



Dozens of scientific societies, universities, research institutes, and foundations all over the world have banded together to dedicate 2013 as a special year for the Mathematics of Planet Earth.



Our planet is the setting for dynamic processes of all sorts, including the geophysical processes in the mantle, the continents, and the oceans, the atmospheric processes that determine our weather and climates, the biological processes involving living species and their interactions, and the human processes of finance, agriculture, water, transportation, and energy. The challenges facing our planet and our civilization are multidisciplinary and multifaceted, and the mathematical sciences play a central role in the scientific effort to understand and to deal with these challenges.

The mission of the MPE project is to:

- * Encourage research in identifying and solving fundamental questions about planet earth
- * Encourage educators at all levels to communicate the issues related to planet earth
- * Inform the public about the essential role of the mathematical sciences in facing the challenges to our planet

1. Etimologia particolare	3
2. Problemi	18
2.1 ...ebbasta con 'sto giardino!	18
2.2 Giovini, restituite il maltolto!	18
3. Bungee Jumpers	19
4. Soluzioni e Note	19
4.1 [Calendario 2006] – Ottobre 2006: IMO 1960 – 4	20
4.2 [167].....	22
4.2.1 On the road	22
5. Quick & Dirty	23
6. Zugzwang!	24
1.1 Enludopedia	24
7. Pagina 46	27
8. Paraphernalia Mathematica	28
1.2 Su Mercurio siamo fritti?.....	28



	Rudi Mathematici Rivista fondata nell'altro millennio da <i>Rudy d'Alembert</i> (A.d.S., G.C., B.S) rudy.dalembert@rudimathematici.com
	<i>Piotr Rezierovic Silverbrahms</i> (Doc) piotr.silverbrahms@rudimathematici.com
	<i>Alice Riddle</i> (Treccia) alice.riddle@rudimathematici.com
www.rudimathematici.com	
RM167 ha diffuso 2'976 copie e il 06/01/2013 per  eravamo in 20'000 pagine.	
Tutto quanto pubblicato dalla rivista è soggetto al diritto d'autore e in base a tale diritto <i>concediamo il permesso di libera pubblicazione e ridistribuzione</i> alle condizioni indicate alla pagina diraut.html del sito. In particolare, tutto quanto pubblicato sulla rivista è scritto compiendo ogni ragionevole sforzo per dare le informazioni corrette; tuttavia queste informazioni non vengono fornite con alcuna garanzia legale e quindi la loro ripubblicazione da parte vostra è sotto la vostra responsabilità. La pubblicazione delle informazioni da parte vostra costituisce accettazione di questa condizione.	

Trovate ulteriori dettagli al sito <http://mpe2013.org>. Ci siamo dati come propositi per l'anno nuovo *in primis* di capire come funziona la faccenda, e *in secundis* di cercare di spiegarvela: non in un colpo solo, chiaramente.

1. Etimologia particolare

“Una volta, a un convegno, mi trovai a sedere a tavola vicino a Fermi. Preso da reverenziale timore alla presenza del grand'uomo, gli chiesi che cosa pensasse di ciò che avevamo appena sentito a proposito delle prove dell'esistenza di una particella chiamata «K-zero-two». Egli mi fissò per un istante, poi disse: «Giovanotto, se riuscissi a ricordare i nomi di tutte queste particelle sarei stato un botanico».”
(Leon Lederman, “La particella di Dio”)

Sembra che un giorno Feynman abbia detto che una buona prova del fatto che i fisici non siano poi così intelligenti come la gente pensa stia nel fatto che usano una quantità spaventosa di unità di misura dell'energia, senza decidersi a razionalizzarle una volta per tutte. In effetti, ci sono un gran numero di razionalizzazioni possibili, e non solo nel campo dell'energia e delle grandezze correlate, come lavoro e potenza; tra erg, joule, watt, MeV, TEP (tonnellata equivalente di petrolio), cavalli vapore, kiloton e un'altra pletora di unità, è abbastanza facile perdersi.

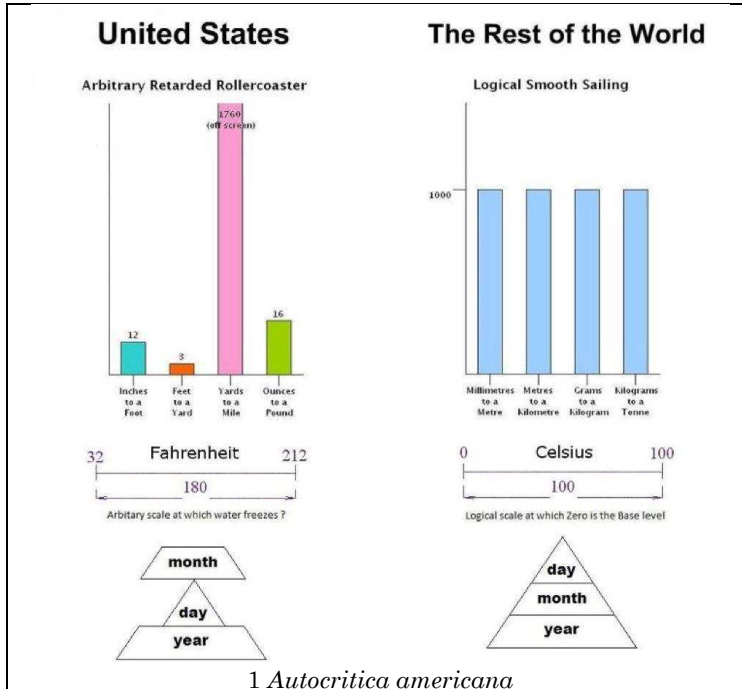
Del resto, Poincaré si disperò per tutta la vita del mancato completamento della rivoluzione metrico-decimale; unità fondamentali come quelle del tempo e delle coordinate geografiche sono ancora immuni dalla sanatoria indotta dalla Rivoluzione Francese, anche se quasi non ci facciamo caso. Ci vogliono 86400 secondi per suddividere un giorno, e i maestri delle elementari devono sempre investire un bel po' di tempo per spiegare ai giovani virgulti che in un minuto ci sono sessanta secondi, che ci vogliono sessanta minuti per fare un'ora, e che di ore ne servono 24 per fare un giorno; e il risultato è comunque che per capire quando è passato – tanto per dire – il 92,516% del giorno bisogna fermarsi a fare un bel po' di equivalenze. Se il giorno fosse diviso in 10 ore ben ordinate con sottomultipli in base decimale, si saprebbe al volo che il 92,516% per cento del giorno si avrebbe alle ore 9,2516.

E se meridiani e paralleli fossero anch'essi fedeli al sistema metrico decimale, probabilmente sulle autostrade non si troverebbero cartelli entusiasti che ricordano: “45° latitudine Nord! Metà strada tra il Polo e l'Equatore”¹; forse il punto topico geografico sarebbe sottolineato ugualmente, ma senza l'aria di rivelazione divina che sembra portare con l'asserzione esclamativa. Tanto più che i vantaggi della rivoluzione metrico-decimale erano ben presenti negli scienziati che si misero a misurare il meridiano: non per niente l'unità di misura della lunghezza, il nostro beneamato metro, venne definito come decimilionesima parte dell'arco di meridiano che va dall'Equatore al Polo. Se il sistema metrico decimale fosse stato portato a compimento, passando sotto quel cartello si saprebbe senza bisogno di equivalenze e di sorprese che la latitudine in quel punto è di 0,5 unità di semimeridiano, e i clamorosi annunci sembrerebbero quantomeno superflui. E, come automatico soprappiù, si saprebbe al volo che sia il polo sia l'equatore distano cinque milioni di metri, cioè cinquemila chilometri; e se la cosa può sembrare banale finché si parla della metà strada esatta, lo diventa assai meno per latitudini meno notevoli.

In ogni caso, l'autoflagellazione per le rivoluzioni incompiute non può che essere poca cosa di fronte al rammarico delle rivoluzioni che non sono neppure cominciate. La nazione

¹ Almeno uno c'è: sulla A21, Torino-Piacenza-Brescia, grossomodo tra Voghera e Tortona. Niente di male, sia ben chiaro, anzi: è piacevole incontrare ogni tanto un riferimento di geografia globale, in mezzo a tanta pubblicità commerciale.

tecnologicamente più avanzata del pianeta è paradossalmente ancora legata a sistemi di misura più o meno medievali. La figura qua sotto illustra abbastanza chiaramente che gli Stati Uniti dovrebbero probabilmente fare qualcosa di più per cercare di convincere i propri cittadini ad un utilizzo più razionale delle misure di uso comune².



In verità, c'è però qualcosa (poco) di positivo nel conservare vecchie unità di misura e vecchia terminologia, e cioè un po' di consapevolezza storica. Ad esempio, gli automobilisti in procinto di pagare il bollo della loro vettura spesso si affannano a tradurre la potenza del mezzo, ormai giustamente scritta sulle carte di circolazione in kilowatt, mentre ricordano meglio quella ancora in voga nell'ambiente motoristico, espressa in CV (cavalli vapore), o HP che dir si voglia. Trascurando la complicazione burocratica dei CF (Cavalli Fiscali, un tempo in auge proprio per il

pagamento della tassa di circolazione), resta il fatto che i "cavalli" non sono mai stati ben definiti, tanto che si parla ancora di cavalli vapore "meccanici", "elettrici", "idraulici", "metrici", "britannici", e così via, e naturalmente tutti con valori diversi. Però, quantomeno, nel loro denominatore comune riescono a far ricordare che le prime misure della potenza di una macchina (a vapore, appunto) erano state fatte confrontandole con quella degli animali da tiro per eccellenza, i cavalli. E può essere divertente sia notare che un buon cavallo da corsa, fresco e in salute, sviluppa però una potenza prossima ai dieci cavalli vapore, e non solo ad uno³; o che a cercare di determinare questa unità di misura sia stato James Watt, che alla fine ha dato il nome all'unità di misura che ha definitivamente soppiantato quella che lui aveva definito.

Oltre al peccato purgatorio delle unità di misura, c'è un altro campo dello scibile che è infestato da termini apparentemente del tutto arbitrari: il temibile inferno della nomenclatura delle particelle elementari. In questo caso la razionalizzazione è più complessa e difficile (se riuscite a portarla a compimento in maniera esaustiva, è verosimile che possiate farvi invitare a cena dal Re di Svezia, in uno dei prossimi autunni), ma per contro, il ripasso puramente etimologico dei nomi delle particelle può essere un buon viatico per ricostruire parte della fisica degli ultimi secoli. E forse anche per restare meno perplessi di fronte a parole che, note a pochi eletti, diventano improvvisamente di patrimonio giornalistico e comune⁴.

² La figura è stata rubata alla pagina Facebook www.facebook.com/IFeakingLoveScience (ehm... Il "Feaking" presente nella URL diventa un po' più esplicito nel logo della pagina stessa, ma ciò non toglie nulla alla bontà del sito), nata quasi per scherzo e diventata rapidamente popolarissima. Ve la consigliamo.

³ Ci sembra però opportuno, per non far passare Watt per uno sprovveduto, precisare che la potenza media di un cavallo messo al lavoro per un'intera giornata, come accadeva a quei tempi, esprimeva effettivamente nel tempo una potenza media grosso modo equiparabile al CV.

⁴ Il riferimento, niente affatto velato, è soprattutto verso la parola "bosone", recentemente salita alla ribalta dei media per merito della particella di Higgs. Ma chi è abbastanza vecchio può forse ricordare come, ai tempi del disastro nucleare di Chernobyl, i giornali quasi impazzirono per l'unità di misura delle radiazioni, il nanocurie. Curiosamente, in quel caso, più che il nome (forse Madame Curie era tutto sommato abbastanza nota) fu il

Quella che potremmo chiamare “etimologia particolare” non può non cominciare col nome più facile e comune: **ATOMO**. La parola è antica, e la sua etimologia è forse una delle poche che viene immancabilmente ricordata fin dalle scuole elementari o medie: viene dal greco *ἄτομος*, *indivisibile* (unione di *ἄ* [alfa privativo] + *τόμος* [pezzo, frammento]⁵). Se il significato di “atomo” è universalmente noto, vale forse la pena di ricordare che l’idea di componenti ultimi, elementari della materia è davvero antica: risale almeno al quinto secolo avanti Cristo, con Leucippo e Democrito, e forse è ancora precedente. Quel che dovrebbe sorprendere maggiormente è forse l’idea stessa di “elemento minimo”: i matematici, in fondo, non ne sentono l’esigenza, visto che il concetto di “continuo” è ben presente nel pensiero matematico, e non prevede un limite inferiore di dettaglio. O forse è vero il contrario: forse è il continuum matematico ad essere meno naturale ed istintivo, quando la discontinuità dei numeri naturali era forse un’attrattiva maggiore per i filosofi naturali.

In ogni caso, l’introduzione dell’ipotesi atomica fu abbastanza rivoluzionaria, nella filosofia della scienza⁶: immaginare che il mondo sia composto da particelle piccolissime e non ulteriormente riducibili cambia molto l’approccio della “ricerca scientifica”, se così si possono chiamare le speculazioni del tempo: se non altro perché sembra possibile arrivare ad un termine ultimo della ricerca stessa. Per definizione, se si arriva a conoscere gli atomi, mattoni elementari, non si avrà altro da scoprire, almeno nella direzione verso il mondo microscopico. Col senno di poi – o più semplicemente col senno derivato dalla conoscenza fisica maturata nei venticinque secoli successivi – è facile concludere che il nome è sbagliato, oppure che è finito addosso ad una entità fisica che non se lo meritava pienamente. Ogni libro di fisica ha almeno un capitolo che si intitola “la struttura dell’atomo”, che dal punto di vista etimologico è un’ovvia contraddizione in termini, visto che la caratteristica essenziale degli oggetti “microscopici e non ulteriormente divisibili” dovrebbe essere proprio l’assenza di struttura, l’impossibilità di essere ridotti a costituenti ancora più piccoli. Quindi “atomo” è parola tanto nota quanto inesatta: un tempo si diceva che la differenza principale tra fisica e chimica stava proprio nel fatto che un chimico poteva permettersi il lusso di continuare a considerare l’atomo indivisibile, mentre il fisico non aveva una tale libertà. In effetti, uno dei lavori principali del chimico era un tempo (e forse è ancora) l’analisi, intendendo con questo termine la scomposizione delle molecole⁷ nei loro costituenti ultimi (appunto gli atomi); e più oltre non si poteva andare. Visto che tra i nostri amici annoveriamo anche qualcuno che di mestiere fa il “chimico quantistico”, ipotizziamo che tale suddivisione terminologica potrebbe essere ormai un po’ superata.

