

LE GRANDI DOMANDE DELLA SCIENZA

RIASSUNTO DA UN ARTICOLO TRATTO DALLA RIVISTA SCIENCE
dell'American Association for the Advancement of Science:
1 Jul 2005, Vol. 309, pg. 75 di Donald Kennedy and Colin Norman.
Titolo originale: What Don't We Know?

Traduzione e sintesi: Aiosa Alberto (aiosa.a@tiscali.it)

Data di emissione: 31.01.2006.

In occasione del 125° Anniversario della Fondazione della rivista Science si è voluto fare il punto non delle acquisizioni della scienza, ma dei problemi ancora aperti e si sono selezionate 25 grandi domande a cui si spera di dare risposta nei prossimi 25 anni o almeno indicare la strada per risolverle. Le domande accumulate dalla nostra ignoranza scientifica sono in realtà molto più numerose e, cercando di raccoglierle tutte, ci si è fermati a 125, pari agli anni della rivista. Da queste si sono scelte le 25 che rispondevano almeno ai seguenti criteri: a) essere di carattere fondamentale; b) essere a largo spettro, c) la loro soluzione avrà influenza su altre discipline.

Le 25 domande scelte, ciascuna con il suo commento, sono riportate nel seguito; le altre 100 domande vengono descritte più sinteticamente alla fine.

- 1) **Di cosa è fatto l'Universo? - Charles Seife** - Fra il 1500 e il 1600 Copernico, Keplero e Newton hanno mostrato che la Terra è solo uno dei tanti pianeti che orbitano intorno a una delle tante stelle e così hanno allargato il limitato cosmo medievale. Nel decennio del 1920 Hubble dimostrò che l'universo si espandeva e non era né immutabile né eterno. Nei decenni successivi i cosmologi hanno scoperto che la materia ordinaria di cui sono fatte le stelle e le galassie è solo il 5% di ciò che esiste e si presenta ora la domanda di cosa è fatto l'Universo. Infatti gli astronomi hanno scoperto che le galassie si muovono ruotando più rapidamente di quanto consenta la gravità prodotta dalla materia visibile e, misurando la distorsione dello spazio, hanno scoperto l'esistenza di una materia oscura (dark matter) che si stima costituisca un altro 25%, cinque volte la materia ordinaria, ma a questa si aggiunge un strana entità: l'energia oscura che provoca l'effetto di accelerazione nell'espansione dell'universo scoperto alla fine degli anni '90 esaminando il moto delle galassie lontane. L'energia oscura ha un effetto di antigravitazione e costituisce il restante 70% dell'Universo. Non si sa di cosa è fatta la materia oscura, ma soprattutto non si sa che cosa sia questa energia oscura che sembra trascendere la fisica nota, più di ogni altro fenomeno osservato.
- 2) **Quali sono le basi biologiche della coscienza? - Greg Miller** - Per secoli i filosofi hanno dibattuto la natura della coscienza come un problema di loro esclusiva competenza, ma ora anche gli scienziati entrano nel dibattito e lo affrontano con gli esperimenti. Il discorso della coscienza è stato influenzato da René Descartes, il filosofo francese della metà del XVII secolo che dichiarò che corpo e mente sono costituiti da entità diverse perché la mente non ha dimensioni spaziali. Oggi si rigetta la conclusione di Descartes e si preferisce trattare il corpo e la mente come due diversi aspetti della stessa sostanza. In questa visione la coscienza emerge dalle proprietà dell'organizzazione dei neuroni nel cervello, ma in che modo? Esaminando i soggetti che hanno subito danni cerebrali, che hanno alterato la loro coscienza lasciandoli in coma o in un persistente stato vegetativo, si sono localizzate particolari regioni del cervello, ma diversi aspetti della coscienza sono generati da diverse regioni del cervello e gli esperimenti rivelano solo piccole tessere del puzzle. Gli scienziati vorrebbero capire non solamente le basi biologiche della coscienza, ma anche perché esiste. Quale pressione selettiva ha portato al suo sviluppo e a che livello la possiedono le diverse creature. Alcuni ricercatori sospettano che la coscienza non sia solo umana, ma certamente molto dipende da come si definisce il termine. Indicatori biologici della coscienza potranno aiutare a capire come si è sviluppata agli inizi della vita. Nuove generazioni di ricercatori affrontano oggi il problema, ma saranno certo impegnati per molti anni in futuro.
- 3) **Perché gli umani possiedono così pochi geni? - Elizabeth Pennisi** - Quando alla fine degli anni '90 è stato sequenziato il genoma umano costituito da 3 miliardi di coppie di basi, i biologi credevano che il numero di geni necessari alle miriadi di processi per il nostro funzionamento dovessero essere intorno a 100000. Si scoprì invece che i nostri geni sono circa 25000, quasi lo stesso numero della pianta *Arabidopsis* e poco più del verme *Caenorhabditis elegans*. Questa sorpresa rinforzò l'idea che il nostro genoma e quello degli altri mammiferi è molto più flessibile e complicato di quanto supposto. Ora è chiaro che molti geni possono produrre più di una proteina. I geni umani contengono DNA codificante, gli exoni, e differenti combinazioni di exoni possono divenire attivi in tempi diversi e ogni combinazione produce proteine diverse, ma come si decide quale parte del gene leggere in certi momenti, è ancora molto misterioso. Altrettanto misterioso è il meccanismo che determina quale sequenza di geni sia abilitata o disabilitata in certi momenti e in certi luoghi; i ricercatori devono ancora capire esattamente quali

elementi intervengono. Nell'ultimo decennio si è apprezzato il ruolo della cromatina, una proteina dell'RNA, nel regolare l'espressione dei geni. Piccole sezioni di RNA con meno di 30 basi hanno effetti nella regolazione dei geni. Sono anche fondamentali nella differenziazione delle cellule durante lo sviluppo, ma il meccanismo non è chiaro. Gli studi progrediscono, ma il problema centrale che rimarrà irrisolto per lungo tempo è come tutti questi meccanismi contribuiscono a creare il tutto.

- 4) **Entro quali limiti sono collegati variazioni genetiche e salute umana? - Jennifer Couzin** - Quaranta anni fa i dottori scoprirono che certi pazienti cui era somministrato un anestetico subivano una temporanea paralisi e si scoprì che la variante di un gene provocava il rallentamento del metabolismo. Da allora si sono scoperti un gran numero di questi effetti secondari delle medicine, legati a varianti genetiche, e come da esse dipende il diverso grado di rischio di subire malattie come l'Alzheimer o, da parte dei fumatori, il cancro al polmone. Questo ha fatto sperare di poter creare una medicina personalizzata che con test genetici indichi strategie di prevenzione e terapie, ma convertire la conoscenza del DNA in un impiego terapeutico è una sfida formidabile. Si tratta sempre di una mescolanza di geni, dieta e effetti ambientali che interagiscono a creare il grado di rischio o la resistenza ai farmaci. Tuttavia l'analisi genetica di alcune malattie, come il cancro, l'asma e le malattie di cuore, fanno progressi. Il problema è che gli studi genetici sono costosi, la medicina personalizzata richiede investimenti enormi e le compagnie farmaceutiche la considerano non remunerativa. Si possono avere anche delle sorprese. Lo scorso maggio la compagnia islandese deCODE Genetics ha trovato che una medicina sperimentale contro l'asma, abbandonata dalla Bayer, sembra che riduca il rischio di attacchi cardiaci per 170 pazienti che possiedono una particolare variante genetica.
- 5) **Si possono unificare le leggi della Fisica? - Charles Seife** - La Fisica elimina la complessità rivelando una nascosta semplicità. Le equazioni di Maxwell, per esempio, descrivono un insieme complesso di fenomeni diversi, dell'elettricità e del magnetismo, con quattro semplici regole. Simmetria, semplicità ed eleganza ne fanno un poema. Il Modello Standard per la fisica delle particelle è invece un poema incompleto, ma anche così è un'opera brillante. Descrive tutta la materia nota e le particelle subatomiche, come quark e leptoni insieme alle forze con cui interagiscono, ma vi manca, ad esempio, la descrizione della gravità, ogni parte ha una sua simmetria, ma manca la simmetria del tutto. Alcuni aspetti sono stati unificati, come l'elettromagnetismo e la forza debole che negli anni '60 i fisici hanno dimostrato diventano una cosa sola ad alta temperatura, e i fisici sperano che lo stesso accada con la forza forte. Se ciò è vero i protoni non sarebbero completamente stabili e dovrebbero decadere spontaneamente, ma nessuno ha ancora osservato questo decadimento. Anche la teoria della supersimmetria, modifica del Modello Standard, prevede nuove particelle supersimmetriche che non sono state ancora trovate. La gravità, descritta dalla relatività generale con il continuo spaziotempo, non è compatibile con la teoria quantistica e al momento non c'è una teoria unificante. L'idea più promettente è quella della teoria delle superstringhe che unifica tutto in una sola simmetria, ma richiede un universo con 10 o 11 dimensioni e particelle impossibili a rivelare, anzi si può dire che esistono dozzine di teorie delle quali solo una deve essere quella corretta, ma gli scienziati non hanno i mezzi per determinarla. Nel frattempo i fisici sperano nel Large Hadron Collider (LHC) di Ginevra che entrerà in funzione nel 2007 e che potrà forse rivelare l'esistenza del bosone di Higgs a cui è legato un altro aspetto della simmetria.
- 6) **Di quanto potrà essere allungata la vita umana? - Jennifer Couzin** - Quando Jeanne Calmant morì nel 1997 nel sud della Francia all'età di 122 anni fu l'essere umano più longevo ad essere documentato, ma il suo primato sarà cancellato se si avvereranno le predizioni di biologi e demografi. L'estrapolazione delle attese di vita convince gli scienziati che gli uomini potrebbero normalmente arrivare a 100-110 anni di vita. Oggi solo 1 su 10000 diventa centenario nei paesi industrializzati. Altri pensano che la vita umana è più limitata. Quando i biologi hanno iniziato a cercare i modi per prolungare la vita hanno scoperto che la durata della vita è particolarmente flessibile. Riducendo l'attività di un ricettore insulinico si è visto che la vita di vermi più che raddoppia portandosi a 6 settimane. Mettendo certe varietà di topi a dieta essi vivono 50% di più. Questi effetti non si verificano sempre, ma come regola generale i fattori determinanti sono: la riduzione delle calorie e del livello del fattore di crescita insulinico, la proteina IGF-1, e la prevenzione dei danni ossidativi ai tessuti. Tuttavia i benefici dei trattamenti contro la vecchiaia sono incerti e difficili da interpretare inoltre le prove su volontari giovani durano così a lungo che chi ha iniziato lo studio muore prima. Un problema è se la riduzione delle calorie funziona negli umani. Le prove di dieta sono limitate a un anno durante il quale è monitorato il metabolismo per vedere gli effetti di invecchiamento. Altre indicazioni possono venire dagli studi genetici dei centenari e dalla loro ereditarietà. Si pensa che ci sia un limite massimo, ma non c'è accordo se sia 85, 100 o 150. Esistono poi problemi sociali. Se le terapie antivecchiaia diventeranno disponibili, quanto costeranno e chi ne usufruirà? I demografi credono che la vita continuerà ad aumentare per decenni, ma ciò si otterrà combattendo le malattie del cuore e prevenendo il cancro.
- 7) **Che cosa controlla la rigenerazione degli organi? - R. John Davenport** - Gli uomini vivono generalmente con i loro organi originali, ma se qualcuno di essi viene a mancare si ricorre agli organi artificiali. La medicina però pensa anche a sistemi di rigenerazione e ricostruzione di organi e questo potrebbe essere nel XXI secolo ciò che sono stati gli antibiotici nel XX. Dalla metà del 1700 si è scoperto che alcuni animali, come l'Idra che vive nelle acque dolci, può rigenerare i suoi tentacoli. Anche la salamandra può fare ricrescere la coda troncata. Nel 1800 si è osservata la planaria, un verme piatto che si rigenera anche se diviso in 279 pezzi. Gli studi su questi organismi hanno in parte rivelato le forze che guidano questi processi. Le cellule dell'organo rimasto, che normalmente non si dividono, cominciano a moltiplicarsi e cellule specializzate hanno un processo di differenziazione per replicare la parte

