

I risultati applicativi inaspettati della ricerca fondamentale

Giovanni Vittorio Pallottino, Dipartimento di Fisica, Università La Sapienza

A partire dalla metà del secolo scorso la ricerca scientifica ha vissuto in molti Paesi una fase di grande crescita grazie al forte aumento degli investimenti governativi in tale settore. Si suole ricondurre l'avvio di questo fenomeno alla grande influenza esercitata da un rapporto¹ scritto al termine della II Guerra mondiale da Vannevar Bush², al tempo consigliere scientifico del Presidente degli Stati Uniti, a cui si deve fra l'altro la proposta di istituire la National Science Foundation.

E anche più recentemente l'importanza degli investimenti nella ricerca, sia fondamentale che applicata, per lo sviluppo economico e sociale (competitività dell'industria nel quadro mondiale, creazione di nuovi posti di lavoro, maggiore coesione sociale) ha trovato un forte riconoscimento da parte della Commissione Europea, prima con la dichiarazione di Lisbona del 2000 e poi con l'obiettivo, stabilito a Barcellona nel 2002, di innalzare il livello di questa spesa al 3% del PIL.

Ma contemporaneamente, ormai da qualche tempo³, assistiamo in Italia come in altri Paesi all'affermarsi di una tendenza generale, un *megatrend* globale per dirlo alla Naisbitt, verso la riduzione dei finanziamenti alla ricerca fondamentale, o ricerca di base, cioè quella svolta liberamente e indirizzata al progresso delle conoscenze, in vista di un maggiore impegno nei confronti di ricerche finalizzate a risolvere problemi di interesse diretto e immediato, in vista dell'ottenimento di risultati in tempi brevi. Individuando i temi di ricerca a livello politico⁴ piuttosto che affidandone la scelta alla comunità scientifica e approvandoli in assemblee legislative dominate dalla naturale esigenza di ottenere risultati a breve termine piuttosto che impegnarsi in investimenti a lungo termine (secondo il criterio per cui gli elettori di domani ancora non votano...). Questa tendenza è certamente in qualche relazione con la difficoltà che alcuni hanno, a fronte della spesa pubblica nella ricerca fondamentale, a trovare buone risposte alla domanda: "Ma a che serve tutto ciò?". Forse ingenua, ma certamente del tutto legittima, se si considera l'entità degli investimenti in attività quali l'esplorazione dello spazio o la costruzione di grandi macchine acceleratrici per la Fisica.

*William Gladstone, then Chancellor of the Exchequer, was invited to a demonstration of Michael Faraday's equipment for generating the latest scientific wonder---electricity. Faraday set up the experiment and ran it, while Gladstone looked coolly on. When the show had run its course, Gladstone stood silent for a moment, and then said to Faraday: "It is very interesting, Mr Faraday, but what practical worth is it?"
"One day, sir, you may tax it," replied Faraday.*

¹ Scienziato di prim'ordine a cui si deve in particolare la realizzazione di un calcolatore analogico meccanico presso il MIT; fra i suoi allievi ricordiamo soltanto Claude Elwood Shannon, il "padre del digitale".

² V. Bush "Science, the Endless Frontier" Rapporto al Presidente degli Stati Uniti, luglio 1945.

³ In Italia, l'avvio di "Progetti finalizzati" da parte del CNR risale agli anni '70 (vedi per esempio "Progetto finalizzato energetica, studio di fattibilità" a cura di Mario Silvestri et. al., Milano, CNR, dicembre 1975)

⁴ Un esempio sono i Programmi Quadro Europei.

Le risposte al quesito precedente, in effetti, sono molteplici. La più ovvia e immediata è che senza ricerca fondamentale non si disporrà mai delle conoscenze necessarie per svolgere ricerche di natura applicativa, a cui tuttavia si può opporre la seguente controdeduzione: "Lasciamo ad altri l'onere di finanziare la ricerca di base, concentrando i nostri sforzi sulle attività applicative"; peraltro assai debole per quanto si dirà in seguito.

Più in generale, vi sono risposte al quesito che richiedono la condivisione, o quanto meno la comprensione, di determinati valori culturali, quali il valore intrinseco della conoscenza del mondo che ci circonda come risposta alla nostra curiosità disinteressata, cioè agli interrogativi che l'uomo da sempre si è posto da quando è divenuto tale. Arrivando fino al riconoscimento del valore fondamentale della scienza, e quindi della ricerca scientifica, come un bene pubblico permanente, oggetto di investimento per il futuro e di promozione da parte dello stato come espressione dell'interesse generale della collettività sociale.

