

Il metodo scientifico come strumento culturale

Dr. Mauro Prencipe

Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche
Università di Torino.

Perché fare divulgazione scientifica

Il sapere scientifico ha ormai raggiunto *dimensioni* tali da non poter essere compreso, nella sua globalità da un singolo individuo. La figura ottocentesca del *Filosofo naturale*, che poteva a buon diritto ritenersi depositario dell'insieme delle conoscenze scientifiche conseguite nel suo tempo, è oggi del tutto scomparsa, sostituita da quella di scienziati sempre più specializzati in settori alquanto circoscritti. Che questo non sia un bene è evidente, d'altra parte è pure un fatto inevitabile, dal momento che il tempo a disposizione di ognuno per l'acquisizione di dati e l'apprendimento di concetti e metodi è necessariamente limitato.

Per entrare nel merito e partecipare attivamente a un qualunque dibattito scientifico occorre avere alle spalle un buon bagaglio culturale, che non tutti possiamo avere; ci si deve in molti casi *accontentare* di ascoltare l'opinione di altri *ritenuti autorevoli* in determinate discipline. Ora, tali personaggi *autorevoli* abbondano, affollano e intasano ogni mezzo di comunicazione possibile, producendo un rumore di fondo che rende molto spesso impossibile, per la maggior parte di noi, il formarsi di una pur vaga idea in merito a qualunque fatto che abbia una valenza scientifica. Si dovrebbe allora essere in grado di distinguere chi è realmente autorevole da chi non lo è, cosa che può non essere semplice. Sicuramente, possedere un minimo di *nozioni* scientifiche può essere di grande aiuto: più cose si sanno più è facile individuare falsità o punti oscuri nel discorso di un sedicente esperto. In questo, la divulgazione scientifica (attraverso libri, conferenze e televisione) svolge un ruolo importante, rendendo pubbliche, con un linguaggio possibilmente accessibile ai più, una gamma di conoscenze a tutt'oggi acquisite. Ma le nozioni non bastano; occorre avere un atteggiamento *critico* e *attivo*: la mera conoscenza di fatti, assorbiti *passivamente*, non collocati entro contesti che sappiano legarli tra loro in un *corpus* di conoscenze logico e coerente, non serve quasi a nulla. È qui che si distingue la buona divulgazione da quella cattiva: una divulgazione attenta a fornire *stimoli* per l'approfondimento, in grado di evidenziare implicazioni e portata dei fatti presentati, capace di creare collegamenti con altri fatti, concetti e teorie è senz'altro da preferirsi a quella, magari *spettacolare* ma piuttosto sterile, che si limita a presentare dati e conquiste tecnologiche. Per una divulgazione di buona qualità bisogna rivolgersi a persone competenti nel settore specifico di cui si vuol parlare. Troppe volte si sono sentiti scienziati di *chiara fama* esprimere opinioni in discipline non di loro pertinenza: un fisico nucleare, sia pure vincitore di un Premio Nobel, non ha, in generale, adeguate cognizioni per parlare seriamente di *effetto serra*: occorre un *climatologo* che, da anni, si occupi del

problema, che abbia conoscenza dei fatti rilevanti, delle teorie e ipotesi fatte per interpretarli.

La divulgazione scientifica è vista come mezzo per creare nell'opinione pubblica una mentalità critica, capace di giudicare da sé la veridicità delle innumerevoli dichiarazioni *mediatiche* a proposito di scienze e pseudoscienze. Nella fattispecie, la distinzione tra ciò che è scientifico e ciò che non lo è, non è tanto una questione di *contenuti*, quanto di *metodo*: a monte di un qualsiasi dibattito scientifico, prima di entrare nel merito dei singoli fatti o teorie, si pone sempre la questione del metodo, vale a dire delle *regole* a cui tutti i partecipanti alla discussione devono sottostare, pena l'inutilità della discussione medesima. Se una data *disciplina* vuole sollevarsi dal rango di pseudoscienza a quello di scienza, se ambisce cioè a un avallo scientifico, deve sottostare alle regole dettate dal metodo scientifico, regole irrinunciabili senza le quali la scienza non avrebbe raggiunto lo stadio di sviluppo a cui si trova.