mancante. Nella planaria intervengono anche le cellule staminali. Anche negli uomini ci sono alcuni di questi meccanismi. Ad esempio dopo la rimozione chirurgica di parte del fegato, durante la guarigione, le cellule rimaste del fegato ricrescono ed espandono l'organo alle sue dimensioni originali. Ci sono alcuni tipi di cellule specializzate che si convertono a uno stato nascente. Le cellule staminali aiutano a rigenerare il sangue, la pelle e le ossa, ma gli uomini hanno perso la capacità di rigenerarsi da adulti perché il processo è simile al cancro e invece hanno sviluppato la capacità di riparare le ferite rapidamente per evitare le infezioni. Bisognerà comprendere cosa distingue il processo di guarigione delle ferite dal processo di rigenerazione di certi animali. Le differenze possono essere sottili, ma se il processo può essere fatto iniziare negli uomini, bisogna scoprire che cosa può impedire che divenga incontrollabile e fare in modo che la parte si rigeneri nelle dimensioni, forma ed orientamento corrette.

- 8) Come può una cellula della pelle diventare una cellula nervosa? - Gretchen Vogel** - I biologi sono moderni alchimisti che cercano la via per usare gli oociti per trasformare le normali cellule della pelle in cellule staminali o in un animale completo. Gli scienziati sono stati capaci di rendere routine il trasferimento del nucleo per produrre bestiame, gatti, topi, pecore, capre, maiali, e un team coreano ha prodotto lo scorso maggio anche cellule staminali embrionali umane. Si spera di andare anche oltre e trasformare le cellule staminali in un trattamento contro malattie oggi incurabili. In realtà i biologi lavorano su processi che non si comprendono perfettamente. Che cosa succede entro un oocita per riprogrammare un nucleo dopo il trasferimento è ancora un mistero e questo si deve capire prima di poter controllare il processo di differenziazione. Nel 1957 i biologi dello sviluppo hanno scoperto di poter inserire nuclei di rane adulte nelle uova delle rane e produrre dozzine di girini identici, ma dopo 50 anni gli oociti trattengono il loro segreto. In qualche modo i geni che controllano lo sviluppo, e sono inibiti nelle cellule adulte, possono essere abilitati di nuovo nell'oocita. Se gli scienziati riusciranno a scoprire questo segreto potranno replicare questo processo senza usare gli oociti, difficili a ottenersi e che suscitano problemi etici. Bisognerà poi imparare a dirigere lo sviluppo delle cellule staminali ringiovanite e portarle a formare tessuti specifici. Le cellule staminali formano spontaneamente tipi diversi di cellule, ma guidarle a formare un tipo particolare risulta più difficile. Comprendere come i circa 25000 geni umani lavorano insieme per formare i tessuti terrà occupati i ricercatori per decenni.
- 9) Come si forma una pianta completa da un'unica cellula somatica? - Gretchen Vogel** - Molte piante hanno sviluppato meccanismi di riparazione e strategie per riprodursi anche senza l'accoppiamento di sperma e ovuli. Alcune sono anche capaci di generare nuovi embrioni da una singola cellula somatica. Circa 50 anni fa si scoprì la possibilità di embriogenesi nelle carote e da allora questa proprietà è stata utilizzata in dozzine di specie come caffè, magnolie, mango e rose. Una compagnia canadese ha piantato un'intera foresta di abeti partendo da una coltura di tessuti ma, come per gli scienziati che clonano gli animali, si è capito poco su come il processo viene realmente controllato. Vi sono prove che solo particolari cellule si trasformano in embrioni, ma non si sa individuarle prima della trasformazione. L'embriogenesi senza sesso può aiutare a capire quale tipo di abilitazione usano le piante, rimanendo flessibili e tenendo sotto controllo lo sviluppo, e paragonare questo meccanismo con quello degli animali. Infatti alcuni dei processi che regolano l'embriogenesi somatica sono simili a quelli che si verificano nella clonazione degli animali e nella rigenerazione degli organi. A livello pratico si vorrebbero usare le tecniche di propagazione in laboratorio per piante come il mais che richiedono la normale impollinazione e questo potrebbe accelerare la produzione di nuove varietà e ibridi.
- 10) Come funziona l'interno della Terra? - Richard A. Kerr** - La rivoluzione della tettonica a placche ha fatto conoscere l'interno della Terra, ma rimangono ancora 6300 km di rocce e ferro al di sotto delle placche che costituiscono il motore termico del pianeta. La semplice idea ereditata da prima della teoria delle placche è che la Terra è simile a una cipolla formata da strati e la propagazione delle onde sismiche indica che sotto lo strato delle placche esiste un mantello di 2800 km di rocce che avvolgono altri 3470 km di rocce fuse con al centro un nucleo di ferro. Il mantello è poi suddiviso alla profondità di 670 km in un mantello superiore e uno inferiore e forse c'è un altro strato di 200 km di spessore sotto il mantello inferiore. Questo modello è ancora dominante e, sopra la quota di 670 km, le rocce calde trasferiscono calore e lava nelle dorsali oceaniche, dove si forma nuova crosta. Dopo 40 anni di indagini con sofisticate immagini sismiche, la visione si è rivelata più complessa, ma senza risolvere il dibattito su come funziona il sistema. Si è visto che il limite di 670 km non è una barriera che non venga attraversata nei due sensi. Parti del mantello scendono, anche se con difficoltà, fino a 1000 km e più di profondità e altri globi del mantello si sollevano sotto l'Africa e il Pacifico come pistoni. Le immagini sismiche progrediscono; dai dati sismici si cerca di distinguere fra temperatura e composizione e i fisici dei minerali interpretano le proprietà delle rocce nelle profondità del mantello. I modelli cercano di simulare l'intero sistema sfruttando anche le variazioni gravimetriche. Ci vorranno ancora 40 anni di lavoro.
- 11) Siamo soli nell'Universo? - Richard A. Kerr** - Potrebbe essere disabitato tutto lo spazio? Non è probabile se si guardano i numeri. Ci sono parecchie centinaia di miliardi di stelle nella nostra galassia, centinaia di miliardi di galassie nell'universo osservabile e 150 pianeti sono stati scoperti nelle immediate vicinanze del sole, ma la vera grande domanda è se mai avremo la tecnologia per raggiungere e contattare queste intelligenze. Con un po' di fortuna ciò potrebbe accadere nei prossimi 25 anni. Quelli che lavorano nella ricerca di intelligenze extraterrestri (SETI) avrebbero avuto bisogno più di una modesta fortuna nei primi 45 anni della loro caccia. Il radioastronomo Frank Drake, che iniziò il progetto Ozma nel 1960, puntò un radiotelescopio da 26 m a Green Bank, West Virginia,

verso due stelle, ciascuna per pochi giorni. Con la tecnologia dei tubi a vuoto esplorò 0,4 megahertz nello spettro delle microonde, un canale alla volta. Circa 45 anni dopo l'Istituto SETI di Mountain View, in California, ha completato il Progetto Phoenix durato 10 anni. Usando spesso il radiotelescopio di Arecibo, a Puerto Rico, con la sua antenna di 350 m ha cercato 710 stelle su 28 milioni di canali simultaneamente in 1800 megahertz di banda: in modo 100 trilioni di volte più efficiente del progetto Ozma. Negli stessi 45 anni si sono usate anche strategie diversificate nella ricerca. Il SERENDIP (Search for Extraterrestrial Radio Emission from Nearby Developed Intelligent Populations) ha scandito miliardi di radiosorgenti nella Via Lattea aggiungendo ricevitori alle antenne usate dagli astronomi, inclusa quella di Arecibo. Altri hanno usato modesti telescopi ottici cercando lampi laser di nanosecondi di durata. E tuttavia nulla si è riusciti ad ascoltare, ma si tratta di trovare un ago nel pagliaio della galassia, il campionamento è stato molto limitato rispetto alle possibili 100 milioni di stelle e le civiltà capaci di trasmettere avrebbero dovuto essere troppo abbondanti. Si conta ora sull'aumento esponenziale della potenza di calcolo continuando per altri due decenni. L'Istituto SETI ha iniziato la costruzione di un array composto da antenne singole da 6 m. Computer economici potranno collegare 350 di queste antenne a formare un telescopio virtuale che permetterà di cercare sorgenti diverse contemporaneamente. Si potranno cercare segnali alieni da decine di milioni di stelle e si spera che nella galassia esistano almeno 10000 civiltà avanzate.

