

DISPENSE DEL CORSO DI STORIA DELLE SCIENZE SPERIMENTALI

Fascicolo 8

Lezioni 15-16

Avvertenza generale

Queste dispense sono scritte come commento e integrazione delle diapositive proiettate a lezione.

Le dispense sono incomprensibili se non si hanno sotto gli occhi le diapositive.

Contengono inoltre brevi **passi di fonti originali** e di **scritti di storia della scienza**.

Se il rinvio alle diapositive è seguito dalla scritta "**Nessun commento**" si intende che **il contenuto è adeguato ad essere di base per l'esame**.

Tuttavia le dispense e le diapositive non sono sufficienti per la preparazione dell'esame. Occorre riflettere sugli **appunti presi a lezione**. Chi non li avesse presi (o non possedesse una formidabile memoria) può sempre chiederli ad un collega.

Sono richiamate in modo specifico le pagine oggetto di esame dei **testi forniti agli allievi**, ma una lettura più estesa degli stessi testi non potrà che essere utile ad una migliore comprensione della storia della scienza.

Diapositiva 1

Argomenti delle lezioni 15-16

Scale termometriche

Lavoisier e Laplace sui calori specifici e sul calorico

Il primo principio della termodinamica

Il secondo principio della termodinamica

Bilancia di torsione e legge di Coulomb

Galvani

Volta e la pila

Le connessioni fra magnetismo ed elettricità

Faraday

Diapositiva 2

Sono riportate le diverse proposte di scale termometriche *anche* per ricordare che la definizione di temperatura non è affatto semplice. Per una buona discussione si veda: <http://www.temperatures.com/wit.html>.

Quanto alla trattazione relativistica della temperatura si può dire che il dibattito rimane aperto.

Diapositiva 3

Sul funzionamento del calorimetro di Lavoisier e Laplace v. appunti

Diapositiva 4 Nessuno commento

Diapositiva 5

Laplace si rende conto che il suo modello statico dei gas, con le molecole tutte alla stessa distanza è del tutto irrealistico. Per Laplace come per Dalton (e altri) le molecole sono circondate da involucri di calorico.

Diapositiva 6 Nessun commento

Diapositiva 7

Julius Robert Mayer - Medico e fisico (Heilbronn 1814 - ivi 1878). Nel 1840, in occasione di un viaggio nelle Indie Olandesi, che compiva come medico di bordo, osservò che il sangue venoso assumeva colore così chiaro da sembrare arterioso: attribuì ciò a una minore desossigenazione, determinata dal minore consumo di energia dell'organismo nei climi caldi; e concepì l'idea di un nesso tra calore e lavoro. Fu questo l'inizio degli studi che lo portarono (1842) a formulare il principio di equivalenza fra calore e lavoro e a calcolare l'equivalente termico del lavoro meccanico, e poi più tardi (1845), in una più generale sistemazione, a formulare il principio di equivalenza fra le varie forme di energia. La sua opera dapprima non ebbe la risonanza che meritava, ma i successivi sviluppi della termodinamica finirono col riportare l'attenzione sul suo nome, e la validità dei suoi contributi ebbe infine ampio riconoscimento.

(Dall'Enciclopedia Treccani)

Diapositiva 8

James Joule, secondo di cinque figli di un ricco produttore di birra, è il fisico inglese che "misurò il lavoro" ed è considerato uno dei padri della termodinamica. Nel suo primo lavoro presentò la sua scoperta sull'"effetto Joule" (un conduttore attraversato da corrente elettrica produce calore in quantità proporzionale alla resistenza del conduttore e al quadrato della corrente stessa). Successivamente affinò le sue ricerche sino ad arrivare alla dimostrazione della conversazione del lavoro meccanico in calore, misurando il riscaldamento che si ottiene compiendo un lavoro meccanico per comprimere un gas contenuto in un cilindro con pistone. Egli confermò il principio di conservazione dell'energia per i sistemi termodinamici. Solo alla fine della sua carriera la comunità scientifica iniziò ad apprezzare l'attività di Joule.

Dal sito: <http://www.internationalpbi.it/>, con modificazioni

Diapositiva 9

Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz - Fisiologo, matematico e fisico (Potsdam 1821 - Berlino 1894). Figura di eccezionale complessità e profondità, contribuì in modo

sostanziale all'evoluzione del pensiero scientifico del XIX secolo, compiendo fondamentali ricerche nell'ambito dell'ottica e dell'acustica fisiologica, della fisica e della matematica. Allievo del fisiologo J. Müller, docente di anatomia (Königsberg 1849-55) e fisiologia (Bonn 1855-58), tra le sue opere principali si ricordano *Handbuch der physiologischen Optik* (1856-1867), trattato sulla fisiologia e la fisica della visione che rimase per decenni insuperato, e *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik* (1863), compendio dei suoi pionieristici studi sull'apparato uditivo.

