

XV SETTIMANA DELLA SCIENZA

14 – 20 marzo 2005

“Le grandi scoperte della Fisica del XX secolo e le loro applicazioni”

Il XX secolo è stato sicuramente il “secolo d’oro” della Fisica. Ricordiamo brevemente alcune delle fondamentali scoperte di cui è stato così ricco.

Nell’anno 1900 Max Planck ipotizza per la prima volta la natura quantistica degli scambi di energia a livello elementare. La rivoluzionaria teoria dei “quanti”, successivamente elaborata e suffragata da imponenti conferme sperimentali, costituisce oggi uno dei pilastri della nostra concezione della realtà fisica a livello atomico e nucleare.

Nel 1905 Einstein, partendo dall’ipotesi che la velocità della luce sia la stessa per tutti gli osservatori inerziali, formula in un suo storico articolo le equazioni della Relatività Speciale, che introducono il concetto innovativo di spazio-tempo, superando la concezione newtoniana di uno spazio assoluto e di un tempo assoluto indipendenti tra loro. Ed è di Einstein anche la fondamentale intuizione dell’equivalenza tra massa ed energia ($E=mc^2$, dove c indica la velocità della luce nel vuoto). L’enorme contenuto energetico della massa spiega come mai il sole e le stelle possano irradiare per miliardi di anni gigantesche quantità di energia, a causa delle reazioni di fusione di nuclei d’idrogeno che avvengono al loro interno e che comportano modeste scomparse di massa. Nello stesso anno Einstein pubblica due altri fondamentali contributi dedicati all’effetto fotoelettrico ed al moto browniano. Il 2005 è dedicato alla Fisica proprio per celebrare il centenario di queste rivoluzionarie intuizioni.

Ad Einstein dobbiamo qualche anno dopo anche la straordinaria teoria della Relatività Generale, che prevede l’incurvamento dello spazio-tempo ad opera della massa. La teoria ebbe una clamorosa conferma sperimentale nel 1919 ed è alla base della moderna cosmologia.

Nei primi quindici anni del secolo valenti scienziati (tra cui in particolare Rutherford e Bohr) elaborano un modello di atomo costituito da un piccolissimo nucleo (in cui è concentrata quasi tutta la massa) e da una nuvola di particelle molto leggere dotate di carica elettrica negativa, dette elettroni, che si muovono attorno al nucleo. Si scoprirà in seguito che tutti i diversi nuclei presenti in natura hanno per costituenti unicamente protoni e neutroni, tenuti strettamente uniti da una forza (detta nucleare forte) prima sconosciuta. Ulteriori ricerche metteranno in evidenza che protoni e neutroni sono a loro volta costituiti da quarks, tenuti assieme da particelle chiamate gluoni. Oltre alla forza nucleare forte è attiva nel nucleo un’altra forza, la forza nucleare debole, responsabile dei decadimenti radioattivi. Le forze fondamentali conosciute presenti nell’universo salgono così a quattro (in precedenza erano già state individuate la forza elettromagnetica e la forza gravitazionale). Negli anni ’80 viene elaborato il “modello standard delle particelle elementari” che prevede tra l’altro l’unificazione

della interazione elettromagnetica con quella debole. La conferma sperimentale di questa teoria ha portato nel 1984 un premio Nobel ad un italiano.

Queste e molte altre scoperte del ventesimo secolo, oltre ad aumentare le nostre conoscenze sulle leggi fondamentali della natura, hanno dato luogo a molte importanti applicazioni: dalle centrali elettronucleari alle cure oncologiche con sostanze radioattive e con fasci di particelle; dalle indagini ambientali, geofisiche, archeologiche, paleontologiche ai metodi di datazione; dai laser all'elettronica avanzata ed alla tecnologia dell'informazione.

“Centralità dell'acqua”

L'acqua ricopre il 70% della superficie della Terra. Il ciclo dell'acqua nell'atmosfera domina la distribuzione della pioggia (e della neve) sulle terre emerse, a cui corrisponde a seconda della piovosità un maggiore o minore sviluppo della biosfera.

La circolazione delle correnti oceaniche è una delle cause determinanti del clima.

