



## LA MATEMATICA NELLA SOCIETÀ DELLA CONOSCENZA

GIUSEPPE PAXIA

Inizio col porgere il mio saluto ai tanti illustri ospiti, alle autorità presenti, ai colleghi e agli studenti.

E poi vorrei ringraziare le Autorità Accademiche per aver voluto affidare a me il compito di tenere questa lezione, forse perché primo Docente della nuova Università Kore di Enna.

Essendo io un matematico, in particolare un docente di geometria, sarei portato a discutere di argomenti tecnici della mia disciplina, ma vista la natura della trattazione indirizzata ad un uditorio ampio, articolato ed eterogeneo mi soffermerò su temi generali, senza entrare in dettagli tecnici che sarebbero astrusi ed ostici, soprattutto per i non addetti ai lavori.

### Introduzione

In questi ultimi decenni ci troviamo a vivere in uno scenario di profondi cambiamenti, in una società che interroga se stessa, che ripensa e riprogetta i suoi sistemi di vita, di lavoro, di conoscenza.

Per promuovere la crescita, una società deve investire nel sapere e nella competenza, in altre parole nella intelligenza.

Il possesso di strumenti culturali è determinante nella percezione che l'individuo ha di sé e della propria capacità di autodeterminazione. La cultura va intesa quindi come strumento per passare dall'appartenenza alla cittadinanza, come passaporto verso la democrazia.

L'universalizzazione degli scambi, la globalizzazione delle tecnologie, la nascita e lo sviluppo della società dell'informazione moltiplicano per gli individui l'accesso al sapere.

La scuola, l'università, il mondo della ricerca, oggi sono più che mai chiamati a porsi il problema di come la conoscenza scientifica possa diventare cultura per tutti, di come la scienza possa contribuire, insieme alla cultura umanistica, alla formazione di tutti i cittadini.

E nel sapere scientifico alla matematica viene riconosciuto un ruolo preminente. Essa ci fornisce gli strumenti più idonei a descrivere, a prevedere, a classificare fatti, eventi e leggi che si manifestano nel modo più



svariato nel mondo fisico, biologico, sociale, dell'ingegneria, dell'architettura e dell'arte.

Newton ha dovuto inventare il calcolo infinitesimale per potere creare la sua meccanica. Addirittura Richard Feynman, premio Nobel per la Fisica, scrive: "la cosa strana della fisica è che anche per formulare le leggi fondamentali abbiamo bisogno della matematica; più investighiamo, più leggi troviamo, più profondamente penetriamo la natura, più la malattia persiste: ognuna delle nostre leggi è un'affermazione puramente matematica".

Ma la matematica ha una sua bellezza e un suo fascino all'interno della sua stessa logica, legata alla razionalità della mente umana, non necessariamente orientata all'indagine sul mondo fisico e alle sue leggi.

### **Promozione degli studi matematici**

C'è da dire subito che in questi ultimi anni la Matematica, nel bene e nel male, si trova al centro di un grande dibattito culturale, perché se da un canto si manifestano segni di crisi nelle vocazioni verso le discipline matematiche generali dall'altro emergono esigenze sempre più pressanti di strumenti nuovi e innovativi che possano essere di supporto allo sviluppo di nuove tecnologie che nei più svariati campi di applicazione sappiano creare progresso e benessere.

Nei paesi emergenti del continente asiatico i sistemi educativi, fortemente orientati alla valorizzazione delle discipline scientifiche, ed in particolare della matematica, sono tali che i giovani cinesi, coreani e indiani sono sempre ai primi posti nelle Olimpiadi della Matematica, risultano fra i primi nelle graduatorie di accesso alle borse di studio delle più prestigiose Università americane.

E come tutti sappiamo il colosso asiatico impensierisce sempre più il mondo occidentale per la capacità di creare le tecnologie più attuali e avanzate.