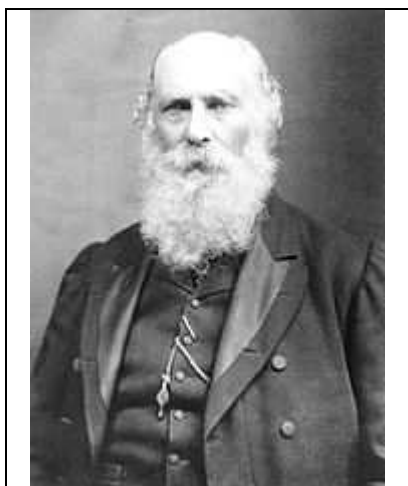
È verosimile che il termine immediatamente successivo da analizzare sia a questo punto **ELETRONE**. Prima ancora di scoprirne l’etimologia, forse è bene rammentare che i nomi sono soprattutto delle etichette mnemoniche, e che quando vengono attribuiti rispecchiano una precisa caratteristica che il nome ha l’incarico di conservare. La parola “atomo” ha lo scopo di determinare una caratteristica di tutta la materia, e per materia si intende quel concetto non troppo ben definito che i filosofi attribuivano ai corpi. Per contro, l’elettrone nasce soprattutto per descrivere una caratteristica ben diversa, che è ovviamente quell’insieme di fenomeni naturali che oggi chiamiamo “elettromagnetismo”.

prefisso a suscitare curiosità; il “nano-”, prefisso che sta a significare “miliardesimo” era così poco noto che non ci fu pubblicazione che non scherzasse mettendo a paragone gli indici di radioattività con gli amichetti di Biancaneve.

⁵ Se non diversamente specificato, le traslitterazioni etimologiche, tanto per mantenere un po’ di coerenza nelle fonti, sono prese tutte da Wikipedia (Italia), che ringraziamo sentitamente.

⁶ Anche perché – forse è bene ricordarlo – la massima autorità dei tempi antichi, Aristotele, pensava invece che gli atomi non esistessero, e che la materia fosse divisibile all’infinito.

⁷ È un po’ fuori dal tema principale dell’articolo, ma costa poco ricordare che “molecola” significa letteralmente “piccola mole”, ovvero “piccola quantità”. In pratica, anzi, è la più piccola quantità di una sostanza che mantiene le caratteristiche naturali (cioè chimiche) della sostanza stessa: una molecola d’acqua è fatta da due atomi di idrogeno e da uno d’ossigeno, ma una volta che isoliamo i tre atomi costituenti, pur avendo la stessa materia, non abbiamo più l’acqua, ma qualcos’altro.



2 George Johnstone Stoney

Il fenomeno elettrico più noto, fin dai tempi antichi, è che del materiale particolare, se strofinato, assume la proprietà di attrarre piccoli oggetti. Il materiale noto agli antichi filosofi naturali che meglio riusciva in questa piccola magia era l'ambra, il cui nome greco è ἤλεκτρον; ed è quindi dal nome greco dell'ambra che prende il nome l'elettricità. L'idea che esistesse in natura una particella portatrice di una unità minima, elementare e indivisibile di carica elettrica è comunque abbastanza recente: e il nome "elettrone" per la carica elettrica elementare (negativa) fu proposto solo nel 1894 dal fisico irlandese George Johnstone Stoney.

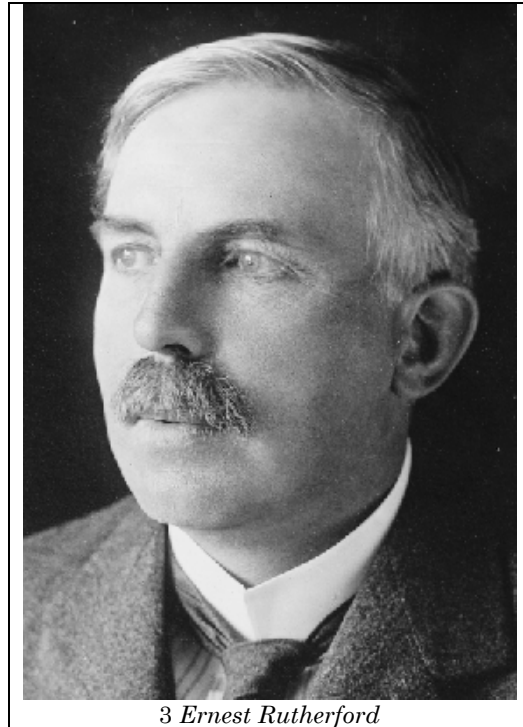
L'idea che le particelle che trasportavano la carica elettrica fossero anche dei costituenti fondamentali dell'atomo è in realtà tutt'altro che naturale e immediata, e infatti ci volle il lavoro di molti anni e di

molti fisici del XIX secolo per giungere ad una ipotesi consistente in questo senso. In fondo, le osservazioni dimostravano che esistevano due tipi diversi di elettricità, e soprattutto sembrava che la maggior parte delle sostanze fosse immune dalle strane caratteristiche dell'ambra strofinata. Non stupisce quindi che ci sia voluto del tempo per arrivare ad un modello dell'atomo che implicasse come costituenti fondamentali delle particelle cariche elettricamente. Quando si arrivò infine ad un modello atomico in grado di spiegare la quasi totalità delle osservazioni elettriche e delle caratteristiche chimiche della materia (atomo di Thomson), e quando lo stesso Thomson dimostrò che i raggi catodici erano composti effettivamente da particelle, George Fitzgerald propose il nome "elettrone" per la particella (e non solo per l'unità di carica, come aveva fatto Stoney), e il termine divenne rapidamente d'uso comune. A titolo di commento ex-post, è curioso notare che mentre l'atomo, inizialmente pensato indivisibile, si è poi dimostrato essere tutt'altro che tale, l'elettrone mantiene tutt'ora la sua immacolata verginità: il concetto di "struttura dell'elettrone" è tutt'ora davvero una contraddizione, perché l'elettrone sembra proprio essere una particella "elementare", cioè non strutturata. Inoltre, il suffisso "-trone" che arriva dalla seconda parte del nome greco dell'ambra può essere grossolanamente inteso anche come (sempre dal greco) "agente", "mezzo attraverso il quale", cosicché "elettrone" risulta essere anche etimologicamente qualcosa che rappresenta il "mezzo attraverso il quale agisce l'elettricità". In ogni caso, il suffisso "-trone" e soprattutto quello più sintetico "-one" si è dimostrato di grandissimo successo, ed è finito appeso praticamente a tutte le particelle elementari: cosa che in italiano è un po' curiosa, essendo quella desinenza riservata agli accrescitivi, e quindi del tutto contraddittoria se destinata a particelle che più piccole non si può. Ma, del resto, proprio da questa contraddizione deriverà, più avanti, il contributo maggiore della lingua italiana alla nomenclatura delle particelle elementari.

Con l'ingresso in campo dell'elettrone, la situazione è abbastanza limpida per quanto riguarda la chimica, che con la Tavola degli Elementi e tutta la logica delle valenze date proprio dagli elettroni riesce a tirare avanti abbastanza bene. I fisici possono, in fondo, anch'essi essere soddisfatti: l'idea atomica di Thomson prevede un atomo fatto grosso modo come un batuffolo d'ovatta in cui sono dispersi gli elettroni come grani di pepe, e l'assenza o la presenza di elettroni in soprannumero determina la carica elettrica dell'atomo ionizzato. In realtà, è quasi inutile precisarlo, gli scienziati del tempo avevano un sacco di lavoro in corso e di interrogativi da risolvere, e dubitiamo fortemente che si sentissero pienamente soddisfatti di questo ipotetico quadretto. Di sicuro, le cose cambiarono sensibilmente con l'arrivo di Ernest Rutherford, che in un colpo solo presentò al dizionario della fisica i termini di **NUCLEO** e di **PROTONE**. Con il suo celeberrimo esperimento, Rutherford spiazza molte delle convinzioni correnti: innanzitutto, introduce la sconvolgente notizia che la materia è fatta soprattutto di niente, di vuoto. Tutta la massa dell'atomo è racchiusa in una regione piccolissima, il nucleo appunto, e tutto il

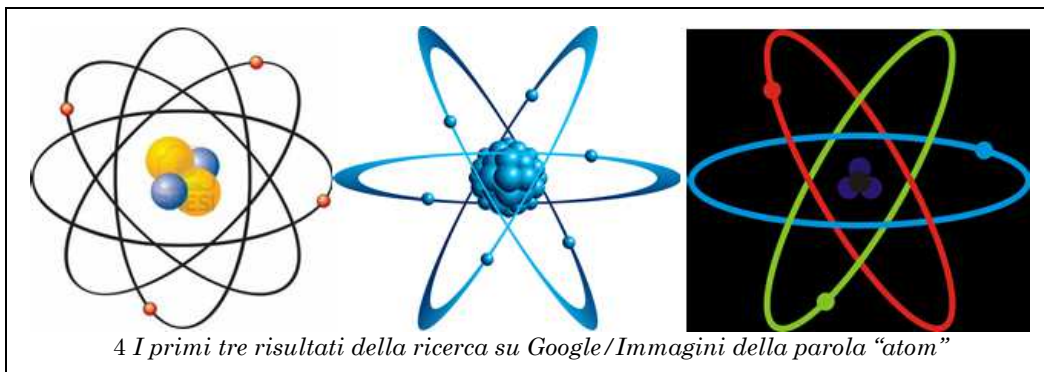
resto è nulla, una vasta regione dove danzano gli elettroni. Nucleo è parola che non richiede esplorazione etimologica⁸, ma non per questo è meno rivoluzionaria; diventa chiaro che tutta la carica elettrica positiva dell'atomo deve essere raggruppata al centro dello stesso, e diventa naturale immaginare che lì si raccolgano delle particelle massive dotate di carica, i protoni, appunto. Protone è parola che viene sempre dal greco, "πρῶτον", che significa "primo"; nome abbastanza adatto, per quella che sembra essere la particella fondamentale della struttura dell'atomo. In realtà, come spesso accade, i nomi si portano appresso più significati di quanto normalmente si creda (e la storia della scienza è assai più varia e interessante di quanto si possa riassumere in un articolo).

Rutherford scopre il nucleo nel 1911, e con esperimenti successivi, tra il 1917 e il 1919, mostra che nel nucleo degli atomi sono presenti particelle corrispondenti ai nuclei dell'idrogeno (ovvero i protoni, l'idrogeno ha per nucleo un singolo protone). L'idea che gli elementi fossero composti da "atomi di idrogeno aggregati" è però molto più vecchia: fu avanzata un secolo prima, nel 1815, da William Prout. Un po' per amore del greco, un po' per marchiarli col proprio nome, Prout propose il termine "protile" per questi "atomi mattone". Quando Rutherford, con maggior cognizione di causa, si trovò a battezzare le particelle costituenti il nucleo, propose il termine "protone" un po' perché l'etimologia greca funzionava bene, un po' per assonanza nel suffisso con l'elettrone, e un po', pare, anche per omaggiare Prout.



3 Ernest Rutherford

Probabilmente è dall'esperimento di Rutherford che si forma anche l'iconografia classica dell'atomo rappresentato grosso modo come un sistema solare (ma con gli elettroni-pianeti non vincolati ad un solo piano dell'eclittica): immagine abbastanza devastante nella sua imprecisione, ma ormai del tutto presente nell'immaginario collettivo di tutto il pianeta.



4 I primi tre risultati della ricerca su Google/Immagini della parola "atom"

Un'altra conseguenza dell'esperimento di Rutherford è forse ancora più sconvolgente della scoperta che gli atomi sono fatti principalmente di vuoto: se i protoni formano il nucleo (che ovviamente sarà densissimo), questo significa che i protoni sono tenuti insieme da qualche forza. E questa forza dev'essere davvero spaventosa, visto che riesce a contrastare, annullandola, l'interazione fisica più potente fino ad allora conosciuta, quella

⁸ Tanto per completezza, anche se il senso fisico è del tutto chiaro perché coincidente con quello comunemente in uso per la parola, ricorderemo che l'origine del termine viene da "nux", "noce" in latino.

elettromagnetica. Tenere attaccate particelle con carica elettrica uguale è estremamente difficile, perché queste notoriamente si respingono, e lo fanno con tanta maggior forza tanto più corta è la loro distanza. Nel nucleo, invece, i protoni sono strettissimamente attaccati, alla faccia delle leggi dell'elettrostatica. Fa così il suo ingresso in fisica l'interazione fondamentale più forte di tutte, che con somma originalità viene chiamata "interazione nucleare forte". E, naturalmente, fa il suo ingresso anche l'affascinante disciplina della fisica nucleare, che nonostante quel che pensano tutt'ora gran parte dei giornalisti non specializzati, è cosa ben diversa dalla fisica atomica.

