

# PERSONAGGI E SCOPERTE DELLA FISICA MODERNA

## Modulo 1

a cura della prof.ssa Valeria Russo

### Descrizione del modulo

In questo modulo, attraverso le vicende storiche e biografiche di alcuni scienziati, cercheremo di dare un'idea dell'ispirazione e dello sforzo creativo che accompagnano la ricerca scientifica. Questa è appassionante, al pari della creazione artistica, e non certo meno carica di elementi umani. Nonostante per tradizione si omettano quasi del tutto gli aspetti storici e biografici, la loro conoscenza può essere di grande interesse per una comprensione più completa dello sviluppo delle moderne teorie fisiche.

Nella prima parte del XX secolo si compie una delle rivoluzioni più profonde della storia del pensiero scientifico, dando l'avvio a quella che viene chiamata Fisica Moderna. Affronteremo la conoscenza di alcune delle maggiori personalità della fisica di questo periodo, mettendo in luce i loro maggiori contributi e cercando di renderli comprensibili anche ai non specialisti. Eviteremo un linguaggio troppo tecnico, anche se non sempre questo è possibile e nemmeno utile: quando serviranno, mostreremo come le formule permettano in effetti di semplificare, non di complicare l'esposizione.

Una parte del modulo sarà dedicata alla descrizione delle conseguenze e delle applicazioni che queste scoperte hanno portato all'umanità nei campi più disparati, dalla medicina alla produzione di energia, dalle esplorazioni spaziali all'informatica, dai laser agli acceleratori, dall'astrofisica alle nanotecnologie.

### Organizzazione del modulo

Il modulo è suddiviso in **4 parti**. I partecipanti avranno accesso a diversi **materiali didattici online**, tra cui dispense e video. Durante l'erogazione, verrà chiesto ai partecipanti di svolgere riflessioni personali su quanto appreso e/o esercizi volti all'applicazione dei concetti sviluppati. I partecipanti saranno in contatto costante con docenti e tutor del Politecnico. Inoltre, grazie a un **forum online** potranno lavorare insieme agli altri iscritti all'interno di una classe virtuale. È prevista infine anche la partecipazione a dei **webinar**, tenuti dal docente e dai suoi collaboratori.

### Struttura del modulo

#### *Parte 1: la crisi della fisica classica*

Nella seconda metà del XIX secolo la fisica era considerata una disciplina ormai consolidata, grazie anche a una soddisfacente formulazione matematica che alimentava la fiducia nella possibilità di una descrizione quantitativa dei fenomeni naturali attraverso il meccanismo deterministico di causa ed effetto. In particolare, le quattro branche della meccanica, della gravitazione, dell'elettromagnetismo e della termodinamica avevano raggiunto risultati notevolissimi. Questa fiducia venne scossa verso la fine del XIX e l'inizio del XX secolo, a causa di numerose evidenze sperimentali, inspiegabili alla luce dei principi della fisica classica, che provocarono un riesame critico dello schema concettuale e una vera e propria rivoluzione scientifica! In questo modulo affronteremo alcuni di questi risultati problematici: parleremo della scoperta della radioattività naturale, dei nuovi misteri nello studio della radiazione elettromagnetica, delle regolarità degli spettri atomici e di alcuni problemi aperti della gravitazione newtoniana. Questo percorso ci permetterà anche di introdurre alcune delle nuove idee teoriche che emersero dalla discussione di questi dilemmi, ad esempio il concetto di fotone come quanto della radiazione elettromagnetica e i primi modelli atomici.

#### Alcune storie

- H. Becquerel, M. Skłodowska Curie, P. Curie: la radioattività naturale
- M. Planck, A. Einstein, A.H. Compton: il fotone
- E. Rutherford: l'atomo come sistema planetario

#### *Parte 2: una nuova fisica*

A partire dalla crisi della Fisica classica (vedi modulo 1) e grazie a una proficua interazione fra esperimenti e

---

approfondimenti teorici, all'inizio del XX secolo si fecero strada nuovi modi di pensare, che nel giro di circa trent'anni portarono alla nascita di due teorie totalmente nuove. In questo modulo vedremo da un lato la creazione della *teoria della relatività*, prima speciale e poi generale, da parte di Albert Einstein, con il contributo rilevante di altri matematici e fisici dell'epoca (anche italiani!), e dall'altro la nascita della *teoria dei quanti* per la descrizione della struttura della materia, risultato del lavoro creativo di diversi scienziati. Vedremo anche come un teorema matematico rivoluzionò il mondo della scienza mettendo in luce il legame tra le simmetrie di un sistema fisico e le leggi di conservazione: si tratta del lavoro originale della matematica Emmy Noether, le cui vicende biografiche e di riconoscimento professionale rendono la sua storia particolarmente interessante nel periodo tra le due guerre.

