

RENE' DESCARTES, detto CARTESIO

Di Cristian Mazzoni

(1596-1650, filosofo francese. Educato presso il collegio gesuitico della Flèche, svolse carriera militare, partecipando, fra l'altro, alla guerra dei Trent'anni. Congedatosi, si stabilì per un ventennio in Olanda sino a quando non fu invitato dalla regina Cristina di Svezia a Stoccolma per fondarvi un'accademia delle scienze. La rigidità del clima svedese - ogni mattina all'alba doveva recarsi dalla regina per impartirle lezioni di Filosofia -, tuttavia, gli causò una polmonite che gli fu letale. Opere principali: *Meditazioni metafisiche*, *Principi della Filosofia*, *Discorso sul metodo*, quest'ultimo introduzione ad un trattato di Diottica, Meteore e Geometria).

A lui si deve la geometria delle coordinate con la correlativa introduzione degli assi delle ascisse e delle ordinate (detti, appunto, "cartesiani").

La filosofia cartesiana si fonda sulla presenza di Dio in due sue aspetti: in quanto filosofia della natura, i principi primi della fisica cartesiana trovano in Dio la loro garanzia ultima e fonte di derivazione; in quanto teoria della conoscenza, essa fonda la conoscibilità delle cose (nonché l'esistenza stessa delle cose) sulla presenza di un Dio magnanimo e, dunque, non ingannatore.

Si tratta perciò, innanzitutto, per Cartesio, di dimostrare l'esistenza di Dio.

Rimossa la presenza divina, la filosofia cartesiana assumerebbe tutt'altri caratteri. Essa, infatti, acquisterebbe un'impronta fortemente scettica, più di quella dello scetticismo tradizionale, il quale limita il dubbio alle sole verità dei sensi e non a quelle di ragione (le verità matematiche e geometriche).

Fondazione della possibilità della conoscenza umana e dimostrazione dell'esistenza delle cose

Il dubbio cartesiano

Nella Prima delle *Meditazioni Metafisiche* Cartesio dubita sia delle verità sensibili, sia delle tradizionali verità di ragione (verità matematiche e geometriche): l'assunto di partenza è che per ricusare l'assenso è sufficiente dubitare.

Con riferimento alle verità sensibili, il dubbio si motiva a questa maniera: 1) spesso i dati dei sensi ci ingannano e nulla vieta di pensare che ciò che una volta ci ingannò (cioè il senso), sempre ci inganni (il senso, ad esempio, ci fa sembrare un bastone immerso per metà nell'acqua spezzato o, a distanza, ci mostra una torre quadrata come cilindrica, etc.); 2) chi mi assicura che io nello stato di veglia non stia in realtà dormendo, così come spesso, dormendo, mi pare d'essere sveglio? Vale a dire: chi mi assicura che le cose che io prendo per vere, siano in realtà sogni, ossia fantasmi prodotti dalla mia mente?

La 1) pone il dubbio circa l'attendibilità del dato sensoriale (le sensazioni hanno un corrispettivo nelle cose? colgono le cose per quello che esse sono in sé?); la 2) pone il dubbio circa l'esistenza stessa di "cose" al di là delle nostre sensazioni e come fondamento oggettivo di queste ultime.

Con riferimento alle verità matematiche, si può, ad esempio supporre l'esistenza di un genio ingannatore (maligno) che mi faccia sembrare vero, ciò che in realtà è falso.

V'è tuttavia una cosa indubitabile (seconda meditazione): che io, dubitando, esisto. Io so di me stesso che esisto come una cosa che dubita, intende, afferma, nega, vuole, immagina e sente.

Nel *Discorso sul metodo* Cartesio usa l'espressione "cogito, ergo sum".

Io posso dubitare della verità (cioè della corrispondenza con la realtà) di ogni mio contenuto di coscienza, ma non posso dubitare del fatto che in questo momento ho questa certa sensazione di calore sulla mano, che vedo una stufa dinnanzi a me, etc. La stufa potrebbe anche non esistere nella realtà, ma io, in questo momento, ho davanti a me come mio contenuto di coscienza una stufa.

La certezza viene dunque limitata ai miei contenuti di coscienza ed a me in quanto soggetto pensante: non sembra revocabile il dubbio circa l'esistenza extra-mentale delle cose sensibili.

A questo stadio, Cartesio ha identificato i caratteri della **res cogitans** (sostanza pensante): l'attributo che compete alla sostanza pensante è, evidentemente, il pensiero, declinato come volontà, sensazione, immaginazione, etc.

Dimostrazione dell'esistenza di Dio

Citiamo l'argomento tipicamente cartesiano (terza meditazione).

Noi possediamo delle idee (o contenuti di coscienza) distinte in avventizie e fattizie, vale a dire, rispettivamente: idee che sembrano provenire dai sensi (cane, gatto, etc.) ed idee che noi formiamo per combinazione di idee che sembrano provenire dai sensi (cavalli alati, centauri, etc.).

Ora, noi possediamo anche l'idea di Dio, ossia di un essere perfetto.

Cartesio assume il principio per il quale nella causa vi deve essere *almeno* tanta perfezione quanto nel suo effetto. Da ciò segue che noi uomini, imperfetti, non avremmo mai potuto produrre da noi stessi l'idea della somma perfezione (infatti in tale ipotesi vi sarebbe nell'effetto più perfezione che nella causa): l'idea di Dio non sarà perciò fattizia. Del resto, neppure potrà essere avventizia, non essendovi in natura alcunché di assolutamente perfetto. Possedendo però noi tale idea (che sarà dunque *innata* in quanto né fittizia né avventizia), si conclude che solamente Dio, ossia colui che è egli stesso perfetto, l'ha posta in noi (è il solo che avrebbe potuto farlo), ossia si conclude che Dio esiste.