Specifiche grandi influenze dell'acqua sono ad esempio il riscaldamento del nord Europa determinato dalla corrente del Golfo, il ruolo delle correnti marine fredde che si dipartono dall'Antartide nel controllo della temperatura media della Terra, l'enorme importanza dei monsoni per la vita dell'India e di altri Paesi asiatici.

L'acqua è inoltre fondamentale per il fenomeno della vita. Il corpo umano è fatto per almeno il 70% di acqua. La disponibilità quotidiana d'acqua è indispensabile per la vita dell'uomo e di molti animali. I principali processi biologici hanno alla base l'acqua.

L'acqua presenta singolari proprietà fisiche, di grande importanza per il ruolo svolto nell'atmosfera e negli oceani, quali una elevata capacità termica, una densità dello stato solido minore dello stato liquido (per cui i ghiacci galleggiano), nonché elevate energie termiche liberate /richieste nei passaggi di stato tra solido, liquido e vapore.

L'acqua liquida è inoltre un eccezionale solvente di tante sostanze. Tutte queste proprietà sono in stretta relazione con la struttura molecolare dell'acqua (formata da due atomi di idrogeno legati ad un atomo di ossigeno, disposti secondo un tetraedro “parziale”, avente al centro l'atomo di ossigeno e due vertici occupati dagli atomi di idrogeno).

Il grande valore dell'acqua per l'agricoltura e per le necessità vitali dell'uomo (in particolare nelle città) ha stimolato fin dall'antichità la realizzazione di notevoli opere di ingegneria idraulica per il suo trasporto dalle sorgenti ai luoghi di consumo (basti pensare agli acquedotti romani). Innumerevoli sono state nella storia le guerre e le controversie per il possesso dell'acqua.

Le particolari caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua la rendono il fluido (il liquido) di gran lunga più usato nei processi industriali, in particolare negli impianti chimici e negli impianti per la produzione di energia elettrica, sia idroelettrici, sia termoelettrici.

Le vie d'acqua fluviali, lacustri e marine sono state di importanza determinante per le comunicazioni, i commerci e i contatti tra popolazioni durante tutta la storia umana.

“L’energia alla base delle moderne società industriali”

Le moderne società industriali come la nostra offrono ai cittadini un’assai estesa gamma di beni e servizi, di gran lunga più articolata e sviluppata che in passato. Tale notevolissimo conseguimento viene ottenuto mediante l’utilizzazione diretta o indiretta di una grande varietà di macchine, impianti, apparecchiature, eccetera, quali treni, aerei, autocarri, automobili, navi, impianti industriali, impianti per la produzione di energia elettrica, calcolatori digitali, impianti telefonici, impianti radiotelevisivi, impianti di illuminazione, impianti di riscaldamento, elettrodomestici, eccetera. Tutte queste macchine e apparecchiature funzionano solo se alimentate con adeguate quantità di energia di forma prevista (energia elettrica, energia meccanica, energia termica, eccetera).

L’approvvigionamento delle fonti primarie di energia, la produzione della forma di energia voluta (in particolare di energia elettrica, la forma di energia più facilmente utilizzabile) e l’uso delle varie forme di energia costituiscono pertanto funzioni vitali delle moderne società avanzate.

Le fonti primarie di energia sono i combustibili fossili (il petrolio, il gas naturale, il carbone), l’uranio, le fonti rinnovabili (principalmente l’energia idroelettrica e in misura assai minore l’energia solare, l’energia eolica, l’energia da biomasse, eccetera), l’energia geotermica. Ciascuna di queste fonti energetiche primarie ha proprie problematiche di produzione, di trasporto dai Paesi di produzione ai Paesi di consumo, di impatto ambientale, di costo, di affidabilità del reperimento sul mercato. L’Italia è povera di fonti energetiche primarie e deve approvvigionare all’estero oltre l’80% del proprio fabbisogno: ciò costituisce un notevole problema economico e anche politico-strategico.