- 12) Come e dove è nata la vita sulla Terra? - Carl Zimmer** - Negli ultimi 50 anni gli scienziati hanno affrontato il problema di come sia iniziata la vita. Alcune strade partono dal presente tornando indietro nel tempo verso le origini; altre partono dalla formazione della Terra, 4,55 miliardi di anni fa, cercando di capire come dei composti chimici abbiano potuto organizzarsi nella materia vivente. Andando a ritroso i paleontologi hanno trovato fossili di microbi di miliardi di anni fa. Gli organismi capaci di fotosintesi si sono stabiliti sulla Terra da 3,7 miliardi di anni e i ricercatori sospettano che questi organismi primitivi abbiano gli stessi tratti fondamentali comuni a tutti gli organismi viventi attuali. Tutti codificano le informazioni genetiche nel DNA e catalizzano le reazioni chimiche usando le proteine. Poiché DNA e proteine dipendono strettamente fra di loro non si può dire chi è nato prima. Gli esperimenti suggeriscono che le più antiche forme di vita si basavano su una terza ben nota molecola: l'RNA, che è estremamente versatile perché ha sia la capacità di codificare le informazioni genetiche che quella di funzionare come una proteina; quindi dagli inizi era capace di replicarsi ed esercitare le altre funzioni necessarie alla vita. Altri scienziati hanno orientato i loro sforzi ad immaginare come la chimica prebiotica abbia potuto portare alla molecola RNA. Nel 1953 all'Università di Chicago, facendo passare scariche elettriche in una miscela di ammoniaca, metano e altri gas, si sono prodotti amminoacidi e altre molecole della vita. Composti essenziali alla vita si trovano anche nelle comete e nei meteoriti che vengono dallo spazio. Oggi si sperimentano i modi con cui si riproducono ed evolvono i composti basati sull'RNA e la NASA e l'ESA hanno inviato sonde a visitare le comete per indagare sui loro composti. Più interessante è la possibilità di trovare vita su Marte dove è esistita acqua allo stato liquido e si è potuto avere un ambiente favorevole alla vita. Se c'è vita su Marte significa che questa può nascere indipendentemente su pianeti diversi e potrebbe trasmigrare da uno all'altro attraverso i meteoriti.
- 13) Che cosa determina la diversità delle specie? - Elizabeth Pennisi** - In alcuni luoghi e in alcuni gruppi di esseri viventi esistono centinaia di specie diverse mentre in altri l'evoluzione ne ha prodotto poche. I tropici ad esempio sono un paradiso di diversità, se paragonati alle alte latitudini, e i biologi cercano di capire perché. Ancora non sappiamo quante specie di piante e animali si trovano sulla Terra specie nel mondo dei microbi; l'evoluzione si produce in giorni o in milioni di anni e non sempre le variazioni genetiche portano a nuove specie. Comprendere che cosa produce la diversità richiede un maggiore sforzo interdisciplinare che coinvolge l'interpretazione dei paleontologi, gli studi sul campo, la sperimentazione di laboratorio, il confronto dei genomi e l'analisi statistica. Aiutano anche i modelli per predire quando una specie si divide in due. Dagli studi sul campo su piante ed animali si è capito che l'habitat influenza morfologia e comportamenti, in particolare la selezione sessuale, in modi che possono accelerare o rallentare la differenziazione delle specie. La diversificazione può cambiare all'interno di uno stesso ecosistema, ad esempio ai confini ci sono meno specie che all'interno. I biologi evuzionisti stanno cominciando a distinguere quali fattori intervengono in modi diversi per diversi gruppi di organismi, quali sono importanti nei processi di estinzione e quali sono le migliori strategie per contrastarli.
- 14) Quali varianti genetiche ci rendono umani in modo univoco? - Elizabeth Culotta** - Gli antropologi cercano di individuare che cosa ci rende umani. Il famoso paleo-antropologo Louis Leakey credeva che gli attrezzi hanno fatto l'uomo e, quando scoprì in Tanzania ossa di ominidi vicino ad attrezzi di pietra, denominò il costruttore putativo come Homo habilis, ma quando il primatologo Jane Goodall scoprì che anche gli scimpanzè usano attrezzi cominciò il dibattito se l'Homo habilis fosse già un Homo. Studi successivi hanno indicato che altre caratteristiche come la bipedalità, la cultura, il linguaggio, l'umorismo e naturalmente un grande cervello sono decisive per la nostra specie, ma molte di queste caratteristiche si trovano anche in altre creature a livelli diversi. Gli scimpanzè hanno una cultura elementare, i pappagalli parlano e i ratti ridono se solleticati. Ciò che è fuori da ogni dubbio è che gli umani come ogni altra specie hanno un genoma prodotto dalla propria storia evolutiva e ora gli scienziati possono fare riferimento alla domanda fondamentale degli antropologi: quali sono le modifiche genetiche che ci rendono umani? In possesso del genoma umano si possono trovare i cambiamenti genetici che ci separano dai nostri parenti più prossimi. Le differenze genetiche fra uomini e scimpanzè sono profonde anche se statisticamente sono circa 1,2% del nostro DNA. Un cambiamento ogni 100 basi può influenzare migliaia di geni. Molti sono semplicemente deriva

genetica di 6 milioni di anni, alcune sequenze di regolazione possono avere conseguenze più drammatiche. Non tutti questi geni ci servono per distinguerci dalle nostre cugine scimmie. Abbiamo subito un'evoluzione per difenderci dalla malaria, ma questo non ci rende umani, altri geni hanno subito una pressione evolutiva negli uomini e non negli scimpanzè e possono aver avuto un ruolo nella formazione di un cervello più grande e sulla parola. Molti ricercatori lavorano sull'analisi comparativa fra uomini e scimmie, altri lavorano sulle sottili differenze biologiche e di comportamento, ma non si può provare a modificare i geni per rivelarne le funzioni.

15) In qual modo sono immagazzinati e richiamati i ricordi? - Greg Miller - I ricordi ci rendono unici e danno continuità alla nostra vita. Capire come i ricordi vengono immagazzinati nel cervello è essenziale per comprendere noi stessi. La nascita dell'era moderna nella ricerca sulla memoria viene fatta partire dal 1957 quando ad un paziente dell'età di 27 anni fu rimosso chirurgicamente dal cervello una grande parte dei lobi temporali per attenuare un'epilessia cronica. L'operazione fu efficace, ma il paziente divenne incapace di ricordare qualunque cosa avveniva o chiunque aveva incontrato dopo l'operazione. Si scoprì così che i lobi temporali mediani (MTL), che includono l'ippocampo, sono essenziali per creare nuovi ricordi. Grazie a esperimenti su animali e alle immagini del cervello umano, gli scienziati conoscono ora i vari tipi di memoria e le parti del cervello che sono coinvolte, ma rimangono ancora molte lacune. Non è ancora risolto il modo con cui interagiscono le varie componenti durante la codifica e il recupero dei ricordi. Apparentemente i ricordi si localizzano nella corteccia cerebrale per la memoria a lungo termine, ma non è chiaro come avviene e come i ricordi vengono rappresentati nella corteccia. Più di 100 anni fa il neurologo spagnolo Santiago Ramon y Cajal propose che per creare i ricordi i neuroni devono rinforzare le loro connessioni reciproche. A quel tempo era un dogma che nessun nuovo neurone si potesse generare in un cervello adulto. Dagli anni '70 si è compreso che la memoria a breve termine (che dura minuti) produce modifiche chimiche che rinforzano le connessioni esistenti (sinapsi) fra i neuroni mentre la memoria a lungo termine (che dura giorni o settimane) richiede la sintesi di proteine e probabilmente la costruzione di nuove sinapsi. Un meccanismo è quello che si chiama Long-Term Potentiation (LTP) che coinvolge il rafforzamento di sinapsi nell'ippocampo di roditori. Una dimostrazione su un vivente che la LTP sia realmente legata alla formazione della memoria sarebbe un grande progresso. Studi recenti hanno trovato che la configurazione di neuroni che si forma quando un animale impara un compito viene poi rielaborata durante il sonno. Ci si chiede se questo ha un ruolo nel congelare la memoria. Il dogma della non produzione di nuovi neuroni è caduto poi negli anni '90 con la dimostrazione che l'ippocampo è un vivaio di neuroni durante tutta la vita.