Nella perfezione di Dio è poi ricompresa la sua bontà: essendo egli buono non può perciò consentire a noi uomini d'ingannarci proprio quando riteniamo con assoluta certezza d'essere nel vero.

In particolare, poiché a noi sembra senz'altro che le sensazioni cui siamo soggetti siano dovute all'azione sui nostri organi di senso di cose esterne (tanto che se io vedo una certa cosa o percepisco al tatto una certa sensazione, anche volendo, non riesco a non vederla o percepirla, come invece accade con il frutto della mia immaginazione), tali cose dovranno esistere (altrimenti Dio ci ingannerebbe in ciò che a noi sembra senz'altro): è così dimostrata contro lo Scetticismo l'esistenza dei corpi (delle cose sensibili).

Quanto alle sensazioni, tuttavia, non tutte sono da accogliere per vere (ossia come tali da avere un corrispettivo nelle cose), ma soltanto quelle chiare e distinte.

Cartesio fonda così il proprio metodo per ben condurre la conoscenza sulla bontà di Dio. Tale metodo (espresso in tutta chiarezza nel *Discorso sul metodo*), richiede l'applicazione delle seguenti regole a che una conoscenza possa essere assunta per vera:

1) occorre accogliere per vero solo ciò che si dà in modo chiaro e distinto. Il significato dei termini "chiaro" e "distinto" deve essere ricavato dal testo, non essendo definito in modo diretto.

Per "chiaro" si intende ciò che non è avvolto nell'oscurità nemmeno in una sua piccola porzione (quale, invece un uomo nella nebbia o di notte o nella semi-oscurità, etc.); per "distinto" s'intende ciò che è ben delimitato rispetto alle altre cose. Mi rifaccio ad un esempio tratto dal senso comune: poniamo di vedere in piene condizioni di luminosità un oggetto davanti a noi e di riconoscerlo come un uomo: in tal caso diremo di essere dinnanzi ad una conoscenza chiara e distinta. Poniamo ora, essendo noi su un treno ad alta velocità ed in condizioni di piena visibilità, di vedere fuori dal finestrino un oggetto che non sappiamo distinguere se essere un gatto o un coniglio o qualcos'altro ancora: in tal caso la nostra conoscenza sarà chiara (le condizioni di luminosità sono ottime), ma non distinta. Per Cartesio tutto ciò che è distinto è anche chiaro, ma non tutto ciò che è chiaro è anche distinto. I termini "chiaro" e "distinto" vengono tuttavia applicati a casi non così immediati: in proposito si veda più avanti.

2) dinnanzi a problemi complessi, occorre risolverli in problemi via via più semplici (analisi), sino a giungere ad un problema elementare, la cui soluzione balzi all'occhio in quanto evidente o derivabile immediatamente da principi evidenti;

- 3) questa regola (principio della sintesi) è l'inverso della precedente ed afferma la necessità di partire sempre da problemi semplici per giungere a problemi via via più complessi;
- 4) regola dell'enumerazione completa: si tratta di ripercorrere sempre con attenzione i vari passaggi dell'analisi e della sintesi al fine di verificare l'eventuale presenza d'errori.

Proprietà dei corpi che si danno in modo chiaro e distinto sono l'estensione (occupare un certo spazio in profondità, altezza e larghezza) e, in modo derivato da questa, tutte le modificazioni dell'estensione (grandezza, figura e movimento), ossia soltanto gli aspetti quantitativi del reale sono chiari e distinti: da ciò segue che tutti gli aspetti qualitativi (colori, odori, suoni) sono soggettivi (imputabili al soggetto e non all'oggetto). Cartesio fornisce talune prove per mostrare come gli aspetti qualitativi sarebbero meramente soggettivi. In generale paragona gli aspetti qualitativi dell'esperienza alla sollecitazione del solletico: se anche io percepisco solletico, non sarò certo disposto a ritenere che il solletico sia un fatto dell'oggetto, ossia che nella realtà ci sia qualcosa come il solletico. Gli aspetti soggettivi del reale sono frutto dell'incontro di un elemento oggettivo (la materia che costituisce tutta la realtà), con i miei organi di senso: non sono i miei organi ad averli creati, ma, del resto, non sono neppure realtà esistenti in se stesse a prescindere dall'azione della materia sui miei organi. Con riferimento ai colori, la teoria corpuscolare della luce di Newton e poi quella ondulatoria di Huygens, non faranno che porsi nella medesima ottica: i colori non sarebbero realtà esistenti di per se stesse: in sé esisterebbero, rispettivamente, o particelle di differenti colori che si muovono, o onde che si propagano nell'etere. Ciò che percepiamo come colore è frutto della rifrazione della luce sull'oggetto.

Cartesio ha così identificato i caratteri della **res extensa** (la sostanza estesa o corporea).

Sono così poste due sostanze del tutto antitetiche ed eterogenee fra loro (è il cosiddetto "dualismo cartesiano"): la sostanza pensante, inestesa ed il cui attributo è il pensiero, e la sostanza estesa, non-pensante ed il cui attributo è l'estensione. Nell'uomo coesistono un corpo ed un'anima totalmente distinte fra loro: il primo rientra, infatti, nella **res extensa**, la seconda nella **res cogitans**.

Fondazione della Fisica cartesiana

Meccanicismo e fisica cartesiana

Tutti i fenomeni corporei (sia con riguardo alla fisiologia animale, sia con riguardo alla meccanica dei corpi inanimati) sono spiegati all'insegna di un rigoroso meccanicismo. La spiegazione di tali fenomeni, in altri termini, non tiene affatto conto di cause finali, ma solo di cause efficienti.

