

La fisica in ARISTOTELE (384—322)

Le dottrine fisiche di Aristotele sono state accettate come dogmi per 60 generazioni . Nessun'altra personalità nella storia della scienza ha avuto una influenza così profonda e durevole sui pensatori successivi . Già nel mondo antico le opinioni di Aristotele , o quelle che venivano presentate in suo nome , recavano l'impronta dell'autorità suprema che solo pochi spiriti audaci ardivano disconoscere . Il principio che guidava la concezione della natura di Aristotele era la **teologia** : cioè l'assioma secondo cui tutto ciò che accade si compie per un dato fine , e l'intero universo , con tutto ciò che contiene , è il risultato di un disegno prestabilito . Dalla fisica **presocratica** Aristotele trasse la teoria dei 4 elementi e la loro suddivisione in **pesanti** (terra e acqua) e **leggeri** (aria e fuoco) . Aristotele completò quest'antitesi accentuando la differenza sostanziale di forma fra i movimenti degli astri e quelli che avvengono nella regione inferiore compresa fra la terra e la luna . I movimenti celesti sono **circolari** , mentre quelli che avvengono nella nostra regione o sono più complessi (come la traiettoria di un proiettile) o assumono la **forma rettilinea** , come il percorso dei corpi che cadono (pietre) o se salgono (vapori , fiamme) . Questa scala di valori cosmici postula la priorità dei movimenti celesti su quelli terrestri e la supremazia del **moto circolare** . Per Aristotele , ogni qualvolta l'esperimento e la teoria risultano in conflitto fra loro bisogna dare torto all'esperimento . **Movimento violento** = movimento che avviene in una direzione che non sia verso l'alto o verso il basso . L'esempio più comune di **moto violento** è la **traiettoria di un proiettile** . La **negazione del vuoto** è tratta dall'assurda conclusione che la velocità di caduta nel vuoto dovrebbe essere **infinita** .

Per Aristotele il **cosmo è una sfera finita** avente la Terra come suo centro e la sfera delle stelle fisse come frontiera .

La fisica di Aristotele ha un manifesto carattere platonico , anche se differisce in molti punti dalla fisica di Platone . L'intento generale , di tono metafisico , che la

sorregge è quello di spiegarci , non solo come il mondo risulta costituito , ma perché esso è costituito proprio così e non può essere costruito in altra maniera . Aristotele accetta la teoria empedoclea dei 4 elementi , interpretandoli però non tanto come corpi , quanto come modi di essere . Cerca poi di giustificare con **argomenti a priori** perché essi debbano essere proprio quattro . La **terra** che è l'elemento freddo e secco tende verso il basso ; essa deve essere controbilanciata dal suo elemento contrario , il **fuoco** , che è caldo e secco e tende verso l'alto . Fra essi devono esistere altri due elementi con funzioni mediatrici : l' **acqua** , fredda ed umida , e l' **aria** calda e secca . Anche l'acqua tende verso il basso , come ci viene provato dallo scorrere dei fiumi ; meno però della terra , come risulta dal fatto che un pezzo di terra o pietra gettato nell'acqua affonda . L'aria invece tende in alto , come vediamo dalle bolle d'aria contenute nell'acqua che vengono a galla ; meno però del fuoco la cui fiamma , pur stando nell'aria , tende sempre a salire . A questi 4 elementi Aristotele ne aggiunge un quinto (**quintessenza**) l' **etere** , la cui esistenza viene << **dimostrata** >> in base ad un complesso di considerazioni molto generali sul moto . Per riferire tale << **dimostrazione** >> occorre accennare alla **teoria aristotelica del moto** . Secondo Aristotele esistono **quattro tipi fondamentali di movimento** (ciascuno dei quali implica un passaggio dalla potenza all'atto) : il **movimento sostanziale** (ossia la generazione e corruzione) , il **movimento qualitativo** (ossia il modificarsi delle qualità) , il **movimento quantitativo** (ossia l'aumento e la diminuzione) , e infine il **movimento locale** cioè il **moto propriamente detto** . I primi tre possono ricondursi al quarto , in quanto provengono dal moto dei quattro elementi i quali , mescolandosi in varie maniere , producono la **generazione e corruzione** dei singoli esseri , il modificarsi delle loro qualità , ecc.

I moti propriamente detti si distinguono a loro volta in **moti naturali** e **moti violenti** (o artificiali) . I **moti naturali** , infine , si suddividono in due tipi tra loro radicalmente diversi :

- il **moto verso il basso o l'alto** che è caratteristico della terra, dell'acqua, dell'aria, del fuoco .
- il **moto circolare** caratteristico degli astri.

