



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## ELEMENTI DI STORIA DELLA FISICA

**MARCO MARIA MASSAI**

Academic year	2023/24
Course	FISICA
Code	180BB
Credits	6

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
ELEMENTI DI STORIA DELLA FISICA	FIS/08	LEZIONI	48	MARCO MARIA MASSAI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Gli obiettivi principali del Corso sono due: 1) sul piano dei contenuti e 2) su quello del metodo.

1) quello di descrivere la formazione di alcune idee e di concetti basilari della fisica in due periodi storici ben identificati:

- inizi del '600, e la nascita del Metodo scientifico
- si vuole descrivere lo sviluppo della Scienza nella sua articolazione di discipline e con il sostegno della matematica.
- la nascita della Fisica nucleare e descrizione degli esperimenti di Fermi in via Panisperna e delle applicazioni e conseguenze.

2) Si vuole condurre lo studente, attraverso la lettura diretta di alcuni testi ed il relativo commento, alla comprensione del processo di sviluppo delle nuove idee, che nascono dal contesto scientifico, storico e filosofico in un certo periodo. Si vuole sviluppare anche lo spirito critico nell'analizzare questo processo fino ad individuare le maggiori innovazioni che hanno segnato un punto di svolta nella Scienza.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

La conduzione del colloquio orale tende a verificare la conoscenza e la padronanza dello studente dei principali argomenti proposti nel Corso, ponendo varie domande su vari punti e cercando di valutare il livello di autonomia dello studente nella esposizione delle stesse.

#### *Capacità*

Si vuole verificare, anche dalla scelta effettuata sulla relazione richiesta come prerequisito per accedere all'orale, quale sia il livello di competenze raggiunto, quale quello della autonomia nel portare avanti un approfondimento su argomenti anche estranei al Corso.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Attraverso la richiesta allo studente di svolgere una relazione (10 - 15 pagg) su di un argomento di Storia del pensiero scientifico di suo particolare interesse.

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenza delle leggi della Fisica, Meccanica e Elettromagnetismo, che vengono fornite nel biennio del Corso di Laurea triennale.

#### *Corequisiti*

Conoscenza del pensiero filosofico e scientifico relativo al periodo storico nel quale si svilupparono le idee presentate a lezione.

#### *Indicazioni metodologiche*

Il corso viene svolto mediante la presentazione di lezioni-seminario di due ore accademiche articolate su presentazioni PPT che fungono da supporto per la lettura e discussione dei testi, delle immagini e dei grafici. Su questo supporto il Docente inserisce i propri commenti e collegamenti, anche confatti e notizie di attualità.

Durante il Corso vengono organizzati dei seminari tenuti da Docenti esterni che illustrano argomenti che servono ad integrare il programma del Corso. A questi seminari possono partecipare anche studenti e Docenti interessati esterni al Corso.

#### *Programma (contenuti dell'insegnamento)*

##### Lezioni

- Presentazione. Il Corso è strutturato in diverse parti, gli 'elementi' appunto. 1) Dalla pubblicazione del Sidereus Nuncius, si descrivono le conoscenze del tempo e il percorso che portò a quei modelli anche attraverso una breve storia delle osservazioni astronomiche. 2) si va quindi alla lettura del SN e di alcune lettere di G. e si commentano; 3) si descrivono i mutamenti

