



CENTRO DI DOCUMENTAZIONE INTERDISCIPLINARE
DI SCIENZA E FEDE



SCUOLA INTERNAZIONALE SUPERIORE
PER LA RICERCA INTERDISCIPLINARE

Ivan Colagè

Scienze naturali: la creatività e l'insorgere di novità in natura

A.A. 2024/25

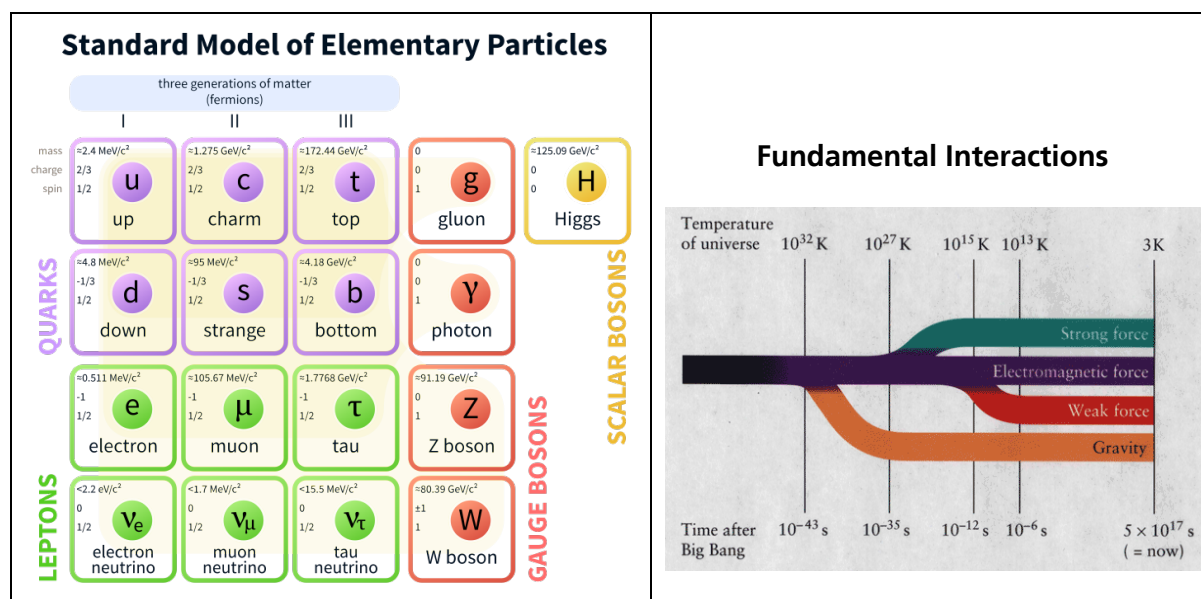
I volti della creatività.

