

LA SPIEGAZIONE DEI MOTI CELESTI E DEI MOTI LOCALI: LE LEGGI DELLA DINAMICA E LA GRAVITAZIONE UNIVERSALE PAOLA FALSINI

*Liceo Scientifico "A.M. Enriques Agnoletti" Via Ragionieri, 47 50019 Sesto Fiorentino (FI)
Classe III corso PNI*

Il percorso didattico qui descritto è stato elaborato, nell'ambito del progetto dell'IRRE Toscana "Educazione scientifica e innovazione didattica-curricolare nelle scuole secondarie", all'interno del gruppo coordinato dal prof. Carlo Fiorentini; si è inteso realizzare un percorso didattico che cercasse di affrontare un tema fondamentale, quale quello della dinamica, secondo un approccio diverso da quello usualmente offerto dalla prassi didattica tradizionale, incoraggiata e rinforzata dai manuali scolastici. Esso viene svolto (per la prima volta nell'anno scolastico 2005/06) in una classe terza di un liceo scientifico PNI (tre ore settimanali dalla classe prima); impegna la classe per tutto il primo quadrimestre e non si tratta dunque di un approfondimento, di un ampliamento o di una soluzione diversa alla trattazione di un tema particolare del programma.... Si tratta di un ripensamento e di un cambiamento profondo rispetto all'usuale prassi didattica, che interessa un tema fondamentale tra quelli previsti per la classe terza. In particolare, si è voluta proporre una paziente costruzione di concetti scientifici, invece che una rapida presentazione di definizioni e leggi quale è quella offerta dai manuali; l'approccio innovativo che si è voluto mettere in atto ha cercato di utilizzare la storia della Scienza, facendo ripercorrere agli studenti quelle tappe fondamentali che hanno condotto alla costruzione dei concetti e delle leggi che costituiscono il fondamento della Fisica classica, nella convinzione che sia efficace e sensata una didattica della Fisica che riconsideri i problemi che hanno attirato l'attenzione della comunità scientifica nel passato, le domande che furono formulate.

Venendo proprio alla legge fondamentale della dinamica, che è il cuore di questo percorso, la sua semplicità matematica è molto insidiosa perché porta a banalizzarla e a non riconoscere affatto la profondità dei concetti in essa implicati; è necessario un percorso ampio e disteso nel tempo che non si limiti dunque a una frettolosa verifica di laboratorio e a qualche insignificante esercizio addestrativo; si tratta invece di procedere alla costruzione di concetti chiari e distinti, quali il concetto di forza in un contesto dinamico e quelli di velocità e accelerazione come grandezze vettoriali, attraverso le loro relazioni reciproche.

Si è cercato di rendere gli studenti protagonisti, chiedendo sempre il loro intervento, sollecitando la formulazione di ipotesi e la discussione collettiva di esse; lasciandoli *liberi di sbagliare*, in modo che il passaggio dalle concezioni di senso comune a quelle scientificamente accreditate avvenga con piena consapevolezza di ognuno; evidenziando come il loro *errori* siano gli stessi di coloro che nel corso della rivoluzione scientifica del XVII secolo, e anche prima, si erano misurati con gli stessi problemi.

Il principale **obiettivo disciplinare** è l'appropriazione da parte degli studenti delle **leggi della dinamica** e della **legge della gravitazione universale** formulate da Newton; nei *Principia* si compie la sintesi tra fenomeni celesti e fenomeni terrestri che troviamo già ampiamente anticipata nell'opera di Galileo e di Keplero. Aspetto centrale di tutto il percorso è la concezione dei moti su traiettorie curvilinee come moti accelerati, dunque l' **accelerazione** intesa come **grandezza vettoriale**; ampio spazio trova anche l'approfondimento del concetto di **forza impressa** e l'introduzione del concetto di **massa inerziale**, così come la riflessione sulla *inattesa* relazione tra inerzia e gravità.

Inoltre sono obiettivi di tipo più generale del percorso, connessi ai contenuti trattati:

- Far comprendere il ruolo degli strumenti scientifici nel progresso della conoscenza dei fenomeni naturali; è il caso del cannocchiale di Galileo

- Far comprendere come la miglior accuratezza nei dati sperimentali possa condurre a svolte fondamentali nella spiegazione dei fenomeni della natura: è stato il caso delle misure di Tycho Brahe che hanno reso possibile a Keplero la soluzione del millenario problema dei pianeti.
- Far acquisire la consapevolezza del ruolo fondamentale del linguaggio matematico nella descrizione della natura: grazie ad esso, Newton ha saputo dimostrare rigorosamente ciò che altri avevano solo intuito;
- Educare gli studenti a porsi domande del tipo: *Come facciamo a sapere che ...?* Nel caso specifico, ad esempio, *come facciamo a conoscere le masse dei corpi celesti?*
- Far riflettere sulla capacità di una buona teoria di predire fatti non ancora osservati (è il caso della teoria della gravitazione universale e della scoperta del pianeta Nettuno) e più in generale sull'intreccio complesso tra teoria e fatti sperimentali.