## UNIVERSITÀ DI PISA

- metodologici portati da Galileo e dai costruttori della Nuova Scienza: il ruolo della nuova matematica (Cartesio, Newton Leibniz); 4) si descrivono le attività di ricerca nell'Istituto di Fisica agli inizi del 900 e quindi l'attività di ricerca sperimentale di E. Fermi, da via Pansperna a Chicago. Testi consigliati e per integrazione. Il Corso: a chi è rivolto, difficoltà, obiettivi. Il problema del linguaggio; storicizzazione e contestualizzazione. Il metodo nella Storia della Fisica: Dalla Storia della Fisica alla Storia della Scienza. Quattro esempi 'classici'; dalla semplificazione alla generalizzazione.
2. Il Mito della Caverna, da La Repubblica di Platone: lettura, interpretazione classica; una possibile interpretazione epistemologica. Riflessioni sullo sviluppo della conoscenza. Galileo fondatore della scienza moderna, il pensiero di William Shea. Breve excursus della vita di Galileo Galilei. I personaggi della vita di G. Le Opere principali. Il processo. Le vicende della sua Opera nei secoli successivi.
  3. Evoluzione del significato di Meccanica: dai greci a Galileo. Il Mulino di Amleto, di De Santillana. Il pensiero di Carlo Bernardini sul significato del Mito. Brevissima Storia dell'Astronomia: origini, tracce, strumenti, modelli. Astronomia, Mitologia, Società: dall'osservazione contemplativa alla rappresentazione megalitica, all'Astronomia geometrica. La rivoluzione copernicana. Da mythos a logos. L'astronomia nella preistoria. L'A. tra i popoli antichi; l'osservazione del cielo: calendari universali. Cicli solari e cicli lunari. Il mito dell'Orsa. Dalle caverne al cielo: la rivoluzione cognitiva dell'aurignaziano. La pre-storia dell'astronomia.
  4. Alla fine della glaciazione: l'innalzamento del mare e la relazione ipotizzata con alcuni siti megalitici. Il calendario celtico, tra anno solare e anno lunare. I principali siti. Area mediterranea: Alentejo, Minorca, Gobleki Tepe. Isole Britanniche: Stonehenge, Avebury, Newgrange, Arbor Law, Collanish. Europa continentale: Carnac, Gosek, Bikunin. America latina: Nazca, Tiwanaku. L'astronomia nei popoli antichi: Il disco di Nebra. Sumeri e Babilonesi. Egizi. Cinesi. Maya e Atzechi. Inca. Anasazi. In Grecia, prima dei Greci: a Micene.
  5. Cosmologie antiche. Le conoscenze e lo sviluppo dell'astronomia e della scienza nel mondo greco e greco-ellenistico. Talete, Pitagora, Anassimandro, Anassimene, Metone e il ciclo metonico. Eudosso di Cnido. Aristotele. Ipparco di Nicea. Il mondo ellenistico. La Biblioteca di Alessandria. Aristarco di Samo. Apollonio di Perga. Eratostene di Cirene e la misura del meridiano terrestre. Claudio Tolomeo, l'Almagesto. Il modello tolemaico, cenni. L'astronomia nel mondo arabo (cenni). I principali matematici ed astronomi: Al Kwarizmi, Azarchzel. Gli strumenti: quadranti, astrolabi. Leonardo Fibonacci e l'espansione della matematica del mondo occidentale: le scuole di abaco.
  6. L'astronomia al tempo di Galileo: Tycho Brahe ed il suo modello 'misto'. Giordano Bruno e 'gli infiniti mondi'. SN1572 e SN1604: la posizione di Galileo, cenni. I luoghi del sapere: sviluppo ed evoluzione delle Istituzioni Universitarie in Europa: XI sec - XVIII sec. e delle Istituzioni scientifiche, in Italia ed in Europa, dal '500 al '700. Studium e Universitas: struttura dei corsi, i testi, le materie. Nascita delle principali Università in Europa. La Scuola di Medicina di Salerno: Al-Aqrawayn e il Cairo. Crisi delle Università e sviluppo delle Accademie in Italia. Istituzionalizzazione delle Accademie e nascita delle Accademie Nazionali in Europa: in Francia, l'Académie des Sciences. In Inghilterra, la Royal Society. Il caso della Germania e il ruolo di Leibniz.
  7. La Storia al tempo di Galileo. In Europa, in Italia, in Toscana. Dalle botteghe del Rinascimento. Leonardo da Vinci. La scienza al tempo di Galileo. Il Sidereus Nuncius; come ricordano nel mondo il 12 marzo 1610...Le altre scoperte astronomiche di Galileo La supernova del 1604. Lezione di Galileo agli studenti di Padova: lettura e commento di alcuni passi. La questione sollevata dalla SN1604 sulla sua collocazione. Dialogo de Cecco di Ronchitti da Bruzzeno. Lettura e commento di alcuni passi. L'invenzione del telescopio. I precedenti. Il brevetto di Metius, di Lippershy a Middelburg, Zelandia, nel settembre 1608. Le osservazioni di Harriot. La lettera di Gualtierotti a Galileo del 24 aprile 1610. Lettera di Ilario Altobelli del 17 aprile.