Avendo a disposizione elettroni (carichi negativamente e leggeri) e protoni (carichi positivamente e massivi), si può seriamente pensare di capire come siano fatti tutti gli atomi del sistema periodico. Bisogna certo ancora far quadrare un sacco di cose (le masse degli elementi, ad esempio: o capire perché gli elettroni che ruotano attorno al nucleo non emettano radiazione elettromagnetica come dovrebbero, schiantandosi sul nucleo in una frazione di secondo; o perché i protoni restino tutti attaccati fra loro; e altre quisquilie...), ma il punto è che per capire bene come è fatto il mondo bisogna provare a capire non solo come è fatta la materia, ma anche la radiazione, i "raggi", insomma. Del resto, Maxwell aveva già spiegato che la radiazione per eccellenza, la luce, era chiaramente d'origine elettromagnetica; una nuova radiazione veniva forsennatamente studiata negli ultimi anni dell'Ottocento, ed era così misteriosa che Roentgen la chiamò "raggi X"; lo studio della radioattività naturale aveva portato alla scoperta di radiazioni diverse, ed erano ancora di difficile comprensione tanto da meritarsi solo delle denominazioni classificatorie, come decadimento "alfa", "beta", o "gamma". Un arricchimento della nomenclatura particellare si ebbe proprio quando Einstein suggerì, riscoprendo in qualche modo una teoria di Newton caduta in disuso, che anche la luce potesse essere composta di particelle, i "quanti di luce": era nato il **FOTONE**. Il termine deriva come al solito dal greco, e precisamente da $\phi\omega\varsigma$, "luce". Sembra che il primo ad usarlo sia stato Gilbert Lewis, nel 1926, peraltro usandolo in un testo teorico che si è rivelato assai errato; secondo altri, la parola era già stata introdotta da Compton nel 1923.

A questo punto le cose, già complicate per conto loro, palesano una complicazione ben maggiore di quella che probabilmente immaginavano i fisici della generazione precedente. Per un bel po' di tempo era legittimo pensare che "materia" e "radiazione" potessero essere cose ben distinte: la prima organizzata in particelle materiali, come microscopici sassolini; la seconda formata da altrettanto microscopiche onde. Ma in breve si vede che la luce, considerata la radiazione principe, ha aspetti corpuscolari, e poco dopo si scopre che anche le particelle "materiali", come l'elettrone, non disdegnano di palesare aspetti ondulatori. Questo porta rapidamente alla riscrittura di tutta la fisica di base, e soprattutto complica di molto l'anagrafe delle particelle. Si comincia a capire che le particelle interagiscono in base a forze fondamentali, e che particelle molto reattive ad una forza possono essere del tutto immuni ad altre; ma questo è ancora niente, visto che nasce anche il concetto di "particella di scambio", come è il fotone per l'interazione elettromagnetica; e, ovviamente, questo tipo di particelle, per essere scambiate, devono essere prive della "carica" dell'interazione che scambiano. Così il fotone, moneta di scambio elettromagnetica, è elettricamente neutra; e come "particella" è proprio difficile da visualizzare⁹, visto che anche la sua massa (a riposo) è nulla. Per gente abituata a pesare oggetti in laboratorio e a misurare cariche elettriche con somma attenzione, non deve essere stato facile digerire la cosa.

Del resto, i fisici armati di bilance da laboratorio avevano comunque i loro problemi anche solo per far tornare i conti del Sistema Periodico con l'ausilio dei soli protoni. Se l'idrogeno ha numero atomico 1, l'elio 2 e il litio 3, si può concludere che l'idrogeno abbia un solo protone nel nucleo, l'elio due e il litio tre; ma se i conti della carica elettrica tornano che è una bellezza, quelli della massa non tornano per niente. L'elio pesa ben di più del doppio dell'idrogeno, e il litio più del triplo. Manco a dirlo, è il solito Rutherford che

⁹ Dire che i fotoni sono difficili da "visualizzare" quando sono in realtà le uniche particelle che fisicamente "vediamo" è un bell'esempio di quanto sia complicato scrivere articoli di questo genere.

nel 1920 ipotizza l'esistenza di altre particelle nel nucleo messe a far compagnia ai suoi protoni. Particelle senza carica ma con massa sensibile, dell'ordine di quella dei protoni.

Ma il guaio è che quasi tutta la strumentazione di laboratorio è fatta apposta per individuare particelle cariche, e scovare le particelle senza carica è tutt'altro che facile. Bisogna infatti aspettare fino al 1932 prima che Chadwick riesca a tirare fuori dal suo nascondiglio il **NEUTRONE**; l'etimologia è ancora una volta del tutto superflua, visto che ormai tutte le particelle finiscono in “-one” e la caratteristica essenziale del neutrone è quella di essere elettricamente neutro. Se è neutro dal punto di vista elettromagnetico, però, il nostro nuovo eroe non è affatto neutro dal punto di vista dell'interazione nucleare forte: è un componente del nucleo, al pari del protone, e come quest'ultimo resta ben stretto ai suoi compagni al centro dell'atomo. Per quanto riguarda l'interazione forte, insomma, è del tutto assimilabile al protone (la piccola differenza di massa è trascurabile), al punto che viene coniata la parola **NUCLEONE** per unificare neutroni e protoni dal punto di vista dell'interazione nucleare.



5 James Chadwick

Dalla teorizzazione nel 1920 alla sua scoperta in laboratorio nel 1932 passano però 12 anni, e in tempi ricchi di scoperte come quelli, dodici anni sono un'eternità. Nel 1930, infatti, Wolfgang Pauli teorizzò l'esistenza di una particella neutra per far tornare i conti di conservazione nel Decadimento Beta. Da quando si era capito che le particelle potevano decadere le une nelle altre, i fisici ponevano grande attenzione nelle quantità che, in accordo coi sacri principi di conservazione, dovevano rimanere immutate prima e dopo gli eventi di reazione. Da questo punto di vista il decadimento beta era un problema niente male. Mentre il Decadimento Alfa consiste nell'emissione, da parte di un atomo, di “particelle alfa” (che col senno di poi si sanno essere nuclei di elio, ovvero un blocco di quattro nucleoni, due protoni e due neutroni), il Decadimento Beta è invece l'emissione di un elettrone associato ad innalzamento di carica positiva nel nucleo. Col solito senno di poi, si è compreso che si tratta della trasformazione di un neutrone del nucleo in un protone, accompagnata appunto dall'emissione di un elettrone. Il bilancio della carica elettrica è evidentemente rispettato, ma quelli dell'energia e del momento angolare non lo sono affatto. Con l'introduzione della piccola particella di Pauli, invece, i conti sarebbero tornati; e così il fisico austriaco propose l'esistenza di questo salvifico elemento neutro per salvaguardare le grandi leggi di conservazione della fisica. Ovviamente, sul calco di “elettrone” e “protone” propose il nome “neutrone” per la sua particella, senza badare troppo al fatto che anche la particella neutra che serviva a Rutherford per fargli tornare i conti dei pesi atomici aveva lo stesso “battesimo” in attesa di essere celebrato.

Manco a dirlo, quando due anni dopo Chadwick annunciò la scoperta del neutrone, regnava una discreta confusione in merito alle particelle senza carica elettrica (e probabilmente non solo tra i giornalisti non specializzati): qualcuno chiese a Fermi se la particella neutra scoperta da Chadwick fosse la particella neutra teorizzata da Pauli, e il fisico romano chiarì una volta per tutte la confusione, dicendo che no, la particella di Chadwick era quella attesa da Rutherford, neutra ma molto massiva; quella che teorizzava Pauli era invece non solo neutra, ma praticamente senza massa: tutt'altro che un “neutrone”, insomma, ma piuttosto, detta all'italiana, un **NEUTRINO**. E così la prima particella a non avere la desinenza in “-one” ebbe il suffisso italiano in “-ino”, e continua a portarselo appresso in tutte le lingue del mondo.



6 Wolfgang Pauli (alle prese con un neutrino particolarmente massiccio)

Il neutrino è stato a lungo considerato come l'oggetto più inverosimile dello zoo delle particelle, almeno finché questo zoo è rimasto relativamente poco popolato. Senza carica elettrica, e quindi immune dall'interazione elettromagnetica; senza massa¹⁰, e quindi immune dall'interazione gravitazionale; e già che era sulle spese, anche del tutto insensibile all'interazione nucleare forte. In buona sostanza, i neutrini sono i protagonisti assoluti di una nuova interazione, la cosiddetta interazione nucleare "debole".

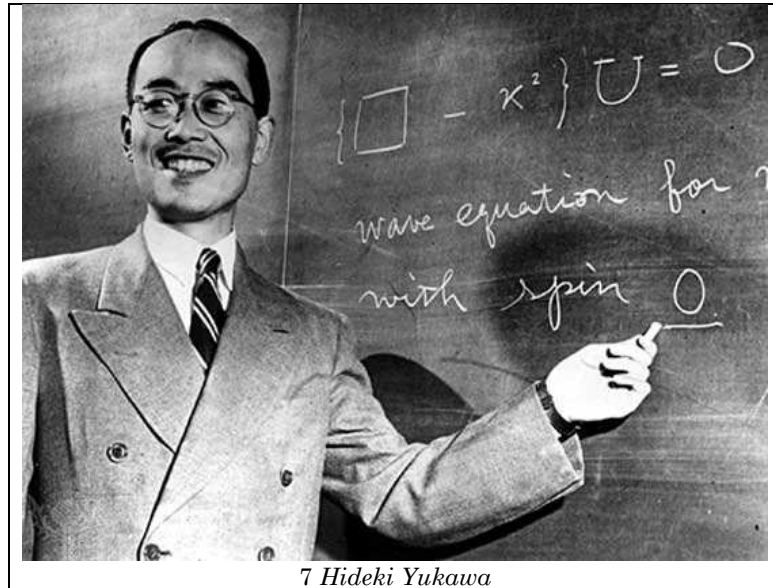
Con l'arrivo dell'interazione debole, le forze fondamentali sono complete: gravitazionale, elettromagnetica, nucleare forte e nucleare debole. A dire il vero, l'interazione debole ha avuto vita breve, visto che già nel 1968, con l'arrivo del Modello Standard di Glashow, Salam e Weinberg, la forza debole è confluita con l'elettromagnetica a formare la cosiddetta interazione

"elettrodebole", ma il punto resta evidente: negli Anni Trenta, le particelle cominciavano ad essere troppe e troppo strane, e ognuna di esse sembrava volesse agire come meglio gli pareva, scegliendosi le interazioni a cui dar retta e quelle di cui impiparsi allegramente. I fisici cominciarono allora a chiamarle non solo con il loro nome, ma anche in base alle loro caratteristiche di interazione. C'erano particelle "pesanti", come il protone e il neutrone, e particelle leggere, come il fotone, l'elettrone e il neutrino; c'erano particelle che reagivano all'interazione forte, come i nucleoni, e quelle che della forza più intensa della natura non si curavano per niente. C'erano le particelle cariche e quelle neutre, e non abbiamo ancora parlato dello spin, che è un altro bell'elemento discriminante.

Per evitare di rendere questo illeggibile pezzo ancora più illeggibile, occorre a questo punto saltare un po' di palo in frasca, e farlo piuttosto rapidamente. Abbastanza grossolanamente, la suddivisione tra particelle "pesanti" e "leggere" avvenne introducendo il concetto di **BARIONE** e **LEPTONE**, che con non troppa originalità vengono dal greco (βαρύς e λεπτόν, con il solito suffisso in "-one") e significano rispettivamente "pesante" e "leggero". Che una simile denominazione fosse un po' troppo approssimata divenne drammaticamente chiaro quando si scoprì una particella la cui massa era troppo pesante per rientrare nella famiglia dei leptoni e troppo leggera per entrare in quella dei barioni; era una vera e propria via di mezzo, insomma. Senza farsi prendere dal panico, i fisici usarono proprio la parola greca per "in mezzo" (μεσός) per definire la nuova tipologia di particelle, e incastrarono tra il barione e il leptone anche il **MESONE**.

¹⁰ Almeno così veniva considerato ai tempi della sua teorizzazione. Si è poi appurato che i neutrini una massa ce l'hanno, ma è comunque davvero irrisoria.

Messa così, però, sembra quasi che i mesoni siano particelle poco importanti, né carne né pesce; e il giudizio è davvero ingeneroso. Un po' perché, scoperta nel 1934 da Yukawa, segna l'ingresso nella fisica moderna dell'Asia; un po' perché i mesoni sono quelle particelle che, veicolando l'interazione forte, in qualche modo spiegano finalmente a Rutherford e compagni perché i nucleoni restano attaccati fra loro anche se hanno cariche elettriche



7 Hideki Yukawa

uguali; e un po' anche dal punto di vista etimologico, visto che Yukawa aveva proposto candidamente per la sua particella il nome di “mesotrone”, basandosi sempre sulla via di mezzo tra il greco e il calco da “elettrone”, ma venne amichevolmente corretto da Werner Heisenberg, che mostrò come il gruppo “-tr.” col “mesos” greco non c'entrasse niente. Per rafforzare la sua tesi, va detto che Heisenberg chiese e ottenne la dotta consulenza del suo papà, che insegnava greco all'università di Monaco di Baviera.

Si rende necessaria ora un'ulteriore precisazione. I fisici, per risparmiare inchiostro e gesso, tendono a scrivere simboli piuttosto che parole intere. È quindi inevitabile che ogni particella si porti appresso, oltre al nome e alla sua dotta storia etimologica, anche un rapido e sintetico simbolo. In molti casi, il simbolo è del tutto evidente e chiaro: “e” (o più correttamente “e⁻”) per l'elettrone, “p” per il protone, “n” per il neutrone. Il fotone, protagonista della misteriosa radiazione gamma d'un tempo, è siglato con la corrispondente lettera greca; e il neutrino, tanto per non far confusione con il solito neutrone, si è accaparrato la “nu” greca, ovvero “ν”. Yukawa, per la sua particella, propose il nome “proprio”¹¹ di “muone”, e utilizzò il simbolo “μ” (“mu”) per indicarla. La genesi del nome è quindi evidente e semplicissima: si prende la lettera (solitamente greca) del simbolo, ci si appiccica a forza il suffisso “-one”, e il gioco è fatto. E così nascono i nomi di quasi tutta la pletora spaventosa di particelle che vennero poi scoperte nella sempre più affannosa ricerca: al MUONE seguì il PIONE, e poi tragicamente il TAUONE, l'ETAONE, il KAONE, lo CSIONE, il LAMBDAONE, il THETAONE e molte altre ancora¹², finché presto ci si stancò di nomi così assurdi e ci si limitò a chiamarle semplicemente con il simbolo.