Il percorso è concepito in continuità con uno precedente, svolto nella classe seconda, che ha come tema la nuova concezione del movimento proposta da Galileo, introdotta a partire dalla disputa cosmologica tra sistemi tolemaico e copernicano (percorso documentato in questa sezione del sito del CIDI)

DESCRIZIONE SINTETICA DEL PERCORSO DIDATTICO

Il percorso didattico può essere così sintetizzato:

1. *Le osservazioni di Galileo al cannocchiale e l'affermarsi dell'ipotesi copernicana.*
2. *Keplero, la ricerca dell'Armonia, la determinazione dell'orbita di Marte, la formulazione delle tre leggi.*
3. *“A quo moventur planetae?” Il Principio d'inerzia, la necessità di un'azione per i moti curvilinei, l'idea di attrazione universale di Hooke e Borelli, la ricerca di una spiegazione unica per moti celesti e terrestri.*
4. *Newton: il concetto di accelerazione nei moti curvilinei, l'identità dinamica tra moto circolare uniforme e moto uniformemente accelerato.*
5. *Il concetto di forza impressa, la massa inerziale, la seconda legge del moto; il concetto di forza come interazione e la terza legge del moto.*
6. *Le leggi del moto dei pianeti spiegate attraverso la legge della gravitazione universale.*

Il punto di partenza è l'astronomia (come nel percorso citato svolto nella classe seconda), in particolare il millenario *problema dei pianeti*, fondamentale nella disputa tra i sistemi geocentrico e eliocentrico. Si comincia con l'osservazione del cielo: una sera di giugno, alla conclusione della classe seconda, si propone agli studenti un'osservazione al telescopio dell'aspetto della Luna e dei satelliti di Giove; si assegna poi nell'estate la lettura di alcuni brani scelti dal *Sidereus Nuncius* di Galileo. A settembre si riprendono le questioni fondamentali, si esaminano gli aspetti tecnici, quantitativi; ad esempio il metodo proposto da Galileo per misurare l'altezza delle montagne sulla Luna, oppure la spiegazione delle fasi di Venere nel sistema copernicano. Attraverso la lettura di alcuni brani dalle sue opere, si presentano le domande a cui Keplero, decisamente copernicano, cerca inizialmente di dare risposta dibattendosi nelle gabbie imposte dal dogma della circolarità. È l'occasione per introdurre cosa si debba intendere per *moto circolare uniforme* e definire nuove grandezze, come la velocità angolare. Un passaggio fondamentale è proprio l'abbandono del dogma della circolarità a cui Keplero è spinto dai nuovi dati astronomici raccolti da Tycho Brahe. L'enunciato delle tre leggi di Keplero, in particolare quella delle orbite, conduce alla necessità di una causa per spiegare, per giustificare un movimento che era invece stato concepito, fino a quel momento, come naturale. È un passaggio fondamentale nello studio della meccanica, che dobbiamo a Cartesio e poi a Newton: è il cambiamento di moto (e il cambiamento di direzione lo è)

che necessita di una causa. Si leggono brani di Cartesio e si svolgono semplici esperienze in laboratorio di fisica per evidenziare che il moto circolare ha bisogno di una causa. Si legge di come Hooke avesse proposto un modello meccanico per il moto dei pianeti, il pendolo conico, e lo si visualizza in laboratorio.

E' a questo punto che si constata la necessità di definire l'accelerazione come vettore e se ne ricavano le caratteristiche per il caso del moto circolare uniforme (di grande aiuto in questa fase l'utilizzo del software CABRI). Le riflessioni svolte in diversi contesti sulla necessità di una causa per il cambiamento del moto, dunque per l'accelerazione, hanno preparato il terreno alla seconda legge del moto che è stata dapprima letta nella formulazione dei *Principia*; successivamente considerazioni sulla caduta dei corpi, sul fatto che tutti cadono con la stessa accelerazione, conducono introdurre il concetto di massa inerziale. A questo proposito, una rilettura della terza legge di Keplero evidenzia un nuovo, importantissimo elemento di unificazione tra fenomeni celesti e fenomeni terrestri: l'attrazione gravitazionale accelera tutti i corpi allo stesso modo, come fa la forza di gravità sulla Terra. Ora gli studenti sono in possesso degli elementi necessari per seguire (ma lo si farà solo parzialmente) il percorso di Newton che conduce alla formulazione della legge della gravitazione universale: si ricava la legge dell'inverso del quadrato della distanza (aiutandosi ancora con CABRI); si considerano le implicazioni della terza legge del moto di Newton (già introdotta, sostanzialmente, nel corso della classe prima quando si era lavorato sul concetto di forza come interazione) e dunque la proporzionalità della forza di attrazione al prodotto delle masse dei corpi interagenti. Ampio spazio, infine, è dato ai successi della teoria di Newton: il moto delle comete, i fenomeni di marea, la scoperta di nuovi corpi celesti, la possibilità di conoscere le masse degli oggetti celesti.