

A CURA DI CESARE SILVI, GRUPPO PER LA STORIA DELL'ENERGIA SOLARE
E PRESIDENTE DI "ISES HISTORY STANDING COMMITTEE"
csilvi@gses.it - www.gses.it

Le energie dei fotoni sono spettacolarizzate in natura dai colori dell'arcobaleno

ATOMI E PARTICELLE: NASCE LA FISICA DELLE CELLE FV

GLI STRAORDINARI SVILUPPI DELLA FISICA TEORICA E SPERIMENTALE TRA LA FINE DEL XIX E L'INIZIO DEL XX SECOLO HANNO RIVOLUZIONATO LE CONOSCENZE SULLA NATURA INTIMA DELLA LUCE E SULLA STRUTTURA DELLA MATERIA, APRENDO LA STRADA ALL'INVENZIONE DELLA PRIMA CELLA SOLARE FOTOVOLTAICA AL SILICIO AVVENUTA NEGLI STATI UNITI NEL 1953

Come abbiamo raccontato nella scorsa puntata della nostra rubrica, alla fine del XIX secolo la fotoelettricità continuava a rappresentare un mistero. L'attenzione dei pochi sperimentatori dell'ottocento era catturata dall'idea di ipotetiche "reazioni chimiche" originate dallo stato delle superfici metalliche sotto l'azione diretta della luce che, a loro volta, si pensava, potessero essere all'origine delle correnti elettriche osservate, tanto da far considerare il fenomeno importante per lo studio delle scariche nei gas, come quelle che avvengono nei tubi catodici. Si trattava chiaramente di interpretazioni falsate e condizionate dalle conoscenze della fisica classica, che sarebbero state presto rivoluzionate con l'avanzare degli studi sia sull'elettricità, sia sul magnetismo, sia dai nuovi schemi concettuali introdotti dalla fisica quantistica, capace di

dominare e collegare tutti i fenomeni legati alla struttura della materia e all'energia.

LUCE, ELETTRICITÀ E MAGNETISMO

Michael Faraday (1791-1867), compiendo svariati esperimenti con degli elettromagneti, scoprì che l'elettricità e il magnetismo erano due facce di una stessa medaglia. James Clerk Maxwell (1831-1879) tradusse in formule matematiche le scoperte di Faraday e arrivò a dimostrare teoricamente l'esistenza delle onde elettromagnetiche. Ne calcolò la velocità e trovò che era la stessa di quella della luce e ne concluse, nel 1873, che la luce era un fenomeno ondulatorio di carattere elettromagnetico. I risultati degli esperimenti condotti da Heinrich Hertz (1857-1954), nel corso dei quali venivano illuminati dei circuiti elettrici, sembra-

LA FOTOELETTRICITÀ SOLARE E GLI SCIENZIATI ITALIANI TRA IL 1850 E IL 1950

Abbiamo già raccontato nella precedente puntata degli esperimenti svolti nel 1863 da **Antonio Pacinotti** (1841-1912) "sulle proprietà chimiche della luce" e sulla fotoelettricità. Un argomento ripreso e sviluppato, tuttavia senza i mezzi disponibili in altri Paesi, anche da altri fisici italiani, tra cui **Augusto Righi** (1850-1920), **Quirino Majorana** (1871-1957) e **Orso Mario Corbino** (1876-1937). Già nel 1938 **Alessandro Amerio**, Direttore del Dipartimento di fisica del Politecnico di Milano, in una relazione su "L'utilizzazione del calore solare e l'autarchia nazionale" evidenziava, perché le celle solari potessero risultare utili, la necessità di "disporre di una cellula, che fosse sensibile a tutto lo spettro solare, o almeno dal verde a buona parte dell'ultravioletto, robusta e di piccolo costo".



Augusto Righi

vano confermare la teoria di Maxwell e lo portarono ad affermare: "La teoria ondulatoria della luce è una certezza". Tuttavia un suo allievo, Philipp Lenard (1862-1947), decise di approfondire uno degli esperimenti in cui il circuito elettrico era interrotto. Scopri che luce a basse frequenze - rosso, verde e blu - non provocava nessuna conseguenza, ma se la luce superava una certa frequenza - nella zona dell'ultravioletto - gli elettroni uscivano dal metallo e saltavano attraverso l'interruzione, chiudendo il circuito e creando una scintilla. Questo fenomeno non sembrava provocato dall'azione di un'onda, ma era collegato a una soglia che poteva essere descritta per mezzo di una teoria corpuscolare della luce. Lenard aveva aperto una nuova strada all'interpretazione dell'effetto fotoelettrico quale emissione di una particella (o quanto di elettricità) in un metallo sotto l'azione diretta della luce.