Nei paesi del Vecchio Continente, ma anche negli Stati Uniti e in Paesi ad alta tecnologia avanzata ci sono segnali sempre più allarmanti di disaffezione e disinteresse nei giovani verso le discipline ad alto profilo scientifico come sono la matematica, ma anche la fisica e le scienze.

In una società della conoscenza è necessario che i cittadini possiedano una adeguata cultura scientifica e tecnica nel loro bagaglio culturale. L'acquisizione di questa cultura e il relativo aggiornamento sono diventati indispensabili. E' opportuno pertanto risvegliare l'interesse dei giovani, uomini e donne, nei confronti delle scienze offrendo a ciascuno conoscenze adeguate ai tempi e dando sempre più la possibilità reale di accesso alle carriere scientifiche.



Al convegno Mondiale della Matematica tenutosi nell'Agosto 2006 a Madrid, come mai in precedenti analoghi convegni, c'erano importanti tavole rotonde su come determinare e indurre nell'opinione pubblica, interesse e conoscenza, sulle questioni più attuali riguardanti la Matematica.

E' evidente che bisogna rendere la nostra scienza più visibile a tutti i livelli, bene integrata con gli sviluppi in molti campi di attività, importante per la sua stessa logica interna, e per la potenzialità di applicazioni in una grande varietà di campi.

Ed i mass –media che sanno cogliere le istanze della società, talvolta prima delle istituzioni a ciò preposte, hanno svolto in questi ultimi anni un'opera di sensibilizzazione verso la matematica, attraverso la stampa ma anche attraverso opere teatrali e film che hanno avuto un grandissimo impatto sul grande pubblico.

Chi non ha seguito con grande interesse il film “A beautiful mind” dove la vicenda umana e scientifica del matematico John Nash viene portata sullo schermo?

Oppure il film di Martone: “Morte di un matematico napoletano” in cui si parla della vicenda umana e politica del grande matematico Renato Caccioppoli?

L'opera teatrale “Proof” di David Auburn che ebbe il premio Pulitzer è stata data per più di tre anni nei teatri di Broadway.

Ne è stato tratto un film di successo con attori protagonisti Gwyneth Paltrow e Anthony Hopkins nei ruoli principali.

Ovviamente questi messaggi raggiungono una larghissima audience e lasciano tracce molto positive nei giovani.

Quale clamore ha suscitato nella stampa non specialistica la notizia della dimostrazione da parte di Andrew Wiles dell'Ultimo Teorema di Fermat che tutti i matematici più famosi avevano tentato di dimostrare nel corso degli ultimi trecento anni?

Così come recentemente ha suscitato enorme eco la notizia che il matematico russo Gregori Perelmann, che ha dato una dimostrazione della congettura di Poincaré, abbia rifiutato non solo la Field Medal che è il riconoscimento più ambito nell'ambito matematico, equivalente al premio Nobel, ma addirittura 1 ml. di dollari dalla fondazione Clay, che glielo aveva attribuito proprio in riconoscimento della grande scoperta conseguita.

Ma da questo punto di vista, qualcosa comincia a muoversi anche da noi.

Proprio per questa ragione in Italia è nato il Progetto Lauree Scientifiche promosso dalla Conferenza Nazionale dei Presidi delle Facoltà di Scienze e



Tecnologie, dal Ministero della Pubblica Istruzione, dal Ministero dell'Università e della Ricerca e dalla Confindustria.

Il Progetto è stato approvato nel Luglio del 2005. Sono 700 le iniziative già attivate, tra stages, laboratori per studenti, workshops, corsi di formazione per docenti. Il Progetto coinvolge 1725 scuole e 200 istituzioni tra università, aziende e associazioni, quindi migliaia di docenti della Scuola e dell'Università oltre che migliaia di studenti.

Vorrei ricordare che la Università Kore ha aderito a varie iniziative e dalla Kore il 6 Novembre 2006, è partita la mostra della "Geometria a tu per tu" che adesso viene presentata nelle altre Università siciliane, con afflusso notevole di studenti delle varie scuole.

