



Saggio su

“Genesi, nascita e sviluppo del pensiero scientifico moderno”

di Umberto Lorenzini

- *Sezione 1: Premessa*
- *Sezione 2: Scienza e tecnica nella Grecia e Roma Antiche e Medioevo*
- *Sezione 3: La Rivoluzione del '600 e la nascita del pensiero scientifico moderno*
- *Sezione 4: Scienza Vs Tecnica e Tecnologia: uno straordinario, eccezionale e continuo feedback.*

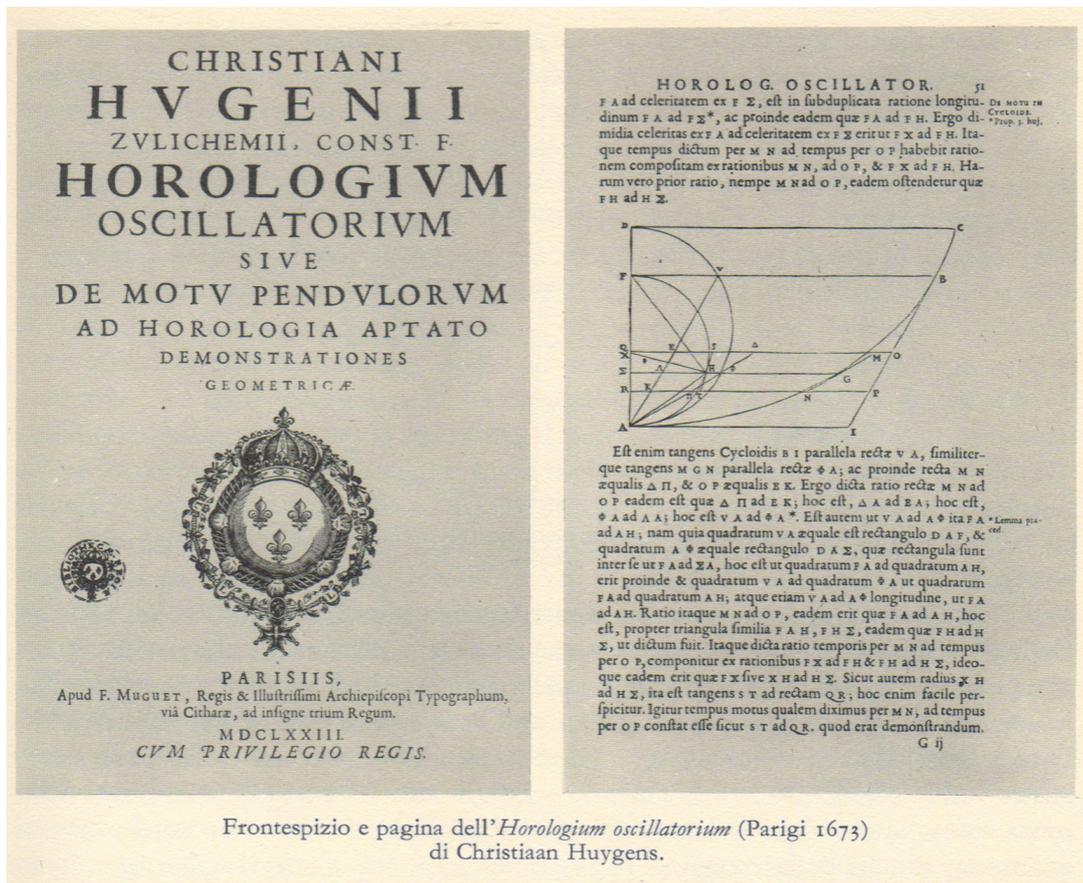
Scienza e tecnica nella Grecia e Roma Antiche e Medioevo

