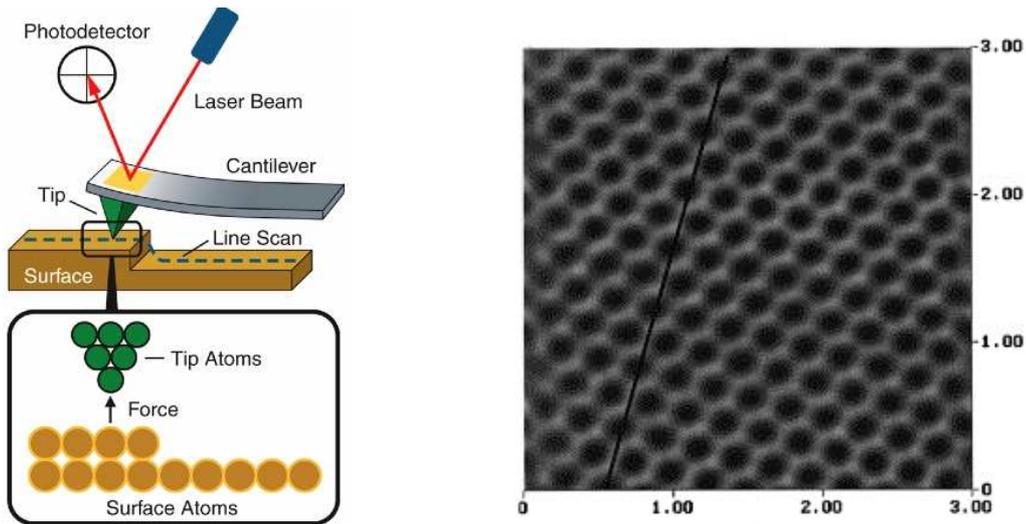


Fig. 14. (a) Microscopio elettronico a forza atomica. (b) Grafene: molecola a struttura esagonale formata da uno strato monoatomico di atomi di carbonio.

è composta di *molecole, atomi, nuclei atomici, neutroni e protoni, e costituenti ultimi*² come illustrato nella Fig. 15a,b. Ognuno di questi sistemi contiene oggetti di dimensioni sempre minori e molto spazio vuoto. Nel così detto *Modello Standard del Microcosmo* i costituenti ultimi sono *quarks e leptoni* che interagiscono tramite 4 forze/interazioni fondamentali: le interazioni *elettromagnetica, forte, debole e gravitazionale*.

La Fig. 14a mostra come funziona un microscopio elettronico a punta; la Fig. 14b mostra uno strato monoatomico di atomi di carbonio. C'è attualmente una specie di corsa verso le *nanotecnologie*, che potrebbero fornirci molte ricadute tecnologiche importanti, quali calcolatori più potenti e di dimensioni ancora più piccole, e nuovi metodi per la trasformazione dell'energia solare in energia elettrica. Gli acceleratori di particelle permettono di accelerare protoni, elettroni o nuclei atomici sino ad energie elevate. Esse possono interagire con i costituenti della materia e produrre nuove particelle instabili, come fanno i *raggi cosmici* (R.C.). Si possono così esplorare oggetti piccolissimi fino a dimensioni di $\sim 10^{-18}$ m.

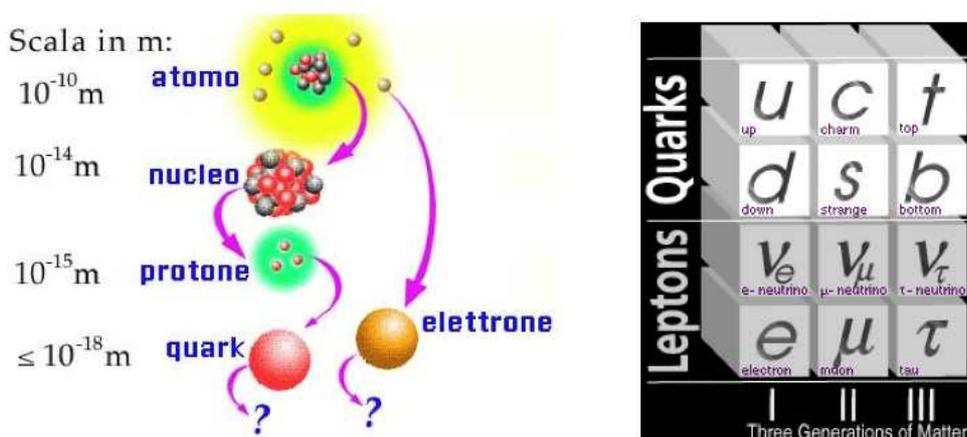


Fig. 15. (a) I costituenti della materia, vuoto dovunque? (b) I *costituenti ultimi*.