16) In che modo si è sviluppato il comportamento cooperativo? - Elizabeth Pennisi - Quando Charles Darwin lavorava alla grande teoria dell'evoluzione delle specie era sconcertato dal fatto che gli animali, dalle formiche alle persone, formano dei gruppi sociali dove la maggior parte degli individui lavorano per il bene comune; questo sembrava andare contro all'idea che l'interesse individuale fosse la chiave per la sopravvivenza a lungo termine. Tuttavia quando scrisse "La Nascita dell'Uomo" era arrivato a delle spiegazioni. Sugerì che la selezione naturale poteva incoraggiare un comportamento altruistico per migliorare il potenziale riproduttivo della famiglia. Un secolo di studi su dozzine di specie sociali ha rafforzato l'idea, ma come e perché la cooperazione si sia sviluppata rimane da capire. Gli animali si aiutano in molti modi, nelle specie sociali, dalle api ai ratti, la parentela favorisce la cooperazione; le femmine trascurano la riproduzione e aiutano la femmina dominante con i suoi piccoli e individui non legati da parentela lavorano insieme. Ad esempio gli scimpanzè fanno lega contro i predatori proteggendosi anche a costo di sacrificarsi. La generosità è diffusa fra gli umani e li ha aiutato a divenire la specie dominante del pianeta. L'abilità di lavorare insieme ha fornito ai nostri antenati più cibo, miglior protezione e migliore assistenza alla prole migliorando il successo riproduttivo. La cooperazione è una strategia di sopravvivenza e i biologi dell'evoluzione cercano le basi genetiche e molecolari di questi comportamenti. Si sono fatti dei modelli applicando la teoria dei giochi al comportamento di più individui che stanno insieme. I modelli sono ancora imperfetti perché non considerano gli effetti emotivi della cooperazione. Un prerequisito è una buona memoria che tiene nota della reciprocità nei comportamenti e gli uomini hanno una grande memoria delle facce a differenza di altre specie.

17) In che modo emergerà un quadro completo dal mare dei dati biologici? - Elizabeth Pennisi - La biologia è ricca di dati descrittivi e lo diviene sempre di più. Molte sezioni, dalla biomeccanica all'ecologia, usano le tecnologie digitali e le osservazioni diventano più precise e complete. Il problema centrale è se gli scienziati potranno dedurre da questo torrente di dati come funziona un sistema biologico e un organismo completo. Tutte queste informazioni devono essere selezionate, organizzate, compilate e soprattutto connesse in modo da permettere ai ricercatori di fare predizioni basate su principi generali. Si cerca di rendere la biologia più quantitativa sfruttando la matematica, l'ingegneria e la scienza dei computer per costruire una struttura più rigida, atta a collegare scoperte diverse. In particolare si pensa che la biomedicina ne beneficerà grandemente decifrando i fattori di rischio delle malattie. Un grande progresso è derivato dal completamento del genoma umano. Ora i genetisti molecolari sognano di identificare le regole che spiegano come una singola sequenza del DNA possa esprimere diverse proteine o variare l'ammontare delle proteine in circostanze diverse. I biologi cellulari vorrebbero ridurre la complessa struttura di comunicazione fra le cellule tramite le molecole in un insieme di regole dei segnali. I biologi dello sviluppo vorrebbero un quadro completo di come un embrione è capace di indirizzare un gruppo di cellule in una miriade di funzioni specializzate per costruire ossa, sangue e pelle. I neuroscienziati cercano di spiegare le funzioni emergenti del cervello nascoste nella complessità della struttura cerebrale. Si crede che tutti questi problemi possano

essere risolti dalla biologia dei sistemi. Anche per comprendere le variazioni dell'ecosistema, incluso il riscaldamento globale, gli ecologisti devono incorporare dati fisici e biologici. Oggi i biologi di sistema hanno solo cominciato a realizzare reti relativamente semplici, modelli rudimentali dei segnali fra le cellule e semplici circuiti cerebrali. I progressi sono limitati dalla difficoltà di tradurre le strutture biologiche in modelli computerizzati. Nessuno sa oggi se un intenso lavoro interdisciplinare possa permettere ai ricercatori di creare un quadro strutturato di come funziona la vita.

18) Fino a che punto possiamo spingere l'autoassemblaggio chimico? - Robert F. Service - I fisici cercano di capire come la chimica costruisce le strutture e i chimici cercano nuovi sistemi creativi per assemblare le molecole. Negli ultimi 100 anni lo hanno fatto soprattutto legando e separando i forti legami covalenti che si formano quando gli atomi si scambiano gli elettroni. Con questi metodi hanno imparato a combinare fino a 1000 atomi in ogni configurazione desiderata, ma la natura è capace di complessità maggiori. Le interazioni deboli come i legami dell'idrogeno, le forze di Van der Waals e le interazioni δ - δ governano l'assemblaggio di tutto ciò che va dal DNA, con la sua famosa elica, ai legami delle molecole dell'acqua allo stato liquido. Forze specifiche rendono possibile l'autoassemblaggio di strutture in gerarchie sempre più complesse. I grassi si uniscono a formare le membrane cellulari, le cellule si organizzano a formare i tessuti, i tessuti si combinano per creare gli organismi. Riusciranno i chimici a imparare come fare complesse strutture che si autoassemblano? Essi hanno già iniziato; negli ultimi 3 decenni hanno compiuto passi fondamentali per imparare le principali regole dei legami non covalenti. La prima regola è che "il simile ama il simile". Ciò si vede nei comportamenti idrofili e idrofobi quando nell'acqua i grassi formano delle membrane che poi avvolgono le cellule. Un'altra regola è che "l'autoassemblaggio è governato da reazioni esotermiche". Se si lasciano sole le opportune molecole queste si assemblano in strutture ordinate. I chimici hanno imparato a sfruttare queste e altre regole. Con questi principi alcune medicine vengono trasferite nei tessuti cancerosi dei pazienti. Le rotaxane sono molecole autoassemblate che funzionano come switch oscillando fra due stati stabili e potrebbero essere usate nei computer molecolari. La componentistica per i computer si riduce sempre di più e i costi vanno alle stelle, l'unica soluzione pratica è nell'impiego dell'autoassemblaggio chimico, ma un sistema del genere deve tollerare o riparare i difetti come il DNA è capace a riparare gli enzimi. Queste strategie non sono facili a emulare per i chimici ma, se si vogliono realizzare strutture ordinate complesse, bisogna imparare a pensare come la natura.

19) Quali sono i limiti di un computer convenzionale? - Charles Seife - Apparentemente i limiti di un computer sembrano essere un problema ingegneristico. Domande come: quanta energia si può concentrare in un chip senza fonderlo, quale è la massima velocità di un bit in una memoria al silicio, quanto grande si può fare un computer per entrare in una stanza, non sembrano di carattere trascendente. In realtà la tecnica di calcolo è più astratta e fondamentale della semplice tecnica di costruire un computer. Il computer è nato negli anni '30 quando i matematici Alonzo Church ed Alan Turing a Princeton dimostrarono che ogni calcolo realizzato con bit e byte può essere realizzato in un calcolatore ideale noto come "macchina di Turing". I teorici oggi classificano i problemi computazionali in grandi categorie. I problemi P (polinomiali) sono quelli che in generale possono essere risolti rapidamente, come mettere in ordine alfabetico una lista di nomi. I problemi NP (polinomiali non deterministici) sono più ardui a risolvere, ma relativamente facili a verificare se si è trovata una soluzione. Esempi sono fattorizzare un numero o il problema del venditore che deve trovare la strada più breve per visitare un certo numero di località. Tutti gli algoritmi noti per trovare in questo caso una risposta richiedono una grande potenza di calcolo e possono essere fuori dalla portata di un computer classico. I matematici hanno dimostrato che se si riuscisse a trovare una scorciatoia per risolvere uno solo di questi problemi si sarebbe in grado di risolverli tutti e i problemi NP si trasformerebbero in problemi P. Non è certo che esista una tale scorciatoia e questa è una delle domande senza risposta dei matematici. Negli anni '40 lo scienziato Claude Shannon della Bell Labs dimostrò che i bit non sono applicabili solo ai computer, ma sono unità fondamentali che descrivono l'informazione e vi sono delle leggi fisiche che stabiliscono con quale velocità i bit possono essere trasferiti in un canale di comunicazione e quanta energia è necessaria per cancellare un bit dalla memoria. C'è un universo al di là del computer classico. La teoria quantistica con la sua natura probabilistica permette agli atomi e a altri oggetti quantistici di immagazzinare informazioni non solo nella forma binaria di 0 o 1, ma anche nella forma di 1 e 0 allo stesso tempo. Gli scienziati stanno ancora cercando di capire quali proprietà rendono il computer quantistico così potente e come se ne possa costruire uno abbastanza grande da essere utilizzabile. (Questo è uno dei 7 problemi matematici più intrattabili, che aspettano ancora una soluzione, selezionati dal Clay Mathematics Institut - www.claymath.org/millennium - gli altri 6 problemi sono descritti nelle altre 100 domande, dal numero 95 a 100.)