La proliferazione nello zoo delle particelle dipendeva da diversi fattori. Tanto per cominciare, si scoprì che l'idea avanzata da Dirac dell'esistenza dell'antimateria non era poi così follemente fantascientifica come poteva sembrare a prima vista: sempre nel 1932 Carl Anderson¹³ scopre il POSITRONE, ovvero l'anti-elettrone. Anche in questo caso l'etimologia è del tutto evidente: “positrone” non è altro che la contrazione di “positivo elettrone”. Le antiparticelle hanno la graziosa caratteristica di annichilarsi in un lampo d'energia da far invidia agli scontri tra astronavi di Star Trek, e sembra proprio che ogni

¹¹ Perché in fondo “mesone” è un nome di famiglia, appunto. Il protone è un barione, l'elettrone è un leptone, e la particella di Yukawa un mesone, ma mesone non vale come nome di battesimo, no? Abbastanza paradossalmente, comunque, il primo dei mesoni – appunto il muone – sarà poi riclassificato, per ragioni più stringenti di quelle della mera massa, tra i leptoni.

¹² Ginestra Amaldi in “La scoperta delle particelle elementari” dice: “C'è da rabbrivire, a pensare che dopo il tauone e il kaone verranno il lambdalone e il sigmalone”, e non le diamo torto.

¹³ No, non il cantante nero che fa la parte di Giuda in “Jesus Christ Superstar”; un altro.

particella abbia la sua antiparticella, salvo il caso in cui una particella è antiparticella di sé stessa. Inoltre, i teorici cominciarono a notare delle strane somiglianze di comportamento tra particelle via via più massive, come se una certa regolarità nello zoo si mostrasse a livello ciclico. In pratica, sembravano esserci dei livelli simili a quelli scoperti da Mendeleev nella Tavola degli Elementi, e questo faceva da guida nella ricerca, proprio come quando, un secolo prima, i chimici si erano messi a caccia degli elementi che, previsti dal Sistema Periodico ma non ancora noti, brillavano come “buchi” nella tavola ben ordinata. Ancora più notevole era poi il fatto che i fisici sperimentali stavano diventando molto bravi a tirar fuori le particelle, anche perché i laboratori di fisica cominciarono ad avere a disposizione un bel po’ di energia, ed era ormai del tutto evidente che certe particelle riuscivano a rivelarsi solo se sollecitate da urti spettacolarmente energetici.

È però ormai evidente che le particelle sono davvero troppe, per poter essere davvero “elementari”; si fa sempre più strada l’idea che alla base di tutto ci potrebbero essere dei componenti più semplici. In ogni caso, i fisici continuano a fare il loro lavoro e ad inventare nomi. Se per le particelle cariche elettricamente non serviva una terminologia apposita (si è sempre tirato avanti chiamandole “negative”, “positive” e “neutre”), si è visto che per le dimensioni di massa una grossolana suddivisione (leptoni, mesoni, barioni) si era resa necessaria. I fisici nucleari, che si interessavano prevalentemente di particelle sottoposte alla forza nucleare forte, coniarono il termine **ADRONE** per indicare le particelle sensibili a questa interazione. Anche questo termine viene dal greco (da ἄδρῶν, “forte”, “duro”), ma il monopolio delle lingue classiche nella terminologia della fisica microscopica sta ormai rapidamente volgendo alla fine. Naturalmente, il termine non indica una particella precisa, ma tutta una famiglia, o meglio ancora una precisa caratteristica, quella di essere sensibile all’interazione forte. Quindi un adrone è generalmente anche qualcos’altro, come un barione o un mesone: non può essere un leptone, ma non per ragioni etimologiche, solo per ragioni fisiche.

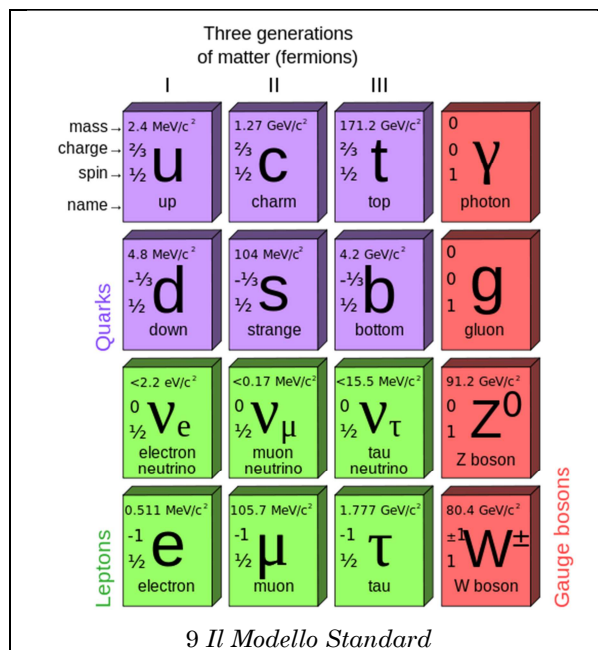


La ricerca etimologica è arrivata quasi al termine. Il gran disordine delle particelle elementari riceve infine una classificazione decisamente più logica con l’introduzione del concetto di **QUARK**; ma basta il nome per far capire che da un certo punto in avanti, quasi tutti i nuovi componenti del mondo microscopico si sceglieranno dei nomi che non avranno bisogno di dizionari di greco o latino per essere compresi, e quindi quest’articolo perde la sua ragione di continuare. A dire il vero i quark hanno un’etimologia abbastanza divertente, e forse vale la pena accennarla: sembra che Gell-Mann, quando intuì che lo zoo delle particelle poteva essere semplificato se si immaginava di combinare opportunamente pochi mattoni fondamentali, avesse in testa solo il suono (qualcosa del tipo “kwork”) del nome della particella, e non la grafia. Gli venne in aiuto il libro che stava leggendo, ovvero il “Finnegans Wake” di Joyce, che ad un certo punto contiene la filastrocca “Three quarks for Muster Mark! - Sure he has not got much of a bark - And sure any he has it’s all beside the mark.” Perfino nel testo di Joyce il termine “quark” è abbastanza misterioso, e Gell-Mann deve aver letto in tutto ciò un vero e proprio segno del destino. “Quark” è comunque un nome di famiglia, e contiene sei componenti (con i relativi antiquark, ovviamente): forse perché un po’ stanchi di cercare nomi originali, forse perché ormai pensavano che i nomi dati all’inizio della storia

si rivelano poi spesso poco adatti a descrivere l'oggetto battezzato, forse solo per pigrizia, i fisici hanno chiamato i primi due quark con i nomi poco fantasiosi di "su" e "giù", o più esplicitamente, in inglese, **UP** e **DOWN**. Ad un'altra coppia sono toccati i nomi **TOP** e **BOTTOM**, ovvero "sopra" e "sotto"; alla terza, un po' più strana e affascinante, è arrivato il battesimo sotto forma degli attributi caratteristici, ovvero la "stranezza" e il "fascino" (o "bellezza"): **STRANGE** e **CHARM**. Con tutto il rispetto per i cervelloni americani, un po' di nostalgia per le etimologie greche rimane, visto che almeno loro tentavano di ricordare qualcosa, anche se sotto la forma un po' snobistica del classicismo. I quark sono così strettamente legati fra loro che non è mai stato possibile trovarne uno isolato: così, quando si dovette battezzare la "particella di scambio" tra quark si cercò un nome che potesse ben rappresentare questo straordinario potere adesivo, e si tirò fuori un termine che, come ai bei vecchi tempi, finiva in "-one": però la radice della parola restava inglese, ed era quella che semplicemente ricordava la colla, "glue": e il risultato finale fu il **GLUONE**.

Più oltre non si va. Un qualsiasi viaggio in Wikipedia mostra che esistono ancora una quantità di particelle, gran parte delle quali ancora solo ipotetiche e teoriche, e parlare dell'etimologia di tutte rischia di essere noioso o inutile, o più probabilmente sia noioso sia inutile. Però almeno un passo indietro bisogna farlo, che era stato volutamente tralasciato.

Si è visto come i fisici hanno storicamente classificato le particelle in base ad entità familiari come la massa, la carica elettrica, o l'interazione forte. Ma il mondo quantistico è più complicato, non è più possibile mantenere questa idilliaca familiarità. Una delle caratteristiche più significative delle particelle elementari è lo spin. Siccome lo spin è una sorta di



versione quantistica del momento angolare, viene spesso fatto visualizzare agli studenti come una sorta di "rotazione" sul proprio asse: con ogni probabilità, quest'immagine è dannosa tanto quanto la raffigurazione dell'atomo come sistema solare, nel senso che nell'analogia le differenze sono più perniciose di quanto siano utili le somiglianze. Sia come sia, lo spin è una caratteristica davvero cruciale delle particelle: ha delle regole di conservazione, ed è utilissimo per comprendere il comportamento della materia. Tanto per fare l'esempio più banale, il Principio di Esclusione di Pauli, fondamentale per comprendere le regole degli orbitali atomici e quindi tutto il ritmo della Tavola degli Elementi, è basato essenzialmente sul concetto di spin.

Senza entrare in dettagli pericolosi¹⁴, ci possiamo limitare ad osservare che esistono due classi di valori possibili di spin: spin intero (0, 1, -1, etc.) o semintero (un mezzo, tre mezzi, etc.). I comportamenti delle particelle con spin intero sono molto diversi da quelli delle particelle con spin semintero, al punto che non soltanto si meritano un "nome di famiglia" diverso, ma addirittura una diversa "statistica".

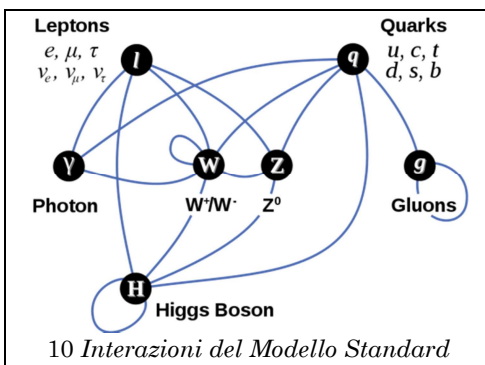
È opportuno ora prendersi una certa libertà semplificatrice, e provare ad fare uso di una matematica molto elementare: così elementare da poter sembrare addirittura sbagliata. Sembra che sia stato Galileo il primo a mostrare che fare 12 lanciando due dadi è meno

¹⁴ Pericolosi, beninteso, per chi scrive, che si è già avventurato ben oltre i limiti che dovrebbe mantenere per evitare di essere accusato di palese incompetenza.

probabile che fare 11; per quanto questo appaia ora del tutto evidente, per molto tempo si è pensato che le due uscite fossero egualmente probabili, perché entrambe richiedono una “configurazione unica”, che è 6-6 per il 12 e 5-6 per l’11. Ora, è ben noto che l’errore in tale ragionamento sta nel fatto che in realtà le combinazioni che portano alla somma 11 sono due (5-6 e 6-5), e quindi fare 11 è evento con probabilità doppia che fare 12. Dovrebbe però essere altrettanto evidente che questo è vero perché, nel nostro mondo macroscopico, i due dadi sono chiaramente distinguibili: quando scriviamo i due casi favorevoli per l’11 come “5-6” e “6-5” intendiamo di fatto “il primo dado ha valore 5, il secondo 6” e “il primo dado ha valore 6, il secondo 5”, e queste affermazioni implicano che sia sempre possibile distinguere il “primo” dado dal “secondo”. Se questa possibilità viene a mancare, allora l’affermazione che 11 ha la stessa probabilità di 12 diventa meno assurda. In fondo, non c’è nulla di male – cambiando esempio – a cercare di classificare le configurazioni di due monete semplicemente come “due teste”, “due croci” e “una testa e una croce” qualora le nostre osservazioni non avessero nessuna informazione sulla natura “distinguibile” delle monete. In questa ipotetica “statistica” la probabilità di ottenere “due teste” o “una testa e una croce” sarebbe pari ad un terzo per entrambe, anziché (come nel nostro mondo abituale) un quarto per “due teste” e un mezzo per “una testa e una croce”.

La cosa curiosa è che la “statistica normale” sembra regnare indiscussa nel mondo delle particelle con spin semintero, mentre quelle con spin intero sembrano preferire di gran lunga la “statistica delle monete indistinguibili”. Ovviamente, come avevamo premesso, in questo aneddoto si è fatto un uso brutale della semplificazione; ciò non di meno, il senso finale è che esistono due statistiche diverse per le particelle: la prima, detta Statistica di Fermi-Dirac, si applica a particelle che proprio per questa ragione vengono chiamate **FERMIONI**; l’altra statistica, un po’ più originale, è quella di Bose-Einstein, e le particelle che le obbediscono sono naturalmente dette **BOSONI**.