La scienza non ha, e né ambisce ad avere, il *monopolio* della cultura; tuttavia, dal momento che, per definizione, la scienza produce *cultura scientifica* e poiché, d'altra parte, chi produce cultura scientifica fa senz'altro scienza, ne consegue che quest'ultima ha almeno il monopolio *più ristretto* della cultura scientifica. Essendo questo punto ricavato su base puramente *logica*, possiamo esser certi che una qualunque opinione diversa debba essere il frutto di considerazioni *illogiche*! Chi rifiuta le regole del dibattito scientifico, produrrà forse altra conoscenza, altra cultura, magari *degnissima* ma non scientifica.

Un *giurista* non produce, né tiene a produrre cultura scientifica, non per questo i suoi studi saranno considerati irrilevanti: semplicemente saranno fonte di una cultura diversa che muove da basi, metodi, regole e scopi differenti da quelli propri della scienza; una cultura, quella giuridica, che non richiede certo la *validazione* scientifica per avere maggiore impatto e autorevolezza. Allo stesso modo, l'astrologo che non segue le regole del metodo scientifico nel sostenere le sue ragioni, non può pretendere di fare cultura scientifica. Il dibattito intorno a questioni astrologiche è *non* scientifico se condotto fuori dalle regole: fino a che non si presentino dati a supporto delle teorie che sostengono una qualche influenza sull'uomo da parte degli astri, dati s'intende ottenuti e valutati secondo i criteri in uso per tutte le altre discipline scientifiche, non si farà dell'astrologia una scienza. Questo non vuol dire che l'astrologia debba essere *cancellata* dalla mente degli uomini, probabilmente sarebbe un peccato: l'astrologia è, in fondo, il riflesso di antichi miti, leggende e conoscenze che fanno parte della nostra storia e vale certamente la pena studiarla da un punto di vista *umanistico*. Altri sostengono che abbia un'utilità sociale (e qui è questione di opinioni) ma, ribadisco, tutto ciò non ha nulla a che fare con la scienza.

La pubblicazione e la valutazione della qualità

Le regole del dibattito scientifico sono codificate in una serie di *protocolli* che devono essere seguiti nella progettazione di ogni esperimento (o *misura*), nella sua esecuzione e nell'analisi dei risultati che ne seguono. Tali protocolli garantiscono, o almeno dovrebbero, la riproducibilità dell'esperimento, una sua analisi coerente e l'inserimento dei risultati all'interno del quadro più vasto della disciplina in cui esso stesso si colloca. In

molti casi, il giudizio relativo al rispetto del protocollo nelle sue varie componenti e quindi, in ultima analisi, sull'*oggettività* dei risultati medesimi e delle teorie o ipotesi proposte a loro interpretazione, può essere difficile se non impossibile da formulare per un pubblico non specialista, e deve solitamente essere demandato ad altri ritenuti più esperti. In altre parole, a meno di non essere coinvolti direttamente in determinate ricerche e aver accumulato esperienza, è difficile capire quali studi possano realmente contribuire alla risoluzione di certi problemi e quali siano soltanto fonte di confusione, attraverso la produzione di dati incerti, sbagliati, inconsistenti e male interpretati. Per far fronte al problema relativo al giudizio di qualità, si ricorre al meccanismo della pubblicazione su rivista *peer reviewed*: l'autore di una data ricerca stende un rapporto dettagliato sul lavoro fatto (*manoscritto*, nel gergo scientifico) che spedisce a uno degli editori di una rivista specializzata nel settore di pertinenza; l'editore, che solitamente è uno scienziato in grado di comprendere il contenuto dell'articolo speditogli, individua due (a volte tre) esperti (i *referee*) sull'argomento specifico, a cui distribuisce copie dell'articolo, chiedendo loro un parere.