Altre risposte derivano dalla comprensione dell'importanza, per il funzionamento di una società moderna, dell'istruzione superiore dei suoi cittadini e della necessità che questa nelle università non si attui a livello "liceale" ma invece sia sorretta da adeguati livelli di ricerca scientifica, come rientra appunto nella tradizione dell'istituzione universitaria, dalle sue origini fino alla definizione humboltiana che permea l'università moderna, del resto sancita nel dettato costituzionale del nostro e di altri Paesi. E' chiaro, d'altra parte, che nella "società della conoscenza" d'oggi, risulta indispensabile la disponibilità di quadri di elevata competenza scientifica, tecnica, economica e manageriale, che possiedano cioè un know-how aggiornato, senza il quale non vi è speranza per l'innovazione e la competitività, e ancor meno per la capacità di acquisire e padroneggiare conoscenze e tecnologie sviluppate altrove. E quindi senza svolgere una adeguata ricerca fondamentale che garantisca, oltre all'acquisizione di nuove conoscenze, la formazione di personale competente, qualsiasi investimento rivolto a ricerche di tipo applicativo in vista di risultati diretti potrebbe rivelarsi illusorio perché inutile.

Ma la risposta più efficace, perché facilmente comprensibile anche a chi non disponga degli strumenti culturali e conoscitivi che sono necessari alla comprensione degli argomenti esposti sopra, derivano dalla valutazione in termini pratici, e in particolare economici, dei risultati della ricerca scientifica fondamentale. Per cui si potrebbe anzi concludere addirittura che per ottenere risultati di indiscutibile, rilevante e essenziale valore economico occorra investire nella ricerca libera piuttosto che in quella finalizzata al concreto.

Questa argomentazione troverebbe immediato sostegno qualora si svolgesse una analisi dell'origine delle conoscenze scientifiche che sono alla base dei prodotti e dei processi che negli ultimi due secoli hanno caratterizzato lo sviluppo della società industriale e postindustriale⁵. Lasciando ad altri un compito tanto vasto quanto arduo, ci limiteremo in quanto segue a considerare tre innovazioni, tutte di immensa portata pratica ed economica, derivanti dall'opera di tre personaggi operanti nell'ambito della ricerca

⁵ Qui va posta in evidenza una differenza essenziale fra l'origine dei ritrovati tecnologici che hanno caratterizzato lo sviluppo della civiltà umana nel passato e negli ultimi secoli. In passato questi erano il frutto di attività empiriche, mentre in tempi più recenti l'innovazione tecnologica è stata sorretta dalla disponibilità di conoscenze prodotte dalla ricerca scientifica fondamentale.

fisica di base: Alessandro Volta e la pila elettrica, Wilhelm Konrad Röntgen e i raggi X, Timothy Berners-Lee e il Web.

Come vedremo in seguito, sia l'invenzione della pila sia la scoperta dei raggi X costituiscono ricadute inattese e impreviste di attività di ricerca libera: nessuno aveva commissionato a Volta o Röntgen le attività necessarie allo sviluppo dei loro ritrovati e anzi neppure Volta o Röntgen avevano la più pallida idea di cosa sarebbe derivato dalla loro attività di laboratorio. Sicché la qualifica di serendipità è ben appropriata a qualificare i due eventi. Diverso è il caso del Web. Qui l'origine dell'innovazione risiede in una attività orientata, mirata tuttavia a un obiettivo ben determinato e circoscritto: favorire comunicazioni efficaci fra gli scienziati impegnati in ricerche di fisica fondamentale, cioè si tratta di una ricerca non "di" fisica ma svolta "per" la fisica⁶. Anche in questo caso, tuttavia, la qualifica di serendipità è appropriata all'evento, dato che le relevantissime ricadute dell'estensione di quel ritrovato alla rete mondiale Internet, che lo ha reso disponibile a tutti, non erano certamente previste dal suo ideatore.