Il **moto verso il basso o l'alto** ha in sé qualcosa di imperfetto , tendendo a seguire un cammino rettilineo che è una figura geometrica meno perfetta della circonferenza in quanto delimitato da un punto iniziale ed uno finale : esso viene realizzato da elementi che possono mescolarsi uno all'altro e mescolandosi dare luogo ad esseri mutabili , soggetti a corruzione e morte . Il **moto circolare** è geometricamente perfetto (non avendo né inizio né fine) , e **può essere realizzato soltanto da un elemento eterno , immobile , incorruttibile ; l' ' etere** . Se ne conclude che l'etere , di cui sono costituiti tutti i corpi celesti , deve risultare diverso dai quattro elementi empedoclei . I naturalisti del VI e del V secolo a.c. , da Talete a Democrito , avevano basato le loro concezioni del mondo sull'ipotesi che cielo e terra fossero costituito della stessa materia ; ora , invece , Aristotele , tornando a vecchie teorie pitagorico-platoniche , eleva una versa barriera tra mondo celeste e mondo sublunare , immaginandoli costituiti di elementi irriducibilmente diversi . Contrapponendo l'eternità degli esseri appartenenti al **mondo celeste** alla corruttibilità di quelli appartenenti al **mondo sublunare** , Aristotele non intendeva negare a quest'ultimo una durata infinita nel tempo . tale durata infinita viene esplicitamente riconosciuta a tutto il mondo , se considerato nella sua interezza ; solo i singoli esseri particolari , dei quali è costituito il mondo sublunare , sono soggetti a nascita , corruzione e morte . Di conseguenza non avrebbe senso , secondo Aristotele , pretendere di scoprire l'inizio del mondo o dei suoi aspetti fondamentali . Questo è il motivo per cui egli non tenta di delineare alcuna **cosmogonia** , come invece aveva fatto Platone nel **TIMEO** .

Aristotele ritiene che il cielo sia costituito da sfere , perché la sfera , come il cerchio , è una **figura perfetta** ; che queste sfere debbono ruotare di **moto uniforme** , perché solo tale moto possiede i caratteri dell' **immutabilità ed eternità** ; che la Terra ,

centro dell'universo , deve risultare immobile , perché immobile è il centro di ogni corpo rotante . Osserviamo che le **sfere celesti** non sono per Aristotele un semplice artificio cinematico per descrivere le orbite degli astri , ma vere **entità fisiche**, composte di etere che riempie tutto lo spazio . Aristotele è certo che la Terra ha forma sferica , come provano il profilo dell'ombra che essa proietta sulla Luna durante le eclissi e la differente altezza della **Stella Polare** , a seconda della latitudine . La terra è **immobile** al centro dell ' Universo ed a favore di questa affermazione , Aristotele porta un argomento dinamico : se la terra si muovesse , un corpo lanciato verticalmente verso l'alto , dovrebbe ricadere molto lontano dal punto dove è stato lanciato . Le **volte celesti** sono disposte in un ordine ben determinato che va dalla **sfera lunare** (la più interna) a quella delle **stelle fisse** (la più esterna) . Il moto , però , si trasmette dalla più esterna alla più interna , quella più esterna traendolo direttamente da **dio** , che Aristotele concepisce quale **atto puro** , privo di materia e , quindi , non costituito di alcun elemento . Per Aristotele le sfere celesti erano 55 . Tornando al mondo sublunare possiamo aggiungere che anche questo mondo risulta suddivisibile in più sfere : una più interna costituita di **terra** , e poi via via altre tre sfere costituite ordinatamente di acqua , aria , fuoco . Queste sfere però non vanno intese in senso assoluto , perché già sappiamo che di fatto i quattro elementi non sono integralmente separati tra loro , ma anzi sono mescolati e proprio la loro mescolanza dà origine agli **esseri corruttibili** . Esse rappresentano soltanto dei **luoghi naturali** , cioè 4 sfere verso cui ognuno dei 4 elementi tende spontaneamente a portarsi , non appena libero di muoversi . Da questa teoria dei **luoghi naturali** Aristotele ricava che il moto naturale della terra e dell'acqua è verso il basso , mentre quello dell'aria e del fuoco è verso l'alto .