La figura divina interviene a fondare i principi generali della fisica cartesiana (*Principi di Filosofia*).

Dio, all'atto della creazione, ha infatti posto nella materia o sostanza estesa (in sé stessa priva di un principio interno del movimento o azione, il quale pertiene alle sole sostanze pensanti) una certa quantità complessiva di movimento e di quiete. Dio, del pari, in forza dell'immutabilità dei propri decreti (infatti, se mutasse parere, vorrebbe dire che la sua precedente deliberazione non era già perfetta) è il garante della conservazione complessiva di quella certa quantità di quiete e movimento: essa può quindi ripartirsi nei vari corpi, ma mai variare nel suo complesso (così, se un oggetto raddoppia la propria quantità di moto, un altro la dovrà dimezzare, etc.). Il concetto della *quantità di moto* eredita quello medievale di *impetus*, introdotto da Giovanni Buridano (1295-1300 circa - 1361), e che correggeva su un punto fondamentale la meccanica aristotelica. Per Aristotele, infatti, nei moti violenti (ad esempio quello verso l'alto o in orizzontale per i corpi pesanti), cessato il contatto fra movente (la mano o la catapulta che spinge) e mosso, quest'ultimo, immediatamente, dovrebbe recuperare il suo moto naturale (verso il basso per i corpi pesanti). Dal momento che in

natura, per un certo lasso di tempo, il mosso continua a muoversi contro la sua natura seppure venuto meno il contatto con il movente, si ritenne di dover spiegare questo a seguito della spinta che l'aria, aperta e spostata dal mosso nella sua avanzata, va ad esercitare da dietro su esso stesso. Questa spiegazione, piuttosto macchinosa e chiaramente carente, poteva essere agevolmente superata ipotizzando la possibilità da parte del movente di imprimere al mosso una spinta (impeto), la quale si manteneva anche venuto meno il contatto, sino a scemare gradualmente per l'opposizione del mezzo (l'aria).

La legge della conservazione della quantità di moto si esprime matematicamente dicendo che la somma dei prodotti della massa¹ per la velocità deve rimanere sempre costante, ossia, se un prodotto diminuisce da una parte, deve aumentare dall'altra in pari misura, così, se da una parte diminuisce di due, dall'altra deve aumentare di due. La quantità di moto è espressa come prodotto della massa per la velocità sulla base delle seguenti considerazioni intuitive. Supponiamo di imprimere una stessa spinta (il che vuol dire: una stessa quantità di moto), a due corpi di differente massa: quello di massa minore acquisirà una velocità maggiore di quello di massa maggiore. Ora, se noi dovessimo giudicare della quantità di moto solo sulla base della velocità di un corpo, dovremmo dire che il corpo che si muove più velocemente fra i due ha ricevuto una quantità di moto maggiore di quello che si muove più lentamente, quando invece sappiamo che la spinta impressa è stata la medesima, solo che, dovendo essa ripartirsi su una massa maggiore, nel secondo caso ha prodotto una velocità minore che nel primo. La formula quantità di moto = $m \cdot v$ esprime bene tale situazione intuitiva poiché, se due corpi di massa diversa acquistano, ad esempio, una stessa velocità a seguito di una spinta, ciò significa che a quello di massa maggiore deve essere stata impressa una quantità di moto (una spinta) maggiore, cosa testimoniata dal prodotto in questione che, con m maggiore darà un risultato (cioè una quantità di moto) maggiore; viceversa, se, a parità di massa, nell'un caso si ha una velocità maggiore che nell'altro, ciò significa che nel primo caso la quantità di moto impressa è maggiore che nel secondo, cosa testimoniata dal risultato del prodotto in questione, che, con v maggiore, nel primo caso darà un risultato maggiore che nel secondo. Deve inoltre considerarsi con attenzione il fatto che ciò che deve rimanere immutata, secondo Cartesio, è la quantità di moto complessiva, non la velocità complessiva. Poniamo questo esempio: un corpo in moto (cioè con una certa quantità di moto incorporata), ne incontra un altro e cede a questa parte del suo moto, rallentandosi. Poniamo che il primo corpo sia il doppio quanto a massa del secondo. Ora, se esso rallenta a seguito dell'impatto di 1 quanto a velocità, l'altro aumenterà quanto a velocità di 2. Infatti, posto che il primo abbia massa 2 e il secondo abbia massa 1, la quantità di moto che il primo ha ceduto sarà di 1 di velocità * 2 di massa = 2. Se, tuttavia, la massa del secondo corpo è di 1, per pareggiare la quantità di moto persa dal primo (=2), esso dovrà aumentare la propria velocità di 2 (2 di velocità * 1 di massa = 2). Si vede bene dall'esempio come, la somma delle velocità dei due corpi aumenta in assoluto di una unità (il primo perde 1, ma il secondo guadagna 2, cioè ne guadagna uno in più rispetto a quanto il primo ha perduto), pur rimanendo costante la quantità di moto complessiva.