Si laureò in medicina a Berlino nel 1842 con J. Müller. Pochi anni dopo (1847), nell'opuscolo *Über die Erhaltung der Kraft*, formulava per la prima volta in termini generali il principio di conservazione dell'energia, convertendo in una deduzione trascendentale, da premesse analoghe a quelle dell'"estetica" di I. Kant, i risultati di esperienze da lui stesso eseguite su aspetti chimico-fisici dei processi organici, e risultati di altri autori. Professore straordinario di fisiologia a Königsberg (1849-55), e di anatomia e fisiologia a Bonn (1855-58), portò a termine in questo periodo fondamentali ricerche di ottica fisiologica: realizzò uno "specchio oculare" (oftalmoscopio) per l'osservazione della retina nell'occhio vivo, formulò una teoria della visione cromatica come processo fisiologico fondato sulla combinazione di dati percettivi distinti, riferentisi a tre colori fondamentali (rosso, verde e violetto), e misurò le costanti ottiche dell'occhio (raggi di curvatura delle superfici rifrangenti, della cornea e del cristallino). Nel 1856 usciva la prima parte dell'*Handbuch der physiologischen Optik*, la cui pubblicazione si concluse nel 1867. L'opera rifondeva e integrava in un organico contesto i risultati originali di H. e pressoché tutte le più importanti ricerche fino ad allora esperite sulla fisiologia dell'organo visivo.

Passato a Heidelberg, alla cattedra di fisiologia (1858), vi rimase tredici anni, dando un decisivo sviluppo a un altro capitolo della fisiologia della percezione: l'acustica fisiologica. Anche in questo campo H. si avvale di un semplice ma ingegnoso apparecchio per l'analisi dei suoni, da lui stesso costruito, il "risonatore", mentre applicò il procedimento matematico di J.-B.-J. Fourier all'analisi armonica dei tracciati dei moti vibratorii periodici.



Nell'immagine i risonatori di Helmholtz

Nel 1863 usciva *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, compendio organico delle vedute di H. sulla fisiologia dell'udito, giunto alla quarta edizione nel 1877.

A Heidelberg l'interesse di H. tornò anche a volgersi verso problemi di fisica sperimentale e di fisica matematica: dall'idrodinamica, dove formulò i teoremi sulla conservazione dei vortici nei fluidi non viscosi, alla teoria dell'elettromagnetismo. Morto G. Magnus,

l'Università di Berlino offrì la cattedra di fisica a G. Kirchhoff, che declinò l'offerta per motivi di salute, e poi a H., che v'iniziò il suo insegnamento nel 1870 e nel 1876 divenne anche rettore dell'università; nel 1875 era stato nominato socio straniero dei Lincei. Creato da W. von Siemens l'Istituto fisicotecnico, H. ne assunse la presidenza nel 1887. Tra il 1884 e il 1886 pubblicò una serie di fondamentali memorie sui più generali principi della meccanica razionale, che aprirono la via ai lavori di H. Hertz, allievo a Berlino di H., sui fenomeni del campo elettromagnetico.
(Testo dall'Enciclopedia Treccani, semplificato)

Diapositiva 10

Figlio del tenente francese Lazare Carnot, Sadi Carnot è considerato uno dei padri fondatori della termodinamica, grazie agli studi sulla macchina termica, contenuti nell'opera *Réflexions sur la puissance motrice du feu* (Riflessioni sulla potenza motrice del fuoco), pubblicata a soli 28 anni, al Ciclo di Carnot e al Secondo principio della termodinamica. Le conclusioni a cui giunse in quest'opera, anche se basate ancora sull'ammissione dell'esistenza di un fluido ipotetico denominato calorico, sono estremamente importanti e vengono considerate il punto di partenza dal quale Clausius e Lord Kelvin giunsero a stabilire in forma rigorosa il secondo principio della termodinamica. Suo fratello era lo statista Lazare Hippolyte Carnot. Suo padre lo chiamò Sadi in onore del poeta persiano Saadi.
Sadi Carnot morì a soli 36 anni durante un'epidemia di colera. Per evitare il contagio, subito dopo la sua morte, i suoi effetti personali vennero bruciati, cosicché andarono distrutti quasi tutti i suoi scritti non ancora pubblicati.
(Wikipedia)