Prima di iniziare questa sezione, riprendo il discorso della precedente *Premessa* – per il suo completamento. Riprendendo quindi dal sofista Protagora, il quale per primo affermò che *su tutte le cose ci sono due ragionamenti l'uno opposto all'altro* (peri pantòn tòn Krématon dùo lògous einai antikeiménous allelous). Al posto di *ragionamenti* si possono usare le accezioni *punti di vista, concezioni, teorie* o anche *ipotesi*; anche se il dantesco maestro di color che sanno considera la *sofistica una sapienza apparente, che in realtà non è*, mostrerò come questa precedente affermazione ha trovato riscontro nello sviluppo della scienza fisica. Già nei presocratici c'è un bell'esempio: Eraclito di Samo (circa 520 ÷ 460 a.C.) già soprannominato dalla tradizione l'*oscuro* afferma che *tutto cambia* (il famoso panta réi), che in sostanza esprime il perpetuo divenire di tutte le cose; mentre Parmenide di Elea (vissuto fra il 530 e il 440 a.C.) afferma che *nulla cambia* (qualche storico o filosofo della scienza ci vede una anticipazione dei concetti scientifici moderni di conservazione della materia e dell'energia). Peccato che delle loro opere (*Sulla natura* – solito titolo! – e *Intorno alla natura*) ci siano rimasti solo frammenti (140 per Eraclito; un lungo frammento della prima parte e altri scarsi frammenti per Parmenide). Si possono ritenere entrambe vere anche se opposte? Si può rispondere con un sì: come ci dice la fisica moderna, rilevano due aspetti, contraddittori – o meglio complementari, come vedremo subito – ma reali, della *realtà* del mondo fisico. Si pensi alla teoria corpuscolare della luce, da parte di Newton; ed alla teoria ondulatoria della luce, da parte di Christiaan Huygens (l'Aia, 1629 ÷ 1695). In tempi più *recenti* quella di Einstein sui quanti di luce o fotoni (ognuno di energia $E = h \cdot \nu$, dove h è la costante di Planck uguale a $6,6626 \cdot 10^{-34}$ joule secondo e ν la frequenza), e la luce come onda



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PISTOIA

elettromagnetica di James Clerk Maxwell (Edinburgo 1831 – Cambridge – dove nel 1871 divenne primo titolare della cattedra Cavendish di fisica sperimentale e dal 1874 anche direttore del laboratorio Cavendish; 1879).



Frontespizio e pagina dell' *Horologium oscillatorium* (Parigi 1673) di Christiaan Huygens.

La teoria di Einstein spiega bene l'effetto fotoelettrico (emissioni di elettroni da parte di alcuni metalli, se colpiti da luce di una certa frequenza o lunghezza d'onda $\lambda = c / \nu$ dove c è la velocità della luce, il cui valore moderno è di 299.792 km/s); ma non può spiegare i fenomeni di interferenza e di diffrazione, spiegati invece bene dalla teoria ondulatoria. Tanto che il grande fisico Niels Bohr (uno dei formulatori della meccanica quantistica (Copenaghen 1885 ÷ 1962) dovette concettualizzare il principio di complementarità: *gli aspetti ondulatori o corpuscolari della luce – e in accordo con Louis de Broglie, della materia a livello quantistico – sono complementari ma reciprocamente esclusivi*; per esempio un esperimento può essere progettato per rilevare o le proprietà ondulatorie della luce o la sua natura corpuscolare, ma non entrambe le cose allo stesso tempo.

Continuando con gli aspetti contraddittori, lo spazio e il tempo assoluti di Newton contro lo spazio-tempo relativo di Einstein. La visione della realtà fisica- anche di quella quantistica – indipendente da



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PISTOIA

osservatore o esperimento, secondo la concezione di Einstein contro l'interpretazione di Copenaghen secondo cui nella meccanica quantistica, non esiste una realtà quantistica al di là di ciò che viene rilevato da un atto di misurazione o di osservazione.

Istruttivo a tale scopo l'esperimento mentale (il così detto gatto di Schrodinger) escogitato dal fisico, anch'egli fra coloro che parteciparono attivamente agli sviluppi della fisica atomica e quantistica (Vienna 1887÷1961): secondo le leggi della meccanica quantistica, un gatto, finché non viene osservato, esiste in una sovrapposizione di stati di *gatto vivo* e *gatto morto*!

Solo l'osservatore può decidere : o vivo, o morto!