  8. Lettura e commento del Sidereus Nuncius (Trad. Timpanaro, note di Battistini). La dedica a Cosimo II. Lettura e commento dell'introduzione. La taratura del cannocchiale. Lettura e commento di alcuni brani del Sidereus Nuncius. Le osservazioni sulla luna; la misura dell'altezza delle montagne lunari. 'L'atmosfera lunare'. Discussione critica.
  9. Breve excursus sulle conoscenze intorno alla luna. Le successive osservazioni sulla Luna: Biancani, Malapert, Padre Scheiner, Hevelius. La scoperta della natura della via lattea e delle nebulose. Le dimensioni dell'universo. La cronaca della scoperta dei Pianeti Medicei; lettura di alcuni passi dal SN e commento. Discussione critica delle scoperte di Galileo annunciate nel SN. L'"atmosfera" di Giove. Le implicazioni cosmologiche: una ipotesi. La conclusione del SN.
  10. Lo sviluppo della scienza secondo Thomas Khun: i paradigmi e la rivoluzione scientifica. I mutamenti di paradigma introdotti da Galileo. Discussione critica. L'eredità del SN; il quadro 'Fuga dall'Egitto' di Adama Elsheimer: analisi critica. Immagini e scienza. 'Galileo, critico d'arte', di Erwin Panofsky. Ludovico Cardi, detto Il Cigoli e i suoi rapporti con Galileo. La nascita della Scienza Moderna. Le conseguenze del S. N., in astronomia e sul piano epistemologico. Le osservazioni dopo il SN. Le fasi di Venere: conseguenze cosmologiche. Le macchie solari; discussione sulle ipotesi. Polemica con Padre Scheiner. Saturno tricolore. Le misure dei periodi dei pianeti medicei.
  11. Filmati Museo Galileo: 1, 2, 3, 4. La fama del Sidereus Nuncius in Europa. Il giovilabio. Lettere di Keplero. Lettere varie: a Monsignor Dini, a Paolo Sarpi, Ilario Altobelli, Belisario Vinta, Gallanzoni Gallanzoni. Proseguiamo la lettura di alcune lettere con le quali Galileo completa la descrizione delle 'meravillie' che sta scoprendo in cielo. Alcune lettere che vedono la gestazione del cannocchiale. Dove si annuncia la scoperta di un Saturno tri-corporeo. Dove si discute su le macchie solari. Dove si comunica in modo criptico la scoperta delle fasi di Venere.
  12. Lettere Copernicane. Lettura parziale della lettera a Cristina di Lorena. Analisi critica. Conclusione alle osservazioni astronomiche di Galileo. L'ottica e la prospettiva nel '500. Studio sulle lenti di Galileo. Ricostruzione e test. Cenni sullo sviluppo dei nuovi telescopi. La faccia nascosta della luna. Galileo all'opera dopo le osservazioni astronomiche: il moto locale. Studio della caduta dei gravi lungo un piano inclinato. Come fu ricavata la relativa legge. Considerazioni sulla frequenza nel gioco della zara. Confutazione della dimostrazione di Scipione Chiaramonti sulla collocazione ipolunare della supernova del 1572. Considerazioni di G. sull'errore di misura. Ultime notizie da Galileo: lettura del brano dal Dialogo 'Rinserratevi sotto coverta...'. Discussione critica, interpretazione.
  13. La lapide sulla colonna infame: lo zeigeist agli inizi del '600. Da una storia della Fisica ad una storia della Scienza. Aforismi sulla scienza (Planck, Bohr, Russell, Poincaré...). Il pensiero di Bertrand Russell. Che cos'è la scienza? Discussione in aula. Scienza e Metodo sperimentale. La legge scientifica. Quando nasce l'idea di scienza? Scienza nel mondo ellenistico? Lettura di alcuni passi di Carlo Bernardini su l'importanza dello studio della Storia della Scienza, anche nella Didattica della Fisica.
  14. Da Copernico a Keplero. Le orbite ellittiche. La genesi del modello geometrico del Cosmo: Mysterium Cosmographicum. Le tre leggi di Keplero. Cartesio, 'cogito ergo sum'; 'Discours de la Methode'. Il Metodo scientifico secondo Cartesio: evidenza, analisi, sintesi, enumerazione e revisione. Con Fermat, la geometria analitica. Strane questioni: logica. infiniti e infinitesimi, dai Greci a Galilei. Il contributo di Isaac Newton allo sviluppo della Scienza (cenni). Le legge di gravitazione universale. L'unificazione del moto