La produzione della forma di energia voluta avviene in appositi grandi impianti industriali (come gli impianti nucleari e gli impianti termoelettrici, che producono energia elettrica), o in motori (come quelli delle automobili e degli aerei, che producono energia meccanica). I processi principali adottati sono: 1) negli impianti nucleotermoelettrici la produzione di energia termica mediante combustione dei combustibili fossili o fissione dei nuclei di uranio, e la successiva conversione dell’energia termica così prodotta in energia elettrica mediante turboalternatori; 2) negli impianti idroelettrici la conversione diretta di energia idraulica in energia elettrica; 3) nei motori per autotrazione, per aereo, per nave la combustione di combustibili fossili e mediante essa la diretta produzione di energia meccanica. Ciascuno degli impianti industriali e dei motori sopraddetti ha proprie problematiche di costo, di rendimento, di sicurezza, di impatto ambientale, di accettazione da parte dei cittadini, eccetera.

Una volta prodotta, l’energia viene utilizzata per la produzione dei tanti beni e servizi di cui si è detto. Poichè l’uso dell’energia comporta sempre qualche problema ambientale, è molto importante massimizzare sempre il risparmio energetico.

“Nuove prevenzioni e nuove terapie per una miglior salvaguardia della salute”

La vita media degli uomini e delle donne e la durata della vita in buona salute stanno progressivamente aumentando in tutto il mondo. Tra i vari Paesi l’Italia occupa la

seconda posizione dopo il Giappone per durata della vita media dei suoi cittadini. Le cause di questo generale miglioramento sono molte. Tra queste prima di tutto quelle legate al miglioramento delle condizioni di vita della popolazione: abitazioni più igieniche, dotate di servizi sanitari e di acqua potabile, riscaldate d'inverno; una assai migliorata assistenza sanitaria nel parto e nei primi mesi di vita; la diffusione su tutto il territorio nazionale di adeguate norme igieniche per l'eliminazione dei residui organici di uomini ed animali; l'uso di norme igieniche personali da parte di tutti i cittadini; ambienti di vita e di lavoro più salubri; l'eliminazione di molte lavorazioni nocive; una drastica diminuzione della pericolosità di molte lavorazioni mediante prassi di migliore sicurezza sul lavoro; eccetera.

Un contributo fondamentale all'allungamento della vita è dovuto al grande sviluppo della medicina di questi decenni. In primo luogo va sottolineata l'importanza degli antibiotici, non pochi dei quali scoperti da scienziati italiani. Questi medicinali hanno praticamente eliminato una delle cause più frequenti di morte in passato, quella dovuta ad infezioni microbiche, presente in particolare nell'infanzia e nella vecchiaia. Agli antibiotici vanno aggiunti i vaccini, ormai largamente utilizzati dall'intera popolazione, che hanno avuto ed hanno tuttora un ruolo fondamentale nel combattere e in taluni casi eliminare gravi malattie quali il vaiolo, la poliomielite, il colera e la peste bubbonica, e per ridurre la pericolosità di malattie di massa come l'influenza. I vaccini sono sostanze che stimolano nell'organismo la produzione di anticorpi rivolti contro sostanze antigeniche presenti alla superficie dei microrganismi patogeni.

Ma l'aumento della vita media ha determinato tra i cittadini l'accentuarsi di altri fattori morbosi, la cui comprensione e cura rappresentano una grande sfida per la biologia e la medicina moderna. Le più frequenti cause di malattia nella terza età sono rappresentate infatti dai tumori, dalle malattie cardiovascolari e da alcune malattie del sistema nervoso di tipo degenerativo. La cura e la prevenzione di queste malattie tipiche dell'età avanzata e quindi della nostra società richiede un grande sforzo dei ricercatori medici e biologici e una maggiore considerazione della necessità di adottare, fino dalla giovane età, adeguati provvedimenti di natura preventiva per la tutela della nostra salute. Si è accertato ad esempio che il fumo rappresenta un importante fattore di rischio che favorisce l'insorgenza di tumori e di malattie dell'apparato respiratorio e cardiovascolare. La semplice eliminazione del fumo, un provvedimento a costo zero, già di per se potrebbe quindi rappresentare uno straordinario fattore di salute per la nostra popolazione. La dieta e l'esercizio fisico sono altri fattori di grande importanza per il mantenimento dello stato di salute fino all'età avanzata. Per molte malattie si è accertato infine che esse derivano dal sommarsi di due elementi: la predisposizione genetica di ogni individuo e fattori nocivi dovuti all'ambiente e a stili di vita inadeguati. La delucidazione della struttura del genoma umano permetterà entro breve ai ricercatori biomedici di accertare con opportuni procedimenti che salvaguardino la privacy, la presenza di fattori di rischio a base genetica, permettendo, attraverso la scelta di opportuni stili di vita, di incrementarne ulteriormente sia durata che qualità.

