

La fisica in 20 secondi (meglio: in 5 minuti)

Le leggi di Keplero in 20 secondi in 5 minuti	1
Compiti a casa	1
Il modello atomico in 20 secondi in 5 minuti	2
Compiti a casa	3
I principi della termodinamica in 20 secondi in 5 minuti	3
Compiti a casa:	4

Le leggi di Keplero in ~~20 secondi~~ in 5 minuti

Le leggi di Keplero sono in fondo molto semplici. Parla delle orbite dei pianeti intorno al sole, ma si possono applicare anche alle orbite dei satelliti intorno ad un pianeta. La prima legge dice che le orbite dei pianeti intorno al Sole sono delle ellissi in cui il Sole sta in un fuoco. La seconda legge, detta della costanza della velocità areolare, dice che il raggio che va dal corpo orbitante al corpo intorno a cui si orbita spazza aree uguali in tempi uguali, ovvero che quando un pianeta nella sua orbita passa più vicino al Sole va più veloce, e quando è più lontano va più lento. La terza legge è più complessa, dice che il quadrato del periodo diviso per il cubo del semiasse dell'orbita è una costante, che dipende solo dalla massa del corpo intorno a cui si orbita. La Terza legge dice in sostanza che i pianeti più interni vanno più veloci, e che quelli più esterni vanno più lenti.

Keplero è arrivato a queste leggi attraverso prove e ipotesi, molte delle quali estremamente fantasiose e immaginifiche, cercando di trovare connessioni tra i corpi celesti, la musica e la geometria, e grazie ai dati molto precisi raccolti da Tycho Brahe.

È molto importante sapere che queste leggi si possono derivare dalle leggi della fisica, come appunto fece Newton, e che “dimostrano” che la forza di gravità diminuisce come il quadrato della distanza. Se si scrive un programma al computer si può sperimentare con varie forme “ipotetiche” della forza di gravità, e solo se la forza va come $1/r^2$, come quella gravitazionale, o come r , come la forza di una molla, abbiamo orbite chiuse, ellittiche. Nella molla però il centro di forza sta nel centro dell'ellisse, non in un fuoco.

La seconda legge invece deriva dal fatto che la forza è centrale, ovvero diretta dal corpo orbitante al Sole. In tutte le forze centrali si conserva la “rotazione” (in gergo tecnico il “momento angolare”), e la costanza della velocità areolare è solo un'altra forma di dire la stessa cosa.

La terza legge di Keplero è di nuovo caratteristica della forza gravitazionale, del fatto che dipende dall'inverso del quadrato della distanza.

Compiti a casa

- 1) Legate un pesetto a un pezzo di corda, e tenere fermo l'altro estremo. Potrete fare "orbitare" il pesetto intorno alla verticale che passa per l'altro estremo della corda. Per piccole oscillazioni la forza è quasi come la forza di una molla, e le orbite sono delle ellissi chiuse, centrate sulla verticale del punto fisso della corda..
- 2) Calcolate la terza legge di Keplero per un'orbita circolare, uguagliando la forza di gravità, GMm/r^2 alla forza centrifuga mw^2r , dove G è la costante di gravitazione universale (una costante), M è la massa del Sole, m la massa del pianeta, r la loro distanza e w la velocità angolare, che dipende dal periodo in quanto in un periodo l'angolo percorso è 2π , ovvero $w = 2\pi/T$. Per le forze elastiche la legge equivalente alla terza di Keplero è quella scoperta da Galileo: tutte le orbite hanno periodo uguale indipendentemente dalla loro ampiezza.
- 3) Scrivetevi un programma al computer (o scaricare il programma "orbits.nlogo" da <https://sites.google.com/a/complexworld.net/fisica-x/blog/lafisicain20secondimeglio5minuti> e [NetLogo](#) e e giocateci) e verificate che solo la forza di gravità e la forza elastica danno delle traiettorie chiuse a forma di ellisse,
- 4) Quale legge di Keplero vale anche per un pendolo, e quale solo per un pianeta?