A Genova dal 26 Ottobre al 7 Novembre si è tenuto il Festival della Scienza con la messa in opera di tanti eventi, con lo scopo di conoscere, approfondire, incuriosire e divertire.

Anche a Roma dal 15 al 21 gennaio 2007 si è tenuto con le stesse finalità il festival della Scienza-Le età della Vita, con la partecipazione delle più alte personalità scientifiche e culturali nei diversi campi del sapere.

Ma a questo punto forse sarebbe bene porsi la domanda: "Ma la matematica che cosa indaga? "

Si è spesso portati a credere che la Matematica sia sui libri scolastici, per lo più ostici, o nella testa di pochi eccentrici soggetti come i matematici. Nulla di più falso: la Matematica è in realtà nella vita di tutti i giorni, nelle nostre strade, nelle nostre case anche se non sempre è facile coglierla.

Essa è una scienza ipotetico-deduttiva che trae la sua ispirazione dal mondo reale, dai problemi concreti che il mondo circostante continuamente le pone, senza però che essa ne sia assolutamente asservita.

Si è soliti metterla a confronto con la filosofia; ma al di là di ogni disputa, il metodo dimostrativo della matematica è lontanissimo dal metodo argomentativo della filosofia. Un teorema dimostrato da Euclide 300 anni a.c. è riconosciuto vero anche oggi, mentre nessuna tesi filosofica di un grande filosofo vede tutti d'accordo oggi: ci saranno sempre fautori e oppositori.

In matematica vengono poste delle congetture da dimostrare, senza che queste nascano necessariamente per risolvere qualche problema concreto, ma solo per rispondere ad una esigenza speculativa: sapere se una data proposizione è vera o falsa.



## La matematica nel tempo

Ma andiamo un po' indietro nel tempo.

Per il suo ruolo e la sua funzione si potrebbe dire che la matematica sia connaturata con l'uomo.

In Babilonia già nel 2000 a.C. migliaia di tavolette risalenti alla dinastia degli Hammurabi illustrano un sistema numerico consolidato, in base sessanta, con applicazioni veramente profonde e inaspettate.

Problemi di teoria dei numeri, come la ricerca delle terne pitagoriche (a,b,c) con  $a^2+b^2=c^2$  furono studiati almeno a partire dal 1700 a.C.

Le basi babilonesi della matematica furono ereditate dai Greci e sviluppi notevoli si ebbero con la scuola di Zenone di Elea che portarono alla teoria atomica di Democrito.

I principali progressi dei Greci in matematica furono raggiunti tra il 300 a.C. e il 200 d. C. , dopo di che lo sviluppo continuò nei paesi islamici. In particolare la matematica fiorì in Iran, Siria ed India.

Questi studiosi non solo portarono a nuovi progressi ma tramandarono la matematica greca.

A partire dal XI secolo Adelardo di Bath e poi Fibonacci portarono in Europa la matematica islamica e attraverso essa la matematica greca.

Nel XVI secolo Cardano e Tartaglia dettero un grande impulso alla matematica, approfondendo lo studio delle equazioni algebriche mentre Copernico e Galileo rivoluzionarono l'applicazione della matematica allo studio dell'universo.

Nel XVII secolo Cartesio con la sua geometria analitica introdusse le potenzialità dell'algebra nella geometria. I progressi continuarono con Fermat e Pascal. La teoria della gravitazione di Newton e la sua teoria sulla luce ci portano al XVIII secolo. Notevole l'influenza di Leibniz e di Eulero che col loro contributo fecero progredire la ricerca sulla teoria dei numeri intrapresa da Fermat.

Ed è in questo secolo che assistiamo all'aspirazione delle donne ad addentrarsi nello studio delle scienze e della matematica in particolare.

Nel XIX secolo viene sviluppata la geometria non euclidea da parte di Lobachevski e Bolyai.



Nel XIX secolo i rivoluzionari lavori di Galois sulle equazioni algebriche portarono a nuovi campi di ricerca nel XX secolo ed ancora attuali ai nostri giorni.