20) Si può bloccare selettivamente la risposta immunitaria? - Jon Cohen - Negli ultimi decenni il trapianto di organi è passato dalla sperimentazione alla routine. Negli Stati Uniti ogni anno si effettuano 20000 trapianti di cuore, fegato e rene, ma chi riceve un trapianto ha sempre la prospettiva di prendere per tutta la vita potenti farmaci che bloccano il sistema immunitario, un trattamento che ha seri effetti secondari. I ricercatori hanno a lungo cercato i modi per indurre il sistema immunitario a tollerare il trapianto senza bloccare interamente le difese dell'organismo, ma il successo è stato limitato. Anche se a volte si verifica una tolleranza immunitaria i ricercatori non hanno un quadro chiaro di ciò che succede e non sanno come indurre il sistema immunitario a tollerare il trapianto. Gli immunologi che lavorano con i topi hanno descritto i dettagli che stanno dietro la tolleranza e conoscono molti

meccanismi sui geni, i ricettori e le comunicazioni da cellula a cellula che controllano questi processi. In realtà una cosa è chiarire come funziona il sistema immunitario e un'altra è trovare un modo sicuro per manipolarlo. I ricercatori stanno seguendo tre strategie principali per indurre la tolleranza. Una sfrutta un fenomeno di chimerismo scoperto negli anni '60 nei vitelli gemelli che accettano ciascuno la pelle dell'altro e si è cercato di inserire nel paziente, oltre all'organo del donatore, anche una parte del suo midollo osseo che induce alla tolleranza. Una seconda strategia usa dei farmaci che rendono le cellule T inattive o le inducono al suicidio quando vedono antigeni estranei nel tessuto trapiantato. Il terzo metodo è quello di indurre la produzione delle cellule T di regolazione che impediscono alle cellule immunitarie specifiche di copiarsi ed agiscono sulle cellule citochine. In tutte queste strategie è però difficile giudicare il fallimento o il successo per la mancanza di indicatori affidabili su una raggiunta tolleranza, perché le prove vengono effettuate per sicurezza contemporaneamente alle terapie immunosoppressive.

21) Esistono spiegazioni più profonde dietro l'indeterminazione e la non località quantistica? - Charles Seife -

Nel 1926 Albert Einstein scrisse: "La meccanica quantistica è molto affascinante, ma una voce interna mi dice che non è ancora la verità". Con la maturità della teoria questa voce si è affievolita, ma non è stata completamente ridotta al silenzio. La teoria quantistica è diventata uno dei pilastri della fisica moderna, descrive con incredibile precisione i comportamenti strani e controintuitivi delle più piccole particelle, ma è sconcertante. Le equazioni quantomeccaniche funzionano perfettamente, ma semplicemente non hanno senso. Esse giustificano comportamenti che sfidano l'intuizione. Un oggetto può stare in una sovrapposizione di stati e può avere proprietà mutuamente esclusive nello stesso tempo, un atomo può trovarsi realmente in due posizioni diverse nello stesso istante finché rimane indisturbato e non osservato e appena si decide di osservarlo la sovrapposizione collassa e istantaneamente l'atomo sceglie la sua posizione. Quest'idea scombuscaglia oggi come lo faceva 80 anni fa quando Erwin Schrödinger ridicolizzò la sovrapposizione descrivendo un gatto metà vivo e metà morto. Ciò succede perché la teoria quantistica cambia il significato di "essere". Nel mondo classico un oggetto ha una realtà solida, anche una nube di gas è ben descritta come un insieme di palle di biliardo con posizioni e velocità definite. La teoria quantistica distrugge ogni realtà con il principio di indeterminazione secondo cui le proprietà di un oggetto sono indefinite e, aumentando la conoscenza su di una, si perde in precisione quella dell'altra. Le particelle non hanno una realtà estrinseca, ma sono onde di probabilità che hanno la capacità di diventare reali quando un osservatore esegue una misura. Nel 1935 Einstein descrisse uno scenario che sfida ancora il senso comune. Nel suo esperimento mentale due particelle si allontanano fra di loro fino ai due estremi della galassia, ma esse sono "entangled", cioè connesse in senso quantomeccanico, e ciascuna sente istantaneamente ciò che succede alla sua gemella; se si misura una, l'altra viene trasformata da questa misura. Le due particelle comunicano magicamente in modo istantaneo da luoghi remoti. Questa "non località" è una conseguenza matematica della teoria quantistica ed è stata misurata in laboratorio. Questa "azione spettrale (spooky)" apparentemente ignora la distanza e in teoria le particelle possono essere rese entangled dopo che il loro entanglement è stato misurato. Il formalismo matematico descrive tutti questi strani fenomeni, se ciò è contro la nostra comprensione non importa: taci e calcola, secondo il formalismo, ma per altri la nostra difficoltà ad accettare queste stranezze implica l'esistenza di verità più profonde che devono essere ancora comprese. Alcuni fisici sono impegnati a progettare esperimenti che possano arrivare al cuore dei misteri della teoria quantistica. Si sta indagando su ciò che causa il collasso della sovrapposizione quantistica e perché gli oggetti grandi si comportano in modo diverso da quelli piccoli. Altri cercano strade per provare le diverse spiegazioni proposte per le stranezze della teoria quantistica, come l'interpretazione dei "molti mondi" che ipotizza l'esistenza di universi paralleli.

22) Si può realizzare un efficace vaccino contro l'HIV? - Jon Cohen -

In due decenni da quando i ricercatori hanno identificato nell'HIV la causa dell'AIDS è stato speso più denaro nella ricerca di un vaccino contro questo virus che in ogni altro vaccino. Il solo National Institute of Health USA ha investito circa 500 milioni di US\$ ogni anno e più di 500 diversi preparati hanno subito prove cliniche, ma un efficace vaccino contro l'AIDS rimane ancora un sogno lontano. Alcuni scettici affermano che nessun vaccino fermerà l'HIV perché il virus si trasforma così rapidamente che nessun vaccino potrà essere efficace per tutti i tipi di HIV che esistono e ricordano che lo sviluppo di vaccini ha avuto scarso successo con patogeni simili che resistono al sistema immunitario come la malaria, l'epatite C e la tubercolosi. Tuttavia i ricercatori dell'AIDS hanno solide ragioni per credere di riuscire. Molti studi hanno identificato persone che ripetutamente esposte all'HIV non sono rimaste infettate, indicando che qualche cosa ha fermato il virus e una piccola percentuale di persone infette sembra che non abbiano conseguenze, altri ancora tengono a bada il virus per più di dieci anni senza mostrare danni al loro sistema immunitario. Gli scienziati hanno inoltre scoperto che alcuni rari anticorpi funzionano potentemente contro il virus nelle prove di laboratorio. All'inizio i ricercatori hanno indirizzato la ricerca dei vaccini agli anticorpi delle proteine di superficie del virus, ma questi si sono dimostrati inefficaci nelle prove cliniche su larga scala. Molti vaccini che vengono ora provati tendono a stimolare la produzione delle cellule killer del sistema immunitario che eliminano le cellule infette da HIV. La caccia ai vaccini basati sugli anticorpi prosegue in tutte le direzioni cercando quali parti del virus li generano e, nelle persone infette, sono stati individuati una dozzina di anticorpi che bloccano l'infezione da HIV negli esperimenti di laboratorio. Un vaccino efficace dovrebbe stimolare insieme la produzione di anticorpi e l'immunità cellulare; è possibile che i ricercatori trovino una risposta immunitaria che ancora nessuno conosce. Dovunque si trovi una risposta la scoperta aiuterà lo sviluppo di vaccini contro malattie che, come l'HIV, non

soccombono facilmente agli attacchi del sistema immunitario e uccidono milioni di persone, ma probabilmente i ricercatori dovranno cercare la risposta in aree ancora inesplorate.

23) Quanto caldo sarà il mondo con l'effetto serra? - Richard A. Kerr - Gli scienziati sanno che il mondo si è riscaldato in tempi recenti e credono che l'umanità sia la causa della maggior parte di questo riscaldamento, ma dove ci porterà questo riscaldamento nei prossimi decenni e secoli questo dipende dalla sensibilità del sistema climatico globale agli effetti dei gas serra. Il problema della sensibilità del clima è che non si può misurare direttamente ed è necessario creare un modello, ma ogni modello ha una sua sensibilità. Un raddoppio della concentrazione di anidride carbonica, che ci si aspetta si verificherà entro questo secolo, potrebbe alla fine riscaldare il mondo da 1,5 °C fino a 4,5 °C. Questo campo di variazione, basato su due modelli climatici, è stato definito nel 1979. I ricercatori stanno cominciando a restringere le tolleranze dei modelli (con grado di confidenza fra il 5% ed il 95%), ma alcuni modelli sono andati oltre i limiti precedenti fornendo una sensibilità fra 2,4 e 5,4 °C con un valore medio più probabile di 3,2 °C. I paleoclimatologi hanno cercato di ricostruire il comportamento della natura nel passato al variare della concentrazione dei gas serra anche se la natura non si comporta sempre nello stesso modo. Anche questa indagine ha dato una stima di sensibilità dell'ordine di 3 °C. Il limite minimo sembra che non possa scendere al di sotto di 1,5 °C. Il limite superiore, sulla base delle variazioni climatiche osservate nel secolo scorso e la stima delle variazioni antropogeniche, arriva con un 30% di probabilità a superare i 4,5 °C fino a un estremo di 9 °C. Un ultimo studio, variando i parametri del modello, raggiunge il limite di 11 °C senza però darne la probabilità. La maggiore sorgente di incertezza sono le nubi e gli aerosoli e dopo 15 anni i modelli non sono ancora affidabili. Per il momento, se l'umanità non abbandona rapidamente l'uso dei combustibili fossili, è inevitabile il raddoppio dell'anidride carbonica nell'atmosfera.