Il modello atomico in ~~20 secondi~~ in 5 minuti

I modelli atomici sono stati una vera sfida per i fisici. Il problema è quello di proporre un sistema che sia stabile e che permetta di spiegare:

- 1) Come fanno a stare insieme gli elettroni (carichi negativamente) e il nucleo (carico positivamente) senza "cadere addosso". Inoltre, se gli elettroni si muovono, essendo carichi dovrebbero irraggiare via la loro energia.
- 2) Come fanno gli elettroni a vibrare tanto rapidamente da generare onde elettromagnetiche nel visibile. Con le forze elettriche riusciamo al più a generare onde radio o televisive (che sono molto, molto più "lente" rispetto a quelle ottiche. Come nelle onde acustiche, tanto più è grande la forza di richiamo tanto più alta è la frequenza generata, ci vogliono quindi forze più intense di quelle elettriche.
- 3) Gli atomi isolati, se eccitati, emettono luce solo a determinate lunghezze d'onda o colori. Perché?
- 4) Perché gli atomi si legano tra loro solo in certe proporzioni e formano cristalli (disposizioni ordinate di atomi) di tante forme differenti? Da dove viene fuori la regolarità della tavola periodica degli elementi?
- 5) Dopo Rutherford si sa inoltre che il nucleo atomico è piccolissimo e duro. Come lo si "inserisce" nel modello?

Per costruire il modello attuale c'è stato bisogno di introdurre delle nuove regole (fisica quantistica), che essenzialmente dicono che:

- 1) Gli elettroni possono stare in zone ben definite, detti orbitali che sono zone di probabilità, alcune sferiche altre di forme più strane. Gli orbitali si raggruppano in livelli energetici, e ci sono orbitali di forma "simile" in vari livelli energetici, il che spiega l'esistenza di "gruppi" di atomi simili nella tavola periodica.
- 2) In ogni livello gli orbitali si ripetono in sequenze simili, con forma simile, aggiungendo ogni volta uno strato "nuovo". Questo spiega la regolarità della tavola periodica.

- 3) Però gli orbitali più "esterni" di un livello energetico possono risultare più energetici dei livelli più "interni" del livello successivo, ecco perché la tabella di Mendeleev ha delle righe ripetute (gli elementi dal 21 al 30 dovrebbero stare sulla riga sopra, i lantanidi dovrebbero stare due righe sopra e così via)
- 4) Gli elettroni hanno un momento angolare interno, detto spin, come se ruotassero intorno a sé. Lo spin è anche collegato al loro momento magnetico. Questo spin prende solo due valori rispetto a un certo asse, "su" e "giù".
- 5) Gli elettroni sono indistinguibili, non possiamo né "marcarli" né seguirli passo passo. Si distinguono solo se stanno in posti diversi perché hanno proprietà, come lo spin, che sono diverse.
- 6) Non ci possono essere due elettroni "uguali". Quindi in un certo orbitale ci possono stare al più solo 2 elettroni, uno con spin "su" e uno con spin "giù".
- 7) La forma degli orbitali occupati più esterni (che possono dipendere anche dalla presenza di elettroni interni) dà le proprietà chimiche e cristallografiche degli atomi. La tavola periodica riflette il "riempimento" dei vari orbitali: Idrogeno (un elettrone) ed Elio (due elettroni) hanno elettroni nel primo livello, composto da un solo orbitale, poi Litio, Berillio, Boro, Carbonio, Azoto, Ossigeno, Fluoro e Neon corrispondono al riempimento dei 4 orbitali del secondo livello e così via.
- 8) Gli elettroni possono saltare da un orbitale a un altro (se c'è un posto vuoto e se non c'è qualche legge di conservazione che vieta il salto) emettendo o assorbendo un quanto di luce che corrisponde alla differenza di energia ΔE tra i livelli, il che corrisponde alla frequenza ν della luce dato che $\Delta E = h\nu$.