Questo esperimento è in risposta ad analogo escogitato da parte del *realista* Einstein, contro l'interpretazione di Copenaghen a proposito della meccanica quantistica (corrispondenza di Einstein-Schrödinger dell'agosto 1935). Per Schrödinger la situazione che il gatto si trovi in uno stato paradossale – né vivo né morto, al contempo vivo e morto – è impossibile. Che sia possibile per la fisica quantistica prova se non la sua falsità, l'incoerenza con la realtà fisica (per cui il gatto non può essere allo stesso tempo vivo e morto): ne consegue che l'interpretazione di Copenaghen è errata. Questo assillerà i fisici quantistici per molto tempo: le equazioni della quantistica implicano una presenza universale di *stati sovrapposti*; mentre queste sovrapposizioni non si vedono a livello macroscopico. La questione è stata risolta nel 1990 con la così detta *teoria della decoerenza*. Tale teoria spiega come, per via della loro interazione con l'ambiente, gli oggetti macroscopici ci sembrano avere un comportamento conforme alle leggi della fisica classica; mentre i loro costituenti microfisici, atomi e altre particelle, avrebbero un comportamento quantistico! La teoria risolve il paradosso: il gatto è un sistema di taglia macroscopica! Per Schrödinger una particella è il risultato di un pacchetto d'onde e non esistono salti quantici, ma solo transizioni continue; vale inoltre il principio di casualità e il determinismo.

Davo per scontata la conoscenza dell'esperimento mentale, ma penso sia più corretto esporre il marchingegno mentale. Il gatto è chiuso in una scatola ed è presente un dispositivo in grado di individuare l'emissione di una particella che un atomo radioattivo emette quando si disgrega. Insieme al gatto, all'interno della scatola chiusa c'è l'altro dispositivo progettato in modo che, se si produce l'emissione della particella proveniente dalla disgregazione, un martello rompe una fiala che contiene un gas mortale, e immediatamente il gatto muore. Il *vettore di stato* del sistema completo [scatola + gatto + martello + fiala] è la sovrapposizione dello stato *atomo disgregato – martello abbassato – fiala rotta – gatto morto* e dello stato *atomo non disintegrato – martello alzato – fiala intatta – gatto vivo*. Il gatto si



troverebbe dunque in uno stato incerto, paradossale: né vivo né morto, al contempo vivo e morto! (da Etienne Klein *sette volte la rivoluzione* – sottotitolo *I grandi della fisica contemporanea*)

Vorrei terminare con un altro esempio, esulante però complementare dal campo della scienza; rientrando invece in quello della filosofia e teologia e della letteratura (E quindi non può obbedire al principio di complementarità: le due enunciazioni non sono entrambe vere; solo una può esserlo – chiedo venia al lettore, ma una cosa che riguarda la concezione del mondo – quella che i tedeschi chiamano *weltanschauung* – può essere citata.

Mettendo a confronto San Paolo (decapitato a Roma probabilmente nel 64 sotto l'imperatore Nerone) e il poeta latino Catullo (vissuto, secondo San Gerolamo, dall'87 al 58 a.C.). Tralasciando la traslitterazione dal greco: *Se infatti crediamo che Gesù è morto e resuscitato, allo stesso modo Iddio adunerà presso di sé coloro che si sono addormentati in Gesù.*

Soles occidere et redire possunt; nobis, cum semel occidit brevis lux, nox est perpetua una dormienda. A proposito di San Paolo, alcuni storici e filosofi alla page, rovesciando con noncuranza i termini, sostengono che senza San Paolo non ci sarebbe stato Cristianesimo!

Bertrand Russel afferma che la filosofia comincia con Talete (di Mileto nella Ionia, regione dell'attuale Turchia; visse dal 640 al 546 a.C.). Quindi filosofia e scienza, che originariamente non erano separate, nacquero insieme circa all'inizio del VI secolo. E tecnica e tecnologia? Personalmente ritengo che siano senz'altro anteriori (basta considerare l'influsso dell'antico medioriente sia nelle conoscenze teoriche che nella tecnica: si dice che Talete predisse l'eclissi totale di sole che secondo gli astronomi si verificò nel 585 a.C.; io penso che abbia potuto consultare le tavole astronomiche delle affemeridi babilonesi). Di Talete si dice inoltre che abbia derivato il corso del fiume Halys, che misurò l'altezza delle piramidi semplicemente attraverso la proporzione fra le loro rispettive ombre e l'ombra di una asta di data lunghezza, che studiò le ragioni delle inondazioni del Nilo.