¹ Il concetto di "massa" è complesso. In Fisica oggi si distingue fra una massa inerte (o inerziale) ed una pesante. Cartesio si riferisce al primo significato, per quanto non fornisca una definizione esplicita di "massa" né, del resto, usi questo termine, bensì quelli di "grandezza" o "mole" (in latino *moles*). Diciamo che ogni corpo oppone una qualche resistenza allorché si cerca di fargli mutare stato: così, se un corpo è fermo e voglio farlo spostare, dovrò compiere un certo sforzo muscolare per ottenere l'effetto. Maggiore sarà lo sforzo muscolare e maggiore è da intendersi la resistenza opposta, la quale ultima è indice della massa inerziale del corpo: così se la resistenza è doppia, la massa sarà doppia, etc. La massa inerziale, di cui è segno questa resistenza, va distinta da quella pesante, ossia dal peso che un corpo possiede e che può essere rilevato da una bilancia: il peso, infatti, viene a dipendere dalla gravità, ossia, secondo la meccanica newtoniana, dall'attrazione gravitazionale che la Terra esercita su tutti i corpi. La massa inerziale, a differenza di quella pesante, non viene meno anche al venire meno della gravità. Tuttavia, per quanto le due masse non siano concettualmente la stessa cosa, entro uno stesso sistema gravitazionale (ad esempio per i corpi che si trovano sulla Terra), si può dimostrare che, se un corpo ha una massa pesante ad es. doppia di un'altro, ha pure una massa inerziale doppia, ossia oppone una resistenza doppia al tentativo di spostarlo: le masse inerziali e pesanti di due corpi starebbero perciò sempre nello stesso rapporto. Ciò legittima il sostenere che un corpo che pesa il doppio di un'altro oppone una resistenza doppia allo spostamento, etc. E questo, del resto, spiega poiché originariamente peso e massa venissero confusi, ritenendo il primo misura della seconda.

Cito:

Conosciuta così la natura del movimento, è opportuno considerare la sua causa, che è duplice: vale a dire, innanzitutto quella universale e primaria, che è la causa generale di tutti i movimenti che ci sono nel mondo; e poi quella particolare, per la quale avviene che le singole parti della materia acquistino movimenti che prima non avevano. E per quanto riguarda la generale, mi pare manifesto che essa non è altro che Dio stesso, che creò in principio la materia assieme al moto e alla quiete, e ora conserva in essa tutta, per il solo concorso ordinario, tanto movimento e tanta quiete, quanti ne pose allora. Infatti benché quel movimento non sia, nella materia mossa, altro che un suo modo, tuttavia ha una certa e determinata quantità, che facilmente intendiamo poter essere sempre la stessa in tutta l'universalità delle cose, benché muti nelle singole sue parti. Si deve cioè ritenere che, quando una parte della materia si muove a velocità doppia di un'altra, e quest'altra è grande il doppio della prima, vi sia altrettanto movimento nella minore che nella maggiore; e quanto più lento diviene il movimento di una parte, tanto più veloce diviene il movimento di qualcun'altra uguale ad essa (I principi della filosofia, Parte seconda, 36).

E' esclusa inoltre l'esistenza del vuoto: il vuoto non esiste come assenza di materia, ma come assenza di materia osservabile (un vaso vuoto è pur sempre pieno d'aria). E' affermata l'infinità divisibilità della sostanza estesa (cioè l'assenza di atomi, ossia particelle indivisibili), etc.

Cartesio critica la Fisica galileiana non quanto al suo contenuto, ma in quanto tale contenuto non riceve una fondazione: ad esempio il principio d'inerzia afferma che un corpo si mantiene del proprio moto salvo l'azione di agenti contrari, tuttavia non è così spiegato *da che cosa* i corpi (non dotati di un proprio principio di movimento) traggano il movimento.

Le leggi della fisica cartesiana, non dissimili da quella galileiana, sono tre (la citazione è da *I principi della filosofia*, Parte seconda, 37, 39, 40):

- 1) *Ciascuna cosa, per quanto è in sé, persevera sempre nello stesso stato; e così ciò che si muove una volta continua a muoversi sempre;*
- 2) *Ogni movimento, di per se stesso è retto; e dunque quelle cose che si muovono circolarmente, tendono sempre ad allontanarsi dal centro del circolo che descrivono;*
- 3) *Un corpo, incontrandone uno più forte, non perde nulla del proprio movimento [quantità di moto]; incontrandone uno meno forte, ne perde tanto quanto ne trasferisce in quello.*

La terza legge va integrata con la definizione di "forza" di un corpo e con leggi particolari che specificano, nel caso un corpo più forte ne incontri uno meno forte, quanta della propria quantità di moto esso cederà.

Circa la definizione di "forza d'un corpo":

Qui si deve diligentemente avvertire in che cosa consista la forza di ciascun corpo nell'agire su un altro, o nel resistere all'azione altrui: consiste cioè in questo soltanto, che ciascuna cosa tende, per quanto è in sé, a permanere nel medesimo stato in cui è, conformemente alla legge posta in primo luogo. Di qui, infatti, ciò che è congiunto ad altro, ha una qualche forza, per impedire di esserne disgiunto; e ciò che è disgiunto, per rimanere disgiunto; ciò che è quieto, per perseverare nella sua quiete, e di conseguenza per resistere a tutte quelle cose che la possono mutare; ciò che si muove, per perseverare nel suo movimento, cioè, in un movimento della stessa velocità e verso la stessa parte [...] (I principi della filosofia, Parte seconda, 43).

Circa le regole specifiche che intervengono laddove due corpi si urtino fra loro, ne riporto alcune:

Primo: se due corpi, poniamo B e C, sono senz'altro uguali, e si muovono a velocità uguali, B da destra verso sinistra, C nella direzione da sinistra verso destra, incontrandosi, ripiegano, e poi seguitano a muoversi, B verso destra e C verso sinistra, senza aver perso nulla della loro velocità (I principi della Filosofia, Parte seconda, 46).

Secondo: se B è un pochino più grande di C, poste le altre cose come prima, allora solo C ripiega, ed entrambi muovono verso sinistra alla stessa velocità (I principi della Filosofia, Parte seconda, 47).

Terzo: se sono di massa eguale, ma B si muove un pochino più celermente di C, non soltanto entrambi continuano a muoversi verso sinistra, ma anche si trasferisce da B in C la metà della velocità per la quale questo è sopravvanzato da quello: cioè, se prima vi sono sei gradi di velocità in B, e quattro soltanto in C, dopo l'incontro ciascuno tende verso sinistra con cinque gradi di velocità (I principi della Filosofia, Parte seconda, 48).