24) Che cosa potrà sostituire l'economico petrolio e quando? - Richard A. Kerr and Robert F. Service - La strada da una vecchia a una nuova energia può essere accidentata, ma nel passato è stata piuttosto agevole. Dopo millenni di dipendenza dal legno la società ha aggiunto alle sue sorgenti di energia il carbone e l'energia gravitazionale dell'acqua. Decollò l'industrializzazione, poi si diffuse il petrolio e i trasporti su terra e nell'aria e si svilupparono vertiginosamente senza nessuna preoccupazione sulle sorgenti di energia e sulle conseguenze. I tempi sono cambiati e il prezzo del petrolio è cresciuto, il ghiaccio ha cominciato a sciogliersi intorno ai poli e la temperatura del globo è aumentata. Se la prossima grande transizione delle fonti di energia potrà essere agevole come nel passato dipenderà dalle seguenti tre domande. Quando raggiungerà il suo massimo la produzione del petrolio? Quanto è sensibile il clima della Terra all'anidride carbonica che rilasciamo nell'atmosfera bruciando i combustibili fossili? Saranno disponibili sorgenti alternative di energia a costi ragionevoli? Le risposte sono di competenza della scienza e della tecnologia, ma come la società reagirà è decisamente campo della politica. Non c'è disaccordo sul fatto che presto il mondo sarà a corto di petrolio. Il dibattito è quando. La domanda di petrolio sale di 1-2% ogni anno e si estraggono circa 1000 barili di petrolio al secondo, i pessimisti, e sono i geologi delle compagnie petrolifere, si aspettano che la produzione raggiungerà il massimo molto presto, gli ottimisti, e sono gli economisti delle risorse, affermano che la produzione dipende più dall'economia e dalla politica, che interverrà l'innovazione tecnologica e la produzione continuerà a salire. Tuttavia tutti ritengono che il massimo si raggiungerà a metà del secolo e ciò è abbastanza presto considerando che gli USA avranno bisogno di sostituire per questa data il 40% del contributo del petrolio nella produzione dell'energia. Se aumenta la preoccupazione sul cambiamento climatico sarà sempre più urgente la transizione ai combustibili non fossili. Le sorgenti alternative di energia attendono. Il Sole investe continuamente la superficie terrestre con 86000 trilioni di watt (terawatt), circa 6600 volte la quantità usata da tutti gli uomini. Il vento, le biomasse e l'energia nucleare sono sorgenti inesauribili e c'è molto margine nell'uso più efficiente dell'energia. Naturalmente queste sorgenti alternative hanno i loro inconvenienti. I sostenitori della fissione nucleare non hanno mai trovato una soluzione accettata per conservare i rifiuti radioattivi a lunga vita. Le sorgenti rinnovabili sono diffuse e ciò rende difficile e costoso raccogliere abbastanza potenza a basso costo. L'energia del vento è all'avanguardia con più di 40 gigawatt installati a 4,5 cents per kilowattora. In totale però l'energia rinnovabile installata è molto piccola se paragonata a quella prodotta dai combustibili fossili. Negli USA è solo il 6% del totale prodotto e, con una domanda globale di 13 terawatt che ci si aspetta arrivi a 30-60 terawatt a metà del secolo, l'espansione dell'energia rinnovabile dovrebbe essere enorme per avere un peso significativo. Il costo dell'energia solare è diminuito di 100 volte negli ultimi 30 anni, ma dovrà diminuire di altrettanto prima che possa essere largamente adottata. Le nanotecnologie potranno migliorare l'efficienza dei collettori e forse produrre direttamente combustibili chimici dalla CO₂ e dall'acqua. Se tutto ciò avverrà in tempo dipenderà dalla priorità che sarà data alla ricerca dell'energia e al suo sviluppo e questo richiede un consenso politico globale sulle proposte della scienza.

25) La teoria di Malthus continuerà ad essere sbagliata? - Erik Stokstad - Nel 1798 un curato di 32 anni in una piccola parrocchia di Albury in Inghilterra pubblicò un preoccupante pamphlet intitolato: "Un Saggio sul Principio della Popolazione". A severa confutazione dei filosofi utopisti del suo tempo, Thomas Malthus affermava che la popolazione umana tenderà sempre a crescere e alla fine sarà sempre limitata o dalla previdenza, come il controllo delle nascite, o dagli effetti della fame, della guerra e delle malattie. Dal tempo di Malthus la popolazione mondiale è aumentata sei volte fino a più di 6 miliardi e fortunatamente il collasso apocalittico è stato evitato dall'avvento dell'energia a buon mercato, dallo sviluppo della scienza e della tecnologia e dalla rivoluzione agricola. La maggior parte dei demografi predicono che entro il 2100 la popolazione globale si stabilizzerà a circa 10 miliardi. La

domanda urgente è se sia sostenibile lo standard di vita attuale migliorando anche lo stato dei bisognosi. Il consumo delle risorse è cresciuto enormemente nel mondo sviluppandosi in modo non sostenibile e l'umanità sta degradando gli ecosistemi riducendo la disponibilità di acqua potabile e di altri beni necessari, ma non si sa a che punto di degrado sia giunta la situazione. I ricercatori hanno bisogno di maggiori informazioni e, per fissare delle priorità, hanno bisogno di comprendere meglio ciò che rende gli ecosistemi più resistenti o più vulnerabili. Gli agronomi devono affrontare il problema di alimentare altri 4 miliardi di bocche e molto deve essere fatto nei paesi in via di sviluppo, specie nell'Africa subsahariana che ha una disperata necessità di fertilizzanti. Le biotecnologie hanno un grande potenziale nell'aumentare la produzione e ridurre l'impatto ambientale, ma i rischi connessi creano uno scetticismo difficile da superare. Bisogna attribuire un valore economico adeguato alle risorse dell'ecosistema per poterle rigenerare. Nei prossimi 35-50 anni il numero delle persone che vivranno nelle città raddoppierà e la maggiore crescita avverrà nel mondo in via di sviluppo e nelle città che hanno attualmente da 30000 a 3 milioni di abitanti. Questa enorme crescita urbana avrà bisogno di ogni cosa, dall'energia a un modo efficiente di costruire e a modi semplici per purificare l'acqua potabile. In un mondo dominato dalla televisione globale e dalla pubblicità, esploderanno i consumi, ma non si potranno sostenere 10 miliardi di persone che vivono come fanno oggi gli Americani. Se le scienze naturali e sociali potranno risolvere questi problemi e se la volontà dei politici affronterà le difficili scelte necessarie, questa è la più grande sfida del nostro tempo.

Ma c'è molto altro da conoscere ... Le altre cento domande abbracciano tutte le scienze, alcune fanno parte delle domande precedenti, altre sono per se stesse grandi problemi, alcune indirizzeranno la ricerca scientifica nei prossimi cento anni, altre potranno avere una pronta risposta, altre genereranno indubbiamente ulteriori domande.

- 1. Il nostro è il solo Universo?** - Il nostro potrebbe far parte di un "multiverso", ma forse rimarrà una domanda dei filosofi.
- 2. Che cosa ha messo in moto l'inflazione cosmica?** - Con le misure del Microwave Cosmic Background e altre osservazioni astrofisiche si vanno riducendo le possibili alternative.
- 3. Quando e come si sono formate le prime stelle e le prime galassie?** - Non se ne conoscono i dettagli.
- 4. Da dove provengono le radiazioni cosmiche ad altissima energia?** - Oltre una certa energia i raggi cosmici vengono distrutti dopo una certa distanza; la ricerca si fa quindi entro la nostra galassia, ma non si trovano possibili sorgenti.
- 5. Che cosa fornisce energia ai quasar?** - Probabilmente è la materia che cade in un buco nero supermassivo, ma i dettagli sono tutti supposizioni.
- 6. Qual è la natura dei buchi neri?** - Una massa relativistica stipata in un oggetto di dimensioni quantistiche; gli scienziati tentano di immaginarne la costituzione.
- 7. Perché c'è più materia di antimateria?** - Per i fisici materia e antimateria sono quasi la stessa cosa; una sottile differenza deve spiegare perché la materia è comune e l'antimateria è rara.
- 8. Il protone finisce con il decadere?** - Nella teoria del tutto i quark che lo costituiscono dovrebbero convertirsi in leptoni (come gli elettroni) e il loro decadimento indicherebbe nuove leggi nella fisica delle particelle.
- 9. Qual è la natura della gravità?** - La gravità non è compatibile con la teoria quantistica e non è compresa nel Modello Standard; nessuno ha però individuato particelle che sono responsabili di essa.
- 10. Perché il tempo è diverso dalle altre dimensioni?** - Dopo millenni gli scienziati hanno capito che il tempo è come le altre dimensioni, ma ci si chiede perché percepiamo l'istante attuale e perché il tempo fluisce in una sola direzione.
- 11. Vi sono particelle elementari più piccole dei quark?** - Non si sa se c'è qualcosa di più fondamentale dei quark e dei gluoni.
- 12. Sono i neutrini antiparticelle di se stesse?** - Nessuno ha una risposta nonostante i numerosi esperimenti, ma potrebbe essere fondamentale per capire l'origine della materia nell'universo.
- 13. C'è una teoria unificante per spiegare tutti i sistemi di elettroni correlati?** - I superconduttori ad alta temperatura e i materiali con grande magnetoresistenza sono governati da un comportamento collettivo degli elettroni, ma non c'è una teoria unificante.
- 14. Qual è il più potente laser, che i ricercatori possono costruire?** - Secondo i teorici un campo laser abbastanza potente può trasformare i fotoni in coppie di elettroni e positroni. Non si sa se si potrà raggiungere una tale potenza.