Cauchy diede inizio allo studio delle funzioni di variabile complessa, continuato poi da Weierstrass e Riemann.

Fu introdotta la Geometria Algebrica e alla fine del XIX secolo Cantor inventò la teoria degli insiemi.

L'analisi si sviluppò per sostenere gli sviluppi della fisica matematica e dell'astronomia. Maxwell rivoluzionò l'applicazione dell'analisi alla fisica matematica e alla meccanica statistica.

Dopo di che agli inizi del XX secolo si può dire che siamo ai nostri giorni.

E' il Novecento il secolo in cui finalmente si è realizzato l'incontro tra le donne e la matematica, i fatti si sono incaricati di smentire le teorie, i giudizi apodittici sulla presunta incompatibilità delle une e dell'altra.

Oggi non possiamo certo immaginare che un vescovo geloso della bellezza e dell'intelligenza di una giovane matematica, possa ordinare ai suoi fedeli di ucciderla, come successe ad Alessandria d'Egitto nel 415 d.C., dove Ipazia venne fatta letteralmente a pezzi da una plebaglia fanatica, istigata dal vescovo Cirillo.

Le donne che scelgono gli studi scientifici ora non corrono più questi rischi, ma incontrano sempre molti ostacoli sul loro cammino.

Nonostante ciò ci sono luminosi esempi di matematiche, quali: Sophie Germain, Sofia Kovalevskaya, Emmy Noether, Sylvia Young Wiegand che hanno raggiunto i massimi livelli nella ricerca.

Agli inizi del secolo scorso le comunicazioni si facevano via via più facili. Ne veniva anche favorita la comunicazione delle idee.

## **I grandi problemi matematici**

Nell'Agosto del 1900 si tiene a Parigi il Congresso Internazionale dei Matematici.

E qui avviene un fatto storico a livello di comunicazione globale.

Il grande Matematico tedesco David Hilbert (1862-1943) dell'Università di Gottinga conduce un'operazione di grande valenza scientifica, proponendo una serie di Problemi (I 23 Problemi di Hilbert), nei più svariati campi della matematica, con la motivazione che cito:

“Chi di noi non sarebbe felice di sollevare il velo dietro cui si nasconde il futuro; di gettare uno sguardo ai prossimi sviluppi della nostra scienza e ai segreti del suo sviluppo nei secoli a venire? Quali saranno le mete verso cui tenderà lo spirito delle future generazioni di matematici? Quali metodi, quali fatti nuovi schiuderà il nuovo secolo nel vasto e ricco campo del pensiero matematico?”



Guardando al complesso dei 23 problemi ci si rende conto che le ricerche originate disegnano la trama dello sviluppo di alcune tra le più importanti branche della matematica del Novecento.

Mentre alcuni problemi erano formulati in maniera chiara e precisa in altri casi Hilbert proponeva la creazione di una nuova teoria o di un programma di ricerca ampio in cui coinvolgere le nuove generazioni di matematici.

Ad alcuni dei problemi venne data risposta quasi immediata.

Al momento, solo tre di questi problemi sono irrisolti.

Ma quali sono stati i più grossi risultati conseguiti nel secolo scorso?

Attualmente The American Mathematical Society individua una ventina di settori in cui ripartire i vari campi di ricerca: Logica e fondamenti – Algebra - Teoria dei numeri - Geometria algebrica e complessa – Topologia - Gruppi di Lie e algebre di Lie – Analisi - Sistemi dinamici - Fisica matematica - Probabilità e statistica – Combinatoria - Analisi numerica e calcolo scientifico - Teoria dei controlli ed ottimizzazione - Applicazioni di matematica alle scienze - Storia della matematica.

### **Matematica pura e matematica applicata**

Ma dopo avere fatto questo excursus viene spontanea la domanda:

Ma quale matematica è veramente importante?

Si potrebbe forse rispondere, quella che risolve i problemi più profondi con delle tecniche inattaccabili e armoniose.