Aggiunge (ed è uno dei **più noti errori della sua fisica**) che più un corpo è pesante, più grande dovrà essere la sua velocità di caduta . La teoria del << **luoghi naturali** >> gli serve per dimostrare (contro **Anassagora e Democrito**) l'unicità del mondo : secondo essa ogni elemento di terra , di acqua , di aria , di fuoco tende naturalmente

alla sua sfera e pertanto nel mondo sublunare devono essersi concentrate tutta la terra , l'acqua , l'aria , il fuoco a disposizione nell'universo . Non avanza alcun residuo di tali elementi per formare altri mondi . Oltre ai moti naturali per Aristotele esistono i **moti violenti** o **artificiali** come ad esempio quello di una pietra lanciata verso l'alto . Come può un proietto mantenere per un certo tempo la velocità comunicatagli da una spinta iniziale ? Oggi noi lo risolviamo invocando il principio d'inerzia in base al quale un proietto , se non fosse sottoposto ad alcuna forza (né alla resistenza del mezzo entro cui si muove né all'attrazione terrestre) manterrebbe immutata , in direzione modulo e verso , la sua velocità iniziale . Ma ad Aristotele questo principio , già intuito da Democrito , pareva assurdo . Aristotele spiega il moto del proietto affermando che il proietto può mantenere parte della sua velocità iniziale perché esiste intorno ad esso l'aria che , scossa dal lancio , continua a spingerlo in avanti sia pure con una forza via via decrescente . Il sasso , dopo avere ricevuto il primo impulso , spostando una certa quantità di aria , fa il vuoto dietro di sé . La quantità di aria spostata , a causa dell '**horror vacui** della natura , va ad occupare il vuoto determinato dal sasso spingendolo e mantenendo così il moto . Se non ci fosse l'aria il sasso non potrebbe muoversi . Quindi se la pietra fosse lanciata nel vuoto non potrebbe proseguire il suo movimento . Il vuoto non esiste perché in esso non è possibile nessun movimento né naturale né violento . La polemica di Aristotele contro il **vuoto** è uno dei cardini della sua fisica . Democrito ha sostenuto che il vuoto è indispensabile per concepire il moto degli atomi ? Aristotele gli oppone che nel vuoto non è possibile alcun movimento E non solo non è possibile quello **violento** , ma nemmeno quello **naturale** . Nel vuoto infinito (cioè in quello democriteo) non vi sarebbero né un su né un giù , né alcun'altra direzione privilegiata , e quindi i corpi non saprebbero in quale direzione dirigersi . Inoltre , se un corpo si muovesse nel vuoto , non incontrando alcuna resistenza , come sostengono gli atomisti , esso dovrebbe muoversi a velocità infinita e questo è un

assurdo . Aristotele conclude affermando che se esistesse il vuoto i corpi dovrebbero restare in esso necessariamente fermi .

La meccanica aristotelica

Il moto viene suddiviso in **naturale** e **violento** . Il **moto naturale** comprende il **moto circolare uniforme** dei corpi celesti e , sulla Terra , il **moto rettilineo verticale** governato dalla natura dei **4 elementi fondamentali** (**terra , acqua , aria , fuoco**) e dalle loro combinazioni . Tutti gli altri moti vengono classificati come **moti violenti** .

Per ambedue i tipi di moto è richiesto un **agente motore** . Hanno come agente motore Dio . Per quanto riguarda la spiegazione dei moti naturali , Aristotele non segue Platone nella sua credenza che i Pianeti siano corpi viventi : la sfera più esterna , è mossa dall'amore che essa porta al PRIMO MOTORE (immobile perché atto puro) e dal desiderio di una maggiore perfezione che questi suscita in essa , mentre le inferiori sono mosse ognuna da una sostanza immateriale , che , essendo completamente priva di potenzialità , non può essere essa stessa in movimento . I corpi inanimati per muoversi necessitano di una forza applicata per contatto diretto e di una resistenza opposta dal mezzo in cui si muovono . La loro velocità risulta direttamente proporzionale alla prima ed inversamente proporzionale alla seconda .

Il problema più arduo è individuare la natura della forza in contatto diretto e l'agente che lo applica . Nel caso del moto di un proietto abbiamo visto come Aristotele risolve la questione . Nel caso della caduta dei corpi , risulta ancora più difficile definire la forza , ed Aristotele è portato a concludere che ciò che ha creato il corpo gli ha anche dato una tendenza a cadere proporzionale al suo peso . Ne segue che la velocità di caduta di un corpo in un mezzo dipende dal suo peso (**conclusione che noi sappiamo essere errata**) . Riassumendo , per una più facile discussione possiamo sintetizzare matematicamente i vari concetti esposti : scrivendo la velocità

di un corpo in un mezzo di resistenza R , su cui agisce la forza F come : $v \propto \frac{F}{R}$

Se $F = 0$ risulta $v = 0$ e non si ha moto ; se $R = 0$ risulta $v = \infty$ per qualsiasi corpo indipendentemente dal suo peso . Ne segue che il tempo necessario per percorrere qualsiasi distanza è zero : questa condizione viene considerata un assurdo nella meccanica aristotelica , e viene usata come prova dell'impossibilità dell'esistenza del vuoto .