- 15. Potranno i ricercatori realizzare una lente ottica perfetta?** - Si è realizzata nelle microonde, ma mai nel visibile.
- 16. Sarà possibile creare semiconduttori magnetici funzionanti a temperatura ambiente?** Questi dispositivi, richiesti nelle applicazioni spintronics, funzionano oggi solo a bassa temperatura.
- 17. Qual è il meccanismo di accoppiamento degli elettroni nella superconduttività ad alta temperatura?** Nei superconduttori gli elettroni si muovono in coppia; dopo 20 anni di studi nessuno ha capito che cosa li tiene insieme nei complessi materiali superconduttori ad alta temperatura.
- 18. Potremo sviluppare una teoria generale della dinamica di un fluido turbolento e del moto di materiali granulari?** Questi “sistemi non in equilibrio” vengono descritti ancora con metodi statistici e ci sono delle aree oscure.
- 19. Ci sono elementi con numero atomico elevato?** Un elemento con 184 neutroni e 114 protoni dovrebbe essere relativamente stabile se si riuscisse a crearlo.
- 20. È possibile la superfluidità nei solidi? E come?** Benché ci siano indizi per l’elio solido, nessuno ne è sicuro e, se altri esperimenti lo confermeranno, i teorici dovranno spiegare come funziona.
- 21. Qual è la struttura dell’acqua?** I ricercatori continuano a discutere su quanti legami abbia la molecola dell’acqua con le molecole vicine.
- 22. Qual è la natura dello stato vetroso?** La struttura di un vetro è come quella di un liquido, ma le molecole sono meno legate. Dove e perché finisce un liquido e comincia un vetro?
- 23. Ci sono dei limiti a una sintesi chimica razionale?** Più grandi sono le molecole da sintetizzare, più difficile è crearle e controllarle. I chimici hanno bisogno di regole per svilupparle.
- 24. Qual è la massima efficienza delle cellule fotovoltaiche?** Le normali cellule solari convertono in elettricità il 32% dell’energia luminosa. Si potrà superare questo limite?
- 25. Potrà la fusione diventare la sorgente di energia del futuro?** Per 35 anni è stata vista lontana di 50 anni e, se la comunità internazionale non si decide, saranno 35 anni che la si vede lontana ancora per molti decenni.
- 26. Che cosa controlla il ciclo magnetico del Sole?** Gli scienziati credono che il ciclo delle macchie dipenda dalla diversa rotazione delle zone del Sole, ma non riescono a simularlo. Potrebbe essere un dettaglio sbagliato o va tutto ripensato.
- 27. Come si formano i pianeti?** Non è ancora chiaro come polveri, ghiaccio e gas si riuniscano per formarli senza che il Sole li distrugga. L’osservazione di altri sistemi planetari potrà darci indicazioni.
- 28. Che cosa provoca le ere glaciali?** Il modo con cui il pianeta si inclina, oscilla o orbita intorno al Sole provoca glaciazioni ogni circa 100000 anni, ma le testimonianze del passato non hanno spiegato come.
- 29. Che cosa provoca le inversioni del campo magnetico terrestre?** Nuovi modelli ed esperimenti di laboratorio spiegano il meccanismo, ma molti sono gli elementi da includere per produrre una simulazione convincente.
- 30. Ci sono precursori dei terremoti capaci di produrre previsioni utilizzabili?** Non si crede di poter scoprire i segni di un imminente terremoto anche se migliora la comprensione del fenomeno. Una procedura di previsione richiederebbe una scoperta ancora non immaginabile.
- 31. Esiste o è esistita la vita in altre parti del sistema solare?** La ricerca di vita presente o passata è ciò che spinge l’esplorazione della NASA nei corpi del sistema solare e in particolare su Marte dove l’acqua è stata abbondante.
- 32. Qual è l’origine dell’omochiralità nella natura?** La maggior parte delle molecole biologiche si possono sintetizzare in forme speculari. Negli organismi gli amminoacidi sono levogiri e gli zuccheri destrorigiri. Non si conosce l’origine.
- 33. Si può predire come si piegheranno le proteine?** Degli innumerevoli modi in cui si possono piegare, le proteine ne scelgono uno in decine di microsecondi. Un calcolatore impiegherebbe 30 anni per decidere.
- 34. Quante proteine ci sono negli esseri umani?** È stato già difficile contare i geni; le proteine si possono unire in molti modi ad altri gruppi funzionali ed è impossibile per ora contarle.
- 35. In che modo le proteine trovano il loro partner?** Le interazioni fra proteine sono alla base della vita. Per capire come i partner si incontrano con un preciso orientamento e in pochi secondi bisognerebbe conoscere di più sulla biochimica delle cellule e sulla loro organizzazione strutturale.
- 36. Quante sono le forme di morte cellulare?** Negli anni ’70 si è riconosciuto che l’apoptosi è diversa dalla necrosi. Ora molti credono che le cellule abbiano molti altri modi per morire che potrebbero essere utili nei trattamenti contro il cancro e le malattie degenerative.

- 37. Che cosa rende semplice il traffico cellulare?** Le membrane delle cellule trasferiscono i nutrienti nei vari compartimenti senza errori. Comprendere questi processi può aiutare a combattere malattie come la fibrosi cistica.
- 38. Che cosa permette ai componenti di una cellula di copiarsi senza l'intervento del DNA?** Il centrosoma, che aiuta a separare coppie di cromosomi, ed altri organelli si replicano da soli senza il DNA e questo è ancora senza spiegazione.
- 39. Quali ruoli hanno le diverse forme di RNA nelle funzioni del genoma?** L'RNA ha una gran varietà di ruoli, dal passare l'informazione genetica al mutare l'espressione dei geni. Gli scienziati sono impegnati a scoprire questi ruoli.
- 40. Che ruolo hanno i telomeri ed i centromeri nelle funzioni del genoma?** Queste caratteristiche dei cromosomi restano sconosciute finché nuove tecniche non permetteranno di sequenziarle.
- 41. Perché certi genomi sono molto grandi ed altri piuttosto compatti?** Il genoma del puffer fish ha 400 milioni di basi mentre quello del lungfish è lungo 133 miliardi di basi. Il DNA ripetitivo e duplicato non spiegano queste differenze.
- 42. Che cosa fa tutto questo DNA "junk" (spazzatura) nel nostro genoma?** Sembra sia importante nelle funzioni del genoma e per l'evoluzione di nuove specie. Analisi comparative e studi di laboratorio aiutano a trovare molte gemme fra la spazzatura.
- 43. Quanto ridurranno le nuove tecnologie i costi nel sequenziare i genomi?** Nuovi strumenti e metodi concettuali ridurranno i costi di sequenziazione di ordini di grandezza e favoriranno la crescita della medicina personalizzata e della biologia dell'evoluzione.
- 44. Come fanno le parti di un organismo completo quando devono fermarsi di crescere?** È ancora un mistero di come i geni pongano un limite alla crescita del numero delle cellule durante lo sviluppo.
- 45. Come possono essere ereditati cambiamenti del genoma diversi dalle mutazioni?** Si indaga questo problema nell'epigenetica, ma non si sa che cosa provoca e preserva i cambiamenti.
- 46. Come si genera l'asimmetria in un embrione?** Gli scienziati cercano ancora il primo fattore che trasforma una sfera di cellule relativamente uniforme in testa, coda, fronte e dietro.
- 47. Come si sviluppano ed evolvono gli arti, le mani ed i volti?** I geni che determinano la lunghezza di un naso o la larghezza di un'ala sono determinati dalla selezione. Comprendere la selezione può portare nuove idee sulle relazioni fra evoluzione e sviluppo.
- 48. Come inizia la pubertà?** La nutrizione, inclusa quella ricevuta allo stato fetale, aiuta a mettere in moto l'orologio biologico, ma nessuno sa quali forze danno un termine alla fanciullezza.
- 49. Sono le cellule staminali all'origine del cancro?** Il cancro più aggressivo è come le cellule staminali e il loro studio potrebbe portare nuovi strumenti per combatterlo più efficacemente.
- 50. È il cancro suscettibile di controllo immunitario?** Anche se il sistema immunitario può bloccare la crescita tumorale, le cellule tumorali hanno delle contromisure e questo ostacola la terapia immunitaria.
- 51. Può il cancro essere controllato invece che curato?** Ci sono cure per bloccare o ridurre un tumore impedendo lo sviluppo di vasi sanguigni, ma non si sa fino a quando questi metodi siano efficaci.
- 52. È l'infiammazione il principale fattore per tutte le malattie croniche?** Sempre più si pensa che lo sia per l'artrite e forse per il cancro e le malattie del cuore, ma rimane il problema del perché e come.
- 53. Come funziona la malattia da prioni?** Anche se si accetta che i prioni siano solo proteine ripiegate in modo sbagliato, rimane per esempio il mistero di come possano passare dall'intestino al cervello e uccidere le sue cellule.
- 54. Quanto dipendono i vertebrati dal loro sistema immunitario per combattere le infezioni?** L'importanza relativa fra sistema immunitario, che esiste dalla nascita, e la risposta è poco chiara e gli immunologi stanno cercando di capire.
- 55. È necessaria la cronica esposizione agli antigeni per ottenere una memoria immuologica?** Lo affermano persone eminenti, ma esperimenti con i topi lo fanno dubitare. Nell'incertezza il problema non va avanti.
- 56. Perché una donna incinta non rigetta il feto?** Prove recenti indicano che il sistema immunitario della madre non realizza che il feto sia un corpo estraneo avendo metà dei suoi geni dal padre ed è ciò che ha detto il Nobel Peter Medawar nel 1952, ma il verdetto deve essere ancora pronunziato.
- 57. Che cosa sincronizza l'orologio circadiano di un organismo?** Si sono trovati geni circadiani in tutte le creature e in molte parti del corpo. Si deve capire ora come si sincronizzano tutti questi orologi.