Forse è esatto dire che non fu né filosofo né uno scienziato nel senso più moderno del termine; Platone lo definisce un *ingegnoso inventore di tecniche.*

Il discorso sulla scienza greca, specialmente se si vuole ricostruirne una sintesi efficace, sarebbe notevolmente impegnativo; e prima di affrontarlo (per quanto riguarda Roma, a parte l'arte e la scienza militare, la cosa è più semplice e lineare: dato che le due principali scienze sono l'architettura – e i romani furono eccelsi architetti – e la medicina) parlerò di Democrito – fondatore con Leucippo della teoria atomica della *materia*; teoria che a parte il nome di atomo (da lui creato perchè ritenuto



L'ipotesi che la realtà sia costituita di atomi cioè di enti non ulteriormente divisibili – fu formulata da Leucippo (sembra di Mileto, contemporaneo di Anassagora il quale nacque a Clazomene verso il 496 e morto a Lampsaco in Asia nel 428).

Sembra che Leucippo abbia soggiornato ad Elea, dove avrebbe conosciuto Zenone; in seguito trasferitosi ad Abdera sarebbe entrato in rapporto con Democrito da considerare il vero *teorico* dell'atomismo.

Democrito (Abdera in Tracia verso il 460/457 a.C. ÷ 370 o anche oltre) si occupò di molte discipline: in specie fisica, astronomia, geometria, aritmetica e financo medicina. Fu rigorosamente un razionalista (proprio l'opposto di quello che sarà Platone); ed afferma che vi sono due modi di conoscenza, cioè mediante i sensi e mediante l'intelletto. Ma sembra contraddirsi perchè talora rifiuta le apparenze sensibili e dice che nulla in esse ci appare conforme a verità, ma solo conforme a opinione; e che il vero negli *oggetti* consiste in ciò ch'essi sono atomi e vuoto.

Gli storici della filosofia fanno risalire l'ipotesi (o meglio la teoria) atomica di Democrito alla necessità di risolvere l'antinomia rivelata da Anassagora e Zenone in merito alla infinita divisibilità delle grandezze geometriche: se ognuno degli infiniti punti in cui può essere suddiviso un segmento, ha una grandezza diversa da zero (Euclide definirà il punto come *ente che non ha parti*), ne risulta che il segmento risulterebbe infinitamente grande; se viceversa si ammette che ogni punto ha una grandezza nulla il risultato è una lunghezza nulla (nella geometria antica non era noto che zero per infinito può assumere qualsiasi valore!). Per questo egli introduce l'ipotesi dell'atomismo: che è in effetti: la distinzione tra il suddividere matematico ed il suddividere *fisico*. Personalmente penso – anche se ovviamente si deve attribuire alla precedente antinomia o paradosso la dovuta importanza – che egli come fisico conoscesse bene il pensiero di Eraclito espresso sinteticamente anche in un aforisma: *tutto accade secondo contesa e necessità*; fra l'altro lui stesso – oltre a Parmenide – dice che *tutto avviene secondo necessità: questa stessa necessità è fato e giustizia e provvidenza e principio fattore del cosmo*. Quindi Democrito si sarà certo posto interrogativi sui cambiamenti di stato di uno degli elementi di Empedocle, come l'acqua (ai quattro elementi di Empedocle è in realtà da aggiungere un quinto: l'etere un fluido tenuissimo e incorruttibile che secondo Aristotele riempie completamente lo spazio; per essere più precisi la dottrina del quinto elemento divino - l'etere –, costituente anche i corpi celesti, eterni e incorruttibili, è dello stesso Aristotele; e che avrà una vita di più di 2000 anni, fino al famoso esperimento di Michelson-Morley del 1887. Essi dimostrarono con altissima precisione che non c'è



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PISTOIA

alcuna prova di un moto della terra rispetto all'etere: la velocità della luce è la stessa se misurata nella direzione del moto della Terra e nella direzione perpendicolare a tale moto.