MODELLI ATOMICI E STRUTTURA DELLA MATERIA

La scoperta dell'elettrone nel 1897 da parte di Joseph John Thomson (1856-1940) pose fine alla teoria dell'atomo

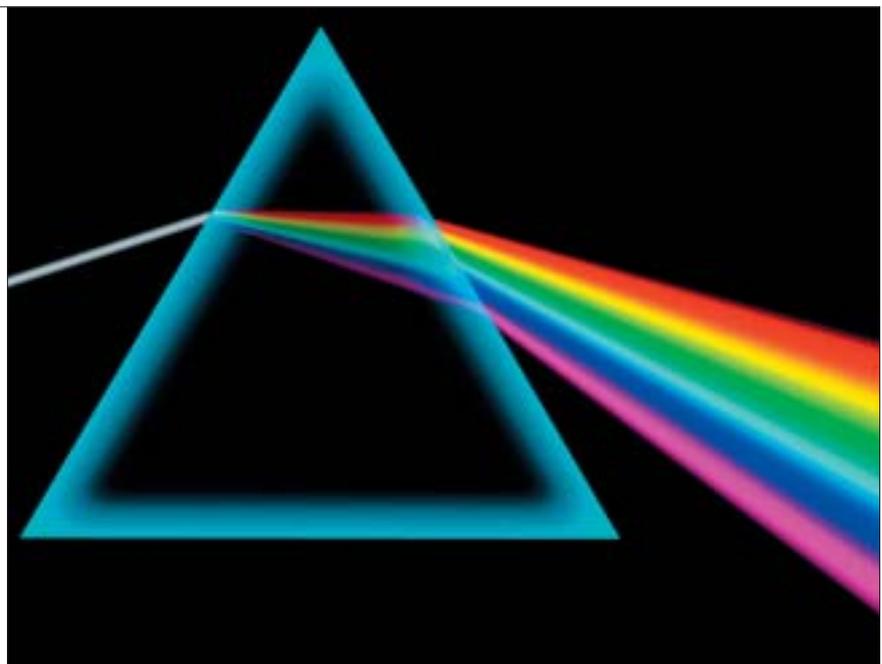


Figura 1: Un prisma triangolare separa le differenti componenti della luce solare.

indivisibile postulata dai filosofi greci e avviò una profonda rivoluzione nella concezione della struttura della materia. L'atomo diventava un oggetto complesso, costituito da elettroni, con carica negativa, e altri "oggetti" con carica positiva. Thomson ne propose

un modello a "panettone", con la carica positiva a rappresentare la mollica e gli elettroni distribuiti sopra come chicchi di uva passita. Ma il suo modello venne ben presto superato per stare al passo con i continui sviluppi della fisica quantistica e con i suoi po-



Per informazioni:

Kyoto Club

Via Genova, 23

00184 - ROMA

Tel: +39 06 45439791

Fax: +39 06 45439795

mail: segreteria@kyotoclub.org

web: www.kyotoclub.org

Pronti ad agire
contro i
cambiamenti climatici

Accademici, AcedEcoInibet, A&Dweb, Aeri Milano, Aiazzi, Anas, Anag Energia, Anel, ANEA - Agenzia Nazionale Energia e Ambiente, Anel, Anel, ANFE, AntamsEnergy, AP Holding, Appamenergy, APenergy Publishing, Aija Ambiente Italia, Am Brescia, Asacofas, Asagostyale, Aistra, Aitel, Aika Caspio - Bari Service, Banca Popolare Etica, EnVI Italia, Cal-Diver, Carisquilly, Cel, Cel Roma, Cipi, Cobat, Coldiretti, Comaco, Comuni di Arcana, Canigato (M), Crema (CK), Ferros, Firenze, Formigine (MO), Montova, Modena, Palermo, Parma, Reggio Emilia, Roma, Scarsano (GR), Venezia e Verona, Curfcooperative Federabitazione Lombardia, Consiglio Ecogas, Consorzio Stabile Oltus, Coop Classa di Pesca, Coop, Coespa, Custroni Solar, Ciemonei Consume, Daneco Windpower, Dia, Ingegneria Industriale - Università di Perugia, Dia, Processi Chimici dell'Ingegnere - Università di Padova, DMV, Domotecnica, Dornafugate, Ecol, Eco-Way, Edson, EGI Italia, Ecleo Power Systems, Eclor Recycling, Eclorcarbonio, Eclorfluida, Enert, Enza, Enel, Enel Energy, Enersol, Enesact, Enel Parco Nazionale dell'Aspromonte, Environment Part, Eni Italia, E.S.CO Playceale Taccia, ESY Energy Saving, Valorizate, EURSCO, Eurocolor, Eurbenergy Group, Euramability, Eursprogetti, EVA Energie Votobbia, Fedemilano, Fedepem Italia, Ferros Votobbia, Ferros dello Stato, Fiper, Gemma Energia Italia, Gechem Group, G.E. Impianti, Gestor, G.I.&G.bergerindustry&Engineering, ICGHolding, I.C.S. - Industria Car Sharing, IGPortum, Inca & Services, Inca, Inca Italia, Inipart, Incares, Giordano Industrie, Jantec Impianti, Kestler Associate, Klaman, Koll, Lattari, Legambiente, Mares, Monte dei Paschi di Siena, Mosto Consorzio Episcopale - Neferenergy, Multisby, Nuova, Muti, Novati, Nuovi Sistemi Termoelettrici, Philips, Poggio, Pini & C. Ambiente, Pini & C. Real Estate, Province of Bologna, Milano, Rovigo, e Venezia, Rai - Regione Adriatica di Sicurtà, Ray Energy, Renesi, Favel, Robur, Rockwood, Romeo Legnani, Rosa dei Venti, Rizzato Portunaria, Sangati, San Marco Bioenergy, Sapia, Servizio, S.I.E.A., Solatecnic, Tarantini Italia, Spot Energy, Stone, Struccionelectronics, Strage Ambiente, Strappalozzo, Tenere Power, TVV Italia, Università Italiana, Unindustria Venezia, UNRA, VAA, Verba Italia

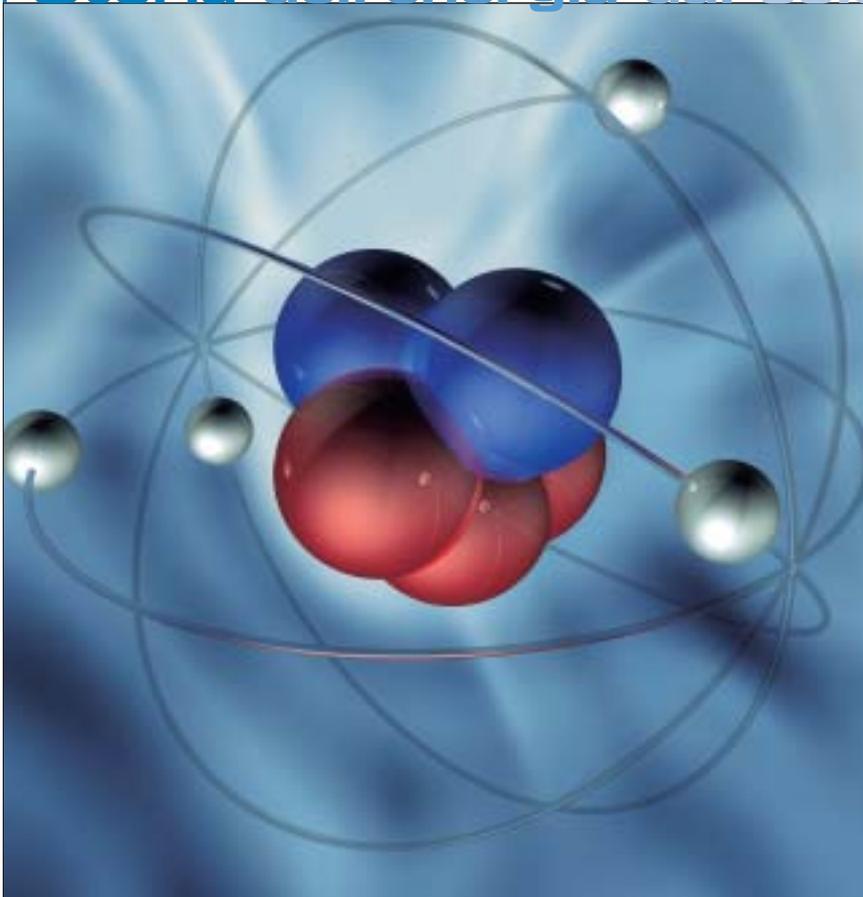
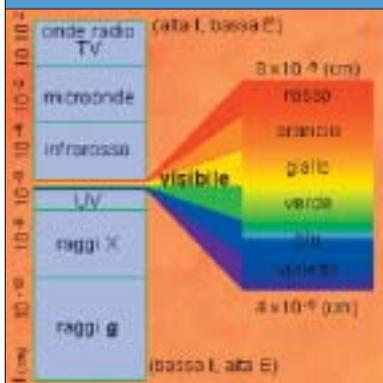