In queste tre regole la velocità può essere assunta come rappresentativa della quantità di moto, avendo i due corpi pari massa: così, se uno perde un'unità di velocità e l'altro ne acquista una, vorrà dire che la stessa quantità di moto persa dal primo passa al secondo. Con un esempio: essendo, poniamo, la massa di entrambi 2, se l'uno perde 1 unità di velocità, perderà una quantità di moto pari ad 1 unità di velocità * 2 unità di massa = 2, dunque l'altro, per acquistare la stessa quantità di moto, essendo 2 la sua massa, dovrà acquistare una velocità di 2 quantità di moto/2 unità di massa = 1.

Riporto ora una regola in cui i due corpi sono assunti come non di pari massa:

Quinto: se un corpo quieto C è minore di B, allora, per quanto lentamente B si muova verso C, lo muove con sé, trasferendo cioè in lui una tale parte del suo movimento per cui dopo entrambi si muovono a egual velocità: ossia, se B è grande il doppio di C, trasferisce in esso un terzo del suo movimento, poiché quella sola terza parte muove il corpo C tanto velocemente quanto le due altre rimanenti muovono il corpo B grande il doppio. E così B, dopo che ha incontrato C, si muove soltanto di un terzo più lentamente di prima, cioè impiega, per muoversi lungo lo spazio di due piedi, altrettanto tempo, quanto ne impiegava prima per muoversi lungo lo spazio di tre. Allo stesso modo, se B è grande il triplo di C, trasferisce in esso un quarto del suo movimento, eccetera.

In questa regola Cartesio sostiene che, se un corpo di massa maggiore in movimento, ne urta uno in quiete di massa minore, vi trasferisce una quantità di moto tale da rendere, a trasferimento avvenuto, le velocità dei due corpi uguali. E' fornito anche un criterio utile per il calcolo. Cartesio infatti suggerisce che, se i due corpi hanno massa il primo doppia del secondo, il primo deve cedere un terzo della propria quantità di moto, se il primo è il triplo del secondo, un quarto del proprio moto, e, in generale, se il primo è x volte il secondo quanto a massa, allora deve cedere $1/(x+1)$ della sua quantità di moto. Questa regola di calcolo, si spiega sulla base di questa considerazione. Poniamo il caso il primo corpo sia il doppio del secondo (ad esempio 2 contro 1) e si muova di 3 unità di velocità. Si tratta di sottrargli una quantità di moto tale che, trasferita sull'altro, le loro velocità si pareggino. Proviamo a decrescere la velocità del primo di una unità ($1/3$ della velocità totale), ciò vorrà dire che esso perde una quantità di moto pari a 1 unità di velocità * 2 unità di massa = 2, il che è $1/3$ della sua quantità di moto totale (2 unità di massa * 3 unità di velocità = 6). L'altro corpo, per acquistare la stessa quantità di velocità, avendo massa di 1, dovrà acquistare una velocità di 2, essendo 2 quantità di moto ceduta dal primo corpo / 1 massa del secondo corpo = 2. Ora perciò la velocità del secondo corpo sarà di 2 e quella del primo, che ha perso 1 unità di velocità, sarà pur'essa di 2. Cartesio ha poi generalizzato questa considerazione per ogni rapporto fra le masse dei due corpi.

I cieli

I cieli sono costituiti da una materia fluida che, muovendosi vorticosamente, trascina con sé i pianeti. Entro il grande vortice che abbraccia tutti i pianeti e trascinati da questo, vi sono poi altri vortici particolari, come quello della Luna intorno alla Terra o dei satelliti di Giove intorno a Giove. Questi piccoli vortici non soltanto sono causa del moto dei rispettivi satelliti, ma anche del moto di rotazione diurno della Terra intorno al proprio asse. Al centro dell'universo v'è il Sole, che costituisce il centro del grande vortice che abbraccia tutti i pianeti.

Cito, circa il movimento dei pianeti:

Così, dunque, eliminato ogni scrupolo riguardo al movimento della Terra, disponiamoci a pensare che tutta la materia del cielo in cui si trovano i Pianeti, giri continuamente come un vortice al centro del quale sia il Sole, e le sue parti più vicine al Sole si muovano più velocemente delle più lontane, e tutti i Pianeti (del cui numero fa parte la Terra) si trovino sempre fra le stesse parti di codesta materia celeste. E da ciò solo, senza alcun artificio meccanico, si intenderanno nel modo più facile tutti i fenomeni. Infatti ciò accade come in quei luoghi dei fiumi dove l'acqua, rivolgendosi su se stessa, fa un vortice; se in quell'acqua galleggiano diversi fuscilli, vedremo che essi sono trasportati assieme a essa, e alcuni anche girano attorno al proprio centro, e tanto più velocemente compiono l'intero giro, quanto più sono vicini al centro del vortice. E infine, benché sempre facciano movimenti circolari, è difficile che descrivano mai dei cerchi del tutto perfetti, ma compiono qualche irregolarità in lunghezza e larghezza. Così, senza alcuna difficoltà, possiamo immaginare tutte queste stesse cose a proposito dei Pianeti. E in virtù di questo solo fatto so spiegano tutti i loro fenomeni (Principi della filosofia, Parte terza, 30).

Circa il verso del movimento del grande vortice che abbraccia tutti i pianeti:

Sia dunque S il Sole, e tutta la materia celeste che si trova attorno a lui si muova verso la stessa parte, cioè da occidente ad oriente attraverso meridione [...] (Principi della filosofia, Parte terza, 31).

