LE RADICI ELLENISTICHE DELLA SCIENZA MODERNA

Sebbene la **scienza moderna** nasca nel XVII secolo, con Galileo Galilei e Isaac Newton, è tuttavia possibile individuarne le **origini** nel pensiero di alcune grandi figure dell'ellenismo: da **Euclide** ad **Archimede**, da **Aristarco** di Samo e **Tolomeo** a **Ippocrate** e **Galeno**. A questi studiosi si devono la codifica rigorosa o i primi importanti sviluppi di discipline scientifiche come la geometria, l'astronomia e la medicina, nonché le prime forme di quella che oggi chiameremmo "scienza applicata" (meccanica, idrostatica, ingegneria pneumatica ecc.).

Che cos'è la scienza?

Per comprendere in che senso i grandi scienziati dell'ellenismo abbiano anticipato con le loro indagini la scienza moderna è utile ricordare preliminarmente i caratteri fondamentali di questo tipo di sapere (secondo l'ipotesi elaborata dal filosofo della scienza Lucio Russo):

- le affermazioni scientifiche non riguardano oggetti concreti, percepiti dai sensi, ma **oggetti teorici**, spogliati delle loro *qualità* e ricondotti a *quantità* **misurabili** (la geometria euclidea, ad esempio, formula le sue proposizioni su angoli, rette e figure astratti, che nella loro perfezione e regolarità non esistono nel mondo reale);
- le teorie scientifiche sono costruzioni che partono da alcuni enunciati fondamentali assunti come veri (i «postulati» relativi agli enti teorici indagati dalle diverse discipline) e, mediante rigorose dimostrazioni, giungono ad affermazioni che vengono anch'esse considerate vere. In ciò consiste l'aspetto **deduttivo** e squisitamente **razionale** del metodo scientifico;
- le dimostrazioni o deduzioni scientifiche, pur partendo da enunciati di tipo astratto e generale (relativi, come abbiamo detto, a enti teorici misurabili), hanno come loro punto d'arrivo proposizioni che si riferiscono al mondo osservabile, e che per questo si possono confrontare con i fenomeni reali, per controllare concretamente se questi si verifichino in conformità ai princìpi generali di partenza. Nella scienza, il momento razionale è pertanto inscindibilmente legato a quello **empirico** e **sperimentale**;
- infine, la scienza non si limita a descrivere o spiegare i fenomeni osservati, ma si fa strumento per modificare concretamente la natura mediante **applicazioni tecniche**.

Due esempi ci aiuteranno a capire meglio il senso di queste affermazioni, e insieme a cogliere la scientificità del metodo usato dagli studiosi ellenistici.

L'eliocentrismo di Aristarco di Samo

Gran parte dell'opera dell'astronomo **Aristarco di Samo** (310-240 a.C. circa) ci è nota attraverso la testimonianza di un altro grande scienziato ellenistico, il siracusano Archimede (287-212 a.C.), il quale riferisce le «ipotesi» elaborate da Aristarco sul movimento dei corpi celesti. A questo termine – "ipotesi" – è stato talvolta attribuito il significato corrente odierno, come se Aristarco avesse formulato una congettura. In realtà egli costruisce una teoria ben definita, che "postula" (dal latino *postulare*, "chiedere", e quindi "richiedere", "presupporre") quale punto di partenza l'**immobilità del Sole** e un moto annuo di **rivoluzione della Terra intorno al Sole**, unito a un moto giornaliero di **rotazione su sé stessa**.

Si trattava di ipotesi molto lontane dalla testimonianza dei sensi, i quali (allora come ora) attestavano in modo apparentemente inconfutabile il movimento del Sole attorno alla Terra. Ma proprio a partire da questi assunti paradossali (cioè, letteralmente, che andavano "contro", *pará*, l'"opinione comune", *dóxa*) con un procedimento logico rigoroso Aristarco deduce una serie di affermazioni che descrivono i complicati movimenti dei pianeti da lui osservati. In altri termini, egli combina o collega secondo precise regole ("calcola") il moto circolare della Terra attorno al Sole e i movimenti dei pianeti attorno alla Terra, riuscendo così a spiegare questi ultimi a partire dall'ipotesi che sia la Terra a girare intorno al Sole, e non viceversa.

La teoria di Aristarco, come sappiamo, verrà ripresa nel XVI secolo dall'astronomo polacco **Niccolò Copernico**, il quale sancirà il passaggio dal sistema aristotelico-tolemaico (geocentrico) a quello eliocentrico. Questa rivoluzione astronomica, che segnerà l'inizio dell'età moderna e la nascita della scienza sperimentale, può quindi essere considerata una sorta di riscoperta o di approfondimento dei risultati teorici di Aristarco.