Ma l'oggetto delle ricerche deve essere la matematica pura o la matematica applicata?

Nel passato si era soliti dare maggiore prestigio alla matematica pura come Scienza preminente rispetto alla matematica applicata. Anzi ricordo come i vecchi "baroni universitari" erano soliti prendere le distanze da coloro che si occupavano di discipline applicative, quali il calcolo numerico, il calcolo delle probabilità, la statistica e la matematica finanziaria.

Nel corso della storia siamo stati abituati a vedere come alcune teorie che venivano studiate come pura speculazione hanno poi trovato svariate applicazioni.

Per esempio quando Euclide duemilatrecento anni fa scriveva:

Teorema: "Esistono infiniti numeri primi", e ne dava una dimostrazione rigorosa, non pensava minimamente agli sviluppi che ci sarebbero stati nei nostri giorni, quando alla ricerca di numeri primi sempre più grandi, è legata la possibilità di costruire codici segreti e crittografici sempre più raffinati.



Quando George Boole (1815-1864) inventò la sua algebra binaria, la cosiddetta “algebra booleana”, in suo onore, non avrebbe mai pensato che la sua logica sarebbe stata la base del funzionamento dei computer.

Si tratta di un calcolo logico a due valori di verità che permette di operare su proposizioni allo stesso modo che su entità matematiche.

Così come nessuno avrebbe pensato che i moti Browniani e le oscillazioni delle quotazioni in Borsa potessero essere studiati con le stesse tecniche matematiche, che nella teoria delle particelle elementari si usasse la teoria dei nodi, che la codifica dei messaggi portasse alle geometrie finite.

La tomografia computerizzata si basa su studi del 1917 del matematico austriaco Radon, eseguite senza alcun proposito di applicazioni. Solo 40 anni più tardi si ebbero le premesse tecniche per applicare questa teoria.

Devo confessare che non tutti i matematici sono felici per l'applicabilità della loro scienza.

D'altro canto invece, pur nell'ambito di teorie complesse e profonde, molti matematici trovano affascinante l'applicabilità della loro scienza, liberandola da quel forte carattere di autoreferenzialità che la ha caratterizzata nel passato.

Certo l'opinione che la scienza si legittimi soltanto attraverso la sua utilità economica e sociale è estremamente pericolosa. Non perché creerebbe tagli nell'occupazione dei matematici puri, ma perché ciò priverebbe la matematica del suo peculiare carattere di scienza libera, non condizionata e condizionabile, a valenza fortemente intellettuale.

Ma penso che nessuno possa trovare da ridire sul fatto che esista una matematica pura e una applicata; e che fra le due non ci sia contrapposizione, ma solo complementarità e mutualità.

Ho avuto modo di parlare con matematici eminenti, e se qualcuno pone loro la domanda per sapere a quale delle due categorie di matematici ritengono di appartenere, ne provano fastidio e disagio.

Ritengono di essere matematici.

Ma nei nostri giorni, oltre alle grandi scoperte nel campo della matematica pura, attraverso l'uso di sofisticati impieghi della matematica si sono raggiunti importantissimi risultati nel campo delle applicazioni.

Fino a non molti anni fa la disciplina matematica più vicina alle applicazioni veniva senz'altro considerata l'analisi matematica, con particolare riferimento allo studio delle equazioni differenziali.

Le branche della matematica meno vicine alle applicazioni erano invece ritenute l'algebra e la teoria dei numeri. Tanto che Hardy nel suo libro: “Apologia di un matematico” affermò con soddisfazione che esistono



alcuni campi della matematica pura che mai si sarebbero avvicinati alle bassezze delle applicazioni.

Strana opinione quella del grande Hardy, visto che i primi sviluppi dell'algebra e della teoria dei numeri presso gli arabi e i mercanti occidentali nel medioevo trovano la propria motivazione proprio da problemi di tipo amministrativo e contabile. Ma Hardy sarebbe stato clamorosamente smentito anche per altre ragioni. Alan Turing aveva adoperato proprio quella matematica, negli anni 40 del secolo scorso, per decifrare per conto dei servizi segreti inglesi il codice Enigma assestando in tal modo un colpo mortale allo spionaggio tedesco.