Sia “fermione” che “bosone” sono nomi di famiglia, condivisi da molte particelle. A dire il vero, essendo così strettamente legati allo spin, ed essendo lo spin una caratteristica in un certo senso additiva, che può essere calcolata anche su “gruppi di particelle”, è del tutto lecito attribuire il termine “bosone” o “fermione” anche a gruppi, e non solo a particelle singole. Ciò non di meno, è altrettanto inevitabile che alcuni nomi abbiano più fortuna di altri, se non altro perché magari, per ragioni storiche, si mostrano più duraturi e significativi di altri. Ad esempio, tornando all’inizio della nostra storia, è evidente che sia il protone sia l’elettrone hanno un diritto inalienabile di esistenza nel dizionario della scienza. È però altrettanto evidente che il protone, una volta che si scopre essere formato da tre quark, perde un po’ il rango di particella fondamentale e scompare dall’elenco dei mattoni fondamentali della materia, a differenza dell’elettrone. La stessa fine fanno tutti i barioni, mentre ad esempio i neutrini (di tre tipi diversi) sono promossi a veri protagonisti; e soprattutto un certo tipo di bosoni, molto massicci e perciò molto difficili da osservare, diventano le primule rosse della ricerca della fisica, perché si teorizza della loro esistenza per ragioni teoriche, ma inchiodarli dentro un acceleratore di particelle è impresa davvero improba.



10 Interazioni del Modello Standard

Il Modello Standard è solitamente rappresentato da una griglia in cui fanno bella mostra di sé solo sedici particelle: sei quark, sei leptoni e quattro bosoni di gauge. In ogni casella è riportata la massa, la carica e lo spin della particella, ed è facile vedere così che i dodici leptoni e quark sono tutti fermioni. I leptoni sono in un certo senso “coniugati”: l’elettrone ha il suo neutrino, al pari del muone, che fin dalla sua scoperta ha mostrato comportamenti molto simili a quelli di una specie di “elettrone massiccio”. E la particella tau si comporta come una specie di

ulteriore “salto di livello” nella famiglia elettronica. I sei quark, nelle loro molteplici combinazioni, danno vita a tutti i barioni e mesoni. I bosoni, con il loro spin intero,

sembrano farsi beffe della massa: i primi due (fotone e gluone) non ne hanno affatto; gli altri due (Z e W), sono degli autentici mostri massivi. Il Modello Standard ha una grossa pecca: non riesce ancora ad inserire nel quadro generale la più sfuggente delle interazioni fondamentali della natura, la gravità. Ma ovviamente i fisici non dormono, e già da diversi decenni si sono messi alla ricerca della ipotetica particella che dovrebbe governare il caro vecchio fenomeno della caduta dei gravi, il **GRAVITONE**, che è un altro termine che non abbisogna di etimologia.

Nella griglia a sedici caselle sembra mancare il protagonista assoluto degli ultimi mesi, il Bosone di Higgs: in realtà, è sempre il Modello Standard che lo richiede, come mostra il riassunto illustrato delle interazioni. Come quasi tutti i giornali hanno spiegato all'alba del 2012, il Bosone di Higgs ha, tra l'altro, anche il non trascurabile compito di spiegare per quale ragione le particelle siano dotate di massa (probabilmente non è un caso che, nella figura delle interazioni, il Bosone di Higgs eviti accuratamente di avere legami solo con il fotone e il gluone, che hanno massa pari a zero).

Il nome di Higgs è rimbalzato su tutti i giornali del mondo, quando dal CERN è arrivata la notizia che il suo bosone è stato (probabilmente) finalmente rilevato sperimentalmente. Il suo nome è stato accoppiato a quello di Dio, da quando la sua particella è stata, abbastanza inopinatamente, denominata anche "particella di Dio"¹⁵. È forse allora ancora più curioso che l'attenzione non si sia per contro posata affatto sul nome di chi ha dato il nome – e non solo il cognome – a tutta la famiglia dei bosoni.

Satyendranath Bose (ma forse sarebbe più corretto usare la grafia originale: সত্যেন্দ্র নাথ বসু) nacque il 1° gennaio 1894 a Calcutta, primo di sette fratelli, in una famiglia del tutto ordinaria per i suoi tempi e i suoi luoghi. Sua madre era quella che oggi definiremmo una casalinga, e suo padre un contabile che lavorò prima per le ferrovie e poi per industrie farmaceutiche. Si dimostrò subito assai bravo in matematica, e la sua carriera di studente fluì in maniera dignitosa: elementari, medie, liceo, laurea e infine master nel 1915. Nello stesso anno si sposa con Ushabala, che diventerà la madre dei suoi cinque figli.

Era il periodo in cui l'India era sotto il governo britannico: solo recentemente si era giunti a concedere agli indiani la possibilità di lavorare presso gli uffici statali, e Bose, con ogni probabilità, si immaginava di essere destinato ad una carriera di questo tipo. Ebbe però la fortuna che proprio in quegli anni venne aperto il Collegio Universitario delle Scienze di Calcutta, e lui riuscì ad entrarvi come professore di matematica e fisica. Di vera fortuna si



11 Satyendranath Bose

¹⁵ Se ne è parlato fin troppo, quindi non vale la pena tornarci su. Può essere sufficiente ricordare che, paradossalmente, il soprannome divino deriva alla fin fine da un'imprecazione.

trattava: in India non vi erano praticamente dei veri centri di ricerca, e il Collegio era il primo istituto indiano dedicato alle ricerche post-laurea. Solo grazie a ciò Bose ebbe modo di leggere testi di fisica moderna, formandosi sui principi della fisica quantistica e della teoria della relatività.

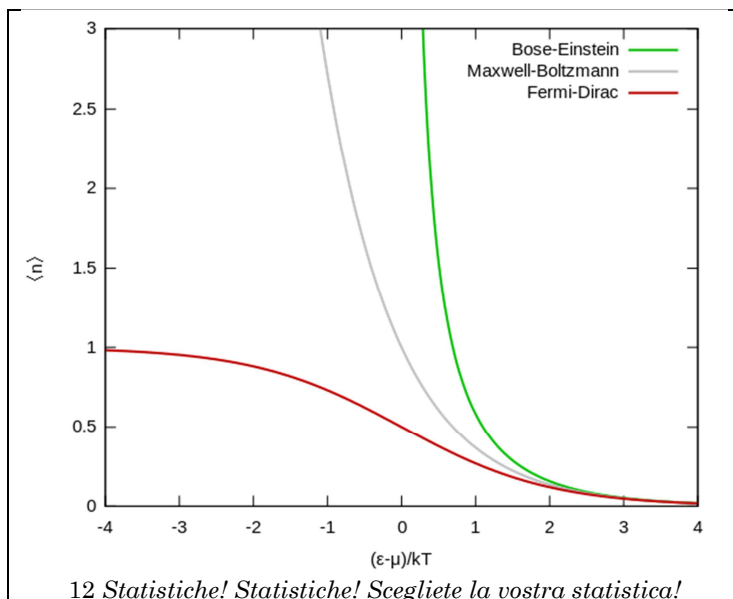
Nel 1921 divenne Lettore all'Università di Dacca, dove restò ad insegnare fino al 1945. Solo dopo la guerra ritornò all'università di Calcutta, dove tenne la cattedra fino al 1956, anno in cui si ritirò dall'insegnamento.

Il punto di svolta nella sua carriera avviene nel 1924, quando invia ad Albert Einstein un suo breve articolo di quattro pagine in cui comunica al fisico più famoso del mondo (che, sia detto per inciso, era visto dallo stesso Bose come qualcuno a mezza strada tra un santo e un superuomo) di aver provato a dedurre il coefficiente nella Legge di Planck. La derivazione fino ad allora usata della formula di Planck non piaceva per niente neppure allo stesso Planck, e anche Einstein era tutt'altro che soddisfatto. La via usata da Bose riscosse invece subito l'entusiastica approvazione dal padre della Relatività, che la propagandò e caldeggiò a tutte le maggiori riviste di fisica. Tanto per non perdere tempo, la traduzione in tedesco la fece di suo pugno.

Il famoso articolo di quattro pagine era intitolato "La Legge di Planck e l'ipotesi dei quanti di luce", e aveva avuto una vita tutt'altro che facile. Il fatto era che Bose proponeva di abbandonare la statistica classica (detta di Maxwell-Boltzmann) ipotizzando che potesse non essere valida per particelle microscopiche: in estrema sintesi, introduceva quella statistica che poco sopra abbiamo grossolanamente descritto come quella delle

"monete indistinguibili". La gran parte degli esperti e delle riviste a cui sottopose l'articolo, però, sostanzialmente fraintesero l'innovazione, e reputarono semplicemente che Bose fosse incappato in un grossolano errore di teoria di probabilità.

Non era così. Grazie a quello che oggi si chiamerebbe, all'inglese, l'*endorsement* di Albert Einstein, Bose diventa rapidamente famoso a livello mondiale, e soprattutto in India, che entra definitivamente a far parte delle grandi nazioni anche sul piano scientifico. Negli



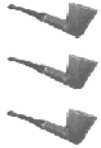





anni successivi Satyendranath è indaffarato in viaggi in Occidente, dove ha occasione di conoscere tutto il gotha della fisica; e quello era un periodo in cui la fisica era davvero ricca di grandissime personalità: lavorò a Parigi con Marie Curie e, manco a dirlo, con Einstein a Berlino. Tra le altre cose, fu lui a compiere le prime traduzioni in hindu delle opere di Einstein. Nel frattempo, la sua statistica si dimostra sempre più adatta a descrivere il comportamento di un certo tipo di particelle a spin intero, ed è curiosamente proprio Dirac, che con Fermi dà il nome all'altra statistica quantistica, a coniare il termine "bosone" in suo onore.

A differenza di molti scienziati di paesi emergenti che, non appena mostravano il loro valore, si assicuravano un posto in qualche università occidentale, Bose tornò presto in India. Fino alla sua morte, avvenuta il 4 Febbraio 1974 nella sua Calcutta, ricoprì le più alte cariche scientifiche del suo paese.

Abbastanza curiosamente, però, il suo nome è spesso trascurato nell'elenco dei grandi della scienza del Novecento. Ed è difficile capire se sia un premio o un castigo notare che lui, che non vinse mai il Premio Nobel, è comunque ricordato nel nome di una famiglia di particelle davvero molto speciali, che si sono meritate il lavoro di molti, molti futuri premiati a Stoccolma.



2. Problemi

	Rudy d'Alembert	Alice Riddle	Piotr R. Silverbrahms
...ebbasta con 'sto giardino!			
Giovini, restituite il maltolto!			

2.1 ...ebbasta con 'sto giardino!

Effettivamente, cominciamo a romperci le scatole anche io e Doc: ci ha salvato dal sommergere tutto con una colata di cemento e una roba dimensione *GrattaPaolo* (se non sapete cos'è: trattasi del grattacelo Intesa-San Paolo vicino a casa di Rudy) solo il bellissimo “Giardino Minimale Zen Diofanteo di Br1” del numero scorso, ed era talmente bello che mettiamo il nome del disegnatore nel nome del giardino: magari solo nel vaso del balcone, ma prima o poi quella cosa lì la mettiamo in piedi.

Comunque, adesso stiamo pensando di piastrellare il tutto: logicamente, sulla pavimentazione siamo piuttosto *choosy* (come direbbe un ministro¹⁶), e quindi stiamo pensando di usare piastrelle tutte diverse una dall'altra. E Rudy si è inventato una regola matematica piuttosto semplice ma graziosa, anche se non è sicuro che funzioni.

Definiamo *sequenza pavimentante* una successione (infinita) di interi positivi $0 < a_1 < a_2 < \dots$, tale che dei quadrati di lato a_1, a_2, \dots siano in grado di pavimentare il piano (infinito).

Inoltre, definiamo una *sequenza pavimentante esponenziale* se esiste una costante q per cui, a partire da un dato n , sia $a_n < q^n$.

Secondo me (Rudy) e Doc queste regole hanno una grande potenza estetica: quindi, se volete togliervi dai piedi ulteriori problemi su questo argomento, potrebbe essere una buona idea trovare una *sequenza pavimentante esponenziale* per il giardino.

Domanda (anzi, alcune) di cui, come al solito, non abbiamo risposta: probabilmente di S.P.E. (Sequenze Pavimentanti Esponenziali) ne esistono infinite, ma quale è quella con il valore minimo di q ? E cosa ne pensate, dal punto di vista estetico? Magari, con giusto un paio di centimetri mangiati alla piastrella e un po' di erbetta in mezzo, viene anche qualcosa di carino...

Andate pure tranquilli, nella soluzione: Rudy e Doc hanno deciso di ricominciare a tirare con l'arco¹⁷, quindi prima della piastrellatura c'è tempo. E le frecce si rovinano, sulle piastrelle.

2.2 Giovini, restituite il maltolto!

<Inserire sequenza a scelta di parole usualmente introvabili sui dizionari educati>.

Ecco dov'erano finite le monete farlocche del problema dell'altra volta! Se le erano fregate i VadLdRM! Dovrei arrabbiarmi e recitare la sequenza con più consonanti¹⁸ tra quelle

¹⁶ Secondo noi tutte le forme varie di femminilizzazione (da *una ministro* a *una ministressa*) sono semplicemente orribili: questa è probabilmente la peggio di tutte ma la meno impattante dal punto di vista della lettura, e la usiamo.

¹⁷ Questa nota serve solo a ricordare a Rudy che deve portare a Doc il paglione, il treppiede e due DVD. Entro la bella stagione.

¹⁸ “Una parolaccia deve contenere un mucchio di consonanti, possibilmente vicine tra loro” Brunella GASPERINI. La sunnominata gentil signora, pur avendo enormi capacità retoriche (anche nelle parolacce, possiamo garantire), non aveva pari abilità matematiche, quindi vorremmo modificare la citazione considerando

selezionate in prima frase, ma mi moderò per il fatto che hanno inventato un interessante giuochino. Resti tra noi, sono fiero del fatto che abbiano deciso di sperimentarlo usando dei *centesimi* (i miei, tra l'altro... la collezione di "pezzi da uno") che poi hanno restituito: *transeat*, altrimenti chiedono un aumento della paghetta settimanale per provare i giochi.

Dicevamo, hanno usato tre monete (farlocche): la prima, che definiremo *bronzo*, ha la cifra 5 sul *recto* e la cifra 1 sul *verso*; la seconda, detta *argento*, ha la cifra 3 sia sul *recto* sia sul *verso*, mentre la terza, ovviamente *oro*, ha la cifra 2 sul *recto* e la cifra 6 sul *verso*.