Le macchine di Archimede

Se i calcoli di Aristarco esemplificano lo stretto legame fra il momento deduttivo-razionale e quello empirico -sperimentale che caratterizza il metodo scientifico, le scoperte e le invenzioni di **Archimede** offrono forse l'esempio più efficace per chiarire anche la quarta delle caratteristiche della scienza elencate in apertura.

Gli studi archimedei, infatti, erano finalizzati alla **progettazione di macchine**, ovvero di strumenti che permettessero all'uomo di ampliare le proprie normali possibilità. Tant'è vero che alla base del risultato più famoso di Archimede (la scoperta del principio della leva) vi è l'idea di poter sollevare un oggetto molto pesante senza dover usare una forza pari al suo peso, ma una forza minore, amplificandone l'effetto grazie a un "braccio" posto su un punto di appoggio (il fulcro). L'intera teoria meccanica (cioè l'intera teoria delle macchine) elaborata da Archimede è costituita da **rigorose dimostrazioni matematiche** che partono proprio da questo **principio basilare** della scienza oggi detta "statica": potremmo definirlo il "principio della bilancia", secondo il quale due corpi di uguale peso sono in equilibrio quando si trovano agli estremi di un braccio (una leva) appoggiato su un fulcro che si trova alla medesima distanza da ciascuno dei due corpi. La scienza di Archimede è quindi un sapere di tipo **fisico-geometrico** finalizzato non semplicemente a osservare la natura, ma a dominarla mediante **applicazioni tecniche**: un tipo di sapere in cui il ruolo della **ragione** e quello dell'**esperienza** si intrecciano in una feconda unione.

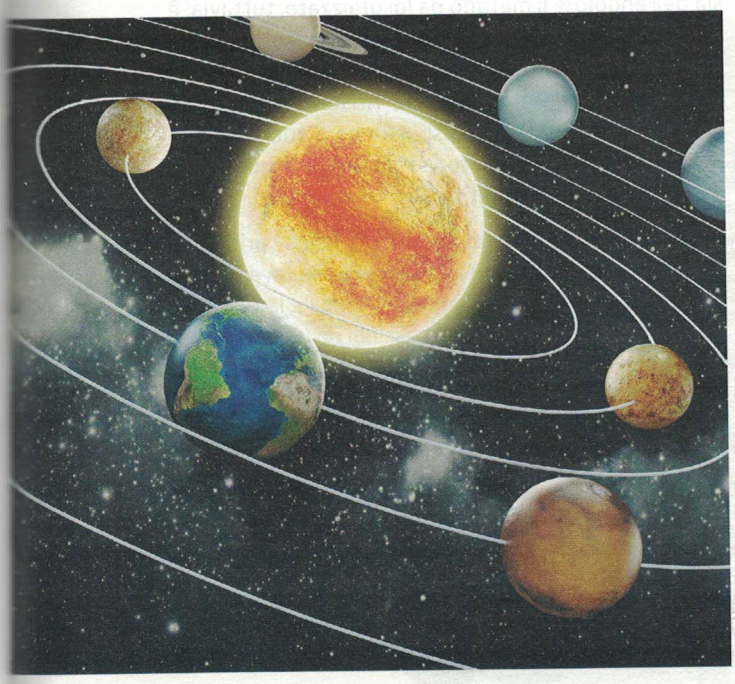


Illustrazione del sistema solare.

La distanza da Aristotele

A questo punto è interessante notare come la scienza ellenistica si differenzi in modo radicale dalla fisica aristotelica.

Nelle sue indagini naturalistiche, infatti, Aristotele non fa riferimento a enti teorici, né a grandezze o quantità astratte, bensì a **oggetti concreti** (definiti da certe proprietà o qualità), di cui osserva il comportamento tentando di coglierne i princìpi che lo regolano. Egli non cerca di formulare un'ipotesi teorica da cui sia possibile dedurre le "cose che appaiono ai sensi" (i "fenomeni"), né controlla concretamente, mediante l'esperienza, la correttezza dei princìpi generali che enuncia. L'obiettivo aristotelico è semplicemente la **contemplazione disinteressata** dello spettacolo della natura, senza alcuna pretesa di dominarla allo scopo di ricavarne vantaggi.

Lo stesso **ragionamento sillogistico**, che in un certo senso costituisce il momento deduttivo e razionale dell'indagine aristotelica, è molto **diverso da quello utilizzato dagli scienziati ellenistici**, poiché le premesse da cui parte sono perlopiù astratte definizioni di «essenze»: esse, pertanto, non portano a comprendere realmente il funzionamento dei fenomeni concreti, ma soltanto ad affermazioni "vuote", slegate dalla realtà.

