

Collegio universitario "Alma Mater"

Associazione "Nova Atlantis"

Bologna, 23 aprile 2002

VIAGGI INTERSTELLARI: FANTASIA O REALTA`?

-) Introduzione.

I viaggi spaziali rappresentano per gli uomini del nostro tempo quello che per i medievali erano i viaggi in oriente o per l'ottocento i viaggi degli esploratori equatoriali o polari: magnifiche avventure (da godersi stando a casa, perché la realtà era a volte piuttosto drammatica) che esaltano quello che con un'efficace frase moderna chiamiamo "immaginario collettivo".

La mia generazione fu affascinata dalla prima astronautica: il primo satellite artificiale (1957), il primo uomo nello spazio (1961), il primo uomo sulla Luna (1969), fino all'ultima missione lunare (1972): quindici anni in tutto! A me sembra strano che i giovani di oggi debbano guardare alla conquista della Luna come ad una cosa avvenuta e per ora terminata prima della loro nascita. Questo stupore non è forse solo per il ricordo di un grande avvenimento della mia giovinezza, ma è perché effettivamente il giungere su un altro corpo celeste è stata una grande conquista dell'uomo, che però è rimasta confinata nel passato: fino ad ora non era mai avvenuto che una grande conquista scientifica non avesse una continuità, ma che invece terminasse in pochi anni. E' comprensibile, dati i costi umani e finanziari, ma lascia insoddisfatti.

Dove si andrà a finire? Il "salto" del '69 fu un passo per l'intera umanità, come disse Armstrong, il primo uomo a scendere sulla Luna, con una frase certo ben studiata(1), oppure fu solo la prima di una serie di esplorazioni destinate a rimanere confinate nel solo mondo scientifico?

Dove si potranno spingere gli uomini del futuro? E, domanda speculare a questa, se esistono altri esseri intelligenti al di fuori della Terra, questi possono giungere tra noi? O sono già arrivati? Ci sono alcuni infatti che lo sostengono... Bisogna allora rispondere ad una serie di domande.

i) Come si possono giudicare i fenomeni che alcuni classificano come prodotti da veicoli extraterrestri, i cosiddetti "U.F.O." ("Unidentified Flying Objects": "Oggetti Volanti Non Identificati")?

ii) C'è vita al di fuori della Terra? Che cosa dicono le nostre ipotesi? E sono ipotesi fondate validamente o sono solo tentativi di indovinare?

iii) E' possibile viaggiare verso le stelle?

iv) Quanto sono validi i giudizi della scienza e qual è il valore della conoscenza scientifica?

I due punti finali dovrebbero essere l'oggetto principale di questa riflessione: bisognerebbe sempre parlare solo di quello che si conosce direttamente, e vorrei parlare più da fisico che da giornalista. Dovrei quindi limitarmi a questi due soli temi, ma è necessario affrontare anche i primi due, poiché molti ne hanno parlato rilasciando affermazioni che sono tanto più decise quanto meno sono suffragate da prove.

I) Abbiamo o non abbiamo già ricevuto visitatori extraterrestri?

Quando qualcuno suscita l'immaginazione popolare, lamentandosi di essere vittima di un complotto montato per tenere nascosta una verità troppo scottante, ha quasi sempre partita vinta presso il grande giro dell'opinione pubblica, e questo sembra che succeda in modo particolare per questo problema. Non c'è smentita che tenga, se chi ascolta crede già che chi lo informa è in malafede. Anzi, tanto più la smentita è autorevole, tanto più si rafforza l'idea del complotto!

Così succede per esempio le piramidi egizie, che qualcuno vorrebbe edificate da civiltà extraterrestri in epoche molto anteriori a quella vera, circa 26 secoli a.C. Ricordo ancora lo stupore del direttore di quell'area archeologica quando durante un'intervista faceva notare che abbiamo ancora attorno alle piramidi i resti dei villaggi degli operai che le hanno costruite. Lui però, vivendo al di fuori della nostra disincantata civilizzazione che ha bisogno di miti, non conosceva le leggi dell'"audience"!

Nelle segnalazioni dei cosiddetti "U.F.O.", ci sono molte mistificazioni, anche clamorose, le testimonianze sono poche e quasi nella totalità di persone non esperte, e manca ogni rilevamento da parte degli strumenti scientifici che tengono sotto controllo la Terra. Sarebbe un comportamento strano per questi "alieni" riuscire a nascondersi agli scienziati e farsisorprendere da persone comuni!

Un libro molto interessante a questo proposito è "Incontri ravvicinati?", a cura di di Massimiliano Teso(2). Vengono esaminati molti "incontri ravvicinati" e se ne trova sempre una spiegazione razionale, o come fenomeno fisico (naturale o artificiale) perfettamente spiegabile o come una mistificazione(3). Ma si può spiegare la realtà a chi si è lasciato sedurre dalla mitologia?

Uno dei casi più famosi è senza dubbio quello di Roswell, nel New Mexico, dove nel 1947 sarebbe precipitato un "U.F.O." (4). Le spiegazioni più che razionali che sono state date (erano palloni atmosferici e il tempo della guerra fredda fece montare il caso) non valgono di fronte all'ostinata volontà di credere del grande pubblico, alle spalle del quale si tentano falsificazioni clamorose.

Qualche anno (1995-96) fa si parlò molto dell'autopsia segreta dei corpi degli alieni periti in tale incidente. Ne sarebbe stato tratto un filmato, ovviamente occultato dalle autorità, che sarebbe stato poi ritrovato in modo avventuroso e presentato con aria di mistero al pubblico dietro cospicuo pagamento: non dimentichiamo mai l'aspetto finanziario...

Sembrava un colpo sensazionale, mentre era un falso deliberato o un cascame di un qualche film. Se ne accorse subito Pierluigi Baima Bollone, professore di Medicina Legale nell'Università di Torino, che rilevò come quella che sarebbe stata la più grande autopsia della storia veniva eseguita con attrezzi più simili ai coltelli da cucina che ai bisturi a disposizione nel 1947 e con troppa superficialità nella metodologia del lavoro: poteva andar bene per una sala cinematografica di basso livello, ma non per degli esperti.

Dissero anche che nessun pupazzo poteva essere perfetto come quei corpi che si vedevano. Rambaldi, il costruttore cinematografico di King Kong e di E.T., dimostrò che invece erano pupazzi fatti male: lui avrebbe saputo fare molto meglio. Per esempio la posizione dei corpi era innaturale per un corpo disteso: sembra proprio che sia stato utilizzato il modello di un corpo posto in posizione eretta, ed i grandi bulbi oculari si sarebbero intersecati subito

sotto il cranio.

Senza parlare del fatto che i presunti alieni assomigliavano troppo agli esseri umani (come è possibile che la vita abbia seguito quasi gli stessi itinerari su mondi diversi?) pur differendone in modo fantasioso: sei dita, occhi bianchi ricoperti da una pellicola nera... Sono più verosimili come alieni gli strani esseri che popolano il bar del porto spaziale nel primo "Guerre stellari"!

Ma il colpo di grazia fu quando dopo un po' fu notato che nel filmato si vedeva un orologio al quarzo: i primi orologi di questo tipo furono prodotti solo nel 1959, dodici anni dopo la presunta autopsia del 1947. In questo tipo di film è difficile non commettere errori grossolani!