Nell'immagine James Clerck Maxwell in un dagherrotipo del 1860 circa.

Vale la pena di ricordare che nel 1878 lo stesso Maxwell aveva suggerito un esperimento per misurare, con l'aiuto di raggi di luce, la velocità della Terra rispetto all'etere). Democrito si sarà chiesto come un tale corpo *continuo* – l'acqua – possa passare dallo stato solido a liquido a vapore e viceversa; fra l'altro avendo presente che lo stesso stato solido esiste in tre forme: ghiaccio, neve e brina. Forse potrebbe aver architettato o tentato degli esperimenti, anche se è poco probabile data la mentalità corrente: eppure il detto *niente avviene per caso, ma tutto per necessità e per ragione* (oudén màthen ghinétai, allà pànta upò lògou kài anánke: in questo aforisma c'è reminiscenza sia di Eraclito che dello stesso Democrito; a meno che non sia da attribuire ad Aristotele, il quale fra le sue numerose opere annovera *la filosofia di Democrito* andata perduta).

Il detto o aforisma precedente spinge a ricercare l'origine dei fenomeni non solo con la forza della ragione e del pensiero, cioè con degli a priori anche se plausibili; ma anche con la puntuale indagine della necessità cioè delle cause dei fenomeni stessi. Ma per indagare i fenomeni attraverso gli esperimenti e le misure si dovrà attendere un lungo travaglio fino al Rinascimento (ma Democrito



avrebbe potuto benissimo essere una eccezione! Fra l'altro, nonostante il suo razionalismo egli rimase legato ad una profonda valutazione del ruolo delle tecniche e del lavoro manuale). Ancora a proposito della sua dizione fra suddivisione matematica e suddivisione fisica, egli afferma che la prima, che non trova corrispondenza nella realtà fisica, è proseguibile all'infinito e può venir usata per la determinazione delle aree e dei volumi delle figure geometriche; la seconda invece è condizionata dalla natura di ciò che si vuole dividere e non è proseguibile oltre un certo limite.

Il limite è costituito dagli atomi: essi sono eterni, intrasformabili, indivisibili, impenetrabili (si confrontino queste proprietà con l'atomo della moderna meccanica quantistica); e sono forniti di *due* sole qualità: grandezza e forma geometrica; e si muovono in uno spazio vuoto, cioè dove non c'è materia o, che è lo stesso, spazio privo di atomi. In questo vuoto gli atomi possono muoversi, urtarsi, allontanarsi; e proprio dal loro movimento traggono origine i singoli corpi materiali nonché le variazioni cui questi corpi risultano soggetti. Per spiegare il movimento degli atomi, Democrito non ritiene necessario ricorrere a qualche causa o principio esterno agli atomi stessi; concepisce il movimento come uno *status* naturale degli atomi, *status* che non abbisogna di spiegazioni ma serve invece a spiegare la formazione degli aggregati di atomi, cioè corpi, e la loro proprietà. Geymonat (volume I di *Storia del pensiero filosofico e scientifico*) afferma che il principio d'inerzia, fondamento della meccanica galileiana, dice più o meno la stessa cosa: tale principio afferma che il moto rettilineo uniforme non richiede la presenza di alcuna causa che lo provochi. Ma in realtà questo è conseguenza della legge fondamentale della dinamica di Newton

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

se non agisce nessuna forza esterna, l'accelerazione è nulla.

Aristotele [dopo vari richiami al suo nome, è d'uopo dare un minimo di indicazioni biografiche sul *maestro di coloro che sanno* – così lo chiama Dante –: nato a Stagira nella penisola Calcidica nel 384 a.C.; dal 367 al 347 – anno della morte di Platone – frequentò l'accademia, la famosa scuola di Platone. Nel 343, chiamato da Filippo di Macedonia, insieme a Teofrasto si recò a Pella – capitale del regno macedone – dove fu nominato precettore e maestro del figlio di Filippo, Alessandro Magno. Dopo la morte di Filippo e l'avvento al trono di Alessandro, tornò nel 335 con Teofrasto ad Atene. Ivi, in un bosco dedicato al tempio ad Apollo Licio (*lupo*) fondò una sua scuola detta il *liceo* o il *peripato* (dal viale – passeggiata – peripatos – che stava davanti alla scuola). Morì a Calcide nel 322. Il suo grande