Diapositiva 11

Rudolf Julius Emanuel Clausius - Fisico e matematico (Köslin, Pomerania, 1822 - Bonn 1888), professore di fisica al politecnico di Zurigo (1855), quindi all'univ. di Würzburg (1867) e di Bonn (1869); socio straniero dei Lincei (1883). Riprendendo i lavori di J. P. Joule e di Sadi Carnot, ha con Kelvin posto le basi della termodinamica, fornendone una formulazione rigorosa. Ha per primo sviluppato una teoria cinetica dei gas completa ed esauriente. Ha introdotto inoltre il concetto di entropia nello studio delle trasformazioni termodinamiche.
(Testo dall'Enciclopedia Treccani; il testo in rete propone una pronuncia errata del cognome 'Clausius')

Diapositiva 12

La seconda frase di Clausius sulla tendenza del mondo a raggiungere un massimo (dopo di che tutto sarebbe in un equilibrio 'mortale'), suscitò qualche sconcerto, ad es. in Loschmidt, di cui si cita (tradotta in inglese) questa frase: "the terroristic nimbus of the second law [...], which lets it appear as the destructive principle of all life in the universe". La 'morte termodinamica' avverrebbe se il mondo (il cosiddetto universo) fosse un sistema chiuso - ma di questo ora si va dubitando ...

Diapositiva 13 Nessun commento

Diapositiva 14 Nessun commento

Diapositiva 15

La bilancia di torsione

Il funzionamento della bilancia di torsione è in linea di principio molto semplice: i bracci sono sospesi tramite un filo di materiale rigido, ad esempio quarzo, che entra in torsione quando essi ruotano sotto l'azione delle forze esterne. L'angolo per il quale si raggiunge l'equilibrio tra il momento torcente da misurare e la reazione del filo sottoposto a torsione si può determinare con grande precisione (ad esempio con tecniche ottiche). Tale angolo permette di risalire al valore del momento da misurare, essendo ad esso proporzionale secondo una costante dipendente dalle proprietà del filo.

[IL TESTO CHE SEGUE È PER UNA SEMPLICE LETTURA. È ESTREMAMENTE INTERESSANTE]

The Inverse Square Law and the Source of Gravitational Energy (testo semplificato)
David W. Talmage, M.D.

When Newton considered the connection between the fall of the apple and the fact that the moon stays in its orbit, he noticed that the moon fell toward the earth in one minute the same distance that the apple fell in one second. (sixteen feet). It seemed strange that there were 60 seconds in a minute and the moon was 60 times farther from the center of the earth than the apple. From this bizarre coincidence Newton derived the inverse square law. The force of gravity is inversely proportional to the square of the distance. Newton delayed publishing this finding for twenty years while he worked out the mathematical proof that the sum of the forces from the different parts of the earth was the same as if the entire mass of the earth were at its center.

Less than a century after Newton, Charles Coulomb demonstrated the law that bears his name. This was that the force between two stationary electric charges is inversely proportional to the square of the distance. This remarkable similarity between the forces of gravity and electric charge has stimulated the efforts of physicists over two centuries to unify the two forces. Einstein spent the last thirty years of his life in an unsuccessful effort to find a common equation that would describe the two forces. And quantum physicists in the last 75 years have tried with equal lack of success to quantize gravity. Thus, the construction of a bridge between gravity and electromagnetism (EM) has failed from both directions.

The usual interpretation of the inverse square laws is that they represent the natural effect of an expanding sphere the area of which is proportional to the square of the radius. This would imply that the forces of gravity and electromagnetism are radiated like a beam of light, the intensity of which is inversely proportional to the square of the distance.

But what about electric and gravitational potential? With both gravity and EM, the force is equal to the gradient of the potential, which implies that the potential is inversely proportional to the distance, not the square of the distance. The important question is "Why is the potential inversely proportional to the distance?"

There are three reasons for concluding that the potential is not a radiation. The first is that potential is not inversely proportional to the square of the distance. The second is that the gravitational potential cannot be absorbed by any substance and the electric potential can only be neutralized by the opposite charge. The third reason is that there is no evidence that something has been lost from the source. Thus, it is safe to conclude that potential is not radiated energy. So what is it?