Un caso dei primi anni novanta è stato invece affrontato e risolto in modo corretto proprio perché i rilevamenti erano stati fatti bene e da persone competenti. Aerei militari belgi fotografarono quello che sembrava proprio un'astronave aliena, ma ad un esame attento, eseguito con le tecnologie di risoluzione di immagine derivanti dall'esplorazione spaziale, si è potuto verificare che era una tririfrazione di Giove nell'atmosfera terrestre, cioè un banale miraggio, anche se un po' più complicato di quelli soliti (5).

Le "testimonianze" di incontri sembrano poi molto poco qualificate. Tra mitomani suggestionati dai film di fantascienza, persone in cerca di notorietà, truffatori che fanno pagare il biglietto ad alcuni sprovveduti malcapitati promettendo loro un viaggio sulle astronavi aliene ed altra "fauna" del genere è un panorama sconsolante: ogni volta che è stato possibile esaminare scientificamente qualcosa, si è smontato tutto. L'unione di credulità, autosuggestione, forzatura dei risultati e, purtroppo, anche di malafede, ha portato a risultati totalmente fuori dalla realtà.

II) Siamo soli nell'universo?

Per quello che possiamo dire in modo corretto, per ora non è arrivato nessuno a visitarci. Ma c'è qualcun altro o siamo soli? L'immensità dell'universo ci sembra troppo dispendiosa per un piccolo pianeta di una stella del tutto normale come il nostro Sole, e quindi saremmo quasi naturalmente portati a dire che c'è altra vita al di fuori di noi. Ma bisogna stare attenti a fare previsioni. La scienza ci deve rendere cauti.

L'uomo di scienza(6) è sempre scettico per quanto riguarda i fenomeni fisici: fino a che non sono provati al di là di ogni ragionevole dubbio, sono solamente pure ipotesi alle quali non è lecito affezionarsi. Deve essere certamente aperto verso ogni novità, ma la sua metodologia lo rende molto cauto ad avallare le conclusioni, e deve essere come conquistato a forza da un risultato innegabile: l'onere della prova è tutto di chi propone le cose nuove.

Può essere istruttivo ricordare che anche nella fisica stessa, la più severa delle discipline scientifiche, vi sono stati casi di uomini ragguardevoli che hanno voluto vedere un fenomeno fisico in cui credevano già, e ci sono a loro dire riusciti, salvo il fatto che il fenomeno non c'era proprio! (7)

Se sull'esistenza di altra vita nell'universo non abbiamo dati sperimentali, possiamo sempre tentare di metterci lungo la china estremamente scivolosa della previsione probabilistica. Sono state tentate delle previsioni cercando di stabilire quante possono essere le stelle con un sistema solare abitabile e quale è la probabilità che si possa formare la vita, e vita intelligente.

Stimare, pure nell'incertezza, quante sono le stelle con un sistema che potrebbe essere abitabile può forse dare dei risultati sensati. In questi ultimi anni si è cominciato ad avere evidenza sperimentale sull'esistenza di altri sistemi solari, pure se per ora i pianeti che sembrano presentarsi sono sconcertatamente diversi dalla Terra. Ma questo non è un ostacolo gravissimo: ce ne sono tante di stelle, anche se poi forse non ce ne sono tantissime con un sistema abitabile. Recentemente(8) è stata avanzata l'ipotesi che potrebbe esserci un solo sistema abitabile per galassia. Ma anche così non sarebbe poco. Quello che è difficilissimo stimare è la possibilità di formazione della vita.

La vita, ed in modo particolare quella intelligente, dipende in modo estremamente sensibile da particolari condizioni iniziali, come l'enormità dell'universo per permettere alle stelle di accendersi (in un universo più piccolo le stelle non si sarebbero formate come sono ora) o come il valore delle piccolissime costanti atomiche per permettere agli atomi di legarsi in modo da fare scaturire la vita. Oppure, se la molecola di acqua non fosse così "gobba", l'acqua gelando diminuirebbe di volume, come fanno quasi tutti i liquidi quando si solidificano, e quindi gli oceani si riempirebbero di ghiacci profondi che gelerebbero per sempre tutta la Terra.

Questo però vale in tutto l'universo. Ma se guardiamo la nostra Terra, anche qui la vita intelligente è il risultato di condizioni piuttosto difficili da avverare. Basta per esempio una piccolissima variazione non solo della distanza media dal Sole, ma anche dell'eccentricità(9) dell'orbita attorno al Sole per rendere il nostro pianeta un "forno spaziale", come è Venere, od un oceano ghiacciato, come è Europa, il secondo satellite gioviano(10): sembra proprio che piccolissime variazioni dell'eccentricità dell'orbita siano state la causa delle grandi glaciazioni sulla Terra(11).

La presenza della Luna, dovuta forse ad uno spaventoso impatto avvenuto quando la Terra era ancora in formazione, dota la Terra del satellite più grande del sistema solare rispetto al proprio pianeta(12). La Luna non solo assicura il flusso benefico delle maree, che potrebbero essere state importanti per lo sviluppo della vita nei bassi fondali oceanici, ma assicura anche la stabilità nel lungo periodo della rotazione dell'asse terrestre e quindi del clima, cosa essenziale per la comparsa della vita.

Come poi sia sorta la vita sulla Terra è difficile dirlo. L'ipotesi sempre più valida è quella che la fa iniziare nei mari primordiali. Quanto alle comete, possono certo essersi formati nello spazio dei composti di chimica organica, ma talmente semplici che il passaggio alla vita è ben altro problema. Il dibattito sui cosiddetti batteri "estremofili", che cioè vivono in condizioni estreme come le sorgenti calde oceaniche, è aperto: sono forme indipendenti o sono invece forme usuali che si sono adattate a condizioni estreme? La parola alla biologia. In ogni caso, sembra proprio che la complessità della vita possa essere formata solo dalle lunghe catene che solo il carbonio è in grado di fare. Altre ipotesi, come quella del bel romanzo "La nuvola nera" di Fred Holye(13), appartengono alla sola fantascienza.

La vita intelligente è ancora più preziosa e rara. La vita sulla Terra, l'unica vita che conosciamo, aveva preso la strada sbagliata, privilegiando i grandi rettili, che non potevano evolvere verso l'intelligenza superiore. Se circa 65 milioni di anni fa non fosse successo qualcosa, sembra proprio un asteroide discretamente grosso che centrò il Golfo del Messico sulle coste dello Yucatan, non sarebbe venuta la distruzione del mondo dei rettili e non sarebbe sorta l'era dei mammiferi, che hanno potenzialità cerebrali ben maggiori. Se poi non si fosse prodotta la grande faglia del Rift, quella che parte dalla Valle del Giordano e del Mar Morto e finisce nei grandi laghi dell'Africa centro orientale e che un giorno staccherà l'Africa orientale dal continente, come già è avvenuto per il Madagascar, non si sarebbe prodotto in Africa orientale il sollevamento che cambiandone il clima ha provocato la deforestazione delle foreste a favore delle savane, e quindi la comparsa dei primi ominidi, che trovarono conveniente scendere dagli alberi ancestrali: i

fossili umanoidi si trovano infatti tutti solo ad oriente del Rift.

Quante cose sono dunque accadute per permettere la vita e la vita intelligente! Ogni previsione è certamente incapace per ora (e forse per sempre) di dare una stima attendibile sulla possibilità della vita e della vita intelligente, e la previsione statistica perde validità a causa della grande incertezza su questo valore.