Una disputa fra dotti e la pila elettrica

L'origine della scoperta dell'effetto Volta e dell'invenzione della pila elettrica va ricondotta a una disputa fra dotti svoltasi nell'ultima decade del Settecento. Il medico bolognese Luigi Galvani aveva osservato che gli arti di una rana scorticata subivano delle contrazioni muscolari quando venivano collegati a dei conduttori metallici, pubblicando nel 1791 un lavoro in cui attribuiva il fenomeno a una particolare forma di elettricità, da lui denominata elettricità animale. Il fisico comasco Alessandro Volta, avendo ripetuto gli esperimenti di Galvani, attribuì invece il fenomeno all'azione dei metalli collegati alla rana, considerati non come semplici conduttori ma come "veri motori di elettricità". La scoperta dell'effetto Volta è sancita dall'affermazione "E' la diversità de' metalli che fa". La disputa fra Galvani e Volta, alla quale partecipano vari altri scienziati, si conclude solo nel 1799, quando finalmente Volta realizza la pila elettrica. Disponendo coppie di elementi metallici separati da "conduttori umidi", cioè stoffa imbevuta di una soluzione acida, egli ottiene un flusso continuo di cariche elettriche, cioè una corrente elettrica. Un risultato epocale, che segna la transizione fra l'era in cui, usando le macchine elettrostatiche, si sapeva produrre, volta per volta, soltanto piccole quantità di carica elettrica, e quella successiva che avrebbe visto straordinari progressi delle conoscenze sull'elettricità e il magnetismo fino alla "grande unificazione" di Maxwell, oltre alla fioritura delle innumerevoli applicazioni delle correnti elettriche.

Il 20 marzo 1800 Volta comunica la sua invenzione alla Royal Society di Londra, la più prestigiosa istituzione scientifica del tempo, con una lettera che è un modello di comunicazione scientifica, perché contiene una accuratissima descrizione dell'apparato, fatta in modo che chiunque altro possa riprodurlo. E infatti appena poche settimane dopo il chimico inglese William Nicholson utilizza il nuovo dispositivo per realizzare l'elettrolisi dell'acqua, scomponendola nei suoi elementi costituenti, idrogeno e ossigeno. Nello stesso anno, poi, il fisico tedesco Wilhelm Ritter utilizza la corrente di una pila per trasportare rame fra gli elettrodi di una cella elettrolitica, aprendo la porta

⁶ Conviene ricordare qui che gli esempi di tecnologie sviluppate per la ricerca fisica che hanno poi trovati impieghi importanti sono assai numerosi. Uno per tutti riguarda le applicazioni della tecnologia delle macchine acceleratrici nell'adroterapia, cioè la cura dei tumori mediante fasci di protoni o di ioni pesanti, grazie all'opera di Ugo Amaldi.

alle tecniche di deposizione elettrolitica (galvanostegia) e a quelle di raffinazione dei metalli. A ciò seguirà, negli anni e nei decenni successivi, quella ricchissima serie di applicazioni che tutti conoscono per diretta esperienza.

A due secoli di distanza, la pila è ancora un dispositivo di larghissimo impiego, perché essenziale per alimentare gli apparecchi elettrici ed elettronici portatili, con un mercato vastissimo.

L'inaspettata scoperta dei raggi X

Sul finire dell'Ottocento molti scienziati erano interessati allo studio dei fenomeni ottenuti applicando tensioni elettriche fra gli elettrodi metallici inseriti in tubi di vetro parzialmente evacuati, chiamati "tubi di Crookes" dal nome del fisico inglese William Crookes (1832-1919). Un apparato sperimentale assai fertile di sviluppi, dato che condusse a scoperte fondamentali come quella dell'elettrone e alla realizzazione di dispositivi di largo impiego come le lampade a scarica e i tubi elettronici a vuoto, fra cui il tubo a raggi catodici presente oggi in ogni abitazione.

Mentre studiava le proprietà dei "raggi catodici" (fasci di elettroni) emessi provocando una scarica elettrica in un tubo di Crookes, l'8 novembre 1896 il fisico tedesco Wilhelm Konrad Röntgen osservò che una lastra ricoperta di sostanze fluorescenti, che si trovava per caso all'altro estremo del laboratorio, emetteva luce. Röntgen comprese immediatamente che si trattava di qualcosa di nuovo. Per studiarlo, lavorò freneticamente per settimane, durante le quali osservò che la misteriosa radiazione, a differenza dei raggi catodici, non era costituita di particelle cariche e che, a differenza della luce, poteva attraversare la materia. Il risultato più interessante l'ottenne ponendo una mano fra il tubo generatore e una lastra fluorescente, sulla quale apparve la prima "radioscopia" dove egli poté osservare il dettaglio delle ossa della sua mano. E il passo successivo fu la realizzazione di "radiografie" grazie al fatto che i raggi X (che Röntgen chiamò così dal simbolo usato in matematica per rappresentare una grandezza incognita) impressionano le lastre fotografiche.