Alberto, a questo punto, chiede a Fred (che *non sa* che le monete sono truccate) di scegliere una moneta; dopo la scelta di Fred, Alberto sceglie una moneta tra le due restanti: la partita consiste in 1000 lanci della moneta scelta e il giocatore con il lancio maggiore ad ogni tiro riceve 10 centesimi. Fred, evidentemente, sceglie la moneta *oro*, visto che la somma dei valori delle due facce è la maggiore: Alberto, con la massima tranquillità, sceglie quella d'argento: a fine partita, Fred perde 10 euro.

Per il secondo giro (sempre da mille lanci), Fred prende la moneta *argento*, e Alberto sceglie quella di *bronzo*: passati i mille lanci, Fred si accorge che questa volta ha addirittura perso *il doppio* della partita precedente [...e non si preoccupa, 'sto irresponsabile... tanto le monetine sono **mie!** (RdA)].

Terzo Giro, VenghinoVenghino, SempreSiPerde, PiùGenteEntraPiùBestieSiVedono... E infatti Fred questa volta prende la moneta *bronzo*, e si aspetta di vincere, finalmente...

Dalla regia mi dicono che ho finito lo spazio, quindi devo chiudere e non posso raccontarvi l'emozionante seguito... Secondo voi, come va a finire la terza partita?

C'è posto per la solita domanda-che-ci-è-appena-venuta-in-mente-e-non-sappiamo-la-risposta-anzi-non-ci-sogniamo-neanche-di-cercarla? Ma se si vincessero *il valore* indicato dalla moneta, e non i 10 centesimi, si riuscirebbe a fare un gioco del genere?

3. Bungee Jumpers

Provate le seguenti affermazioni:

1. $\forall n \in \mathbb{N}, 3^{6n} - 2^{6n} \equiv 0 \pmod{35}$.
2. $\forall n \in \mathbb{Z}, n^5 + 5n^3 + 4n \equiv 0 \pmod{120}$.
3. $\forall m, n \in \mathbb{Z}, mn(m^{60} + n^{60}) \equiv 0 \pmod{56.786.730}$.

La soluzione, a "Pagina 46"

4. Soluzioni e Note

Gennaio!

A quanto ci dicono, il 2013 è finalmente un anno senza cifre duplicate, cosa che non accadeva dal 1987. A noi non sembrava fosse tanto male, ma ogni volta che finisce un ciclo è bene festeggiare. Come ben sapete (visto che non facciamo che ricordarvelo) i festeggiamenti in Redazione cominciano a febbraio e procedono allegramente fino a maggio... e poi troviamo altre ragioni. Fortunatamente la vita va avanti, anche se alcuni di noi non cambiano di molto: se sfogliate le Soluzioni e Note (questa rubrica) di tutti i mesi di dicembre e gennaio le troverete straordinariamente melense, ed è perché effettivamente l'autrice ha ben poco controllo quando arriva la stagione delle feste.



la percentuale e non il numero puro. Per spingerci oltre, potrebbe essere interessante considerare, in base al numero di lettere, se la distribuzione delle consonanti debba essere poissoniana o gaussiana (indipendentemente dalla turpiloquietà della parola) e discutere se sia da definire "parolaccia" quella oltre i tre sigma... Qui si apre un universo inesplorato, ma non è questo il problema.

Purtroppo però, la vita non va avanti per tutti e non posso fare a meno di salutare qualcuno che il 2013 non l'ha visto: Rita Levi-Montalcini, che si è spenta il 30 dicembre.



14 Ciao Rita

Forse una delle figure più simboliche di quello in cui credo, una persona in grado di combattere attivamente quasi un secolo contro discriminazione, incomprensione, ignoranza. Se forse non sono in grado di usare parole così belle come sono state spese negli ultimi giorni, mi permetto di usare le sue stesse parole: *“Ho perso un po' la vista, molto l'udito. Alle conferenze non vedo le proiezioni e non sento bene. Ma penso più adesso di quando avevo vent'anni. Il corpo faccia quello che vuole. Io non sono*

il corpo: io sono la mente.”. Una mente che di certo non ha finito di stupire fino all'ultimo giorno e che è sopravvissuta nelle sue mille iniziative e nella sua fondazione. Mi piace citare ancora questa: *“Il futuro del pianeta dipende dalla possibilità di dare a tutte le donne l'accesso all'istruzione e alla leadership. È alle donne, infatti, che spetta il compito più arduo, ma più costruttivo, di inventare e gestire la pace.*”. Spero che siano parole ascoltate, un giorno. O semplicemente non necessarie.

Ed ora basta, cerchiamo di essere pratici, che siamo – tanto per cambiare – in ritardo. Vi ricordo solo di scaricare, se non l'avete ancora fatto, il calendario di RM per questo nuovo anno, sul quale potete trovare, oltre alle solite citazioni e i vari problemi, il contributo del grande **Popinga** e sul quale potete giocare ad indovinare quale sarà il matematico celebrato il mese successivo.

Per il resto, mese scarso di interventi. Ho ricevuto nuove soluzioni del *Summer Contest* (dal solito **trentatre**), che però ora tengo ferme un mese o due e spero di inserire insieme ad altre più avanti. Altre soluzioni calendaristiche sono arrivate da **Sawdust**, pubblico (al solito) solo quelle dei mesi passati.

4.1 [Calendario 2006] – Ottobre 2006: IMO 1960 – 4

Come detto si tratta di **Sawdust**, a cui passo la parola senza ulteriori commenti:

Costruire il triangolo ABC date le lunghezze delle altezze da A e B e la lunghezza della mediana da A.

Altezza da A = h , Altezza da B = k , Mediana da A = Ma

Posto il punto A nell'origine di un sistema di assi cartesiani, tracciare la retta $y = h$ sulla quale si troveranno i punti B, C e M.

Centrando in A una cfr di raggio Ma , questa intercetterà la retta del punto precedente nei 2 punti M (nel primo quadrante) e M' (nel secondo quadrante, e che perciò tralascieremo nel seguito, tanto darebbe origine a una costruzione speculare rispetto all'asse Y).

Il punto M ha coordinate $(\sqrt{Ma^2 - h^2}, h)$ e, se indichiamo con $2d$ la lunghezza del lato CB, i punti C e B avranno rispettivamente coordinate $(\sqrt{Ma^2 - h^2} - d, h)$ e $(\sqrt{Ma^2 - h^2} + d, h)$.

La retta su cui si trova il lato AC ha equazione

$$\frac{y}{h} = \frac{x}{\sqrt{Ma^2 - h^2} - d} \Rightarrow \Rightarrow y = \frac{h}{\sqrt{Ma^2 - h^2} - d} x$$

e la sua distanza dal punto B deve essere pari a k , e quindi

$$k = \frac{\left| \left(\frac{h}{\sqrt{Ma^2 - h^2} - d} \right) \cdot (\sqrt{Ma^2 - h^2} + d) - h \right|}{\sqrt{\left(\frac{h}{\sqrt{Ma^2 - h^2} - d} \right)^2 + 1}}$$

Se proviamo a inserire dei valori arbitrari (in fin dei conti il quesito dice “date le lunghezze”): Altezza da A = 5, Altezza da B = 7, Mediana da A = 13, risultano M(12, 5), C(12-d, 5) e B(12+d, 5) da cui

$$7 = \frac{\left| \frac{5}{12-d}(12+d) - 5 \right|}{\sqrt{\left(\frac{5}{12-d} \right)^2 + 1}} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow 7 \sqrt{\left(\frac{5}{12-d} \right)^2 + 1} = \left| \frac{5}{12-d}(12+d) - 5 \right|$$

che ha come soluzione $d = 5,655$ e quindi i punti B e C avranno rispettivamente coordinate (6.345, 5) e (17.655, 5).

In alternativa, e probabilmente in modo meno macchinoso, una circonferenza di raggio $k/2$ centrata in M è tangente alla retta su cui giace AC e quindi, mettendo a sistema retta e circonferenza

$$\begin{cases} y = mx \\ (x-12)^2 + (y-5)^2 = 12,25 \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = mx \\ x^2 - 24x + 144 + m^2x^2 - 10mx + 25 = 12,25 \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = mx \\ (m^2 + 1)x^2 - (10m + 24)x + 156,75 = 0 \end{cases}$$

ponendo il discriminante = 0, troviamo il valore di m

$$(10m + 24)^2 - 4(m^2 + 1) \cdot 156,75 = 0$$

$$100m^2 + 480m + 576 - 627m^2 - 627 = 0$$

$$527m^2 - 480m + 51 = 0 \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow m_1 = 0,788 \rightarrow m_2 = 0,123$$

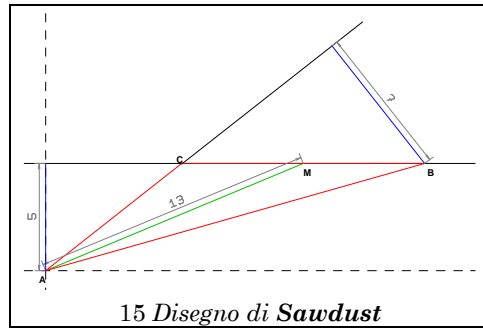
il valore m_2 è quello per cui la tangente passa al di sotto del punto M, per cui lo tralasciamo, mentre con m_1 la retta di AC incontra la retta BC nel punto C di coordinate

$$\begin{cases} y = 5 \\ y = 0,788x \end{cases} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow x = \frac{5}{0,788} = 6,345$$

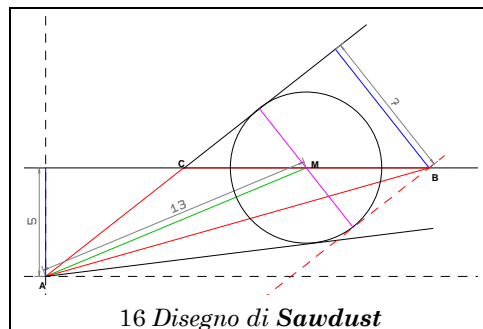
e quindi, come prima, C(6.345, 5) e B(17.655, 5).

Chiaramente questo succede in quanto il punto medio di un lato è equidistante dalla retta su cui giace un lato e dalla parallela ad essa passante per il vertice opposto, e la distanza tra queste 2 rette è l'altezza relativa al vertice in questione.

Il nostro **Sawdust** ha anche scoperto che il Capo quest'anno ha riproposto dei problemi già



15 Disegno di Sawdust



16 Disegno di Sawdust

presenti in calendari passati... Pensate un po'. Il Capo sta riordinando i suoi appunti, ma ha subito dato la colpa a me, che avrei dovuto fare una più attenta revisione del tutto. Poveri noi.

4.2 [167]

4.2.1 On the road

Le soluzioni mi sono arrivate in dicembre solo per un problema, questo, per cui aspettatevi qualche soluzione in più. Cominciamo, come sempre, col riproporvi il testo del quesito:

Il Capo si è inventato un nuovo gioco con tre dadi. Ogni giocatore punta su un numero, e si tirano i tre dadi; se esce il numero su un dado, vince quanto ha puntato, se esce su due dadi, vince due volte quello che ha puntato, se su tutti e tre i dadi vince tre volte quello che ha puntato. Il banco intasca le puntate, se esce il numero restituisce il doppio del valore puntato. Il gioco è a favore del banco?

Soluzioni ce ne sono arrivate a bizzeffe, da **Tartaruga**, **Aberto R.**, **GaS**, **Actarus**, **Mirhonf** e **Rub**. Tutti mi sembrano d'accordo sul fatto che il gioco era a favore del banco – io non avevo dubbio, visto che il Capo proponeva di fare la parte del banco, e lui non scommette mai se non è sicuro di vincere. Cominciamo dalla soluzione di **GaS**:

Il primo problema sinceramente mi è sembrato abbastanza semplice (...). Calcoliamo le probabilità delle tre possibili combinazioni:

A) probabilità 3 dadi diversi: $P[1]=5/6 \cdot 4/6=20/36$

B) probabilità 3 dadi uguali: $P[2]=1/6 \cdot 1/6=1/36$

C) probabilità 2 dadi uguali ed uno diverso: $P[3]=1-P[1]-P[2]=15/36$

Per semplicità considero di giocare contro 6 giocatori ognuno che punta la stessa posta ma su un numero diverso: la vincita (perdita) attesa è 6 volte quella che avrei se giocassi contro un singolo giocatore:

caso A) vinco 3 poste e pago 3 poste --> somma 0

caso B) vinco 5 poste e pago 3 poste --> somma +2

caso C) vinco 4 poste e pago 2 poste --> somma +1

La vincita attesa contro i 6 giocatori è quindi:

$$P[1] \cdot 0 + P[2] \cdot 2 + P[3] \cdot 1 = 2/36 + 15/36 = 17/36$$

La vincita attesa quindi di una singola giocata è di $(17/36)/6$ volte la posta, cioè 0,078(703) volte la posta. Quasi il triplo rispetto alla vincita dei casino alla roulette, proprio un bel giochetto...

Come se non conoscessi il Capo, **GaS**? Stranamente anche **Tartaruga** parla di roulette:

Il gioco è a favore del banco. (...) Quindi il vantaggio del banco è del 7.87%, maggiore di quello della roulette sia italiana (1/37, dato dalla presenza dello 0, cioè 2.70%) sia americana (2/38, dato dalla presenza dello 0 e dello 00, cioè 5.26%).

Per birra, pizza e caffè non ci vorrebbe molto, per la benzina visti i prezzi bisognerà giocare comunque un bel po'...