#### Alcune storie:

- Albert Einstein e la teoria della relatività
- Niels Bohr e la nascita della teoria di quanti
- La sistematizzazione della meccanica quantistica (L. de Broglie, W. Heisenberg, W. Pauli, P.A.M. Dirac, E. Schrodinger)
- Emmy Noether e le simmetrie in fisica

#### **Parte 3: Atomi e nuclei**

Dopo la teoria quantistica relativistica di Dirac (1928) si ebbe l'impressione di essere arrivati a una svolta. È utile citare un discorso tenuto nel 1929 al congresso della Società Italiana per il Progresso delle Scienze da O. M. Corbino, allora professore di Fisica Sperimentale a Roma, nel quale si volevano evidenziare gli aspetti teorici ancora da approfondire e i nuovi compiti della fisica sperimentale. Da un lato un grande sforzo appariva necessario nello studio della fisica degli atomi e delle molecole fino alla loro aggregazione nello stato solido e liquido della materia. Dall'altro l'affermazione di Corbino "*La sola possibilità di nuove grandi scoperte in Fisica risiede nella eventualità che si riesca a modificare il nucleo atomico dell'atomo. E questo sarà il compito veramente degno della Fisica futura*" appare profetica a tre anni da quel 1932 noto come *anno mirabile* della fisica nucleare per la quantità di scoperte clamorose in questo campo. In ordine cronologico: il neutrone, il deutone, il positrone, la teoria del decadimento beta, la radioattività artificiale. Da qui nacque la nuova fisica nucleare, con la teoria dei nuclei, le reazioni nucleari e lo sviluppo delle loro applicazioni. Racconteremo i contributi di diversi scienziati, evidenziando il fondamentale ruolo della fisica italiana in questi campi.

#### Alcune storie:

- Atomi, molecole e stati aggregati (E. Schrodinger, J.C. Slater, D.R. Hartree, V.A. Fock)
- L'anno mirabile 1932 (J. Chadwick, i coniugi Joliot, C.D. Anderson)
- La teoria dei nuclei e delle reazioni nucleari (E. Fermi, L. Meitner, O. Hann, M. Goeppert-Mayer)

#### **Parte 4: nascita e sviluppo di nuovi settori della fisica**

Dopo la fine della Seconda guerra mondiale, il mondo della scienza apparve trasformato. Il baricentro della fisica si spostò negli Stati Uniti grazie anche alle grandi imprese tecniche raggiunte durante la guerra (il radar, la bomba atomica, i calcolatori). Si aprivano inoltre nuovi capitoli della fisica fino ad allora inaccessibili grazie allo sviluppo degli acceleratori, alla tecnica delle microonde per studi spettroscopici, alla possibilità di usare fasci di neutroni per diffrazione, oltre al grande ambito dello sfruttamento pacifico delle tecnologie nucleari, dall'energia alla medicina. In particolare, la ricerca scientifica concentrò gran parte dei suoi sforzi sul mondo subnucleare, ossia sul grande capitolo della fisica delle particelle elementari. Inoltre, anche con lo scopo di interpretare moderne e più raffinate misure spettroscopiche degli atomi (ancora l'atomo di idrogeno!), fu necessario un ulteriore sviluppo delle teorie quantistiche con la creazione dell'elettrodinamica quantistica e in seguito della più generale teoria quantistica dei campi. Nel campo della fisica della materia lo studio della superconduttività, oltre alla sua importanza specifica, portò allo sviluppo dei modelli matematici per lo studio dei fenomeni collettivi importanti in molti campi della fisica. Molti e interessanti altri campi della fisica potrebbero essere citati, come ad esempio la fisica dei plasmi, l'astrofisica.... Ma ci fermeremo qui!

#### Le storie:

- La fisica delle particelle elementari (H. Yukawa, M. Gell-Mann, E. Segrè, C.S. Wu)
  - Richard Feynman, l'ultimo fisico universale
-

### **Note biografiche**

**Valeria Russo** – È Professoressa associata di Fisica della Materia presso il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano, dove insegna Fisica Atomica a studenti dei Corsi di Studio in Ingegneria Nucleare e in Ingegneria dei Materiali e delle Nanotecnologie e fa parte del collegio dei docenti del programma di dottorato in Scienze e Tecnologie Energetiche e Nucleari. I suoi interessi di ricerca si collocano nel campo della fisica dei materiali innovativi e dei nanomateriali, ad esempio materiali 2D, nanomateriali a base di carbonio (grafene, nanotubi, nanodiamanti), nanosistemi per applicazioni in ambito energetico. Tra articoli su riviste scientifiche e capitoli di libri, ha all'attivo oltre 90 pubblicazioni. Ha presentato le sue ricerche in numerose conferenze nazionali e internazionali.

---