To add to the confusion both electric charge and gravity can radiate energy when the sources are moving rapidly relative to other sources. In the case of electric charges, EM waves are radiated that possess energy and momentum, can transmit information or heat a cup of coffee. The energy in radiated EM waves is inversely proportional to the square of the distance. According to the General Relativity Theory (GRT), large double masses such as binary stars radiate gravitational waves that contain energy and momentum. Evidence that such waves exist was obtained from observations of the Hulse-Taylor binary system. One of the stars is a pulsar and the rate of revolution can be determined from Doppler effects. Over a period of many years sufficient energy has radiated from the system to cause the stars to spiral inward toward each other. The amount of energy lost corresponded to that predicted by GRT. A great deal of time and money has been spent attempting to detect these gravitational waves. So far none has been detected.

Thus, the inverse square laws of stationary gravity and EM are not the result of a radiated field. The inverse square laws are a result of the fact that the force is equal to the gradient of a potential field, the density of which is inversely proportional to the distance. The potential field is not a radiated field but is tethered to the mass from which it is derived. It may be considered as a part of that mass that is distributed over space according to the Uncertainty Principle. In general, radiation contains energy and obeys the inverse square law. But both gravitational and electric potential are not radiation and they contain no usable energy. They produce a force, not by contributing their own energy but by their ability to extract energy from the matter particles they affect.

Matter is made of two different stable particles, electrons and protons, and one other particle, the neutron, that is stable only when attached to an atomic nucleus. All three particles contain very large amounts of energy according to the equation $E = mc^2$. Under a given set of conditions of motion and interaction with other particles, the amount of energy in each particle is precisely determined. The result is that every electron is exactly the same as every other electron under the same conditions. The same is true for every proton and every neutron. A proton contains approximately 1838 times as much energy as an electron, and the neutron contains slightly more energy than a proton.

Under different conditions the amount of energy required to form one of the three particles changes. There are two situations where this change has been large enough to be observed as a change in mass. The first is with nuclear energy where there is clear evidence that the energy is derived from a reduction in mass. The second is with accelerated charged particles where the increase in mass is observed by a change in the mass/charge ratio, which affects the path that the particle takes in a magnetic field. A change in mass from a change in gravitational or electric potential has not been observed.

In conclusion, the forces of gravity and electric charge are inversely proportional to the square of the distance because they are equal to the gradient of the potential, which is inversely proportional to the distance. The potential does not follow the inverse square law because it is not a radiation but is a tethered part of the source mass which is distributed according to the Uncertainty Principle. The energy obtained from a gravitational fall or electric discharge is not obtained from the potential field but from the enormous rest mass of the matter particles.

Diapositiva 16-18 Nessun commento

Nella biografia di Galvani va sottolineato il suo coraggio civile di fronte alla prepotenza dei seguaci italiani di Napoleone (dopo Campoformio!, il trattato è del 18 ottobre 1797)
La Repubblica Cisalpina era un Stato ubicato in gran parte nell'Italia settentrionale, interessando principalmente le odierne regioni Lombardia ed Emilia-Romagna e marginalmente Veneto e Toscana. Fu costituita il 29 giugno 1797. Negli anni seguenti la cosiddetta 'repubblica sorella' veniva denominata prima Repubblica Italiana (1802-1805) e quindi Regno d'Italia (1805-1814).

Testo di Luigi Galvani

Le forze dell'elettricità artificiale nel movimento muscolare

Articolo di una lettera del signor don Alessandro Volta al signor dottore Giuseppe Priestley
Como 10. giugno 1775.

Volendo rendere utili le cose che mi capitò di scoprire, dopo molti esperimenti e non lievi fatiche, sui nervi e sui muscoli, affinché le proprietà nascoste dei muscoli e dei nervi fossero, se possibile, chiarite, e noi ne potessimo con più sicurezza curare le malattie, niente mi sembrò più adatto, per realizzare un desiderio di questo genere, che divulgare queste stesse scoperte, di qualunque valore esse fossero.

Infatti gli uomini dotti e saggi potranno, leggendo i nostri scritti, non solo sviluppare queste scoperte con le loro meditazioni e i loro esperimenti, ma anche raggiungere quei risultati che noi tentammo e forse non riuscimmo a raggiungere.

Eppure desideravo pubblicare un'opera, se non perfetta e di valore assoluto, cosa che forse non avrei mai potuto fare, almeno non rozza e incompiuta; ma poiché capivo che né tempo, né studi, né forze d'ingegno mi soccorrevano per assolvere tale compito, preferii venir meno al mio pur giustissimo desiderio piuttosto che rinunciare all'utilità che avrebbe potuto derivare dalla pubblicazione delle mie osservazioni.