La benzina infatti è sempre un problema. **Alberto R.** se la cava ancora più in fretta:

Detta P_k ($k = 0 \dots 3$) la probabilità che il numero prescelto esca k volte, la formula di Bernoulli ci dà

$$P_k = \binom{3}{k} \left(\frac{1}{6}\right)^k \left(\frac{5}{6}\right)^{3-k}$$

Le corrispondenti vincite/perdite del banco sono $V_k = +1, -1, -2, -3$. Quindi la speranza matematica del banco è $\sum_{k=0}^3 P_k V_k = 17/216$, poco meno dell'8%. Mi sembra un onesto margine di guadagno.

Onestà è qualcosa che non ha niente a che fare con il Capo. Concludiamo con la soluzione di **Rub**, che ci ha divertito molto:

Ho sempre ammirato i giocatori professionisti del “gioco delle tre carte” per la loro abilità manuale e psicologica, nell’individuare il pollo da spennare con l’aiuto del complice compiacente. Nulla di tutto questo è applicabile nel “gioco dei tre dadi”. Comunque, nell’area di servizio che si avvicina, io TERREI IL BANCO, certo delle probabilità di vittoria che vado a dimostrare adesso. “venghino, signori, venghino, si vince spesso, si vince molto, senza trucco e senza inganno”..

Regola: accetto sei giocatori, ciascuno punta un numero diverso, e versa una posta di 36 euro. Il banco quindi incassa 216 euro a partita. In caso di vittoria su numero singolo pago $36+36=72$ euro, in caso di doppio $36+2\cdot36=108$ euro, di numero triplo $36+3\cdot36=144$ euro al vincitore.

La probabilità di avere tre vincitori singoli, con tre dadi che danno numeri diversi, ammonta a $6/6\cdot5/6\cdot4/6$ ovvero $20/36$; in questo caso il banco paga $3\cdot72=216$, quindi non guadagna niente: di fatto i tre vincitori vengono bilanciati dai tre sconfitti. Il caso di un vincitore doppio ed un singolo ha probabilità $(6/6\cdot1/6\cdot5/6)\cdot3 = 15/36$; si paga $108+72=180$ euro, quindi il banco guadagna 36 euro. Infine, nel caso di tre dadi uguali ed un vincitore triplo, abbiamo probabilità $(6/6\cdot1/6\cdot1/6)=1/36$, con pagamento di euro 144, e vincita per il banco di 72 euro. La vincita media attesa, pesando quindi le probabilità con i guadagni, ammonta a $(17/36)\cdot36 = 17$ euro a partita.

In questo gioco il banco non può matematicamente perdere mai!

Cosa accade se ho invece un solo giocatore, che punta una posta su un numero solo? Ho molte probabilità di non pagare nulla ($125/216$) e guadagnare 36 euro, ma quando il numero esce, singolo o multiplo, subisco perdite. Se esce singolo la probabilità vale $75/216$ e perdo 36 euro; se esce doppio ($15/216$) perdo 72 euro, e sul triplo ($1/216$) perdo ben 108 euro. La vincita media attesa ammonta a $(1/6)\cdot(17/36)\cdot36$ ovvero $17/6$ euro. Naturalmente ho calcolato anche un caso intermedio, con tre giocatori, in cui il numero di possibilità è più complesso: nessun vincitore ($9/72$), uno ($27/72$), due ($18/72$) o tre ($2/72$) vincitori singoli, un vincitore triplo ($1/72$), un vincitore doppio ($9/72$), un vincitore doppio ed un singolo ($6/72$).

Il risultato vale comunque $(3/6)\cdot(17/36)\cdot36 = 17/2$ euro.

Il banco guadagna tanto più quanto più alto è il numero dei giocatori. Con un giocatore solo, se fortunato, e se non ho riserve sufficienti, dopo una serie di colpi fortunati può far saltare il banco e mandarmi a casa “in mutande”. Non dimentichiamo mai il motto “chi nel gioco spera soccorso, metterà il pelo lungo come l’orso”.

Ecco. Dobbiamo finire qui perché *il secondo problema è stato completamente ignorato!* Il Capo è tristissimo, vi prego, scrivetemi in gennaio. Buon inizio anno, che sia un anno pieno di tutto ciò che desiderate, e il tutto condito da tanta allegria e – perché no – un pizzico di matematica. A presto!

5. Quick & Dirty

Anche con pochissimi pezzi, si possono costruire dei problemi complicati. Abbiamo preso tre carte da un mazzo di cinquantadue, e le abbiamo messe sul tavolo a faccia in giù; vi diciamo (e fidatevi, questa volta è vero) che:

Alla destra di un Re ci sono una o due Regine.

Alla sinistra di una Regina ci sono una o due Regine.

Alla sinistra di un Cuori ci sono uno o due Picche.

Alla destra di un Picche ci sono uno o due Picche.

Ora, dovrete poterci dire quali sono le tre carte...

Indichiamo con K i Re e con Q le Regine, con p il seme di Picche e con c il seme di Cuori; le prime due dichiarazioni sono soddisfatte solo dalle disposizioni KQQ e QKQ . Le ultime due dichiarazioni sono soddisfatte unicamente dalle disposizioni ppc e pcp . Quindi, mescolando le possibilità otteniamo le possibili posizioni:

$Kp-Qp-Qc$
 $Kp-Qc-Qp$
 $Qp-Kp-Qc$
 $Qp-Kc-Qp$

L'ultimo gruppo non è possibile, visto che in un mazzo da cinquantadue c'è un'unica Regina di Picche; quindi deve essere una delle altre tre disposizioni. Che sono però formate tutte dalle **stesse carte**: vi avevamo chiesto quali erano, non come fossero disposte!

6. Zugzwang!

Piuttosto anomalo, questa volta. Ma *MetaZugzwang!* Suonava malissimo. Non parliamo di un gioco, ma di una *classe* di giochi per cui di sicuro conoscete almeno un esemplare.

1.1 Enludopedia

Il grande successo di Windows nasce, secondo noi, dalla imponente disponibilità di tools in grado di soddisfare qualsiasi esigenza. E, tra questi tool, il più utilizzato è certamente *Solitaire*, che appartiene di diritto alla categoria degli eseguibili meno modificati e continuamente presenti in tutte le release.

Nonostante permetta molte varianti, come quasi sempre nel caso dei programmi Windows, non copre l'intero scibile noto, e si sente la necessità di una certa organizzazione: non abbiamo l'ambizione di dire l'ultima parola in merito, ma vorremmo quantomeno contribuire. E se qualcuno dei lettori con buone conoscenze di *infographics* riesce ad ottenere una rappresentazione leggibile di formato minore dell'A0¹⁹, comunicate e pubblicheremo.



Per prima cosa, meglio cominciare con un **Glossario**.

Carte: definizione del mazzo iniziale con il quale si gioca (da 32, 40, 52, più di un mazzo...)

Siringa: una carta, affiancata da due carte in colonna, affiancate da tre carte in colonna, affiancate a quattro... e avanti così. Parzialmente (se nuda – vedi dopo – sono visibili segno e valore di quelle sotto) o completamente sovrapposte. Può essere di vari tipi:

Nuda: tutte le carte sono scoperte.

Pura: tutte le carte sono dello stesso seme.

Alternata: le carte alternano il colore (semi dello stesso colore sono intercambiabili, di solito).

Reale: siringa pura nuda decrescente che inizia obbligatoriamente di Re.

Snodata: potete prendere una carta dal fondo di una siringa e inserirla al fondo di un'altra (la destinazione dopo il movimento deve rispettare le regole di formazione della siringa).

¹⁹ Ve l'abbiamo detto almeno tre volte: stesse proporzioni ell'A4, superficie circa un metro quadro. Quindi, 841 per 1189 millimetri.

Segmentata: potete prendere più carte dal fondo di una siringa e spostarle su un'altra (noi preferiamo "altre" in luogo di "un'altra", ma ci pare solo una finezza).

(De)Crescente: ordine delle carte nella siringa.

A Ricarico: inizia con una carta qualsiasi, ma (se decrescente) all'Asso succede il Re e avanti (viceversa per la crescente). Insomma, "in modulo".

Vestita: tutte le carte (tranne qualcuna al fondo) sono coperte.

Colore: rosso (cuori e quadri) e nero (fiori e picche), o, se preferite, corto (coppe e denari) e lungo (spade e bastoni). Ve li abbiamo dati ordinati, nel senso che se incrociate due mazzi cuori corrisponde a coppe e avanti così.

Pozzo: deposito (nudo, di solito) dove si mettono le carte non utilizzate. Ma anche, dopo la costruzione iniziale, il pacco di carte che vi resta. Il primo è noto anche come *tallone*. Se (come nella variante di Bill Gates) potete prendere più carte (tre, di solito) e usarle non in ordine mettendo le restanti nel pozzo, questo viene detto **implicito** (ma a noi questo modo non piace).

Base: siringa nuda pura

Celata: tutte le basi di questo tipo hanno un posto riservato nella disposizione.

Esposta: è presente in un dato momento del gioco (ed è modificabile)

Semiesposta: la base è sia celata sia esposta (definizione pessima, secondo noi, ma serve per avere delle basi diverse dal pozzo da cui potete "pescare" la carta esposta).

Riserva: gruppo di carte esposte (di cui va definita la dimensione massima) che potete utilizzare in qualsiasi momento

Definita: ad un certo punto (di solito a fine costruzione della siringa), prendete un certo numero di carte e, senza sapere a priori quali sono, le mettete visibili nella riserva. Quando togliete carte dalla riserva, le posizioni non occupate diventano libere.

Libera: una carta estratta dal pozzo, se la riserva non è ancora piena, può andare in riserva.

È interessante notare che tra le descrizioni di giochi che abbiamo trovato nessuna utilizza la riserva definita, ma ci pare utile inserirla per non perdere in generalità.

...e adesso, finalmente si gioca: sottolineiamo i termini nei quali potete avere variabilità, per facilitare l'infografico, ma non garantiamo di averli trovati tutti.

Prendete il mazzo e costruite una siringa nuda o vestita (una sola carta scoperta) parzialmente sovrapposta: scopo del gioco è costruire tutte le basi dei semi: decidete se usate una riserva o no, e se essa debba essere libera. Man mano che scoprite le carte dal pozzo, cercate o di incrementare le basi o di costruire siringhe vestite al fondo della siringa di base, che possono essere plebee o regali. Se alcune carte finali delle colonne della siringa possono andare in qualche base, mettetele. Una siringa di lunghezza zero può ripartire, ma in alcune varianti deve essere regale: se una siringa si ritrova nuda durante il gioco, potete vestirla girando la sua ultima carta. Fate girare un certo numero di volte il pozzo: se riuscite a terminare tutte le basi, avete vinto.

E adesso, cerchiamo di analizzare le variabili.

Per quanto riguarda il **mazzo**, potete partire da un mazzo da 32, 40, 52, o più mazzi mescolati assieme.

La dimensione della **siringa** è un'altra variabile: si va da un minimo di cinque per arrivare a dieci, ma nessuno ha mai detto che questo sia il limite, evidentemente, il mazzo deve avere più carte di quelle impiegate nella siringa²⁰.

²⁰ Non è necessario ricordarvi che una siringa di n colonne impiega $n(n+1)/2$ carte, quindi non ve lo diciamo. E non vi diciamo neanche che più è grande il pozzo di inizio (e piccola la siringa), più facile è il gioco.

Se partite da una siringa **nuda**, potreste avere l'obbligo di costruire la parte vestita come siringa **regale**: non ci risultano varianti in cui la siringa di dimensione zero possa essere plebea, o che nel caso di vestizione girando l'ultima carta si debba avere una regale (se non va, via nel pozzo: dovrebbe complicare notevolmente la vita, tutto questo). Quando avete finito il primo giro, di solito **girate** il pozzo e ripartite (almeno una volta). Fortunatamente, lo scopo del gioco non cambia: dovete completare le basi.

L'amore di complicazioni non ha limiti, come ben sappiamo: qualcuno ha infatti proposto di giocare questa roba con i *Tarocchi* (mazzo Marsigliese), dove gli Arcani giocano il ruolo di seme *jolly* (nel caso di siringhe alternate), e qui le variazioni si sprecano nel momento stesso nel quale imponete da qualche parte nel gioco siringhe regali: le scuole più diffuse (tre pazzi furiosi in perenne disaccordo tra loro) sostengono che una siringa regale

- Può cominciare con qualsiasi Arcano
- Può cominciare con qualsiasi Arcano superiore alla Morte o alla Temperanza²¹, nel qual caso sin quando non si arriva a questo verrà costruita solo di Arcani.

Alcuni sostengono che se l'Arcano è superiore all'Arcano "limite", quella siringa deve essere pura (quindi, solo Arcani).

...insomma, potete tranquillamente inventarvi le regole che volete. Alcune di queste composizioni di regole hanno addirittura avuto un nome:

Francese: Mazzo da 32. Siringa da 7, vestita, senza riserva, con pozzo, 3 smazzate, regale, a basi celate, colonne bicolori, snodata.

Francesina: Mazzo da 32. Siringa da 5, vestita, senza riserva, con pozzo, 3 smazzate, regale, a basi celate, colonne bicolori, segmentata.

Nonno Antonio: Mazzo da 40. Siringa da 7, vestita, senza riserva, con pozzo, 3 smazzate, plebea, a basi celate, colonne bicolori, segmentata.

Canadese: Mazzo da 52. Siringa da 7, vestita, senza riserva, con pozzo implicito, smazzate illimitate, plebea, a basi esposte, colonne bicolori, snodata.

Musicale: Mazzo da 52. Siringa da 7, vestita, senza riserva, con pozzo, 3 smazzate, plebea, a basi celate, colonne bicolori, snodata.

Agnese: Mazzo da 52. Siringa da 7, nuda, senza riserva, a ricaricamento, 1 smazzata, plebea, a basi semiesposte, colonne monocolori, snodata.

Le Muse: Mazzo da 52. Siringa da 9, nuda, con riserva, senza pozzo, una smazzata, plebea, a basi celate, colonne bicolori, segmentata.