² Sono chiamati *costituenti ultimi* quelle particelle per le quali attualmente non è possibile alcuna ulteriore suddivisione. Sono l'ultimo gradino nella scala delle particelle. Sono *costituenti ultimi* i *quarks* e i *leptoni*.

5. “Vedere” entro il corpo umano

Sono state realizzate molte applicazioni in *diagnostica medica* di tecnologie sviluppate in attività di ricerca di fisica fondamentale (in particolare nel campo subnucleare). Queste applicazioni hanno permesso di “vedere” entro il corpo umano usando raggi x, ultrasuoni, risonanza magnetica nucleare, con sorgenti radioattive ad emissione di positroni e altri. I raggi x sono stati i primi ad essere scoperti ed utilizzati. Ora si impiegano raggi x con molti miglioramenti tecnologici, per es. raggi x molto ben collimati, a basso dosaggio e controllati da calcolatori; sono stati sviluppati *metodi tomografici* per osservare porzioni del corpo a “fette” e metodi per fare filmati, osservando così per es. un organo umano in funzione. Questi tipi di miglioramenti sono ora applicati anche con gli altri metodi. Si tratta di diagnostiche non invasive, che vengono anche usate per molti altri nuovi scopi, per es. per analisi di “beni culturali”.

La Fig. 16a mostra la prima *radiografia a raggi x* di una mano, mentre la Fig. 16b mostra un’altra radiografia, fatta a Bologna forse qualche mese prima da Righi. Le Fig. 16c e d mostrano *mammografie* ottenute con raggi x convenzionali e con raggi x provenienti da un elettrosincrotrone. Nel secondo caso si rivela con precisione una piccola opacità di massa con bordi definiti e quindi quasi certamente un difetto, ma non maligno.

Con gli *ultrasuoni* si può osservare un bimbo nel grembo materno e determinarne il sesso, cosa impossibile appena 50 anni fa!

La *risonanza magnetica nucleare* (NMR) permette di analizzare direttamente il cervello umano. Bisogna “immergere” una persona in un forte campo magnetico, che allinea gli spins dei protoni e dei nuclei atomici del nostro corpo. La Fig. 17b mostra un cervello sano e la Fig.17a quello di una persona affetta dal morbo di Alzheimer. Queste immagini si possono ora trovare in Internet in banche dati a disposizione di tutti i medici.

Anche la *tomografia a emissione di positroni* (PET) permette di analizzare lo stato di un cervello. Nella PET, i positroni provengono dal decadimento di nuclei radioattivi che vengono incorporati in un farmaco liquido iniettato nel paziente per via endovenosa e raggiunge una certa parte del cervello. I nuclei radioattivi decadono emettendo positroni che annichilano con gli elettroni del mezzo corporeo producendo due raggi gamma che vengono poi rivelati da appositi apparati, vedi Fig. 18a. La Fig. 18b mostra la PET di un cervello sano.

Sono anche state fatte molte applicazioni in *terapia medica*. Con certe radiazioni, per esempio raggi x e raggi gamma, si possono curare alcune malattie, in particolare alcuni tipi di tumore. Ora si preferisce usare radiazioni intense provenienti da acceleratori, con le quali si possono realizzare fasci ben collimati, facendoli arrivare sulla parte malata da direzioni diverse, in modo da colpire sempre la parte malata e riducendo la dose sulle parti sane.



Fig. 16. (a,b) Radiografie di una mano. (c,d) Mammografie a raggi X convenzionale (a sinistra) e con luce di sincrotrone (a destra). Le frecce indicano un’opacità rotondeggiante e ben riconoscibile a destra, dove è visibile un contorno netto che orienta verso la benignità del nodulo osservato.