## UNIVERSITÀ DI PISA

locale con il moto celeste. Le conseguenze sul piano epistemologico e la nascita di alcuni problemi. I sistemi inerziali. La nascita del calcolo infinitesimale.

15. Gottfried Leibniz. Il suo contributo allo sviluppo della scienza. La diatriba con Newton. Il cosmo di Cartesio a confronto con il cosmo di Leibniz. Uno sguardo indietro: Francis Bacon. Critica alla filosofia classica. Il Metodo baconiano: part desruens (idola: tribus, specus, fori, theatri), part construens (tabula: praesentiae, absentiae, graduum; experimentum crucis). Analisi critica. L'eredità dei Grandi. Il significato di Legge di Natura. La 'legge' di Titius-Bode; la 'verifica' con la scoperta di Urano e di Cerere. La sua falsificazione con Nettuno e Plutone. La verifica della legge di Gravitazione Universale. Il tentativo di Nevil Maskelyne: l'esperimento del Monte Shehallion (1776). La prima stima della densità dei pianeti del sistema solare. La misura della costante di gravitazione universale (G) fatta da Henry Cavendish (1798). Misure successive.
16. Il progresso della Scienza e l'intreccio tra matematica, astronomia e fisica. I grandi matematici del XVIII. Tra i grandi: la famiglia dei Bernoulli. Carl F. Gauss. I grandi astronomi del '700; Herschel e la scoperta di Urano. Urbain Le Verrier e la previsione di Nettuno. La previsione di Vulcano. Alcuni contributi della tecnologia alla scienza: i grandi telescopi rifrattori, Bessel e la misura della parallasse stellare. Bunsen e Kirchhoff, il primo spettro della luce delle stelle. John Hershell e la lastra fotografica. Tra fisica e matematica: le leggi dell'elettromagnetismo riscritte da Maxwell. La previsione dell'onde e.m.
17. Quanto è efficace la matematica nello spiegare le leggi naturali. Un pensiero di Russel e uno di Wigner. Le equazioni di Volterra. I grandi matematici italiani tra Ottocento e Novecento. La matematica avanza, alla fine del Novecento, e sospinge la nuova fisica. La Teoria dei Giochi e John F. Nash. Il Teorema di incompletezza di Goedel e la crisi che ne è seguita. Matematica, Scienza e Fisica. La precessione del semi-asse dell'orbita di Mercurio: la spiegazione della Relatività Generale. La prima verifica di Lord Eddington nel 1919. I dubbi di Hawking. La scoperta di Edwin Hubble e i mutamenti di paradigma che ne seguono. I trionfi della Meccanica Quantistica. Probabilità e Meccanica Quantistica. La Teoria della probabilità, da Laplace a Kolmogorov.
18. Da una Storia della Fisica ad una Filosofia della Scienza. Il pensiero di Herbert Spencer, il relativismo. La figura di Henri Poincaré a cavallo tra '800 e '900. Poincaré grande matematico; il fondatore della teoria del caos e della topologia in n-dimensioni. Scienza e Ipotesi: lettura di alcuni passi. Federigo Enriques, la matematica e la filosofia. Scienza. Il pensiero di Enriques: lettura di alcuni passi. Il clan degli ungheresi: von Neumann, Teller, Szilard e Wigner. Eugene Wigner: L'irragionevole efficacia della matematica nelle scienze naturali (1960). Lettura di alcuni passi.
19. Lo sviluppo della critica all'articolo di Wigner. Il pensiero di Hamming. Il contributo di Tegmark. Un ultimo sguardo dentro la caverna: una interpretazione epistemologica. La metafora del martello: la matematica come strumento adattivo della mente nella interpretazione dell'esperienza fisica. La metafora come strumento di conoscenza per Lakoff. Un esempio di come opera il Metodo scientifico: dai dati sperimentali alla legge di Natura. Il test di validazione. In caso di ambiguità, che fare?
20. La storia della Fisica a Pisa, dopo Galileo. L'inizio con Carlo Alfonso Guadagni. Il periodo napoleonico: Vaccà Berlinghieri, Gatteschi, Savi. La fondazione, e rifondazione, della Scuola Normale. Carlo Matteucci e il nuovo inizio. Il Congresso degli scienziati italiani del 1839. La ricerca in elettrologia e magnetismo: Luigi Pacinotti. Riccardo Felici, Antonio Pacinotti. L'invenzione della dinamo e le sue vicende. Angelo Battelli e il nuovo corso in Istituto: la dimostrazione dei raggi X. Luigi Puccianti e i 'tre moschettieri': Fermi, Carrara, Rasetti. L'Istituto negli anni '70: Nestore Bernardo Cacciapuoti. Il Centro Pontecorvo di studi Storico-scientifici.
21. Marie Curie, la vita, il lavoro scientifico, con Pierre. Le ricerche sulle sostanze radioattive e la scoperta del polonio e radio. Le scoperte della Fisica alla fine del XIX secolo: Roentgen e i raggi X, Becquerel e la radioattività naturale. La scoperta dell'elettrone, Thompson; Zeeman. Il secondo Nobel per M.me Curie. Il suo impegno sociale. La nascita della Fisica Medica. Bruno Pontecorvo: da Pisa a Mosca. Con Fermi a Roma e con Joliot a Parigi: il lavoro le scoperte. In Oklahoma, e il carotaggio neutronico. In Canada: al reattore di Chalk River. Il metodo Cloro-Argon. In GB e quindi in URSS. La proposta di 'oscillazione dei neutrini'.
22. Enrico Fermi. La sua figura nell'ambito della fisica italiana e internazionale. Cenni sulla vita. Gli studi a Pisa. La sua tesi di laurea. I primi lavori teorici. Le borse di studio a Goettingen e a Leiden. A Firenze, la spettroscopia molecolare. A Roma, con la cattedra in Fisica Teorica. Il Gruppo di via Panisperna. Il Congresso del '31.
23. Chadwick e la scoperta del neutrone. Anderson e la scoperta del positrone. Il 1934 e le scoperte che portarono al Nobel: 1) radioattività artificiale con neutroni; 2) gli elementi transuranici, ausonio ed esperio; 3) il rallentamento dei neutroni. I dubbi di Ida Noddack. Il Nobel e la questione degli elementi 93 e 94. 1939, negli Usa, a New York. 1949, il modello di Fermi sull'accelerazione dei raggi cosmici. Gli ultimi lavori: il problema di Fermi-Pasta-Ulam-Tsingou, sviluppi e conseguenze. Gli eredi di Fermi.
24. La fisica del Progetto Manhattan. I Cinquanta giorni che sconvolsero la fisica, dic. 1938 - gen. 1939. Fermi in USA, i Pupin Laboratories della Columbia. Le prime misure. Lettera di Einstein a Roosevelt e sua risposta. Prima del PM: Vannevar Bush. Leslie Groves; Robert Oppenheimer. Quello che si sapeva e quello che non si sapeva nel 1940. La fissione del U-235 e l'attivazione del U-238. La produzione di P-239. Settembre '42, inizia il PM. Fermi e il primo reattore nucleare; la prima reazione nucleare controllata. Reattori di potenza ad Hanford. Le tecniche di arricchimento dell'uranio. Los Alamos. La fine della guerra in Europa. Il Trinity Test. La decisione di bombardare il Giappone. Hiroshima e Nagasaki. Dopo le bombe. Joseph Rotblat e la scelta del NO. I Partisans de la Pais. Il Manifesto Russel-Einstein, luglio 1955. Il Pugwash.