L'Organo: Mazzo da 104. Siringa da 9, vestita, senza riserva, con pozzo, 3 smazzate, plebea, a basi celate, colonne bicolori, snodata.

Scala di Piranesi: Mazzo da 104. Siringa da 10, nuda, senza riserva, con pozzo, 1 smazzata, regale, a basi celate, colonne bicolori, snodata.

Abbiamo scritto tutto questo ben consci della sua inutilità: se non volete giocare nessuno, potreste sempre provare a fare uno Zwicky²².

Un ultimo dettaglio, per gli *aficionados* di Cecil B. DeMille: tutti questi potete giocarli da soli o, raddoppiando i mazzi, *con un avversario di fronte*, una mossa ciascuno, ciascuno vede le carte estratte dall'altro, è ammesso mettere le carte nel "terreno" dell'avversario e dargli consigli (che però possono essere ignorati): vince il primo che chiude le proprie basi. Ora, una Scala di Piranesi, con i Tarocchi, giocata in due...

²¹ Rispettivamente numero 13 e 14 della serie: vi ricordiamo che i semi dei Tarocchi hanno 14 carte, che negli Arcani esiste il Matto, con numero zero e che sempre gli Arcani sono numerati da 0 a 21 (si salta il 13, La Morte, ma questi sono dettagli).

²² Vi abbiamo mai spiegato cos'è un *Archivio Zwicky*? No? Prendete tutte le categorie secondo cui sono catalogabili le caratteristiche di un oggetto, siano esse n . In uno spazio n -dimensionale ordinate le categorie una per asse, e su ogni asse mettete le relative caratteristiche nell'ordine che vi pare. In ogni casella della ipertassellatura risultante scrivete il nome dell'aggeggiamento con quelle caratteristiche. Zwicky era un astrofisico. Auguri. [...in realtà, se fate uno Zwicky di questa roba avete un mucchio di spazio da buttare via, secondo me (RdA)].

7. Pagina 46

Primo

La differenza tra due potenze aventi qualsiasi base per cui gli esponenti siano uguali tra di loro e siano pari è divisibile per la somma delle basi: quindi, $3^{6n} + 2^{6n} = 27^{2n} + 8^{2n}$ è divisibile per $27 + 8 = 35$.

Secondo

Si verifica facilmente che:

$$\begin{aligned} n^5 + 5n^3 + 4n &= n(n^2 - 1)(n^2 - 4) \\ &= n(n-1)(n+1)[(n-2)(n+2)] \\ &= (n-2)(n-1)n(n+1)(n+2) \end{aligned}$$

Questa fattorizzazione nell'ultima forma mostra cinque interi consecutivi: quindi uno di questi sarà divisibile per 5, almeno uno sarà divisibile per 4, almeno uno sarà divisibile per 3, almeno due saranno divisibili per 2: quindi il numero dato sarà divisibile per $5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 = 120$. Il che dimostra la tesi.

Terzo

La fattorizzazione di $56'786'730$ è $56'786'730 = 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 11 \cdot 13 \cdot 31 \cdot 61$. Dimostreremo che il numero dato è divisibile per ognuno di questi primi.

Se m e n sono entrambi dispari, allora $(m^{60} - n^{60})$ è pari e, di conseguenza, sarà pari anche $mn(m^{60} - n^{60})$, e quindi è divisibile per 2.

Dal Teorema di Fermat²³ ricaviamo che se $k = 3, 5, 7, 11, 13$ e se n non è divisibile per k , allora la differenza $n^{k-1} - 1$ deve essere divisibile per k : in particolare, se né n né m sono divisibili per 3, allora $m^{60} - 1 = (m^{30})^2 - 1$ e $n^{60} - 1 = (n^{30})^2 - 1$ sono divisibili per 3, e quindi m^{60} e n^{60} danno entrambi resto 1 a seguito della divisione per 3. Da cui, se mn non è divisibile per 3, allora $m^{60} - n^{60}$ sarà divisibile per 3, e quindi sarà divisibile per 3 anche $mn(m^{60} - n^{60})$.

Nello stesso modo si dimostra che la differenza:

$$\begin{aligned} m^{60} - n^{60} &= (m^{15})^4 - (n^{15})^4 \\ &= (m^{10})^6 - (n^{10})^6 = (m^6)^{10} - (n^6)^{10} \\ &= (m^5)^{12} - (n^5)^{12} \end{aligned}$$

è divisibile per 5 se né m né n sono divisibili per 5. Nello stesso modo si mostrano le divisibilità per 7, 11, 13, 31, 61: infatti, sempre per il Teorema di Fermat, $(n^{61} - n)$ è divisibile per 61.

²³ $\forall p \in P, \forall a \in N(a^p - a) \equiv 0 \pmod p$. Lo abbiamo dimostrato nel BJ di RM101, giugno 2007.

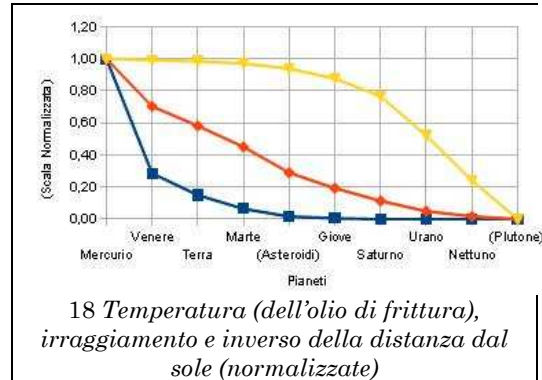
8. Paraphernalia Mathematica

Questa (speriamo) serie è un contributo (in minima parte nostro) al 2013 come anno della *Matematica per il pianeta Terra*.

1.2 Su Mercurio siamo fritti?

In realtà è esattamente quanto vorremmo evitare: nella tavola qui sotto (dati parzialmente²⁴ forniti dalla NASA) trovate tre grafici al prezzo di uno: irraggiamento, temperatura alla superficie e distanza del pianeta dal Sole²⁵: allora, secondo voi, i primi Ermenauti²⁶ finiscono fritti o no?

La cosa potrà essere di indubbio interesse per chi ci si ritrova, ma la domanda che ci poniamo noi è, al momento, leggermente diversa: come si fa a calcolare dati di questo genere? Beh, esistono una serie di modelli, dipende dal grado di complicazione che vi serve: per un calcolo approssimato possono bastare i più semplici, se volete dei dettagli invece le cose si complicano.



Quando un fisico teorico calcola il rendimento di un'azienda agricola, parte da una mucca perfettamente sferica con una distribuzione uniforme del latte.

Anonimo

I fisici teorici hanno l'abitudine di affrontare l'analisi dei sistemi complessi partendo dal modello più semplice possibile e via via complicando; di solito, già il modello semplice riesce a darci una serie di indizi sul comportamento del sistema, anche quando per "sistema" si intende un intero pianeta: in questo caso, il modello più semplice risale a Max Planck, ed è il **modello del corpo nero**.

La materia emette onde elettromagnetiche²⁷: verso il 1900, Max Planck si era posto il problema di calcolare l'ammontare di radiazione emessa da un corpo basandosi sui principi della termodinamica. Per fare meno conti, Planck decise di semplificare il problema considerando un corpo molto particolare: il **corpo nero** è un oggetto in grado di assorbire perfettamente (e di emettere perfettamente²⁸) qualsiasi radiazione elettromagnetica; non solo, ma nel seguito assumeremo anche che la radiazione sia indipendente dalla direzione.

Quando un corpo nero ha una certa temperatura T , emetterà radiazioni elettromagnetiche, ossia butterà fuori una certa quantità di energia per unità di superficie; questo è noto come **flusso di energia** e viene solitamente indicato con la lettera f : siccome l'energia si misura in Watt, l'unità di misura di questa grandezza sarà il Watt al metro quadrato.

Siccome la radiazione elettromagnetica viene emessa in diverse lunghezze d'onda, sarebbe interessante definire quale sia il flusso di energia secondo ognuna delle lunghezze d'onda emesse; a titolo di verifica, integrando questo risultato su tutte le lunghezze d'onda riottenremo il nostro flusso iniziale. Planck è riuscito a calcolare questo

²⁴ Nel senso che le distanze le abbiamo prese dal mitico *Cusani-Politi*, forti del fatto che da allora devono al più essere variate di qualche gigametro.

²⁵ Se volete i valori originali, moltiplicate l'irraggiamento per 9149 Watt al metro quadrato, la temperatura per 448 gradi Kelvin (sottolineato che è importante) e la distanza per 58 terametri.

²⁶ Ringraziamo il VAdLdRM Fred per aver coniato questo stimolante termine.

²⁷ Almeno, quella che abbiamo intenzione di trattare: se volete parlare di *materia oscura*, rivolgetevi all'altro sportello.

²⁸ Einstein ci ha vinto un premio Nobel, dimostrando che non era vero.

flusso d'energia monocromatico (introducendo un po' di meccanica quantistica, altrimenti non funziona), e ha ottenuto:

$$f_{\lambda}(T) = \frac{2 \cdot hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\frac{hc}{e^{\lambda kT}} - 1}$$

Deriving this would be tons of fun...
John BAEZ²⁹

Dove h è la costante di Planck, c la velocità della luce, k la costante di Boltzmann. Come dicevamo poco sopra, integrando questa ottenete il flusso totale di energia:

$$f = \int_0^{\infty} f_{\lambda}(T) d\lambda = \sigma T^4.$$

E, posto che abbiate queste insane curiosità,

$$\sigma = \frac{2 \cdot \pi^5 k^4}{15 \cdot c^2 h^3} \approx 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}.$$

E il tutto è noto come *costante di Stefan-Boltzmann*.

...E cosa c'entra tutto questo con il riscaldamento globale? Semplice. Noi conosciamo, per misura diretta, l'irraggiamento del Sole verso la Terra, pari a 1370 W/m²; siccome la temperatura è costante, il flusso entrante deve essere pari al flusso uscente, ossia:

$$1370W / m^2 = \sigma T^4 \Rightarrow T = \left(\frac{1370W / m^2}{\sigma} \right)^{1/4} \approx 354K.$$

...che, essendo pari a 121 gradi Celsius, è un filino troppo, visto che dalle elementari ci hanno spiegato che la vita esiste grazie all'acqua allo stato liquido e non di vapore.

*Four days will quickly steep themselves in night;
Four nights will quickly dream away the time*

William SHAKESPEARE, *A Midsummer Night's Dream*, A.1, s1³⁰

Ci siamo dimenticati che ogni tanto fa notte.

Il nostro calcolo sarebbe correttissimo se la Terra fosse un disco piatto, completamente nero, con il sole a picco e perfettamente isolato sotto, in modo tale da emettere tutta la radiazione sempre dalla stessa area. Insomma, la mucca sferica di cui sopra al confronto è di una precisione incredibile.

Forti del fatto che un matematico (o un fisico teorico, nel caso) non si lascia influenzare da dettagli secondari quali la realtà, cominciamo con l'eliminare il tema dell'isolamento del piano di sotto: l'assorbimento sarà allora pari a 1370π², mentre l'emissione, dalla legge del corpo nero, risulta essere σT⁴·2·π² (vi siete accorti, che il MondoDisco assorbe *da una parte* e emette *da entrambe*? Da cui, il fattore 2).

Imponendo che si sia in condizioni di equilibrio, dovremo avere l'emissione pari all'assorbimento, ossia:

²⁹ "Ricavarlo sarebbe un sacco divertente"...e così vi abbiamo anche detto l'origine di queste note. Siamo d'accordo con lui, ma se volete ulteriori notizie chiedete a **Caronte** (ciao, Cesare!)

³⁰ "Veloci quattro giorni affonderanno nella notte; velocemente, quattro notti sogneranno via il tempo". E questa ce la siamo inventata noi, mica John.

$$\frac{1370}{2} \frac{W}{m^2} = \sigma T^4 \Rightarrow T = \left(\frac{1370 \frac{W}{m^2}}{2 \cdot \sigma} \right)^{\frac{1}{4}} \approx 331K .$$

Piccola criticità, come dicono i manager: fa 58 gradi Celsius, che è ancora troppo caldo (nota a margine: possiamo considerare questa come un'ulteriore prova del fatto che la Terra *non* è piatta). A questo punto, considerare una Terra rotonda non è difficile: assorbirà secondo la sua *sezione*, ossia secondo π^2 ed emetterà secondo la sua *superficie*, ossia $4\pi^2$; questo ci porta a:

$$T = \left(\frac{1370 \frac{W}{m^2}}{4 \cdot \sigma} \right)^{\frac{1}{4}} \approx 279K ,$$

che sono circa 6 gradi Celsius: mica male, per essere una mucca sferica!

Cosa fai, luna in ciel, dimmi, che fai?

G. LEOPARDI, Canto di un pastore errante dell'Asia

Non nel senso che dovete tenere conto della Luna, ma nel senso che *la vedete*.

La prossima semplificazione che potremmo eliminare è il fatto che la Terra (come ogni corpo celeste, Luna inclusa) non è perfettamente assorbente, ma riflette una parte della luce (e quindi dell'energia) che riceve: in pratica, dobbiamo tenere conto dell'*albedo* del nostro corpo, ossia della frazione di radiazione che viene riflessa senza essere assorbita. Da misure, sappiamo che la Terra ha un'albedo $\alpha \approx 0.3$, che significa una riduzione del 30% nei nostri calcoli, ossia dobbiamo tenere il 70% dei valori ottenuti. Buttando il tutto nelle formule di cui sopra, abbiamo $T \approx 255K \approx -18C$. Che è un po' freschino, a occhio e croce.

Infatti, non abbiamo tenuto conto *dell'atmosfera*, e il nostro calcolo "più preciso" in realtà ha completamente sbagliato i conti, come succede sempre quando tirate dentro un fattore meno importante di un altro.

Ma l'atmosfera è tutta un'altra storia.

Rudy d'Alembert

Alice Riddle

Piotr R. Silverbrahms