La comunicazione dei risultati, con l'articolo "Über eine neue Art von Strahlen" (Su un nuovo tipo di raggi) del dicembre del 1895 e una conferenza con dimostrazione pubblica nel mese successivo, destò grandissimo interesse sia fra gli scienziati che nel pubblico. Le prime applicazioni in campo medico seguirono a breve - già nel febbraio del 1896 i raggi X cominciarono a essere usati clinicamente negli Stati Uniti - e questa pratica si diffuse rapidamente, creando così un'industria di notevoli dimensioni. Ma i raggi X trovarono anche numerosi altri impieghi, fra cui di particolare rilievo l'ispezione di materiali e manufatti per rilevarne eventuali difetti interni.

Röntgen ricevette il premio Nobel per la Fisica nel 1901, ma non volle brevettare i suoi ritrovati né trarne alcun profitto, considerando la scienza come un patrimonio comune, aperto al beneficio di tutti.

Il Web: una tecnologia per la ricerca che crea un nuovo mondo

L'idea di Timothy Berners-Lee è delineata assai chiaramente nel titolo e nei contenuti del documento CERN⁷ "WorldWideWeb: Proposal for an HyperText Project" (12 novembre 1990), dove fra l'altro si introduce il termine "browser" (navigatore) per denominare i programmi che da una macchina forniscono accesso diretto a documenti (testi,

⁷ Centro europeo per le ricerche nucleari, sostenuto oggi da 20 Stati membri, con sede a Ginevra.

programmi o altro) memorizzati in altre collegate alla prima. Utilizzando la già conosciuta tecnica dell'ipertesto⁸, cioè del collegamento dinamico, però estendendola dal collegamento fra le parti di un singolo documento o fra i documenti di una macchina a quello, estremamente più ricco di prospettive, fra documenti che si trovano in una molteplicità di calcolatori connessi fra loro da una rete di comunicazione. Il prototipo del nuovo sistema, realizzato a breve, viene usato per rispondere a una esigenza chiave della ricerca, cioè assicurare lo scambio di informazioni, in modo rapido ed efficace, mettendo in comune il materiale, fra i membri delle grandi collaborazioni (costituite da decine o addirittura centinaia di ricercatori) operanti nel campo delle particelle elementari, soprattutto per lo sviluppo di programmi e la redazione di rapporti. Per la sua efficacia il Web incontra grande favore prima al CERN e presto anche negli ambienti di ricerca collegati: il primo server Web in Usa viene realizzato a Stanford nel 1991, offrendo ai fisici di tutto il mondo l'accesso a una grande raccolta di documenti scientifici. La successiva diffusione del Web al di fuori dell'ambito scientifico, con la sua crescita esplosiva e le sue innumerevoli ricadute, deriva dalla scelta illuminata del CERN di mettere questa tecnologia a libera disposizione. Si valuta oggi che quasi un miliardo di utenti di Internet abbiano accesso grazie al Web all'innumerabile materiale memorizzato in circa duecento milioni di server.

E' stato detto che questo nuovo metodo di comunicazione sta avendo un impatto sulla società umana paragonabile a quello dell'invenzione della stampa⁹. Quel che è certo è che il Web da un lato ha rivoluzionato il modo di informarsi e dall'altro ha condotto allo sviluppo di attività e di industrie totalmente nuove, di grande rilievo dal punto di vista sia economico che occupazionale.

Novembre 2006

⁸ Questa tecnica si deve a Ted Nelson e Douglas Englebart, ma le sue radici risalgono a un'idea di Vannevar Bush, che negli anni trenta immaginò un sistema basato sulla archivi meccanizzati di documenti (su microfilm) "con una rete di percorsi associativi fra essi" in modo da facilitarne la consultazione.

⁹ Luciano Maiani "Mezzo secolo di fisica delle particelle" Sapere, Ottobre 2004, pp.6-29