La specificità dell'umano in contesto scientifico

30 novembre 2024

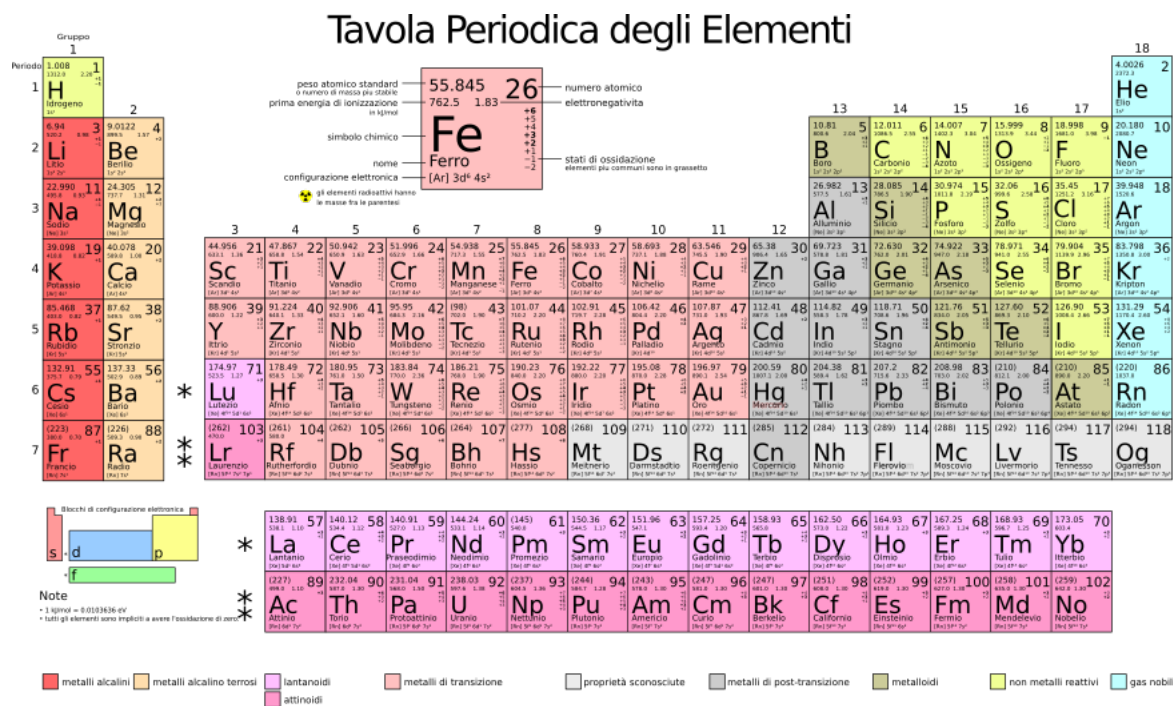
Documento n. 44

Cosa c'è in natura? Eh, domandona, si dirà ... Be', sì, ... però le *scienze naturali* (vedi il titolo di questo seminario), e la fisica in particolare a questo livello, hanno una risposta abbastanza chiara da offrire, contenuta nello *Standard Model of elementary particles* (il Modello Standard delle particelle elementari). Secondo questo modello, alla domanda "cosa c'è in natura?" si risponde: 17 particelle (forse 18, se volessimo includerci il "gravitone", il portatore dell'interazione gravitazionale – che però non è ancora stato rilevato empiricamente). Già, perché, attenzione, il modello standard include anche i "portatori di interazione": le particelle responsabili delle interazioni (o "forze") fondamentali: interazione forte, interazione elettro-magnetica e interazione debole, oltre all'interazione gravitazionale (con l'ipotizzato ma sfuggente gravitone).



Un enorme numero di questi 17 (forse 18) tipi di particelle, è tutto ciò che c'è in natura. Galassie, stelle e pianeti. Elementi chimici pesanti, biomolecole e organismi. Noi stessi, e tutto ciò che "facciamo". Certo, ci sono margini di incertezza; magari (forse, probabilmente) scopriremo qualche altra particella elementare. D'altra parte, quando scoprimmo gli "atomi" pensavamo fossero, letteralmente, indivisibili. Oggi, sappiamo bene che sono composti da elettroni, protoni e neutroni (gli ultimi due, essendo a loro volta composti da *quarks*). Tuttavia, il tipo di risposta è, assai probabilmente, quella giusta: tutto ciò che c'è in natura è **composto** da un **numero finito** di **tipi di elementi** fondamentali.

Ma allora tutta la varietà di sostanze e aggregati, di sistemi che esibiscono comportamenti a loro volta variegati, da dove provengono? Una volta dati gli atomi, che già rappresentano un livello di composizione nient'affatto banale, siamo giunti agli elementi chimici – la famosa, mirabile *Tavola Periodica degli Elementi* di Mendeleev (a pagina dopo).



Ma siamo ancora all'inizio, perché poi vengono le molecole, e poi le bio-molecole... Un recente articolo su Forbes¹ stima che soltanto considerando le specie biologiche commestibili dall'essere umano, esistono almeno 26.000 biomolecole ... Il chimico Jean-Louis Reymond, a Berna, ha creato un database di "piccole molecole organiche" *teoricamente* possibili con un certo numero di atomi al loro interno². Con 11 atomi si ottengono 26,4 milioni di molecole possibili. Con 17 atomi ... 166 miliardi...!!! E consideriamo che, *in media*, un singolo gene umano contiene 27.000 nucleotidi (che a loro volta sono formati, ognuno, da circa 10 atomi ...), e alcuni geni ne hanno milioni...

JOURNAL OF CHEMICAL INFORMATION AND MODELING Article

pubs.acs.org/jcim

Enumeration of 166 Billion Organic Small Molecules in the Chemical Universe Database GDB-17

Lars Ruddigkeit,[†] Ruud van Deursen,[‡] Lorenz C. Blum,[†] and Jean-Louis Reymond^{*†}

[†]Department of Chemistry and Biochemistry, NCCR TransCure, University of Berne, Freiestrasse 3, 3012 Berne, Switzerland
[‡]Biomolecular Screening Facility, NCCR Chemical Biology, School of Life Sciences, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1015 Lausanne, Switzerland

J. Chem. Inf. Model. 2012, 52, 2864–2875

¹ <https://www.forbes.com/sites/daniellenierenberg/2024/03/22/the-global-effort-to-map-biomolecules-in-food-to-health-outcomes/#:~:text=Across%20the%20countless%20edible%20species,that%20keep%20our%20cells%20functioning.>
² <https://www.horizons-mag.ch/2018/09/06/the-universe-of-molecules/>

Siamo partiti da 17 particelle elementari.