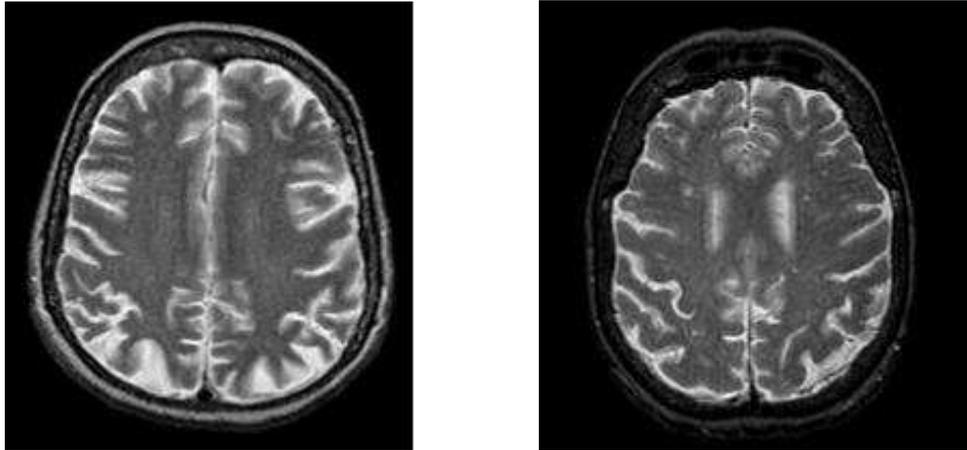


Fig. 17. Risonanza magnetica nucleare (a) di un cervello affetto da malattia di Alzheimer e (b) di un cervello sano.

6. “Vedere” con altre radiazioni

Astronomia a neutrini. La Terra contiene materiali radioattivi con vita media più lunga dell’età della terra. In particolare contiene Th^{232} e U^{238} , i cui nuclei sono instabili e danno origine a una serie di decadimenti radioattivi emettendo antineutrini elettronici $\bar{\nu}_e$: in un certo senso la terra è una piccola *stella che emette antineutrini elettronici*. Questi $\bar{\nu}_e$ sono già stati osservati e si stanno ora preparando alcuni esperimenti più grandi per misurarli con maggior precisione con lo scopo di misurare le quantità di torio-232, uranio-238, e altri materiali radioattivi, presenti nella terra.

Queste osservazioni fanno parte della così detta *Astronomia a neutrini*: oltre ai $\bar{\nu}_e$ terrestri sono già stati osservati *neutrini solari* [8], $\bar{\nu}_e$ da una *supernova* e sono entrati in funzione grandi osservatori sottomarini e sotto i ghiacci per osservare ν_μ di alta energia. Il nucleo del sole emette una gran quantità di neutrini elettronici: sulla terra giungono circa 6.5×10^{10} ν_e per cm^2 al secondo. La loro probabilità di collisione è molto piccola e la maggior parte attraversa la terra indisturbata. I neutrini solari sono stati misurati con diversi tipi di rivelatori posti in laboratori sotterranei. La supernova 1987A nata in una stella della Grande Nube di Magellano a circa 170000 anni luce da noi è stata osservata molto bene nel visibile e per la prima volta è stata osservata tramite una quindicina di $\bar{\nu}_e$ aventi l’energia e la distribuzione temporale previste.

I Raggi Cosmici sono composti da nuclei atomici di idrogeno e di elementi più pesanti

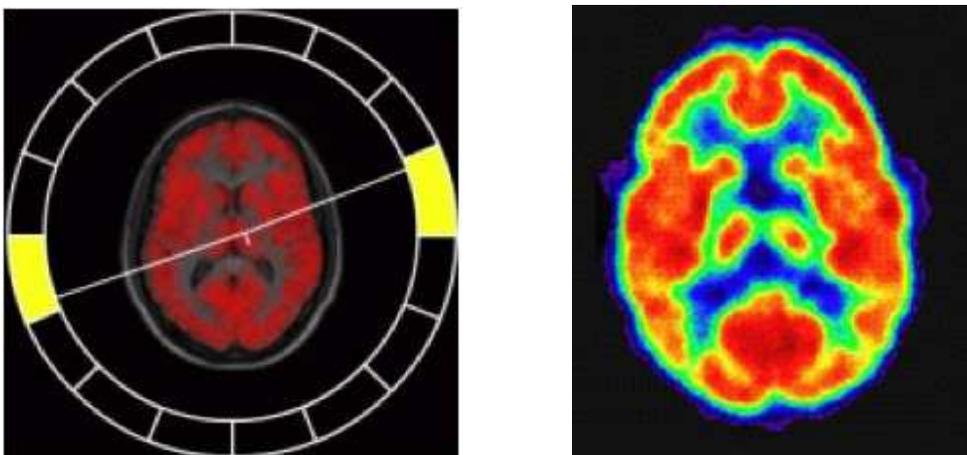


Fig. 18. (a) Rappresentazione del funzionamento della PET [10]. (b) Tipica scansione PET di un cervello sano.