Figura 2. Rappresentazione schematica del modello atomico di Bohr: gli elettroni possono orbitare soltanto su orbite ben definite e sono stabili entro determinati livelli di energia.

Figura 3. Lunghezze d'onda delle radiazioni elettromagnetiche, dalle onde radio, a quelle visibili all'occhio umano (dal violetto al rosso), all'ultravioletto, ai raggi X e gamma.



stulati, a cominciare dalla quantizzazione dell'energia e dai modelli di Bohr-Rutherford (1913) e Schrödinger (1925) (figura 2).

FOTONI: I QUANTI DI LUCE

Un primo fondamentale contributo all'idea che la radiazione luminosa si manifesti non con continuità, ma per "salti", lo diede nel 1900 Max Planck (1858-1947), con l'assunzione che l'energia emessa dal corpo nero, vale a dire da un corpo che assorbe tutta la radiazione che riceve, fosse costituita da un numero infinito di piccoli contributi, tutti multipli interi di una stessa quantità o "quantum". Albert Einstein (1879-1955) riprese le idee di Planck e nel 1905 ebbe la rivoluzionaria intuizione che la luce ha una doppia natura: in alcuni contesti, come avevano dimostrato Maxwell e Hertz, la luce si comporta come un'onda, ma in altri, come negli esperimenti di Lenard, essa consiste di pacchetti di energia distinti, che chiamò "quanti di luce", oggi comunemente indicati con il nome di "fotoni". I fotoni sono entità associabili a qualsiasi tipo di radiazione elettromagnetica: a onde più corte della radiazione elettromagnetica

corrispondono fotoni a energie più elevate e, viceversa, a onde più lunghe corrispondono fotoni con energie meno elevate (figura 3). Le energie dei fotoni associate con la luce visibile all'occhio umano sono peraltro suggestivamente spettacolarizzate in natura dai colori dell'arcobaleno (vedi figura di apertura).

DALL'EFFETTO FOTOELETTRICO ALL'EFFETTO FOTOVOLTAICO

La rivoluzionaria intuizione di Einstein della doppia natura della luce, allo stesso tempo ondulatoria e corpuscolare, insieme alla scoperta dell'elettrone e a una nuova concezione dell'atomo e della struttura della materia, aveva aperto la strada per una diversa interpretazione dell'effetto fotoelettrico rispetto a quelle date dagli sperimentatori dell'ottocento. Si poteva così spiegare che in materiali quali il selenio gli elettroni debolmente legati agli atomi stessi, potessero essere più facilmente espulsi dai propri orbitali quando venivano colpiti dai fotoni a più elevata energia, dando luogo a una corrente elettrica. Nell'ottocento il fenomeno delle correnti prodotte dalla luce fu chiamato "effetto fotoelettrico". Intorno al 1920, per indicare tale fenomeno fu adottato il termine "effetto fotovoltaico" e la svolta impressa dalle nuove conoscenze di fisica quantistica diedero una rinnovata credibilità alle sperimentazioni su tale effetto, ridestando, come racconta John Perlin in "Dal Sole" (versione italiana di "From Space to Earth..."), il sogno dell'elettricità solare condiviso da Fritts e dagli altri ricercatori che nel secolo precedente avevano studiato le celle a selenio.

UNA STORIA LUNGA E APPASSIONANTE

In sei articoli ripercorreremo la storia della tecnologia fotovoltaica, dall'inizio della storia della luce del sole ai successi scientifici dell'ultimo mezzo millennio: La storia della luce - I primi grandi scienziati della luce - L'effetto fotoelettrico - **Atomi, fotoni e celle solari fotovoltaiche** - Le applicazioni fotovoltaiche nello spazio e sulla terra - Il futuro delle tecnologie fotovoltaiche.