E così mi sembrò che avrei fatto un'opera di un qualche valore se avessi esposto una storia breve ed accurata delle mie scoperte, nell'ordine e nel modo in cui in parte me le offrirono il caso e la fortuna, in parte me le svelarono lo zelo e la scrupolosità, non tanto perché fosse attribuito più merito a me che alla fortuna, o alla fortuna più che a me, ma per fare un po' di luce a coloro che volessero proseguire per questa via di sperimentazione, o almeno per soddisfare un onesto desiderio dei dotti, che sono soliti dilettersi dell'origine e del fondamento di quei fenomeni che nascondono in sé qualche novità.

Aggiungerò alla descrizione degli esperimenti alcuni corollari, alcune congetture e alcune ipotesi, con l'intenzione di spianare la strada a chi volesse intraprendere nuovi

esperimenti; se non possiamo giungere alla verità, almeno si apra un qualche spiraglio verso di essa.

Tutto cominciò così.

Dissecai una rana e la preparai come nella figura Ω Tav. 1 e la collocai, avendo in mente tutt'altra cosa, su un tavolo sul quale era posata una macchina elettrica (Fig. I, tav. 1); la rana non era in contatto col conduttore della macchina, anzi, ne era separata da una distanza non piccola. Mentre uno dei miei collaboratori per caso accostava (molto leggermente) la punta di una lancetta [bisturi] ai nervi interni crurali di quella rana (DD) subito si videro contrarsi tutti i muscoli dell'arto, cosicché sembravano essere caduti in violente convulsioni toniche. Ad un altro, che ci aiutava quando facevamo esperimenti sull'elettricità, sembrò che questo accadesse quando scoccava la scintilla dal conduttore della macchina (Fig. 1 B). Mentre io preparavo altri esperimenti e riflettevo tra me, egli, stupito per la novità, mi avvertì della cosa. Allora io fui preso dal vivo desiderio di ripetere l'esperimento e di scoprire la causa nascosta del fenomeno.

Perciò avvicinai io stesso la punta della lancetta all'uno o all'altro nervo crurale, mentre uno dei presenti faceva scoccare la scintilla. Il fenomeno si verificò esattamente nello stesso modo. Esattamente nello stesso momento in cui scoccarono le scintille, si manifestavano contrazioni fortissime in tutti i muscoli degli arti, proprio come se l'animale preparato fosse stato colpito dal tetano.

Ma temendo che quegli stessi movimenti nascessero dal contatto della punta, che poteva agire come stimolo, più che dalla scintilla, toccai di nuovo con lo stesso sistema gli stessi nervi in altre rane, ed anche con più forza, senza che qualcuno in quel momento suscitasse alcuna scintilla: non fu osservato alcun moto. Quindi pensai tra me che forse, per provocare il fenomeno, erano necessari sia il contatto di un qualche corpo sia lo scoccare della scintilla. Per questo accostai di nuovo ai nervi la punta della lancetta, e la tenni ferma, sia quando scoccava la scintilla sia quando la macchina era completamente ferma. Il fenomeno si manifestò solamente allo scoccare della scintilla.

Diapositiva 19-20 Nessun commento

Diapositiva 21

V. appunti

Diapositiva 22-24 Nessun commento

Diapositiva 25-27 Nessun commento

Diapositiva 28

Su Faraday c'è una sterminata letteratura, solo in parte interessante, perché la vita scientifica e familiare del chimico e fisico inglese è stata tale da portare ad una immediata ascesa sugli altari (forse, in questo singolo caso, non del tutto immeritata). Occorre essere prudenti per non rimanere totalmente affascinati.

Diapositiva 29

Vedi Appunti (attenzione ai rapporti con Wollaston e Davy)

Diapositiva 30-31 Nessun commento

Diapositiva 32

Maxwell fu estremamente interessato dalla formulazione della legge dell'induzione magnetica data da Faraday e basata su linee di forza rese visibili dalla limatura di ferro.

Diapositiva 33

Tra i compiti istituzionali di Faraday vi era quello di tenere conferenze divulgative presso la Royal Institution. Nell'immagine una conferenza del 1856, sulle "Forze attrattive". Si può leggere il mio articolo all'indirizzo:

http://www.treccani.it/scuola/maturita/materiale_didattico/faraday_e_la_diffusione_della_scienza/1.html.