### **La matematica dialoga con le altre scienze**

Gli sviluppi dell'informatica hanno reso la crittografia essenziale in ogni aspetto della vita della nostra società. Essa si occupa della trasmissione di informazioni cifrate in modo che le persone autorizzate che le ricevono siano in grado di verificarne autenticità, sicurezza e provenienza. Lo sviluppo delle nuove tecniche crittografiche a chiave pubblica hanno dato impulso alla matematica discreta. Questa disciplina che ha tra i suoi strumenti essenziali l'algebra e la teoria dei numeri si presta in modo naturale allo studio del linguaggio proprio dei calcolatori che ha per sua natura una struttura discreta e non continua ed interviene nella costruzione di tutti i sistemi di sicurezza legati alla trasmissione di dati.

Anche se non ne siamo sempre del tutto consapevoli, quando usiamo carte di credito, conti on line e posta elettronica usiamo a piene mani l'algebra e i numeri. Queste stesse tecniche, già a partire dagli anni '40, venivano usate alla trasmissione di dati su canali disturbati. Questo è l'oggetto della teoria dei codici correttori di errori che usiamo inconsapevolmente anche nella vita quotidiana quando navighiamo in internet o ascoltiamo musica in un CD.

E tutto questo si basa sulla conoscenza di numeri primi sempre più grandi, perché questi costituiscono i mattoni costitutivi dei numeri interi.

Il problema della fattorizzazione di un numero primo sembra a prima vista un problema innocuo. La fattorizzazione esiste ed è essenzialmente unica e si trova col famoso metodo del crivello di Eratostene. Tuttavia viene mostrata l'impraticabilità di questo algoritmo esponenziale. Ad esempio è stato provato che il numero  $2^{44497} - 1$  con 13395 cifre decimali è primo. Se avessimo usato il metodo del crivello di Eratostene un computer che facesse un milioni di moltiplicazioni al secondo avrebbe impiegato circa  $10^{6684}$  anni per ottenere questo risultato.

Sulla difficoltà di fattorizzare un numero intero si basa la moderna crittografia a chiave pubblica.

Attualmente è stato trovato il 42<sup>-esimo</sup> numero di Mersenne.

Il Dr. M. Novak ha trovato il nuovo primo più grande:

$2^{25.964.951} - 1$ . Il numero primo ha 7.816.230 cifre.



Nelle scienze fisiche, l'indagine scientifica e la matematica hanno sempre progredito contestualmente. Nell'ambito delle scienze del vivente, ossia delle scienze ambientali, biologiche e mediche, la matematica pur essendo stata considerata un valido strumento per quantificare e razionalizzare nozioni e ipotesi formulate sulla base di osservazioni sperimentali, ha finora avuto un ruolo meno importante, probabilmente perché queste hanno operato a livello descrittivo, in mancanza di principi di riferimento fondamentali.

Da alcuni anni anche nello studio del vivente, si assiste ad un utilizzo nuovo dello strumento matematico: la statistica nella progettazione di esperimenti, la ricerca di ripetizioni (Pattern Matching) in bioinformatica, i modelli nello studio dell'evoluzione, dell'ecologia e dell'epidemiologia.

Nel giugno del 2000, in una conferenza stampa congiunta il Presidente Clinton con i rappresentanti della Celera Genomics, annunciò il completamento di una bozza della sequenza del genoma umano. Questo annuncio fu il culmine di un percorso scientifico iniziato 150 anni prima con le scoperte di Gregor Mendel.

Fin dai tempi più antichi gli allevatori sapevano che i figli assomigliavano ai genitori. Per quale motivo c'è voluto così tanto tempo per arrivare ai principi dell'ereditarietà che oggi conosciamo? La risposta sembra essere che gli allevatori non operavano nel paradigma del metodo scientifico per sviluppare le proprie intuizioni.