Ancora, circa il movimento di Terra, Giove e loro satelliti:

E inoltre pensiamo che, come ho visto spesso accadere nei gorghi d'acqua, in quel maggior vortice di materia celeste vi siano altri minori vortici, uno al cui centro sia Giove, un altro al cui centro sia la Terra, e si muovano nella stessa direzione del vortice maggiore; e quello che ha Giove al centro, trasporti attorno a esso quattro suoi satelliti, a tale velocità, che il più lontano compia un giro in sedici giorni, il seguente in sette, il terzo in ottantacinque ore, e il più vicino al centro in quarantadue ore; e così, mentre compiono un solo giro intorno al Sole, percorrano diverse volte i loro minori circoli intorno a Giove; e allo stesso modo il vortice che ha la Terra al centro, faccia sì che la Luna le giri attorno nel periodo di un mese, e la stessa Terra in un giorno compia un intero giro intorno al proprio asse; così che nello stesso tempo in cui la Terra e la Luna percorreranno una sola volta il circolo comune, la Terra giri trecentosessantacinque volte intorno al proprio centro, e la Luna dodici colte intorno alla Terra (Principi della filosofia, Parte terza, 33).

Fisiologia

Quanto ai fenomeni fisiologici, essi sono spiegati in modo rigorosamente meccanico. Cartesio, in particolare, si giovò della scoperta nel 1628 della circolazione sanguigna effettuata dall'inglese William Harvey. Harvey aveva scoperto che la circolazione è un sistema chiuso, in cui lo stesso sangue parte dal cuore, irrori i vari organi e tessuti, per poi far nuovamente ritorno al cuore. Il cuore funge da pompa che mette in circolo in sangue. Nel dettaglio: il cuore è diviso in due parti non comunicanti fra loro; ognuna delle due parti è costituita, nei termini attuali, da un atrio ed un ventricolo; gli atri ed i ventricoli sono separati da valvole a nido di rondine che permettono il flusso del sangue solo in una direzione: dall'atrio al ventricolo; all'uscita di ogni ventricolo ci sono dei condotti (arteria polmonare per il ventricolo destro e aorta per il ventricolo sinistro) con ulteriori valvole a nido di rondine che permettono anch'essi un flusso unicamente unidirezionale (impediscono che il sangue rifluisca nel ventricolo). Il sistema funziona in maniera semplice: il ventricolo destro, contraendosi, espelle il sangue venoso (cioè povero di ossigeno) contenuto al suo interno e lo sospinge nel polmone, dove viene ossigenato e diviene sangue arterioso; a questo punto si crea una depressione nel ventricolo destro che risucchia il sangue venoso che nel frattempo aveva riempito l'atrio destro, sinché non si ripete nuovamente il ciclo precedente; il ventricolo sinistro, invece, contraendosi e poi rilasciandosi crea una depressione che risucchia il sangue venoso depurato dal polmone e che si è depositato nell'atrio sinistro; ora, contraendosi di nuovo, determina la fuoriuscita del sangue arterioso che viene sospinto in tutte le parti del corpo attraverso la circolazione arteriosa. Le contrazioni del cuore vengono dette "sistole", il rilascio "diastole". Occorre precisare che Harvey, per quanto avesse individuato il meccanismo di circolazione del

sangue e concepito il cuore come una pompa, ignorava completamente la funzione dei polmoni ed il motivo per il quale il sangue venoso fosse sospinto dal ventricolo destro ai polmoni prima di rientrare nel ventricolo sinistro. Cartesio, pur ammettendo il sistema circolatorio come chiuso, intese l'azione del cuore non come quella di una pompa, ma come quella di un grande caminetto che fornisce il calore vitale al corpo². Il meccanismo della circolazione da lui delineato diventa perciò il seguente: il sangue giunge al ventricolo destro, dove, per il grande calore presente, va in ebollizione. Il sangue dilatato per l'ebollizione fa aprire la valvola a nido di rondine che ne consente il passaggio, in forma gassosa, al polmone, la cui funzione è di raffreddarlo e ricondurlo a forma liquida³; il sangue ora nuovamente liquido giunge al ventricolo sinistro dove si scalda di nuovo sino a giungere all'ebollizione: si apre così la valvola a nido di rondine che consente al sangue di raggiungere questa volta le varie parti del corpo, trasferendovi il calore necessario alla vita. Cartesio, a differenza di Harvey, cerca di motivare la presenza del polmone nel sistema. Il grande calore sviluppato dal cuore, per Cartesio, consentirebbe anche il distacco dal sangue di quelli che lui chiama "spiriti animali", i quali raggiungerebbero poi attraverso appositi condotti il cervello dal cuore (dall'aorta si ripartiscono varie arterie, tra cui alcune dirette al cervello, come la carotide). Sono questi spiriti che, percorrendo i nervi, metterebbero in comunicazione il cervello coi muscoli e la periferia.

Cito:

Ciò che infine vi è di più notevole in tutto questo è la generazione degli spiriti animali, che sono come un vento sottilissimo, o piuttosto come una fiamma purissima e vivissima che, sollevandosi continuamente in grande abbondanza dal cuore in direzione del cervello, da questo, attraverso i nervi, va a disporsi nei muscoli, mettendo così in movimento tutte le membra (Discorso sul metodo, Parte quinta)