La teoria delle probabilità funziona quando i valori sono noti con una precisione sufficiente: il numero dei casi favorevoli deve essere circa il numero dei casi tentati moltiplicato la probabilità che i casi cercati avvengano. Per esempio, la probabilità che esca un dato numero con il lancio di un dado è un sesto, e quindi se si fanno sei milioni di tentativi si deve ottenere quel numero circa un milione di volte: $6\ 000\ 000 \text{ times } 1/6 = 1\ 000\ 000$ (14), altrimenti si può ragionevolmente pensare che il dado sia truccato. Il ragionamento è corretto perché $1/6$ ed un milione sono numeri noti con precisione.

Se invece il numero dei casi favorevoli è grandissimo e quello della loro probabilità è piccolissimo e l'incertezza su questi due numeri è molto alta, non è possibile fare previsioni ragionevoli. Se infatti la probabilità è 10^{-k} ed i casi sono 10^{+n} , dove k ed n sono numeri grandi, e c'è un'incertezza grandissima sulla cifra degli esponenti, non si può affermare che i risultati aspettati sono 10^{+n-k} : ogni previsione è priva di senso per la grandezza dell'incertezza sugli esponenti che fa variare di moltissimo i valori proposti.

Ogni risultato è possibile, sia che altrove ci sia vita intelligente, sia che la vita intelligente possa essere un fenomeno forse unico. Ci si potrebbe stupire anche che la vita intelligente ci sia, ma in questo caso noi siamo la prova sperimentale che c'è!

Dobbiamo quindi restare in silenzio di fronte alla domanda se c'è altra vita intelligente. Chiunque osi per ora (e forse per sempre) dare una risposta, non obbedisce alle regole ferree della metodologia scientifica. Possiamo solo dire che se c'è vita, e vita intelligente, è difficile che sia proprio dietro l'angolo!

Quanto poi ai programmi di ricerca di civiltà aliene tramite trasmissioni radio verso lo spazio restando in attesa di risposte, gli eventuali collegamenti sarebbero talmente fortuiti e così altamente improbabili e, dopo tutto, lentissimi che danno ben poche speranze di successo. Dove puntare i nostri "fari" o le nostre antenne? E su quali lunghezze d'onda? E quanto tempo può passare da una domanda ad una risposta? Non dimentichiamoci che anche alla velocità della luce (15) anni e anni per un viaggio di andata e ritorno. Facciamoli pure questi esperimenti, se non tolgono risorse ad altri esperimenti ben più rilevanti, ma non aspettiamoci troppo. Riguardo infine a presunte risposte, si deve fare attenzione agli scherzi goliardici di cui si può essere vittime: il libro di M.Teso insegna! Più che cerchi sui campi di grano, mi aspetterei, per esempio, la trasmissione radio dei numeri primi, che sono identici per ogni forma di civiltà. Ma sembra che ci sia un silenzio totale dallo spazio, a parte i fenomeni naturali che sono oggetto dell'indagine scientifica ordinaria.

III) E` possibile viaggiare verso le stelle?

Ma possiamo viaggiare verso le stelle?

La Teoria della Relatività afferma che la velocità della luce è la massima dell'universo e che per un corpo dotato di massa è impossibile accelerare fino

a tale velocità, anzi è quasi impossibile avvicinarsi, a meno che non abbia la massa di una particella subatomica.

La velocità della luce, quasi 300 mila chilometri al secondo, poco più di un secondo per arrivare sulla Luna e poco più di otto minuti per arrivare al Sole, è ragguardevole per le distanze terrestri, ma è invece piccola per le dimensioni dell'universo: se la luce impiega circa quattro ore per arrivare a Nettuno, impiega però circa quattro anni per la stella più vicina, e ben di più per le altre stelle. Come ben noto la luce delle stelle giunge sulla Terra dopo molti anni.

La Teoria della Relatività vieta praticamente ogni viaggio interstellare compiuto da astronavi con equipaggi viventi, perché i tempi di viaggio sarebbero enormi. Un'astronave pure velocissima non potrebbe viaggiare che ad una piccola frazione della velocità della luce. Le astronavi che possono o potranno viaggiare nel sistema solare sono già lente per i pianeti, dove sono ipotizzabili viaggi di anni, ma per i viaggi verso le stelle sono lentissime. Per esempio, viaggiando all'impensabile velocità di 100 km/s sarebbero necessari circa 400 ore, un po' meno di tre settimane, per arrivare su Nettuno, ma ben diecimila anni, cento secoli, per giungere su Proxima Centauri, la stella più vicina e che non è una stella molto interessante. E non è semplice pensare a motori anche del futuro che possano viaggiare a tale velocità per tanto tempo.

Qualcosa di meglio potrebbero fare le sonde automatiche, ma quanto bisognerebbe aspettare per avere qualche risultato? Viaggiando alla fantastica velocità di un centesimo della velocità della luce (circa 100 secondi per arrivare sulla Luna: meno di due minuti!) ci vorrebbero circa 400 anni per arrivare alla stella più vicina, e 400 per ritornare, e come al solito molti di più per le altre stelle. Di nuovo, oltre alla pazienza necessaria per aspettare, ci saranno sempre anche in futuro problemi di affidabilità dei motori per un tempo così lungo.

Ma quali possono essere le astronavi più veloci? Il "motore" più redditizio, e per ora assolutamente impensabile tecnicamente, si otterrebbe convertendo totalmente massa in energia, cosa che si può ottenere facendo annichilare materia ed antimateria. L'antimateria è materia identica a quella usuale, ma con tutti i numeri quantici opposti: quando materia ed antimateria si toccano, i numeri quantici si sommano e diventano quindi tutti zero, si ha cioè un lampo di luce. Se questa luce viene raccolta da specchi e viene riflessa tutta indietro, si ha il razzo migliore immaginabile. Naturalmente i dettagli della costruzione, cioè il reperimento di grandi quantità di antimateria, il reattore, gli specchi (enormi ed estremamente refrattari ad una potenza pari ad una frazione significativa di quella del Sole) e tutto il resto sono lasciati alla parte ingegneristica del progetto!

Il problema più grave, al di là di quelli quasi insormontabili lasciati alla parte ingegneristica del progetto, è dato dal fatto che nello spazio bisogna portarsi tutto dietro. E' tutta una questione di pieno "benzina"! Quando viaggiamo in automobile, non ci preoccupiamo della massa della benzina, che è sempre poca rispetto a quella del veicolo(16); ma per i razzi è il problema più grave, e sarebbe così anche per questa ipoteticissima astronave a materia-antimateria. Per avere tempi accettabili di viaggio si dovrebbe "bruciare" una quantità inverosimile di "carburante" che servirebbe quasi solo a portare in giro se stesso.

La strada è dunque chiusa dall'invalicabilità e dalla inavvicinabilità della velocità della luce(17). Una nuova fisica quasi certamente non scardinerà questo risultato, almeno per i corpi macroscopici come siamo noi e gli ipotetici alieni, se ci sono da qualche parte nell'universo, più avanzati di noi.

La scienza afferma quindi che i viaggi interstellari sono praticamente proibiti per tutti, ed ha l'orgoglio di dire che sono limiti invalicabili per sempre. Non sembra quindi verosimile viaggiare verso le stelle, né oggi né mai, né per noi, né per gli altri.

IV) Validità del giudizio scientifico.