Mendel fu il primo a capire l'importanza della matematica e della statistica e ad applicare le sue conoscenze matematiche alla risoluzione di un problema in biologia, ottenendo una relazione tra il fenotipo dei piselli che selezionava sperimentalmente, con un modello concettuale di come questi fenotipi fossero correlati ad una spiegazione di un meccanismo genetico che spiegasse quello che gli sperimentatori avevano osservato.

La soluzione che dette Mendel al problema dell'ereditarietà sembra oggi tanto semplice che sorprende che nessuno nel 1865 avesse compreso la sua analisi. Quel lavoro che segnò l'inizio della biologia quantitativa rimane ancora come un modello di brillante procedura sperimentale. Mendel studiò matematica a Vienna e fu allievo di Doppler il quale enfatizzò l'approccio quantitativo alla scienza approccio che è legato all'uso odierno dei modelli matematici.

I matematici e gli statistici continuano ad ottenere importanti risultati in genetica classica. Ma con l'avvento della biologia molecolare assume sempre più importanza il nuovo campo della genetica molecolare. La scoperta di Watson e Crick del modello del DNA a doppia elica, è il punto di partenza di questo nuovo filone di ricerca.



Quando i sequenziatori automatici hanno completato il loro lavoro, ed ottenuto DNA umano, di un topo, o di un batterio, i biologi cominciano a interrogarsi su come funzionino le regioni attive del codice genetico.

Questo significa localizzare i geni nascosti nelle sequenze di DNA e capire cosa questi geni facciano, anche perché quando si è ragionevolmente convinti che una regione di DNA codifichi una particolare proteina, non è semplice capire quale sia la funzione di questa proteina, ed in definitiva la funzione del gene.

Il riconoscimento dei geni è effettuato utilizzando una varietà di tecniche matematiche:

le “Catene di Markov nascoste” (Hidden Markov Chains), il lavoro nella ricerca di ripetizioni, la teoria delle probabilità e numerose altre tecniche si sono dimostrate efficaci.

Ma ci sono numerose altre aree della matematica che stanno trovando applicazioni nella genomica. Esempi sono la teoria dei grafi, la topologia (Theory of Braids, teoria delle trecce), e la teoria dei nodi per studiare il DNA avvolto. La geometria differenziale per studiare la relazione tra superavvolgimenti (writhe), numero di giri (twist) e numero di legame (linking number).

Gli statistici ed i probablisti stanno cercando di sfruttare le loro conoscenze per questioni riguardanti l'evoluzione del codice genetico. Le equazioni differenziali e le equazioni alle derivate parziali vengono utilizzate per risolvere problemi di diffusione. L'algebra lineare, la teoria dell'informazione e la computer grafica hanno innumerevoli applicazioni.

Nello studio del protein folding, e nelle interazioni delle proteine nello spazio, anche i computer sempre più potenti che vengono utilizzati per studiare le possibili configurazioni, non sono sufficienti a rimpiazzare l'intuito e la sensibilità di un matematico.

I matematici, in futuro, continueranno a lavorare in tutti i campi descritti, ed in molti altri, ed è certo che i matematici ed i biologi continueranno ad essere ispirati dalle rispettive ricerche per realizzare importanti scoperte.

Prima di concludere vorrei solo elencare gli svariati campi dove la modellistica matematica trova applicazioni:

- In Geologia nello studio dell'evoluzione della crosta terrestre per descrivere quali saranno i movimenti futuri con possibilità di prevedere terremoti, frane, ecc.
- In Vulcanologia, dove i modelli matematici preparati attraverso il monitoraggio dei vulcani, permettono di prevedere, sempre più in



maniera corretta, sia i tempi e i luoghi di possibili eruzioni, sia i percorsi che possono seguire le lave eruttive.