Un aneddoto può aiutarci a capire questo aspetto. Studiando il rapporto tra il peso di un corpo e la forza necessaria per spostarlo, Aristotele aveva riportato come

un'evidenza osservativa indubitabile (analoga a quella che sembra attestare il movimento del Sole attorno alla Terra) che «un uomo da solo non può spostare una nave». Ma proprio questa convinzione sarà smentita da Archimede, il quale progetterà un congegno (fatto di carrucole e pulegge) grazie al quale egli stesso (o forse il tiranno siracusano Gerone) riuscirà a spingere una nave in acqua.

Questo racconto ci conferma come nelle indagini ellenistiche il rapporto tra ragione ed esperienza vada ben oltre quello delineato dalla fisica aristotelica, assumendo un carattere autenticamente "scientifico". Da una parte, infatti, la ragione **formula *ipotesi* per *spiegare i fenomeni* osservati**; dall'altra **si spinge *oltre i fenomeni esistenti***, consentendo la progettazione di strumenti utili per dominare la natura:

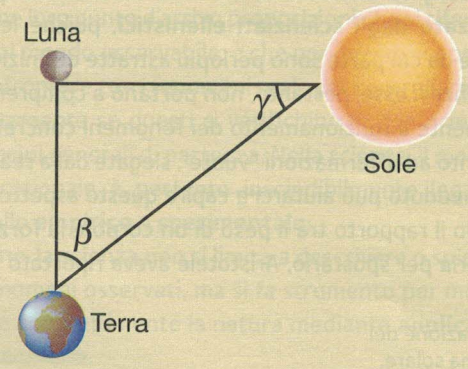
> Mentre con la lingua ordinaria [cioè con un approccio non scientifico] si può parlare ragionevolmente solo di oggetti esistenti e di fenomeni osservabili, il metodo dimostrativo permette di dedurre dalle "ipotesi" anche proprietà di oggetti e fenomeni virtualmente possibili, ma non ancora realizzati. La scienza fornisce così un formidabile strumento di progettazione tecnica.
>
> (L. Russo, *La rivoluzione dimenticata*, Feltrinelli, Milano 2006, p. 219)

LABORATORIO DELLE IDEE

COMPETENZE Individuare il rapporto tra la filosofia e la scienza | Contestualizzare i diversi campi conoscitivi | Riflettere e argomentare, individuando collegamenti e relazioni

1. Dalle indagini di Aristarco di Samo, Copernico deriverà non soltanto la prospettiva eliocentrica, ma anche l'approccio matematico o "calcolante", che ben emerge nel trattato *Sulle dimensioni e distanze del Sole e della Luna*. In quest'opera Aristarco nota che, rispetto a un dato punto di osservazione sulla Terra, quando la Luna è illuminata dalla luce del Sole esattamente per metà, essa forma con il Sole e con la Terra un triangolo rettangolo che ha per cateti le distanze Luna-Sole e Luna-Terra, e per ipotenusa la distanza Terra-Sole.

Conoscendo la misura dell'angolo ß compreso tra il cateto Terra-Luna e l'ipotenusa Terra-Sole (angolo misurato dal punto di osservazione), Aristarco applica le regole della geometria per calcolare il valore dell'angolo γ compreso tra i lati Sole-Luna e Sole-Terra, e a quel punto dalle misure dei tre angoli può risalire alle proporzioni tra i lati del triangolo Terra-Luna-Sole, cioè alle proporzioni fra le distanze tra questi corpi celesti. Unendo queste informazioni alla stima della distanza della Luna dalla Terra, giunge alle altre due misure (le distanze Terra-Sole e Sole-Luna).



I calcoli di Aristarco contengono alcuni errori dovuti ai valori approssimativi sia della distanza Terra-Luna sia dell'angolo ß; il metodo da lui utilizzato, tuttavia, è perfettamente coerente con quello scientifico che verrà messo a punto in epoca moderna.

- Analizza la via seguita da Aristarco in questo esempio e indica gli aspetti che a tuo avviso la apparentano alla scienza moderna e quelli che eventualmente la differenzino da essa.

2. Cerca in Internet o nel manuale di fisica i principali contributi di Archimede alla teoria delle leve; quindi prova a spiegare in che senso la scienza e la tecnologia archimedee furono rese possibili da un metodo di studio della natura radicalmente diverso da quello aristotelico.

PER L'APPROFONDIMENTO E LA RICERCA

in libreria

- Lucio Russo, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Feltrinelli, Milano 2006