Questo atteggiamento della scienza, duro e quasi senza appello, può sembrare urtante. Può sembrare addirittura antiscientifico, perché sembra chiuso al nuovo: non è successo troppe volte che il mondo accademico abbia misconosciuto la realtà? L'«eppur si muove», che Galileo probabilmente non ha mai pronunciato, non rimane comunque a monito di chi è troppo sicuro di se stesso?!

Sarebbe proprio la scienza, che ci ha insegnato l'umiltà, la prudenza nella valutazione di noi stessi e la disponibilità ad accogliere il nuovo, quella che ci farebbe dimenticare l'umiltà e vestire l'orgoglio di chi si arrocca su posizioni preconcepite?

La realtà è più grande della nostra conoscenza? O, meglio, quanto è più grande della nostra conoscenza? «Vi sono più cose in cielo e in terra, Orazio, di quante se ne sognano nella vostra filosofia (18)», ci ammoniva Shakespeare, ma sono passati quattro secoli. La scienza muoveva allora i primi passi, ora il quadro è molto cambiato.

In questione qui è il fondamento ed il valore della conoscenza scientifica. La chiave sta nel comprendere perché la scienza afferma che una nuova fisica, se ci sarà, non scardinerà i risultati raggiunti, ma potrà affinare i risultati per casi estremi e particolari che non riguardano il mondo macroscopico che abbiamo già indagato.

Abbiamo spesso una fiducia illimitata nella scienza, molto maggiore di quella che hanno gli uomini di scienza stessi, che conoscono l'estrema complessità dei problemi: se per esempio comprendiamo ormai le regole fondamentali del mondo atomico e sub-atomico, appena le strutture diventano più complesse ci troviamo nella necessità di procedere ad approssimazioni che rendono sempre più difficile la conoscenza piena del sistema studiato e della sua evoluzione (19). Quando poi vogliamo passare al mondo biologico, se da una parte sappiamo lavorare (forse anche troppo) con la genetica, dobbiamo però forzatamente limitarci ad assemblare "mattoni" (i geni) la cui conoscenza completa è impossibile, a causa del grandissimo numero di atomi di cui sono composti.

Una delle vecchie massime diceva che "la scienza è una dotta ignoranza che conosce sé medesima": la scienza educa infatti all'umiltà delimitando con rigore i propri limiti, ma all'interno di essi pretende di potere accedere al vero, almeno per quello che riguarda i fondamenti. L'incertezza è invece ancora grande per i sistemi complessi, quali quelli biologici, che appena oggi cominciano ad essere conosciuti.

In modo del tutto contrastante siamo però anche talmente scettici che riteniamo che la scienza - ed ogni giudizio umano - sia sempre così debole da non potere dare nessuna risposta conclusiva, e molte volte non riconosciamo validi i giudizi dati dalla scienza ufficiale quando contrastano con le nostre convinzioni.

Se ci pensiamo bene, questo è ritenere che la scienza non abbia un "accesso al vero", è cioè ritenere che la scienza possa solo dare una rappresentazione del mondo che può essere utile, dopo tutto, solo per il progresso tecnico, senza però che questa rappresentazione possa giungere alla verità, che resta inaccessibile all'indagine umana, soprattutto se scientifica. Qualche chance

in più - a volte, ma solo a volte - viene forse data da alcuni umanisti alla filosofia(20).

Anche oggi questa valutazione è piuttosto diffusa nel mondo umanistico, forse a causa della separazione tra questo ed il mondo scientifico, conseguenza, più che delle vicende storiche, della necessità di leggere la scienza con forme matematiche, e quindi non immediatamente comprensibili a chi non se ne occupa a tempo pieno. Sono sempre troppi coloro, soprattutto tra gli umanisti, che riconoscono grande valore alla matematica ed alla fisica, ma confidano, con una punta di malcelato orgoglio, di non capirci nulla! Non è il sistema migliore per conoscere il mondo...

Non dobbiamo vergognarci di parlare di accesso al vero. La differenza vichiana (21) tra "certo" e "vero" è preziosa per capire il rapporto tra scienza e verità.

L'oggetto dell'indagine scientifica è lo studio dei dati sperimentali, la scienza si occupa di conoscere la realtà che è davanti ai nostri sensi (Kant direbbe il "fenomeno").

La verità, l'essenza metafisica se si vuole, resta difficile e forse anche impossibile per l'uomo: l'uomo di fede può dire che è nota a Dio, e forse solo a lui. Ma la conoscenza dell'uomo giunge effettivamente alla certezza dei risultati che ottiene, certezza che è solo una parte della verità, ma ne fa veramente parte, e quindi non può venire distrutta da un'indagine successiva.

La parola "verità", o più semplicemente la parola "certezza", fa ormai paura nel mondo di oggi frastornato da tante disillusioni, e la moda è quella di consolare la nostra insicurezza con la negazione della verità. Il «che cos'è la verità? (Gv 18,38)» di Pilato di fronte a Cristo può essere il "manifesto ideologico" del tempo odierno. I teologi hanno però sempre notato che Pilato non si fermò ad attendere la risposta...

Qual è stato il percorso della scienza e come è giunta a ritenere di potere giungere a delle certezze, anche se la verità nella sua completezza le sfuggirà sempre?

La scienza sorse storicamente quattro secoli fa all'inizio del Seicento. Così almeno in prima approssimazione. In passato gli antichi (salvo poche eccezioni) facevano solo osservazioni esterne al fenomeno e cercavano di inquadrare la natura in considerazioni generali prive di vero fondamento(22).

La scienza per la prima volta propose un accesso al vero in modo reale e quantitativo attraverso il metodo sperimentale codificato mediante la matematica, mentre quello filosofico precedente era solo un approccio qualitativo, pur se profondo, e limitato comunque alle tematiche del pensiero senza potere leggere il mondo della natura.

Il metodo sperimentale nacque al tempo di Galileo (1564-1642), e molto per l'opera di Galileo stesso per quanto riguarda in particolare la fisica, che con Galileo fu la prima a sorgere come indagine scientifica vera e propria e non solo come osservazione e catalogazione. Tale metodo consiste nell'interrogare con esperimenti la natura variando le condizioni in cui avviene un fenomeno per vedere come variano i risultati(23), nel formulare poi teorie che forniscono una descrizione quantitativa e matematica, almeno per la fisica(24), e nel confrontarne quindi le previsioni con i risultati sperimentali da spiegare. Ciò è ovvio oggi, ma come non lo era al sorgere della scienza: uno dei rimproveri fatti a Galileo dai suoi contemporanei era proprio che egli non si limitava all'osservazione, ma che con i suoi esperimenti "forzava" la natura e ne dava quindi una descrizione alterata

(25) .

La conoscenza della natura divenne così reale, e distrusse la pseudoscienza precedente scardinandone i fondamenti, pur se i ponti romani e le torri medievali testimoniano la grandezza di quella che era però solo tecnica, e che quindi non portava alla comprensione delle leggi della natura, ma solo alla loro utilizzazione pratica per i casi più semplici.

Con la nascita del metodo sperimentale divenne finalmente possibile costruire sui risultati precedenti, anche quando si presentarono problemi quasi rivoluzionari, come all'inizio del Novecento quando lo studio dell'elettromagnetismo e della Fisica microscopica innescarono la Teoria della Relatività (corpi con velocità prossime a quelle della luce) e la Meccanica Quantistica (corpi delle dimensioni atomiche).