La natura, dunque, sembra piuttosto creativa, no? Anche perché, molte molecole si sono formate *nel corso* dell'evoluzione cosmica, nello spazio interstellare. E tutte le biomolecole – almeno sulla Terra, e almeno per ciò che ne sappiamo – si sono formate a partire da dopo i due terzi della storia dell'universo, specialmente a partire da circa 3,8 miliardi di anni fa.

Ora, stando a quanto detto sin qui, il punto che mi preme considerare è che la via che mi sembra abbondantemente (se non pressoché totalmente) battuta dalla natura per dar vita a novità – vale a dire, a cose che prima non c'erano e che a un certo punto iniziano ad esserci – è quella di dar vita a *combinazioni nuove di elementi "vecchi"*.

Ma com'è possibile?!? Molto grossolanamente, *l'incipit* di una risposta a questa domanda – che, in fondo, equivale a tutto l'enorme e affascinante tema dell'emergenza (*emergence*, in inglese, non "*emergency*") – è che gli "elementi vecchi", le particelle elementari, **NON** sono "materia prima" – mi si conceda la nota filosofica dotta. Non sono materia prima perché hanno già una forma. Hanno cioè delle proprietà definite. Se non fosse così, sarebbe impossibile distinguere i 17 (o 18, o quanti volete ammetterne o immaginarne) *tipi diversi*. E queste proprietà sono anche eminentemente relazionali, nel senso che da esse seguono le interazioni possibili di ognuno di questi elementi con gli altri, quelli che gli stanno intorno (in un "intorno rilevante", direbbe un fisico, che in alcuni casi è di ordine subatomico, in altri, almeno galattico ...).

Attenzione, però. Se, da un certo punto di vista, si può (forse, persino, si deve) pensare che queste interazioni possibili siano in qualche modo già "**previste**" dalle proprietà di quegli elementi – dalla loro costituzione (che, tanto per insistere col filosofichese dotta, è "sinolo di materia **E** forma") – dall'altro, si può (anzi, *si deve*), anche pensare che quali di queste interazioni si verificano effettivamente (in qualche regione del tempo e dello spazio, o dello spazio-tempo) *dipende dal contesto*: da quali e quanti altri elementi si trovano in quell'intorno rilevante e in che condizioni. Aggiunta questa considerazione, il significato del "**previste**" rivolto alle interazioni rispetto alle proprietà degli elementi cambia molto profondamente di significato ...

Già le interazioni tra le stesse particelle elementari cambiano col contesto: basta guardare la parte destra della prima figura per notare che le ... interazioni fondamentali *emergono* man mano che le temperature dell'universo scendono e che la sua estensione aumenta. Gli atomi e gli elementi pesanti possono formarsi solo entro certi valori di pressione/concentrazione e temperatura/energia. Alcune molecole sono stabili (cioè, ... esistono) in certe condizioni e non in altre. Alcune reazioni chimiche avvengono a certe temperature, pressioni, concentrazioni, ecc., ecc., ecc., e non ad altre. *La materia inanimata*, per dirla in breve, è *intrinsecamente innovativa nel lasciar emergere configurazioni nuove qualora le condizioni lo consentano. È dotata di una creatività "statica"*.

Anche la vita in quanto tale può esistere solo entro un *range* piuttosto ristretto di valori di parametri rilevanti...