Nella concezione cartesiana esistono perciò delle particelle piccolissime (gli spiriti animali) che riempiono i sottilissimi condotti che legano il cervello ad ogni organo; laddove sia esercitata da un organo una pressione su tali condotti (ad esempio poiché l'organo è premuto dall'esterno urtando un altro corpo), essi trasferiscono un impulso al cervello, che a sua volta ne trasferisce uno ai muscoli, determinando la loro contrazione o il loro rilasciamento. Tale meccanismo dà luogo ai movimenti riflessi (o involontari). A tali movimenti, si aggiungono però, nell'uomo, i movimenti volontari. Diciamo "nell'uomo" poiché il comportamento delle bestie, per Cartesio, è paragonabile a quello degli automi, che reagiscono in modo automatico a certi stimoli ambientali. La bestia cioè non agirebbe, come l'uomo, in quanto determinata da un atto di libero arbitrio (detto altrimenti: in quanto ha in sé il principio della propria azione), ma reagirebbe in modo meccanico e necessario a certe stimolazioni. Circa questo punto, si veda, ad esempio, *Discorso sul metodo*, Parte quinta:

² *Mi limitai a supporre che Dio formasse il corpo di un uomo del tutto simile a quello di ognuno di noi, sia per quanto riguarda la figura esteriore delle sue membra, sia per quanto riguarda la conformazione interna dei suoi organi, senza comporlo di altra materia diversa da quella da me descritta e senza mettere in esso, almeno all'inizio, alcuna anima razionale, nè alcun'altra cosa che gli servisse da anima vegetativa o sensitiva, ma supponendo soltanto che accendesse nel suo cuore uno di quei fuochi senza luce, da me già precedentemente spiegati e che concepivo della stessa natura di quello che scalda il fieno, quando lo si è rinchiuso prima che sia del tutto seccato, o che fa bollire il vino novello, quando lo si fa fermentare insieme ai raspi (Discorso sul metodo, Parte quinta).*

Più oltre, ancora, si legge:

[...] e che ancora si richiamasse la loro attenzione sul fatto che nel cuore c'è sempre più calore che in qualsiasi altra parte del corpo; e infine che tale calore è in grado, se qualche goccia di sangue entra nelle sue cavità, di farla gonfiare e dilatare subitaneamente, come di solito fanno tutti i liquidi quando li si fa cadere goccia a goccia in un recipiente caldo (Discorso sul metodo, Parte quinta).

³ *Da quanto ho detto si viene a conoscere che la vera funzione della respirazione è di far giungere ai polmoni abbastanza aria fresca, perchè il sangue, che proviene dalla cavità destra del cuore, dove è stato rarefatto e quasi trasformato in vapore, si condensi di nuovo e si trasformi in sangue prima di ritornare nella cavità sinistra; senza di che non potrebbe servire di nutrimento al fuoco che colà si trova (Discorso sul metodo, Parte quinta).*

Arrivato a questo punto, mi ero particolarmente soffermato a mostrare come, se vi fossero macchine siffatte [automi], che avessero gli organi e la figura di una scimmia o di un qualche altro animale privo di ragione, noi non avremmo alcun mezzo per riconoscere in che modo differisca la loro natura da quella degli animali, mentre, se ve ne fossero di quelle che somigliassero al nostro corpo e imitassero, quanto più è possibile, le nostre azioni, avremmo sempre due mezzi sicuri, per riconoscere che, comunque, non sarebbero dei veri uomini. Il primo è che non potrebbero mai servirsi di parole né di altri segni, componendoli, come noi facciamo, per manifestare agli altri i nostri pensieri [...]. Il secondo è che, se anche facessero molte cose altrettanto bene o forse anche meglio di tutti noi, tali macchine infallibilmente sbaglierebbero in altre, e si scoprirebbe così che esse non agiscono con cognizione di causa, ma solo grazie alla disposizione dei loro organi. Mentre infatti la ragione è uno strumento universale, che può servire in ogni genere di circostanze, tali organi invece hanno bisogno di una particolare disposizione per ciascuna azione particolare, così che è moralmente impossibile che in una macchina ce ne siano tante e così diverse da farla agire in tutti i casi della vita nello stesso modo che ci fa agire la nostra ragione. Con questi due mezzi possiamo inoltre conoscere la differenza che intercorre tra gli uomini e le bestie [...].

Rapporto anima-corpo e corpo-anima

Nell'uomo coesistono le due sostanze: in quanto anima è *res cogitans*, in quanto corpo è *res extensa*. Fra le due sostanze, per quanto eterogenee e distinte fra loro, deve sussistere una certa relazione peculiare: infatti ciò che accade al mio corpo è percepito dalla mia anima in modo netto e forte (così se il corpo è ferito, se ha freddo, se urta un altro corpo, etc.), a differenza di quanto accade in un altro corpo che non sia il mio; del pari la mia anima è in grado di esercitare sul mio corpo un'azione che non può esercitare su altri corpi (così se voglio alzare un braccio, questo si alza). Cartesio, non potendo negare tali evidenze, si trova a dover spiegare come l'anima (inestesa) possa subire l'azione del corpo (esteso) e, del pari, come possa su questo esercitare a sua volta un'azione. La soluzione è rinvenuta collocando in una certa parte del corpo umano (l'epifisi, allora detta ghiandola pineale) un'azione diretta dell'anima: l'anima, agendo su tale parte del corpo, agirebbe, *attraverso questa*, sul corpo tutto.

Ora, attraverso la ghiandola pineale, l'anima intercetta il movimento delle particelle che riempiono i nervi (dette spiriti animali) diretto verso il cervello, così come, sempre attraverso la ghiandola pineale, può agire su tale movimento, imprimendo agli spiriti un movimento contrario e di risposta indirizzato ai muscoli. Si noti, però: l'anima non può trasferire agli spiriti animali una quantità di moto che essi già non posseggano: può soltanto alterare la direzione del loro moto. Si ricordi, infatti, che la quantità complessiva di moto impressa alla materia da Dio all'atto della creazione è, secondo Cartesio, costante.