accelerati ad alte energie da qualche “acceleratore cosmico”, ancora non ben definito. I R.C. sono deflessi dal campo magnetico galattico; quelli di più alta energia ci possono forse indicare dove si trovano gli acceleratori cosmici. Se i R.C. urtano una nube di materiale vi interagiscono producendo molti R.C. secondari, in prevalenza costituiti da particelle instabili come i mesoni π e i mesoni K, che decadono in neutrini e antineutrini muonici.

Onde gravitazionali. Un corpo celeste fortemente accelerato, per es. una stella di neutroni mentre sta per cadere in un buco nero stellare (come in Fig. 10), emette un fiotto di onde gravitazionali. Sono in funzione sulla superficie terrestre alcuni grandi rivelatori di onde gravitazionali che fra poco dovrebbero raggiungere la sensibilità necessaria per osservare tali fenomeni, iniziando forse così l'*astronomia a onde gravitazionali* [9].

7. Conclusioni e prospettive

Nei due secoli passati è stato fatto un grande progresso scientifico e tecnico. Ma in realtà resta molto da studiare. Sappiamo che la materia che emette luce ed altre onde elettromagnetiche è solo una piccola parte, una piccola percentuale della materia e dell'energia totale dell'Universo. La materia che non emette luce, la **Materia Oscura**, è stata intravista tramite metodi indiretti, ed è ~8 volte la materia visibile. Forse è costituita di nuove particelle massive ancora sconosciute.

Osservazioni recenti hanno mostrato che le galassie più lontane si allontanano da noi con una velocità che aumenta con la distanza e aumenta nel tempo. Si parla ora di una grande quantità di **Energia Oscura** presente nell'Universo.

Per studiare queste novità sono in costruzione grandi apparati e sta per entrare in funzione il super acceleratore LHC al CERN di Ginevra, che dovrebbe fornire molte informazioni in proposito.

Ricordiamo che nel passato tutti gli anziani avevano difficoltà con la vista: oggi gli occhiali permettono di superare tali difficoltà mentre semplici operazioni fatte con il laser curano molti tipi di malattie della vista. Nel futuro le ricadute tecnologiche in medicina e nella nostra vita quotidiana dovrebbero essere superiori a quelle ottenute finora!

Ringraziamenti. Ringrazio molti colleghi per la collaborazione su diversi aspetti affrontati in questa nota. Ringrazio la dott.ssa M. Errico e il dr. V. Togo per vari aspetti tecnici.

Bibliografia

- [1] Fiat lux! Appunti per ricordare Galileo e l'anno mondiale dell'Astronomia.
- [2] <http://magazine.voiaganto.it/articolo/mostra-galileo-galilei-padova/2702/>
- [3] http://bassilo.it/area_alumni/appunti_di_scienze/sole.htm
- [4] <http://scienzagiovane.unibo.it/attualità.html>
- [5] http://it.wikipedia.org/wiki/Sloan_Digital_Sky_Survey
- [6] <http://www.eso.org/public/outreach/press-rel/pr-2009/pr-35-09.html>
- [7] www.esa.it/esa.KIDSit/OurUniverse.html
- [8] http://it.wikipedia.org/wiki/problema_dei_neutrini_solari
- [9] http://it.wikipedia.org/wiki/onda_gravitazionale
- [10] <http://www.scienzagiovane.unibo.it>
- [11] G. Giacomelli (Il problema energetico) ANALYSIS, N.1-2(2009)23, ISSN-1591-0695; arXiv:0901.3711 [Physics-soc-ph].

Abstract. The importance of Light in Science is underlined recalling first the astronomical discoveries of Galileo and then the use of progressively larger optical instruments which allowed the observation of the extremes of our Universe. We shall discuss the discoveries made with astronomical instruments based on the use of other wavelengths of the electromagnetic spectrum. We then consider the observations in the world of extremely small distances with progressively more sophisticated “microscopes”. At this point we ask if it possible to observe the Universe using other types of waves/particles, such as gravitational waves and neutrino telescopes. We finally recall the developments of new technologies in medicine, which allowed the observation of the inside of our bodies. A short discussion of future possibilities follows.