- 58. Come fanno gli organismi migratori a trovare la loro strada?** Uccelli, farfalle, balene compiono ogni anno migliaia di chilometri. Si orientano con le stelle e i campi magnetici, ma i dettagli sono poco chiari.
- 59. Perché dormiamo?** Un sonno profondo rigenera i muscoli e gli organi e rassicura gli animali nel buio, ma il segreto sta probabilmente nel cervello che non è mai assente anche quando russiamo.
- 60. Perché sogniamo?** Freud pensava che sognare da uno sfogo ai nostri desideri inconsci. I neuroscienziati sospettano ora che durante il sonno l'attività del cervello sia importante nell'apprendimento. È il sogno un effetto collaterale?
- 61. Qual è il periodo critico per l'apprendimento del linguaggio?** Monitorare il cervello dei bambini può mettere in luce perché essi imparano facilmente il linguaggio a differenza degli adulti.
- 62. In che modo i feromoni influenzano i comportamenti umani?** Molti animali usano odori chimici per comunicare specie nel periodo degli accoppiamenti. Ci sono indizi che anche gli uomini lo fanno e l'identificazione di questi feromoni darebbe una chiave per capire la loro influenza sulla nostra vita sociale.
- 63. Come funziona l'anestesia generale?** Gli scienziati cercano di distinguere gli effetti dei farmaci sui singoli neuroni, ma è molto più difficile capire come essi ci rendono inconsci.
- 64. Che cosa causa la schizofrenia?** Si cercano i geni responsabili di questa malattia. Spiegazioni possono venire anche studiando i comportamenti schizofrenici comuni alle persone normali.
- 65. Che cosa causa l'autismo?** Probabilmente molti geni contribuiscono a questa sconcertante malattia come anche fattori ambientali. Un biomarker per una diagnosi precoce aiuterebbe la terapia, ma una cura è una speranza lontana.
- 66. Quanto a lungo si riesce ad allontanare l'Alzheimer?** Un ritardo da 5 a 10 anni migliorerebbe la vita di milioni di anziani. Si cercano trattamenti con ormoni o antiossidanti o esercizi mentali o fisici che possano aiutare.
- 67. Quali sono le basi biologiche della tossicomania?** La tossicomania coinvolge la rottura dell'equilibrio cerebrale, ma influenzano anche i tratti della personalità come impulsività e ricerca di sensazioni.
- 68. È la moralità innata nel cervello?** Questa domanda ha fatto discutere molti filosofi; ora alcuni neuroscienziati credono che le immagini del cervello rivelino la presenza di zone preposte al ragionamento.
- 69. Quali sono i limiti all'apprendimento dei computer?** I computer possono già battere i migliori giocatori di scacchi ed hanno dal web tutte le informazioni per disegnare, ma il ragionamento astratto e fuori dalle capacità di una macchina.
- 70. Quanto della personalità è di origine genetica?** Gli aspetti della personalità sono influenzati dai geni e l'ambiente modifica gli effetti genetici, ma i relativi contributi sono oggetto di dibattito.
- 71. Quali sono le radici biologiche degli orientamenti sessuali?** Molti dei contributi ambientali all'omosessualità si hanno in fase prenatale in forma di ormoni, quindi la risposta a questa domanda non sta solo nella ricerca di "geni gay".
- 72. Ci sarà mai un albero della vita su cui i sistemisti si accorderanno?** Nonostante i progressi dei metodi morfologici, molecolari e statistici i ricercatori dell'albero non si accordano. Non ci sarà mai un completo consenso.
- 73. Quante specie esistono sulla Terra?** Impossibile contarle come le stelle in cielo, ma la crisi delle biodiversità ci chiede di provare.
- 74. Che cosa è una specie?** Si tratta di un concetto semplice reso confuso dai dati dell'evoluzione. Una definizione chiara potrà richiedere ancora molto tempo.
- 75. Perché si verifica in tante specie la traslocazione genetica e come?** Lo scambio di geni, una volta ritenuto raro, si è dimostrato molto comune, ma sono da determinare perché e come i geni siano così mobili e i loro effetti sulla salute.
- 76. Chi è stato LUCA (Last Universal Common Ancestor)?** Abbondano le idee su una madre di tutti gli organismi viventi complessi di 1,5 miliardi di anni fa. Le continue scoperte di microbi primitivi e la genomica comparativa aiuteranno a scoprire il lontano passato della vita.
- 77. Come si evolvono i fiori?** Darwin disse che questa domanda era un "abominevole mistero". I fiori sono nati dalle cicadi e dalle conifere, ma i dettagli della loro evoluzione sono oscuri.
- 78. In che modo le piante creano le pareti delle cellule?** Le cellule sono circondate da pareti di cellulosa e peptina che trattengono l'acqua e sostengono i fusti. Il segreto sta nella trasformazione della biomassa in materiale combustibile.
- 79. Come viene controllata la crescita delle piante?** Le sequoie diventano alte centinaia di metri, i salici artici appena 10 centimetri. Capire le differenze può significare poter produrre piante di alta resa.

- 80. Perché tutte le piante sono immuni da tutte le malattie?** Le piante hanno un sistema immunitario generale, ma hanno anche difese molecolari che allontanano patogeni specifici. I patogeni si chiedono perché specie diverse, anche molto simili, hanno sistemi di difesa diversi. Una risposta può portare a produrre piante più resistenti.
- 81. Quali sono le basi della diversa resistenza agli stress delle piante?** Noi abbiamo bisogno di piante che meglio resistono all'aridità, al freddo e ad altri stress, ma sono così numerosi i geni coinvolti e le interazioni che nessuno sa immaginare quali intervengono e come.
- 82. Che cosa ha causato le estinzioni di massa?** Un grande impatto ha estinto i dinosauri, ma la ricerca di altri eventi catastrofici non è stata positiva. Altri colpevoli più sottili e nascosti richiederanno molto più tempo per trovarli.
- 83. Si possono prevenire le estinzioni?** Trovare metodi politicamente fattibili e costo-efficaci per salvare specie a rischio di estinzione richiede creatività.
- 84. Perché alcuni dinosauri sono stati così grandi?** I dinosauri raggiungevano dimensioni inimmaginabili in meno di 20 anni. Ci si chiede come facessero i sauropodi dal lungo collo ad alimentare le loro 100 tonnellate senza denudare il loro ambiente.
- 85. Come risponderanno gli ecosistemi al riscaldamento globale?** Per predire le conseguenze dell'effetto serra, i modelli si devono focalizzare sui cambiamenti regionali e gli ecologi devono seguire le combinazioni dei cambiamenti ambientali.
- 86. Quante specie di umani sono coesistiti nel recente passato e che relazioni ci sono stati fra di essi?** La nuova specie fossile umana nana trovata in Indonesia suggerisce che almeno 4 tipi umani sono vissuti negli ultimi 100000 anni. Migliori dati e altri reperti aiuteranno a confermare o rivedere questo quadro.
- 87. Che cosa ha prodotto il moderno comportamento umano?** Ha l'Homo sapiens acquisito gradualmente pensiero astratto, linguaggio ed arte oppure è stato durante il big bang culturale di circa 40000 anni fa? I dati dall'Africa, dove è nata la nostra specie, possono trattenere la chiave di una risposta.
- 88. Quali sono le radici della cultura umana?** Nessun animale è vicino ad avere l'abilità umana a costruire su precedenti scoperte ed andare avanti migliorandole. Ciò che determina queste differenze può aiutare a capire l'evoluzione della cultura umana.
- 89. Quali sono le radici dell'evoluzione del linguaggio e della musica?** I neuroscienziati che indagano su come parliamo e facciamo musica stanno ora cominciando a trovare indizi su come si sono sviluppate queste capacità.
- 90. Cosa sono le razze umane e come si sono sviluppate?** Gli antropologi hanno a lungo discusso sul fatto che la razza non ha realtà biologica, ma i nostri geni cambiano con l'origine geografica e questo suscita problemi politici, etici e anche scientifici.
- 91. Perché alcune nazioni crescono e altre sono in stagnazione?** Dalla Norvegia alla Nigeria i livelli di vita variano enormemente e non tendono a diventare uguali.
- 92. Quale impatto hanno i grandi deficit dei governi sul tasso di interesse e sul tasso di crescita economica di una nazione?** Gli Stati Uniti potranno rappresentare un campione da studiare.
- 93. Sono strettamente connesse libertà politiche ed economiche?** La Cina può dare una risposta.
- 94. Perché è aumentata la povertà ed è diminuita l'aspettativa di vita nell'Africa subsahariana?** Quasi tutti gli sforzi per ridurre qui la povertà sono falliti. Capire i meccanismi è cruciale per alleviare la diffusa sofferenza umana.
- 95. C'è un semplice metodo per determinare se una curva ellittica ha un numero infinito di soluzioni razionali?** Equazioni nella forma $y^2 = x^3 + ax + b$ sono un potente strumento matematico. La congettura Birch e Swinnerton-Dyer ci dice come determinare quante soluzioni hanno nel campo dei numeri razionali; questo potrebbe risolvere una quantità di problemi se la congettura fosse vera.
- 96. Si può scrivere un ciclo di Hedge come somma di cicli algebrici?** In geometria e nell'algebra astratta si presentano in modo indipendente due importanti strutture. La congettura di Hedge pone un sorprendente legame fra di esse, ma questo ponte deve essere ancora costruito.
- 97. Potranno i matematici liberare la potenza delle equazioni Navier-Stokes?** Scritte per la prima volta nel decennio 1840, queste equazioni danno la chiave per capire i flussi uniformi e turbolenti. Per sfruttarle i teorici devono trovare esattamente quando sono valide e in quali condizioni falliscono.
- 98. Identifica la prova di Poincaré le sfere in uno spazio quadridimensionale?** Si può legare una corda intorno a una ciambella, ma una sfera può sfuggire. Questa osservazione vale in uno spazio tridimensionale per ogni oggetto simile alla sfera. Henri Poincaré ha congetturato che lo stesso vale in uno spazio di dimensioni superiori, ma nessuno lo ha provato.

99. Hanno tutte le soluzioni di indice zero delle funzioni di Riemann nella variabile z la forma $a + bi$? Fin dalla metà del 1800 l'ipotesi di Riemann è stata il mostro dei matematici. Se vera, fornirebbe una quantità di informazioni sulla distribuzione dei numeri primi e su altri misteri.

100. È il Modello Standard delle particelle della fisica basato su solide fondamenta matematiche? Per quasi 50 anni il modello si è basato sulla teoria quantistica di Yang-Mills che lega il comportamento di particelle a strutture della geometria. La teoria è affascinante, elegante e utile, ma nessuno ha provato che sia valida.