### Bibliografia e materiale didattico

- **Sidereus Nuncius** - Edizione commentata (esempio, Marsilio Editore, commento di **Battistini**)
- **Lettere**, di Galileo Galilei, Ed storica nazionale, Barbera, Firenze
- **Galileo Galilei**, di Ludovico Geymonat, Einaudi
- René Descartes, **Discorso sul Metodo**
- **Enrico Fermi**, da i **Quaderni de le Scienze**
  
- **La struttura delle Rivoluzioni scientifiche**, di Thomas Khun, Feltrinelli
- **La rivoluzione dimenticata**, di Lucio Russo, Feltrinelli
- **La Scienza e l'Ipotesi**, Henri Poincaré

Vengono distribuite agli studenti alcuni articoli di Storia della Scienza utilizzati durante il Corso.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Viene fornita agli studenti la collezione completa delle c.a. 700 slides del Corso in formato pdf.

### Indicazioni per non frequentanti

Viene suggerita la lettura integrale di alcuni testi di supporto e la consultazione/studio delle slides del Corso. Si dà ampia disponibilità di ricevimento, previo appuntamento.

### Modalità d'esame

L'esame consiste in un colloquio al quale si arriva dopo la presentazione di un breve elaborato scritto (pdf) che il candidato deve preparare e presentare alcuni giorni prima dell'orale; l'elaborato verte su di un argomento di Storia della Fisica, nell'accezione più generale, scelto dal candidato. Con la discussione dell'elaborato ha inizio l'esame orale che prosegue con alcune domande sul programma (durata: c.a. un'ora)

### Stage e tirocini

Viene suggerita agli studenti, e in alcuni casi con la partecipazione del Docente, la partecipazione ad alcuni seminari di Storia della Fisica e più in generale del pensiero scientifico, che si svolgono sia in Ateneo che al di fuori.

*Ultimo aggiornamento 13/11/2023 10:25*