“Dallo spazio straordinarie informazioni sulla Terra e sulla sua collocazione nell’Universo”

La grande avventura umana della conquista dello spazio inizia poco meno di cinquant’anni fa, il 4 ottobre 1957, con la messa in orbita del primo satellite, il sovietico Sputnik. Nel 1961 viene lanciato in orbita il primo uomo, il russo Yury Gagarin. Il 20 luglio del 1969 due uomini della missione americana Apollo 11 (Neil Armstrong e Edwin Aldrin) mettono piede sulla Luna. Progressivamente lo spazio attorno al nostro pianeta si popola di satelliti di tutti i tipi: satelliti militari spia, satelliti per telecomunicazioni, satelliti ripetitori televisivi, satelliti per meteorologia, satelliti per astronomia, sistemi satellitari per l’esatto posizionamento sulla superficie terrestre, eccetera. Vengono anche lanciate sonde per l’esplorazione del sistema solare: tra queste le sonde per l’esplorazione di Giove, Saturno e dei loro pianeti (come le sonde storiche Voyager e l’attuale sonda Cassini – Huygens per l’esplorazione del pianeta Titano, satellite di Saturno), le numerose sonde (anche dotate di robot) per l’esplorazione di Marte (tra cui le recenti Mars Express, europea, e le americane Spirit e Opportunity) e la sonda Giotto (per l’esplorazione della cometa di Halley). Attorno alla Terra orbita da anni la grande Stazione Spaziale Internazionale.

I satelliti e le sonde spaziali, tra le tante loro funzioni, forniscono anche preziose informazioni relative alla Terra, al sistema solare e all’Universo, assolutamente non ottenibili in altro modo. Si tratta di informazioni veramente straordinarie, essenziali per la percezione e comprensione di fondamentali fenomeni e processi in cui siamo immersi.

Per quanto riguarda l’osservazione della Terra, i satelliti sono in grado di fornire non solo una simultanea visione di ampie zone della superficie terrestre con un grado di dettaglio eccezionale (ben inferiore al metro), ma anche il rilevamento di molte altre grandezze fisiche relative alle terre emerse, agli oceani e all’atmosfera. Ciò consente:

- importanti avanzamenti in numerose scienze, come la meteorologia, la fisica e la chimica dell’atmosfera, l’oceanografia, la climatologia, la vulcanologia, la sismologia
- miglioramenti del monitoraggio di rilevanti processi economici, come le coltivazioni agricole, il management delle foreste, il management dell’acqua
- miglioramenti della previsione, prevenzione, mitigazione e recupero di eventi disastrosi, come uragani, inondazioni, frane, incendi, terremoti, eruzioni vulcaniche
- miglioramenti della sicurezza contro atti di terrorismo (ad esempio, con una più efficace sorveglianza di possibili obiettivi di tali atti)
- miglioramenti della qualità del monitoraggio ambientale (ad esempio tramite la pronta rilevazione di rilasci di petrolio in acque di mare).

L’esplorazione del sistema solare è effettuata mediante numerose sonde spaziali, di cui sopra abbiamo indicato qualche esempio. L’incremento di conoscenza così ottenuto in relativamente pochi anni è stato enorme.

Per l’osservazione dell’Universo sono stati messi in orbita in questi decenni numerosi satelliti astronomici, sia equipaggiati con telescopi in banda visibile (come il grande

telescopio Hubble), sia dotati di nuovi tipi di telescopi, in grado di osservare radiazioni elettromagnetiche provenienti dalle profondità del cosmo in bande schermate dall'atmosfera, come nell'infrarosso, nell'ultravioletto, nella banda X e nella banda gamma. Le informazioni così ottenute sono di eccezionale apporto conoscitivo sulla natura dei tanti complessi fenomeni che hanno luogo nell'Universo.