La nuova Fisica del Novecento, quando allargò i confini della conoscenza, non distrusse la Fisica Classica, quella di Galileo e di Newton, perché questa era vera scienza. Alle condizioni estreme delle velocità vicine a quella della luce o dei corpi di dimensione atomica avvengono fenomeni che possono essere spiegati solo con le nuove teorie; ma per il mondo quotidiano la Fisica Classica fa previsioni praticamente esatte, e la Relatività e la Meccanica Quantistica danno risultati che differiscono per quantità che sono ben più piccole di ogni errore (o meglio incertezza) sperimentale del mondo macroscopico.

Analogamente, se un giorno vi saranno correzioni alla Fisica odierna, possiamo ragionevolmente supporre che riguarderanno ambienti estremi, come il mondo delle particelle elementari o degli eventuali buchi neri, nei quali gli stessi nuclei atomici verrebbero disgregati; ma senza scardinare più la scienza precedente, poiché quello che la scienza ha compreso del mondo non è solo un'ipotesi che può essere rovesciata dalle fondamenta, ma è un reale accesso al vero. E' questa la ragione per cui il progresso scientifico diventa sempre più rapido: di volta in volta si costruisce senza dovere ritornare indietro e ricominciare sempre da capo.

Una delle rubriche più gustose di molte riviste di divulgazione scientifica è la raccolta delle previsioni risultate poi clamorosamente errate. Per esempio, ancora all'inizio degli anni '50 c'era chi sosteneva che non sarebbe stato possibile mettere in orbita dei satelliti. Ogni previsione ha intrinsecamente dei margini di incertezza, e le previsioni sulla tecnologia sono di per sé molto insicure, poiché i miglioramenti sono continui: per restare nel campo delle esplorazioni spaziali, i viaggi con equipaggio umano verso i pianeti esterni a Marte non sono alla portata della tecnologia di oggi e neppure del prossimo futuro, ma non sono impossibili, ed una tecnologia di un futuro più lontano potrebbe conseguirli. Del tutto diverso è invece il caso delle previsioni fondate sui principi fisici primi, sulla conoscenza dei quali oggi ci si può impegnare molto ragionevolmente anche sul futuro. I limiti imposti dalle leggi della fisica sono ben più fondati di quelli imposti dalla tecnologia, perché la scienza, pure non potendo raggiungere per la sua stessa metodologia la completezza della verità, è giunta ad una grande certezza sui semplici(26) risultati già ottenuti.

La certezza, cioè la parte ormai praticamente inconfutabile della verità, è stata infatti raggiunta dall'analisi dei dati sperimentali, dalla loro concatenazione logica, e, cosa importantissima, dalla previsione e dalla successiva verifica di nuovi fenomeni che non erano stati rilevati prima ma che erano stati previsti dalla teoria, come per esempio le onde elettromagnetiche, viste prima nelle equazioni di Maxwell e poi nella pratica.

Di fronte a questo c'è l'incertezza di dati non noti e non verificabili, in contrasto con quanto affermato dalla scienza, che nel pensiero comune soffre sempre però del ricordato dualismo di valutazione: fiducia illimitata nel

futuro e scetticismo sulla validità dei risultati già raggiunti. La scienza potrà dire quello che vuole, ma molti non le vorranno credere, forse perché è più bello credere nella fantasia!

Nel "Galileo" di Brecht (un falso storico ma una godibilissima pièce teatrale) gli pseudo-aristotelici si rifiutano di guardare nel telescopio perché nella loro fisica non c'è posto per i satelliti di Giove. In verità non è andato proprio così: solo Galileo, genio qual era, era in grado di capire qualcosa guardando nei telescopi dell'epoca. Prendendo però il racconto di Brecht come un'allegoria, chi è che si rifiuta di guardare nel telescopio e non accetta i risultati degli esperimenti? E chi ricopre il ruolo di Galileo, che invece guarda sul serio nel telescopio, accettando in pienezza il giudizio degli esperimenti?

Sandro Turrini

Appendice 1: Due parole sulla Teoria della Relatività

Per potere affrontare scientificamente il problema della fattibilità dei viaggi interstellari, bisogna parlare un poco della Teoria della Relatività, parola che spaventa i "non addetti ai lavori" e che è stata interpretata dal "pubblico largo" in modo esattamente contrario al rigore dopo tutto deterministico che essa introduce.

Non è difficilissimo introdurre qualche concetto, pure in modo chiaramente insufficiente per ogni studioso del problema e forzatamente oscuro per chi non conosce la fisica moderna.

La difficoltà sta solo nel fatto che la Teoria della Relatività porta a conclusioni che debbono fare abbandonare alcuni concetti estremamente radicati in noi perché derivano dall'esperienza quotidiana, ma che non sono più validi quando si hanno corpi che hanno velocità comparabili con quelle della luce, che è di circa 300 mila chilometri al secondo, ovvero di circa 1,08 miliardi di chilometri all'ora(27).

La storia della Relatività inizia con Galileo, che osservò che è impossibile distinguere con fenomeni fisici tra due sistemi in moto rettilineo uniforme l'uno rispetto all'altro: i fenomeni fisici sono esattamente identici. Quando infatti siamo in treno e non ci sono né accelerazioni né curve né scossoni, se non guardiamo fuori possiamo pensare di essere fermi. Chi è che si muove? Il treno o la terra sotto? Diciamo istintivamente il treno, ma non abbiamo un metodo per discriminare: ogni esperimento fisico, come fare cadere una pallina, fare oscillare un pendolo, e così via, ci dà gli stessi risultati sul suolo o sul treno. Al contrario, se il treno muta la sua velocità accelerando, frenando o curvando ce ne accorgiamo subito, poiché ci sentiamo spostare all'indietro, in avanti o di lato. Ma se la velocità rimane uniforme e rettilinea non avvertiamo nulla. Se nulla ci può dire allora se siamo fermi o in moto, non ha senso chiedercelo: entrambe le ipotesi sono vere.

Questo si spiega con la seconda legge di Newton: le forze, che sono responsabili dei movimenti, sono proporzionali all'accelerazione, cioè alla variazione della velocità: $m \vec{F} = m \vec{a} = m (d \vec{v} / dt)$, dove la costante di proporzionalità m si chiama massa.

Nel 1866 furono scritte da Maxwell (1831-1879) le equazioni dell'elettromagnetismo, e ci si accorse che nel quadro delle leggi conosciute allora esse avrebbero potuto discriminare tra sistemi in moto rettilineo uniforme l'uno rispetto all'altro, poiché non contengono solo le accelerazioni, come le leggi di Newton, ma anche la velocità della luce (28).

Furono tentati vari esperimenti per verificare se era vero che si poteva distinguere tra sistemi in moto rettilineo uniforme tra loro, ma fallirono tutti(29). Nel 1905 Albert Einstein (1879-1955) comprese che il principio di Relatività era valido anche per i fenomeni elettromagnetici, e quindi tutti gli esperimenti tentati per determinare tra due sistemi in moto rettilineo uniforme quale fosse quello in moto erano ovviamente destinati a fallire. Da qui il nome di "Teoria della Relatività": significa che il principio di Relatività scoperto da Galileo è valido sempre.