- In Aeronautica con lo studio del volo e delle rotte.
- In Meteorologia.
- Nello sport. La costruzione di canoe e barche che permettano di sfruttare al meglio i venti, le correnti, la potenza dei rematori. Per fare anche un solo esempio eclatante basta citare il caso dell'Istituto di Modellistica e calcolo scientifico MoX di Milano, con a capo il Matematico Alfio Quarteroni, i cui ricercatori sono stati i progettisti dello scafo di Alinghi che ha conquistato per la Svizzera, nazione priva di mare e cultura marinara, la famosissima coppa America di vela.
- In Medicina: ho assistito alla conferenza di Quarteroni, al convegno mondiale di Madrid in cui trattava della cosiddetta: Matematica Cardiovascolare. Egli descriveva un modello del sistema cardiovascolare e del flusso di sangue in esso. Attraverso un'accurata e realistica simulazione numerica, si era in grado di capire la fisiopatologia cardiovascolare. Questo gruppo di studiosi avevano convenzioni con i più importanti istituti cardiologici europei.

## Problemi per il Millennio

Ad imitazione dei problemi di Hilbert nell'anno 2000 considerato dall'UNESCO anno della matematica l'Istituto Clay ha elencato 7 problemi della matematica allora irrisolti. A differenza dei precedenti, per ognuno di essi di cui si fornisca la dimostrazione è stato assegnato un premio di un milione di dollari. I premi vennero istituiti durante il convegno del Millennio di Parigi, il 24/maggio 2000. Il primo ad essere risolto è la congettura di Poincaré, ad opera del russo Grigori Perelman, di cui ho già detto.

Un'altra differenza molto più profonda è che mentre i problemi di Hilbert riguardavano campi allora all'avanguardia della matematica, i sette problemi del millennio sono molto conservativi. Tutti i problemi del millennio hanno profonde implicazioni economiche, dalla sicurezza bancaria alle transazioni via internet, all'applicabilità diretta nella soluzione di problemi tecnologici pressanti: ad esempio se la Congettura di Birch e Swinnerton-Dyer fosse provata vera, sarebbe possibile rompere la crittatura basata sulle funzioni ellittiche in tempo polinomiale, e non esponenziale. Inoltre, se l'ipotesi di Riemann fosse vera, sarebbe possibile trovare un algoritmo per rompere anche le crittature basate sui numeri primi in tempo polinomiale.

1. P contro NP.
2. Congettura di Hodge.
3. Congettura di Poincaré.
4. Ipotesi di Riemann.
5. Teoria di Yang-Mills.
6. Equazioni di Navier-Stokes.



## 7. Congettura di Birch e Swinnerton-Dyer.

### Conclusione

Al di là di qualunque considerazione, la cosa che maggiormente mi affascina, è la consapevolezza che la scoperta matematica più strabiliante, sia essa di natura teorica o applicativa, non possa essere scritta in un elenco di problemi preconfezionato e codificato, come appaiono i problemi del millennio. I quali sono profondissimi e le cui soluzioni permetteranno, se conseguite, importanti progressi applicativi e teorici.

La scoperta sensazionale non la si può prevedere. Non ci resta che aspettarla.

Dall'analisi che è stata fatta appare evidente che la matematica è ben lontana dall'essere una scienza arida e immutabile. Il matematico osserva la realtà, la interpreta e, servendosi dell'immaginazione, guidata da una rigorosa razionalità, crea forme nuove. Ma è corretto definire la matematica una forma d'arte?

Oscar Wilde diceva, molto semplicemente, che "l'artista è il creatore di cose belle"; possono allora non apparire stupende le leggi che cercano di capire i meccanismi che la nostra mente utilizza nell'analizzare la realtà, come quelle della matematica pura?

I matematici non raggiungeranno Dio attraverso le loro leggi e i loro teoremi, così come i poeti non arriveranno all'Assoluto per mezzo delle loro opere, ma proprio la loro ricerca incessante rende grande il loro lavoro.

Si può concludere con una frase di Sofia Kavalevskaya: che la matematica non è chiusa in se stessa, non è una stanza senza finestre, ma un cielo che ti mette le ali e ti permette di volare.