Ecco: la vita! La vita è una fonte inesauribile di novità: deve cambiare, deve trasformarsi, deve costantemente rinnovarsi. Evolve. Geneticamente, evolve ricombinando elementi pre-esistenti di materiale genetico. Epi-geneticamente, evolve ri-arrangiando moduli di sviluppo pre-esistenti in modi nuovi, modificando le relazioni reciproche (nello spazio, nel tempo e nell'intensità) tra questi moduli, tra il loro "svolgimento". Le specie animali, poi, soprattutto quelle con sistema nervoso centrale e addirittura con un encefalo, evolvono dal punto di vista del comportamento, assemblando in maniera nuova segmenti motori e azioni, oppure integrando elementi cognitivi, componendoli tra loro e applicandoli in maniera inedita. Alcuni esempi di questi processi verranno forniti durante la presentazione – assai brevemente, tuttavia. Rispetto alla "non-vita", la differenza principale della vita, dal punto di vista che ci interessa qui, è che essa *ricerca attivamente la novità*. La vita è piena di meccanismi *atti* a generare novità, a tutti i livelli (genetico, epigenetico, comportamentale). Il cosiddetto *horizontal gene-transfer* nei batteri o la riproduzione sessuale per gli organismi superiori, a proposito del livello genetico. La plasticità fenotipica a livello epigenetico. L'apprendimento sociale e l'esplorazione a livello comportamentale. Altra differenza rilevante: gli organismi viventi modificano attivamente

l'ambiente, modificando le condizioni che a loro volta influenzano le interazioni tra organismi, tra questi e l'ambiente, e anche le relazioni tra elementi all'interno degli organismi stessi. Modificando l'ambiente, modificano se stessi. Il castoro non fa le dighe perché è un castoro; è un castoro perché fa le dighe ... In breve, *la vita è intrinsecamente innovativa nel tendere decisamente a mantenere la propria omeostasi anche al cospetto di circostanze che cambiano.*³

È dotata di una creatività "dinamica".

L'essere umano, in quanto animale superiore, realizza (si potrebbe persino dire, ... *ricapitola* ...) in sé tutti questi processi. Aggiunge qualcosa. È innovativo non soltanto nel lasciare emergere soluzioni stabili, e neppure soltanto nel cambiare attivamente per mantenere la propria omeostasi, ma anche nello *stabilire il fine*, l'obiettivo da perseguire. *La vita umana è intrinsecamente innovativa nel prefiggersi, talvolta, nuovi fini, persino in parte indipendentemente dalle circostanze. È dotata di una creatività "libera".*⁴

La creatività, dunque, si estrinseca essenzialmente nella combinazione nuova di elementi vecchi, in maniera passiva e statica a livello non vivente, in maniera attiva e dinamica a livello del vivente, in maniera libera (e forse pienamente creativa) a livello umano.

Qui giunti, concluderei con uno spunto epistemologico. Quanto tratteggiato sin qui proviene precipuamente dagli avanzamenti nelle scienze naturali. Vorrei sottolineare che questi avanzamenti, evidentemente frutto dell'intraprendenza umana (una intraprendenza assai probabilmente non finalizzata al mantenimento della propria omeostasi ...), richiedono creatività, richiedono immaginazione. La conoscenza scientifica avanza grazie a quest'ultima; non solo grazie ad essa, ma senza creatività e immaginazione il progresso scientifico si fermerebbe. Tratterò il punto accennando brevemente alla nascita dell'ottica scientifica. Siamo tra il 1690 (data di pubblicazione del *Tractatus de lumine* di C. Huygens) e il 1704 (data di pubblicazione della *Opticks* di I. Newton). Huygens propose un'ottica ondulatoria (la luce sarebbe un fenomeno ondulatorio, fatto di "onde elementari" che la sorgente di luce genera perturbando un mezzo). Newton propose un'ottica corpuscolare (la luce sarebbe fatta di corpuscoli emessi dalla sorgente di luce e obbedienti alla legge della dinamica, inerzia e gravità essenzialmente). Ebbene, la luce non è né l'una né l'altra cosa – o, forse meglio, è un po' tutte e due le cose – stando all'ottica quantistica attuale. Ad ogni modo, Newton e Huygens hanno dovuto essenzialmente immaginare onde elementari e corpuscoli di luce, rispettivamente. Senza questi loro gesti creativi, l'ottica quantistica non esisterebbe ...

³ Per omeostasi si intende uno stato interno di "funzionamento ottimale". Un vivente deve mantenere il valore di certi parametri – "vitali", appunto – entro una finestra, un *range*, ben definito.

⁴ Ho discusso questo tema, certamente più diffusamente di quanto potrò fare nella presentazione, in un precedente seminario, del 22 ottobre 2022 - <https://sisri.it/Seminari2022-23#Colage> - poi confluito in I. Colagè, "Cognizione animale e intelligenza umana: dai pesci ai primati", in I. Colagè, R. Mona (a cura di), *Origins. Le grandi domande su cosmo, vita e intelligenza, nella scienza, nella filosofia e nelle culture*, EDUSC, Roma 2024, pp. 211-244.