Da questo viene il termine "Relatività". Ogni sistema di riferimento in moto rettilineo uniforme è equivalente perché ogni fenomeno fisico può essere descritto correttamente ed identicamente in quel sistema, e quindi non si può stabilire chi sia fermo e chi sia in moto: ogni punto di vista è esatto. "Tutto è relativo", la famigerata frase che tutti dicono a questo proposito, non indica che c'è un sostanziale arbitrio di giudizio, indica solo che le descrizioni di tutti i sistemi in modo rettilineo uniforme l'uno rispetto all'altro sono equivalenti e portano al medesimo risultato, ed in modo ancora deterministico. Sarà la Meccanica Quantistica (la fisica dei corpi delle dimensioni atomiche) che introdurrà concetti probabilistici e non deterministici, ma non la Relatività.

In particolare si deve prendere atto che la velocità della luce nel vuoto è uguale in tutti i sistemi di riferimento, e non può mai essere superata(30).

Questa è la prima delle affermazioni che va contro il senso comune, perché, se si cammina a 2 km/h lungo un treno che viaggia a 100 km/h, sembra intuitivamente che la velocità rispetto al suolo sia di 102 km/h. Ma nella Teoria della Relatività la somma delle velocità deve essere calcolata in modo diverso, così da tenere conto del principio dell'invarianza della velocità della luce e della sua non superabilità.

Non osserviamo questo nell'esperienza quotidiana a causa della enormità della velocità della luce. La correzione alle velocità usuali è talmente piccola che passerebbe sempre inosservata. Nell'esempio del treno la correzione sarebbe minore di due parti su dieci milioni di miliardi rispetto ai 102 km/h dati dalla fisica non relativistica: è un po' poco! Ma se sia il treno che il passeggero viaggiassero a metà della velocità della luce, la somma delle due velocità, invece di essere quella della luce, raggiungerebbe solo l'80% della velocità della luce, e così via.

Questo dato della correzione troppo piccola per essere osservata nel mondo comune è molto importante: si ripeterà e verrà ripreso in seguito come punto nodale del ragionamento.

Un altro fenomeno interessante e contrario all'esperienza comune è la "contrazione delle lunghezze" e la "dilatazione dei tempi". Se si osserva che la misura di una lunghezza (per esempio di un regolo) in un sistema solidale con un osservatore e la misura di un intervallo di tempo sempre in un sistema solidale con un osservatore, questi valori non sono più gli stessi se avvengono in un sistema in moto (rettilineo ed uniforme) rispetto all'osservatore, ma cambiano di un fattore molto vicino ad 1 se la velocità v del sistema è molto minore di c , velocità della luce, e quindi diventa trascurabile; ma, se v si avvicina a c , il fattore tende verso 0, e quindi quando moltiplica (lunghezze spaziali) tende a fare diventare 0, quando divide (intervalli temporali) tende a fare diventare infinito.

Alla velocità del suono, circa 300 m/s ovvero circa 1000 km/h, la correzione relativa è circa di un millesimo di milionesimo in più o in meno secondo che il fattore moltiplichi o divida. Alla velocità di $c/2$ (metà di quella della luce), si dovrebbe moltiplicare o dividere per la radice quadrata di $3/2$, che è circa 0,866. Quando si giunge vicino alla velocità della luce, tali fattori

andrebbero come detto allo zero o all'infinito, con le conseguenze del caso(31).

Questo fattore si presenta ovunque in relatività, in particolare la forza che si deve imprimere ad un corpo per fargli cambiare velocità lo ha al denominatore: avvicinarsi alla velocità della luce diventa sempre più difficile, fino a diventare impossibile quando si vorrebbe raggiungerla.

Portare un corpo dotato di massa macroscopica, come un'astronave, a velocità prossime a quelle della luce è impossibile, a causa delle enormi energie messe in gioco, che diventerebbero addirittura infinite per raggiungere la velocità della luce.

Superare la velocità della luce porterebbe poi al calcolo di radici quadrate di numeri negativi, con "salti" inimmaginabili.

Questa infatti che è stata fatto solo baluginare in modo quanto mai incompleto è la Teoria della Relatività ristretta. "Ristretta" significa che si limita ai sistemi in moto rettilineo uniforme l'uno rispetto all'altro. Negli anni successivi Einstein estese il principio di Relatività a tutti i sistemi, anche accelerati, inglobando anche la gravitazione, fondando la Teoria della Relatività generale, che non riguarda propriamente il tema proposto e anzi lo rende ancora più difficile da realizzarsi.

S.T.

Appendice 2: Un curioso documentario televisivo (32)

In data di poco successiva (28.4.2002) a questo incontro è stato mandato in onda dall'emittente "La 7" un documentario sulla famigerata "Area 51", che si troverebbe vicino al poligono nucleare americano del Nevada e nella quale verrebbero conservati i resti del presunto "U.F.O." caduto a Roswell nel '47.

Tanto per cominciare sembra piuttosto improbabile che l'area degli esperimenti nucleari americani degli anni '50 sia stata scelta a due passi da dove si conservavano gli "alieni", ed in data successiva al loro presunto arrivo in quelle regioni ('47): la prudenza avrebbe dovuto suggerire di tenere i due luoghi ben lontani tra loro, e gli Stati Uniti sono abbastanza grandi da potere permettere l'esistenza di due basi segrete abbastanza lontane tra loro.

Le dichiarazioni inverosimili di chi dice di essere penetrato in tale area inquadrano poi il valore di tale documentario. Un tale asseriva di avere inventato molti anni fa un potentissimo razzo a "confinamento elettromagnetico" e che per questo era stato invitato dalle autorità militari a studiare l'astronave aliena, che avrebbe avuto un motore simile. Secondo il suo racconto l'astronave avrebbe dimostrato sensibilità biologiche, tanto da mutare colore a seconda delle sensazioni che egli provava: era bianca quando lui era tranquillo e sempre più rossa tanto più lui era emozionato. Questa interazione tra il pensiero e la macchina, secondo quanto egli asseriva, accadeva già anche nei più avanzati prototipi degli aerei da caccia terrestri.

In primo luogo sembra strano che l'astronave aliena funzionasse così bene dopo essere precipitata ed avere provocato la morte dei piloti... Non sembra proprio poi che ci sia traccia di aerei terrestri sensibili al pensiero dei piloti, eccetto che in un film di fantascienza di qualche anno fa, dove eroici piloti americani inseguivano un cattivissimo pilota russo ai comandi di un caccia che egli poteva guidare anche con il pensiero: quanta ingenuità in quel film e quanta malafede nel documentario! Come spesso succede, sono proprio i film di fantascienza le fonti principali dei racconti di "incontri

ravvicinati": le favole possono essere anche belle, non quella di quel film però, ma non si debbono trasporre nella realtà! Inoltre come funzionerebbe il potentissimo razzo a confinamento elettromagnetico che a quanto pare le autorità americane avrebbero ricevuto da questo inventore? Dove è andato a finire? Sarebbe un vero peccato non usarlo!

E` più serio il "salto nell'iperspazio" di Asimov, che non ha mai pensato di farlo funzionare al di fuori dei propri gustosi romanzi di fantascienza, e che quindi non si è mai preoccupato di spiegare come è fatto, lasciando le favole nel mondo delle favole. Ma questi documentari fanno più notizia di un intero corso di laurea in fisica o in astronomia.

S.T.

====

(1) «E` un piccolo passo per me, ma grande per l'umanità».

(2) Massimiliano Teso, Matteo Leone e Michele Moroni: "Incontri ravvicinati?", Ed. "Avverbi", Roma 2000. Questa preziosa casa editrice dice di se stessa di avere come scopo la promozione e la diffusione della cultura scientifica e razionale.