Compiti a casa

- 1) Perché nella tavola periodica di Mendeleev ci sono delle righe ripetute? Se ogni riga corrisponde al riempimento di un livello energetico, dovrebbero essere tutte diverse..
- 2) Perché il Litio, il Sodio e il Potassio hanno comportamenti chimici molto simili?
- 3) Prendete un panettone, una sfera di acciaio e una pistola e giocate a Thompson contro Rutherford. Thompson pensava che gli elettroni fossero dispersi in una "pappa" di carica positiva come le uvette nel panettone. Quindi se uno avesse sparato dei proiettili (raggi alfa) nel panettone, questi avrebbero dovuto attraversarlo senza problemi. Ma quando Rutherford ci provò, vide che a volte i proiettili rimbalzavano all'indietro, come se al centro del panettone ci fosse una sfera di acciaio (il nucleo). Esperimento da fare a Natale quando ci sono tutti i parenti.

I principi della termodinamica in ~~20 secondi~~ in 5 minuti

La termodinamica è una disciplina potente ma abbastanza misteriosa. Si basa su quattro principi, che però necessitano di un po' di introduzione. Per prima cosa parliamo di temperatura e di calore. La temperatura è quella cosa che si misura con il termometro. A livello microscopico la temperatura è legata alla velocità delle particelle di un corpo, o meglio alla loro energia cinetica media.

La prima legge della termodinamica, chiamata principio zero perché è arrivato dopo l'uno e il due, dice che due corpi che sono a contatto termico hanno la stessa temperatura. Questo principio ci permette di misurare la temperatura con un termometro.

Il primo principio della termodinamica è la conservazione dell'energia, allargata al calore che è energia "termica". Per questo sulle confezioni di molti cibi troviamo espresso il loro contenuto di energia sia in calorie, ovvero quanto calore ci vuole per innalzare di un grado un chilogrammo di acqua, sia in joule, che è l'unità di misura dell'energia.

Il secondo principio della termodinamica è quello che permette di dare una direzione temporale agli avvenimenti. Le leggi della fisica sono simmetriche rispetto al tempo: per loro vedere un film proiettato all'incontrario è lo stesso del film proiettato in avanti. Ma il secondo principio della termodinamica invece ci dice che esiste una quantità, detta entropia o disordine, che aumenta sempre in un sistema chiuso, al limite può restare costante se tutti i processi sono reversibili, ovvero ottimali. Per il secondo principio della termodinamica un vaso rotto non si ricomporrà da solo, non perché sia vietato dalle leggi della fisica, ma perché il processo inverso della rottura è altamente improbabile: basta un piccolo errore nel "lanciare indietro" i vari frammenti, che il vaso invece di ricomporsi si sbriciolerà anche di più.

Il terzo principio della termodinamica ci dice che è impossibile raggiungere lo zero assoluto, che è lo stato "più ordinato" possibile della materia. Questa impossibilità risiede in come funziona la fisica quantistica. In pratica ci dice che abbiamo sbagliato a scegliere la scala della temperatura: avremmo dovuto scegliere una scala in cui lo zero assoluto stava a meno infinito, una temperatura chiaramente impossibile da raggiungere.

Compiti a casa

- 1) Entrate in camera vostra e gettate in giro tutto quello che trovate. Quante probabilità ci sono che la disposizione ottenuta sia ordinata? E quante probabilità che vostra madre vi prenda a scapaccioni?
- 2) Compratevi su ebay un termometro digitale a infrarossi e verificate che tutti gli oggetti della vostra camera, compreso il pavimento, il letto, la bottiglia dell'acqua e l'hard disk esterno (spento) del vostro computer hanno la stessa temperatura anche se uno è di metallo, uno di marmo e uno di stoffa e al tatto sembrano molto diversi. Perché accade ciò?
- 3) Prendete un mestolo e una pentola piena d'acqua e cercate di portare all'ebollizione l'acqua girando il mestolo. Dopo un po' vi sentirete molto caldi. È a causa del primo principio: avete convertito un bel po' dell'energia acquisita dai cibi in calore (e nel fare evaporare il sudore). Continuate per qualche mese e vedrete che bell'effetto fa sul vostro fisico.