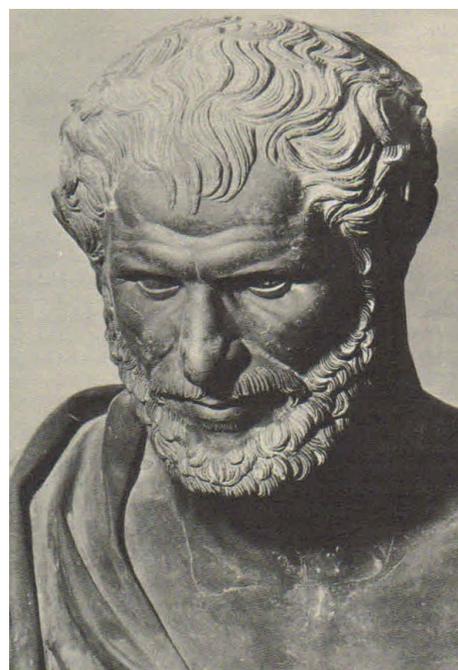
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PISTOIA

Commissione Cultura

discepolo Alessandro Magno, di ritorno dalla *legendaria* spedizione in India, era morto a Babilonia l'anno prima] accusa l'atomismo di Democrito di *ridurre tutta la realtà al sensibile*.



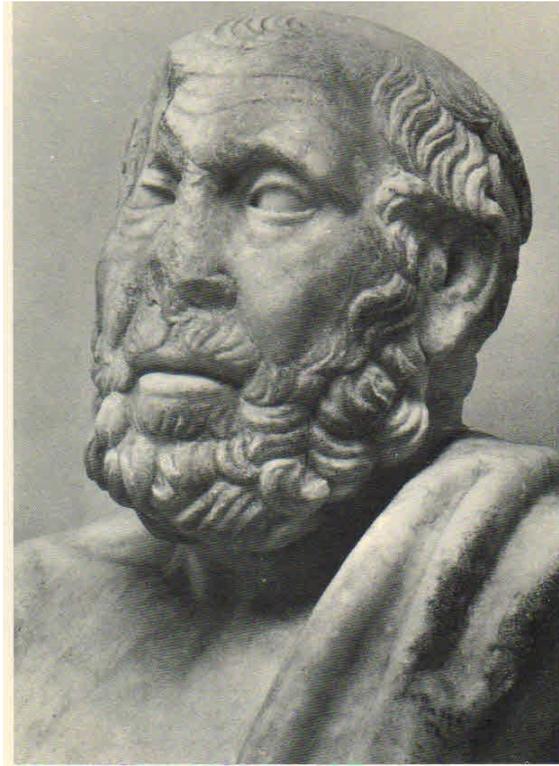
Alessandro Magno a cavallo: particolare detto di Alessandro, da Sindone (325- 310 aC.). Istanbul, Museo Archologico.



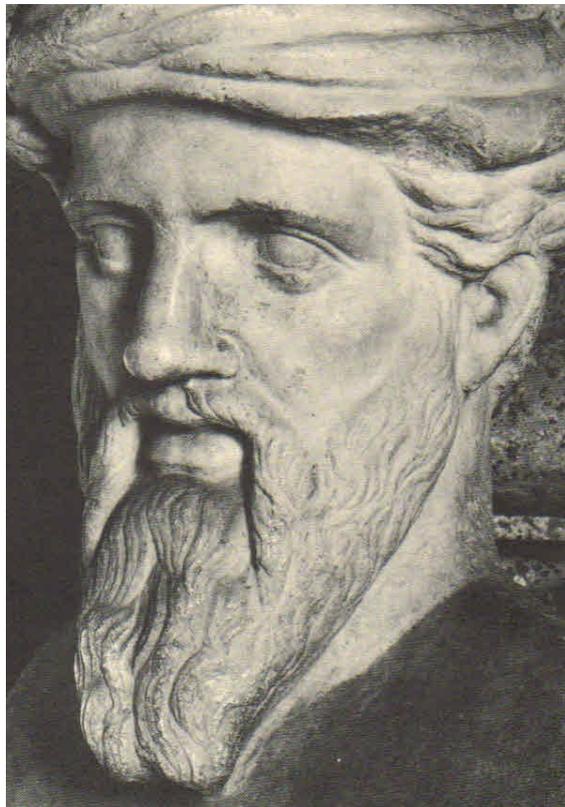
Democrito: copia romana da originale greco Napoli, Museo Nazionale.