(3) Per eventuali fenomeni non compresi bene, comprese le fotografie, prima di invocare soluzioni strane, è opportuno ricercare tra le leggi note, senza fare voli di fantasia. Solo i risultati sperimentali, quando sono verificati e verificabili, possono fare accettare soluzioni strane. E risultati sperimentali verificati e verificabili mancano sconsolatamente nel panorama "ufologico"! Abbondano invece i falsi, come fotografie di palloni sonda o addirittura di <parti di aspirapolvere o di umidificatori per tabacco spacciati per astronavi interplanetarie> (M. Teso, op. cit. pg. 106.

(4) Da questo caso avrebbe avuto origine anche la famosa (o famigerata) "Area 51", ben sfruttata dal film "Independence Day", rifacimento di un film di cinquanta anni fa tratto dal romanzo "La Guerra dei Mondi" di H.G. Wells. Ci sono molti trucchi cinematografici ben riusciti, ma c'è meno finezza rispetto al romanzo ed al primo film. Fa sorridere che nell'evoluzione dei tempi il fatto che il virus che debella i cattivissimi alieni da banale virus biologico, contro il quale gli alieni non hanno difese immunitarie - un espediente interessante, dopo tutto -, sia diventato un virus informatico che in pochi secondi distrugge il calcolatore di un'astronave che si rivelava invincibile: roba da fare invidia agli hackers più esperti!

(5) Si ricorda che i miraggi sono un semplice fenomeno fisico dovuto a rifrazioni anomale della luce in presenza di strati atmosferici di densità diversa da quella solita, che dovrebbe essere decrescente dal basso all'alto. Un miraggio che osserviamo facilmente alle nostre latitudini avviene quando in autostrada nei mesi più caldi sembra che ci siano pozze d'acqua un po' davanti a noi che scompaiono quando ci avviciniamo. Questi fenomeni sono dovuti al surriscaldamento dell'aria che è a contatto con il suolo. Poiché avvengono più facilmente nel clima torrido e secco del deserto e danno l'idea dell'acqua, si comprende il loro fascino e la loro mitologia.

(6) Mentre in Inglese la parola "scientist" è applicabile a chiunque si occupa professionalmente di scienza, in lingua italiana la parola "scienziato" ha assunto un valore così alto che si può applicare solo a chi ha già vinto il Premio Nobel...

(7) Si possono ricordare René Blondlot, che all'inizio del secolo ritenne di

avere scoperto dei raggi che non esistono e che egli chiamò "raggi N", e Quirino Majorana, zio di Ettore Majorana e direttore dell'Istituto di Fisica di Torino prima e di Bologna poi, che se negli anni venti avesse interpretato correttamente i propri esperimenti sulla gravitazione avrebbe ulteriormente confermato la allora nuova Teoria della Relatività generale di Einstein, ed avrebbe forse potuto anche validamente concorrere per un Nobel, vista la raffinatezza dei risultati ottenuti, ma che invece per tutta la sua vita interpretò i propri esperimenti in modo scientificamente scorretto, e venendo così ricordato più per i propri errori che per i propri meriti scientifici, che non erano piccoli! Anche oggi succedono certo casi del genere, pur se più raramente. Ma abbastanza rapidamente la comunità scientifica ha trovato l'errore. Non vale invece parlare dei casi di "geni sconosciuti", che oggi sono sempre più rari, poiché i metodi di indagine si sono molto affinati. Inoltre il progresso scientifico è sempre meno il prodotto di un solo uomo o di un caso, così che, se qualcuno viene purtroppo eventualmente emarginato pur avendo trovato qualcosa di valido, dopo poco tempo anche gli altri giungono alle medesime conclusioni.

(8) Cfr Gonzalez, Brownlee e Ward in "Le Scienze" n.398 (10.2001) pg. 68.

(9) L'eccentricità dell'orbita dà la misura di quanto l'ellisse descritta dall'orbita si allontana dalla circonferenza. Per la Terra è abbastanza piccola, 0.0167, mentre per Marte è quasi 6 volte superiore: 0.0934. Pure se entrambe le orbite non si allontanano molto da una circonferenza, quella di Marte è più schiacciata.

(10) Ma perché non chiamarli ancora "medicei", come li chiamò il nostro grande Galileo?!

(11) Si ricordi che il Sole non sta nel centro dell'ellisse, ma in uno dei fuochi, quindi in posizione lievemente asimmetrica: cosa irrilevante quando l'ellisse è poco eccentrica, tanto che la Terra è più vicina al Sole all'inizio di gennaio, in pieno inverno boreale, e più lontana all'inizio di luglio, nell'estate boreale; ma eccentricità maggiori anche di poco potrebbero portare ad inverni australi (luglio) che potrebbero sconvolgere tutto il delicato sistema della Terra.

(12) Alcuni satelliti di Giove e di Saturno sono un po' più grandi della Luna, ma appartengono a pianeti ben più grandi della Terra. Un sistema anomalo è anche Plutone-Charonte, ma con altre e ben maggiori diversità dagli altri pianeti.

(13) Ed. Garzanti 1966 per la traduzione italiana.

(14) Tale risultato potrebbe variare di circa 1000, poiché l'errore statistico è la radice quadrata del risultato, ed in questo caso è dunque mille, la radice quadrata di un milione. Per la precisione, sarebbe meglio dire incertezza statistica, e non errore statistico, perché non è un errore, ma l'incertezza associata alla conoscenza solo statistica, ma la locuzione corrente è errore statistico.

(15) E quindi delle onde radio. Si dice velocità della luce, ma, come ben noto, la luce è solo un caso particolare delle onde elettromagnetiche: quelle che hanno lunghezza d'onda di circa mezzo micron, mezzo millesimo di millimetro. Tutte le onde elettromagnetiche, comprese quindi le onde radio, hanno la stessa velocità (nel vuoto).

(16) Solo adesso, nel mondo delle velocità esasperate della Formula 1, questo particolare è importante.

(17) Una felicissima battuta del primo "Guerre stellari" dice: "questa carretta fa solo 10 volte la velocità della luce!". E' una battuta che vale il biglietto, ma è solo una fantasia. Il "salto nell'iperspazio" di asimoviana memoria c'è solo nelle favole. Se fosse reale, implicherebbe delle energie che stritolerebbero perfino i nuclei atomici, con poca soddisfazione dei poveri astronauti! Cfr "La fisica di Star Trek", di Lawrence M. Krauss, ed. Longanesi, Milano 1995.

(18) Amleto, Atto I, scena V. Traduzione italiana di Raffaello Piccoli, da "Shakespeare: Tutte le Opere", a cura di Mario Praz, Ed. Sansoni, Firenze 1964. Il testo originale inglese è incerto in "vostra/nostra". Forse è "nostra": «There are more things in heaven and earth, Horatio, than are dreamt of in our philosophy»; da "The Oxford Shakespeare: The Complete Works", Ed. Gary Taylor, Clarendon Press, Oxford 1988.