L'azione degli spiriti animali sulla ghiandola pineale determina le **percezioni** dell'anima, le quali si dividono in **percezioni attribuite all'azione dei corpi esterni sul nostro corpo** (la percezione degli oggetti), **percezioni attribuite al nostro corpo** (avere fame, provare dolore, etc.), **percezioni attribuite alla nostra anima** (collera, gioia, paura, etc.). Si noti che per Cartesio anche le percezioni di collera, gioia, paura, etc., che normalmente attribuiamo all'anima, in verità non sono causate in noi dall'anima, ma dall'anima stessa subita a causa dell'azione degli spiriti animali. Riprova ne è il fatto che tali stati sfuggono totalmente al controllo della nostra volontà: la paura non può essere soppressa da un atto di volontà, così come non è prodotta da un atto di volontà. Le percezioni attribuite normalmente (volgarmente) all'anima, sono chiamate da Cartesio "passioni". Cartesio ne individua sei originarie, dalla cui unione si originano tutte le altre: ammirazione, amore, odio, desiderio, gioia e tristezza.

Ora, tranne la prima, le altre passioni si caratterizzano a seconda del fatto che gli oggetti che le generano ci possano giovare o nuocere: così ciò che giova è causa di amore, gioia, desiderio, ciò che nuoce è causa di tristezza e odio; ciò che giova attira verso di sé, ciò che nuoce allontana da sé.

L'anima non è, in ogni caso, il principio vitale del corpo, il quale, invece, è identificato nel cuore, il quale fornisce calore a tutto l'organismo e favorisce il distacco degli spiriti animali dal sangue⁴.

Morale cartesiana

Non è rinvenibile nei testi cartesiani una morale compiuta. Troviamo, tuttavia, nel *Discorso sul metodo* l'enunciazione di una morale provvisoria ("provvisoria" in quanto criterio di condotta in attesa di sciogliere il dubbio e trovare saldi principi su cui edificare una morale: infatti, la sospensione del giudizio in campo morale ci priverebbe altrimenti di ogni criterio per condurre le nostre azioni).

I principi di tale morale provvisoria sono tre:

- 1) attenersi a un prudente conformismo in fatto di opinioni politiche, religiose e di costumi;
- 2) perseverare nelle decisioni assunte, quali che esse siano;
- 3) esercitare l'auto-dominio in materia di desideri e rinunciare a voler cambiare il mondo.

Problemi posti dal dualismo cartesiano fra sostanza estesa e sostanza pensante

Ora, la principale difficoltà posta dal dualismo fra le due sostanze consiste nello spiegare l'azione reciproca di una sostanza estesa su una inestesa. In particolare si ci domandava come può l'anima causare un movimento nel corpo (per quanto proprio) o come può l'anima percepire le affezioni del corpo (per quanto proprio).

La soluzione cartesiana della ghiandola pineale fu sostituita da taluni cartesiani con una più sofisticata soluzione detta dell'*occasionalismo*. Tale soluzione non attribuiva direttamente all'anima un'azione sul corpo (come se dalla volontà di muovere una gamba seguisse direttamente il movimento della gamba) o al corpo sull'anima, bensì riteneva che la mia volontà di muovere una gamba, così come, ad esempio, il contatto del mio corpo con un altro corpo, fossero *occasione* per il manifestarsi dell'intervento divino: era l'intervento divino, ossia Dio stesso, la causa efficiente del movimento della mia gamba o della mia percezione, essendo la mia volontà di muoverla o il contatto una semplice occasione perché Dio ponesse in atto la sua azione.

Più in generale, l'occasionalismo riteneva che Dio fosse direttamente causa di ogni effetto, non soltanto dell'azione dell'anima sul corpo e del corpo sull'anima, ma anche dell'azione dei corpi fra loro (come quando, a seguito di un urto, parte del movimento dell'uno si trasmette anche all'altro).

Ora, tale soluzione non faceva altro che spostare il problema: infatti, anche Dio è sostanza incorporea (spirituale), dunque anch'egli come può agire sul corpo (ossia su una sostanza estesa)? L'intervento diretto divino consente di aggirare il problema dell'azione di una sostanza incorporea su una corporea (dell'anima sul corpo), ma lo stesso problema viene così trasportato sull'azione della sostanza divina stessa (incorporea).

Non ci soffermeremo oltre su tali sottigliezza, basti aver posto in rilievo quali furono gli aspetti problematici lasciati ai posteri dalla dottrina cartesiana delle due sostanze.

⁴ In questo modo eviteremo un errore di non poco conto in cui molti sono caduti, tanto che ritengo che sia la causa principale che fin qui ha impedito a spiegare correttamente le passioni e le altre cose che appartengono all'anima. Tale errore consiste nel fatto che, vedendo che tutti i corpi morti sono privi di calore e di conseguenza di movimento, ci si è immaginati che fosse l'assenza dell'anima ad aver fatto cessare quei movimenti e quel calore. E così si è creduto senza ragione che il nostro calore naturale e tutti i movimenti del nostro corpo dipendano dall'anima, mentre si sarebbe dovuto pensare al contrario che l'anima si allontana, allorché si muore, per nient'altro che per il cessare del calore e per il corrompersi degli organi che servono a muovere il corpo (*Le passioni dell'anima*, articolo 5).

Più oltre, all'articolo 6, si legge:

Affinché dunque si eviti tale errore, consideriamo che la morte non sopraggiunge mai per colpa dell'anima, ma solamente perché qualcuna delle parti principali del corpo si corrompe; e giudichiamo che il corpo di un uomo vivente differisce da quello di un uomo morto quanto un orologio, o un altro automa (ossia un'altra macchina che si muove da sé), quando è montato e ha in sé il principio fisico dei movimenti per i quali è stato costruito, con tutto ciò che è richiesto per la sua azione, differisce dal medesimo orologio o da un'altra macchina, quando è rotto e il principio del suo movimento cessa di agire.