In realtà Democrito considera l'atomo una nozione fisica; non che questo ci giustifichi per lui che l'atomo sia percepibile dai sensi (agli oggetti da noi percepibili sono aggregati di atomi, e non singoli atomi); e tanto meno che l'atomo fosse *raggiungibile* con strumenti fisici (anche se esisteva qualche tipo di strumento per l'osservazione astronomica e per l'ambito medico – chirurgico, la nozione di *strumento fisico*, capace di accrescere la potenza dei nostri sensi, mancava quasi completamente ai greci del V secolo).

Così argomenta Geymonat, il quale conclude che Democrito non è affatto partito dal sensibile per giungere all'atomo (a questo proposito faccio notare la mia precedente osservazione), ma al contrario è partito dall'atomo – ammesso sulla base di un *asserto* o postulato della ragione – per rendere conto del sensibile.



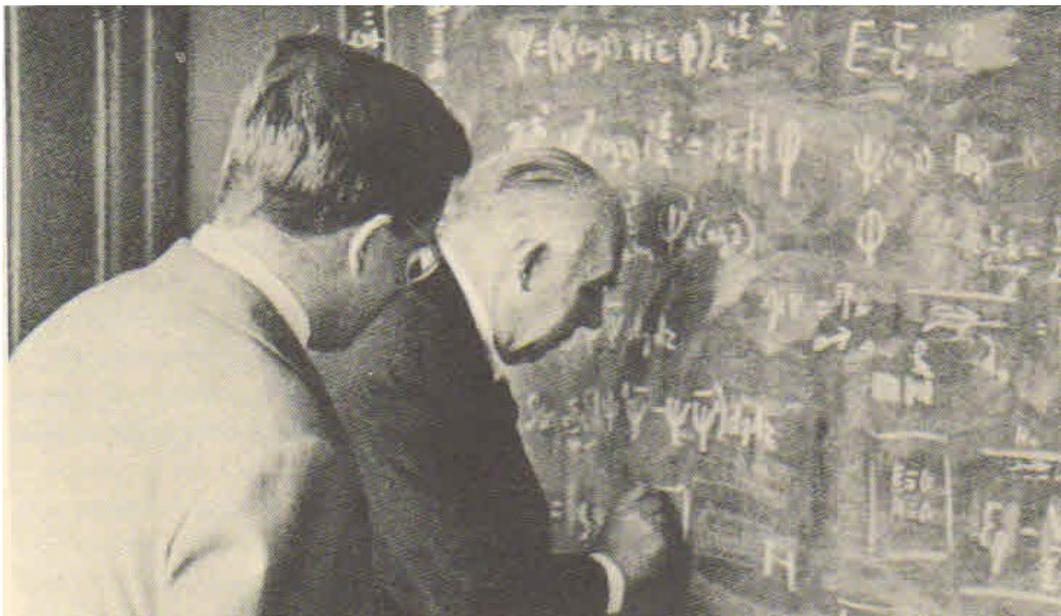
Talete: copia romana da originale greco. Ostia Antica, Antiquarium.



Pitagora: copia romana da originale greco, Roma, Museo Capitolino.



Max Planck nel 1947



Niels Bohr con il figlio Aage

Seguirà la sezione 2'

Saggio scritto da Umberto Lorenzini. Il quale ringrazia sentitamente Massimiliano Piliero per lo specifico contributo anche di competenza: che ha trasformato il manoscritto in file.

L'autore e l'estensore del file sono disponibili per eventuali suggerimenti e/o modifiche al testo da parte dei colleghi.