(19) Si pensi che se possiamo conoscere tutto (o quasi) dell'atomo di idrogeno, quello più semplice, già per la forma più comune in cui troviamo questo gas, la molecola di idrogeno, e cioè due atomi di idrogeno legati insieme, bisogna accontentarsi di risultati approssimati. La molecola di acqua (un ossigeno e due idrogeni) è già un problema per il quale la conoscenza esatta è ben al di là della nostra portata e le approssimazioni diventano sempre più larghe. Questa è la ragione per la quale la chimica è una disciplina separata dalla fisica, della quale dovrebbe essere una branca: quantunque la fisica ne sia il fondamento ancora abbastanza vicino, è però necessario introdurre tante e tali approssimazioni e conoscenze empiriche da renderla diversa dalla fisica, che vuole conoscere esaurientemente e con grande precisione i sistemi semplici che sono i costituenti elementari del mondo.

(20) Questo, per esempio, era il pensiero di Benedetto Croce (1866-1952).

(21) Giambattista Vico, 1668-1744.

(22) Non si vogliono certo dimenticare i contributi precedenti, che però restarono isolati e senza troppe conseguenze o perché furono studi senza metodologia, e per questo sostanzialmente infecondi, come quelli di Leonardo, che non riuscì mai a fare volare l'uomo con ali da pipistrello e che inventò macchine che neppure con l'uso dei motori moderni avrebbero mai potuto funzionare, o perché non trovarono continuatori e furono dimenticati. Di questi ultimi l'esempio più importante sembra quello degli alessandrini del IV e III secolo a.C., la cui scienza era forse paragonabile a quella del Seicento europeo, ma che fu persa quasi completamente nei secoli successivi. Cfr Lucio Russo, "La rivoluzione dimenticata (il pensiero scientifico greco e la scienza moderna)", Feltrinelli, Milano, 1996.

(23) Questo è il lavoro dello sperimentale.

(24) Questo è il lavoro del teorico. Si ricordi in particolare Newton (1642-1727), che proprio per potere "leggere" in modo matematico la fisica inventò - contemporaneamente ed indipendentemente da Leibnitz - il calcolo infinitesimale.

(25) Come semplicissimo esempio di come si deve condurre un esperimento scientifico si consideri il problema della caduta dei gravi. Secondo l'osservazione comune i corpi più pesanti sembrano cadere più velocemente di quelli leggeri: basta guardare un sasso ed una piuma. Gli antichi avevano teorizzato che era proprio dei gravi tendere alla loro "sfera", la terra, tanto più velocemente quanto più erano pesanti. Per indagare più profondamente, si assuma ora che il sasso sia, per esempio, mille volte più pesante della piuma (ora si parlerebbe di massa, ma si usi il linguaggio di

quei tempi), e si considerino due sassi, uno dei quali sia mille volte più pesante dell'altro. La pratica uguaglianza dei tempi di caduta dei due sassi fa intuire che le differenze non sono dovute alla differenza di peso (o meglio di massa), ma a qualcosa d'altro, che è poi la resistenza dell'aria, tanto che nel vuoto, che allora non era ancora producibile in laboratorio, tutti i corpi cadono con eguale velocità, o meglio accelerazione, poiché la massa si cancella nella legge di caduta da: $m \vec{a} = - (G m M_T / r^2) \vec{e}_r$ [dove G è la costante di gravitazione universale, $m M_T$ è la massa del corpo attirante, nel nostro esempio la Terra, \vec{e}_r indica la direzione di allontanamento dalla Terra, ed il segno negativo indica che la Terra ed il corpo si avvicinano tra loro], si ottiene $\vec{a} = - (G M_T / r^2) \vec{e}_r$, e quindi tutti i corpi hanno (nel vuoto) la stessa accelerazione gravitazionale, poiché la loro massa m non entra nella legge del moto. In tale formulazione matematica è stata introdotta la legge di gravitazione universale di Newton, che comprende che la stessa forza che faceva cadere i gravi era responsabile dell'orbita della Luna e dei corpi celesti (secondo la leggenda Newton avrebbe avuto questa idea osservando la caduta di una mela!): fu la prima delle grandi unificazioni della fisica.

(26) La tecnologia riguarda lo studio di sistemi che sono complessi, ma che sono governati da leggi fisiche semplici, come per esempio la locomotiva a vapore, i cui principi di funzionamento sono la meccanica e la termodinamica insegnate al più nel primo anno di università, oppure il calcolatore elettronico, che si basa sull'elettromagnetismo, secondo anno di università, e sulla meccanica quantistica, terzo anno, per la fisica dei semiconduttori. La fisica invece, pur utilizzando macchine molto complesse e metodi matematici molto sofisticati, indaga sui principi fondamentali, che, dopo tutto, sono molto semplici e sono regolati da poche leggi.

(27) Per l'esattezza c, la velocità della luce, vale $c = 299\,792\,458 \text{ m/s} = 299\,792,458 \text{ km/s}$. Non c'è incertezza di misura: da circa venti anni si preferisce invece usare la velocità della luce come grandezza fondamentale e definire il metro come lo spazio percorso dalla luce in $1/c$ secondi, cioè in $(1/299\,792\,458 \text{ s})$, e quindi è il metro che deve essere misurato e che quindi presenta un'incertezza di misura. Per quanto possa sembrare strano, questa definizione è molto più precisa, perché implica solo una misurazione temporale, che è molto più precisa di una spaziale.

(28) Nella formulazione più in uso oggi, il Sistema Internazionale, questa è mascherata nella costante c_0 . Si ha infatti: $c_0 = 1/c^2$. E' per questo che i fisici di solito preferiscono il Sistema di Gauss, dove la velocità della luce appare in modo esplicito.

(29) L'esperimento più importante fu quello di Michelson-Morley, perfezionato nel 1887. L'idea era di cercare di mettere in evidenza il moto della Terra attorno al Sole, che ha la velocità di circa 30 chilometri al secondo ed era la maggiore disponibile in quel tempo. Venivano fatte misure di interferenza della luce in un dato momento e venivano ripetute sei mesi dopo, quando la Terra aveva dunque velocità opposta. I due sistemi di riferimento erano dunque in moto rettilineo uniforme tra loro e rispetto ad un ipotetico sistema assoluto di riferimento. Se fosse stato possibile misurare quali erano in moto e quali in quiete, si sarebbero dovute osservare delle frange di interferenza ben più grandi della precisione sperimentale che era disponibile. Ma il risultato fu assolutamente nullo.

(30) Si faccia attenzione: di tanto in tanto si danno in "pasta" al grande pubblico, e contrariamente alla volontà dei ricercatori che li hanno ottenuti, dei risultati scientifici secondo i quali sarebbe stata superata la velocità della luce. Questi esperimenti dimostrano cose diverse. Ciò che può essere superata è la velocità di fase, che non è assolutamente la propagazione di qualcosa di fisico. Per esempio un laser puntato sulla Luna e che compie una rotazione di un radiante (circa 57 gradi) in un secondo, cosa semplicissima, produce sulla Luna una macchia di luce che si muove un po' più veloce della velocità c della luce: $v = \omega r$, dove $\omega = 1$ ed $r \approx 384\,000 \text{ km}$, e

dunque $v \approx 384\,000$ km/s, che è maggiore di $c \approx 300$ mila km/s. Ma tale macchia di luce sarebbe formata di luce diversa (fotoni diversi) per ogni istante: quella che è arrivata dalla Terra alla velocità giusta, non viene quindi propagato qualcosa di veramente fisico e la relatività non è dunque violata.

(31) Per velocità maggiori a quella della luce si dovrebbero poi estrarre radici quadrate di numeri negativi, con tutte le impossibilità che ne seguirebbero.

(32) Appendice aggiunta dopo la conferenza.