Gli esperti selezionati dall'editore sono generalmente personaggi ben noti alla comunità scientifica, che da anni si occupano dell'argomento in questione e che hanno già pubblicato molti articoli. I referee analizzano quindi il manoscritto, eventualmente valutandolo adatto per la pubblicazione, magari suggerendo (talvolta *imponendo*) aggiunte, modifiche o chiarimenti da parte dell'autore, oppure giudicandolo non pubblicabile se di livello troppo basso rispetto allo standard minimo comunemente accettato.

La struttura dell'articolo prevede un titolo, il nome dell'autore (o l'elenco degli autori, se più d'uno; generalmente il primo nome è quello dell'autore principale, seguito dagli altri in ordine alfabetico) e l'istituzione di appartenenza; segue poi un breve riassunto (*Abstract*) in cui si illustrano in modo sintetico gli scopi della ricerca, i metodi e le modalità sperimentali seguite, le conclusioni. Il *corpo* dell'articolo consta di una *introduzione* in cui si presenta l'intero lavoro illustrandone gli scopi e le motivazioni, collocandolo nel contesto più ampio offerto dalla *letteratura* internazionale sull'argomento. I metodi sperimentali seguiti per eventuali misure, le strumentazioni usate, le procedure di calcolo utilizzate per analisi o l'ottenimento di dati, vengono descritti in un'apposita sezione (*Experimental*, o *Methods of calculation* per i lavori di stampo teorico).

Alla presentazione, all'analisi e discussione dei dati vengono solitamente dedicate una o due sezioni (*Results and discussion*) e, solitamente, il paragrafo *Conclusions* riassume i principali risultati ottenuti. L'articolo si chiude infine con un elenco della bibliografia citata nel testo (*References*).

Il compito dei referee si può suddividere in vari passaggi ideali:

- Deve essere verificato se l'autore possiede debita conoscenza del settore in cui opera, in modo da non trascurare aspetti rilevanti, e correlati al proprio ambito, già discussi in altre pubblicazioni di altri ricercatori; tali lavori

devono essere citati nell'articolo, ed elencati nella sezione *References*. Di solito, una panoramica della letteratura esistente sull'argomento viene riportata nella sezione introduttiva.

- Occorre valutare se la sezione *Experimental* contenga tutte le informazioni necessarie per una eventuale replica, del medesimo esperimento, da parte di altri ricercatori. Eventuali limiti o difetti delle metodiche sperimentali o di calcolo utilizzate, e la loro possibile influenza sull'esito e sull'analisi dell'esperimento, dovrebbero essere chiaramente indicati.
- Le ipotesi e teorie interpretative formulate dovrebbero essere *logicamente* deducibili dai risultati sperimentali ottenuti, eventualmente uniti a quelli pubblicati in altri lavori. La coerenza interna è uno degli aspetti principali di cui tener conto nella valutazione complessiva del lavoro.
- Ogni affermazione che non sia immediatamente evidente, e che non emerga dai dati, deve essere adeguatamente discussa citando, se possibile, uno o più articoli in cui tale affermazione sia stata dimostrata o, almeno, discussa.
- Infine, cosa non da poco, il lavoro deve essere scritto in un linguaggio comprensibile: articoli particolarmente criptici non sono utili a nessuno.

Da quanto scritto emerge che l'azione dei referee non è di carattere *censorio*: il referee non respinge articoli che giungono a conclusioni non *in linea* con la propria opinione, ma si limita a verificare il rispetto di standard procedurali. Un articolo *rivoluzionario*, che pure giungesse a risultati in pieno disaccordo con quanto fino a quel momento assodato, verrebbe comunque pubblicato, purché i dati siano consistenti, l'analisi ben fatta e il disaccordo con le teorie correnti evidenziato e discusso. Compito del referee è quello di garantire uno standard minimo di attendibilità ai lavori che vengono pubblicati. L'esigenza di un *controllo di qualità*, allo scopo di ridurre il rumore di fondo e aumentare l'oggettività e l'efficacia delle ricerche di decine di migliaia di scienziati in tutto il mondo, ha reso la peer review uno strumento fondamentale e irrinunciabile: in campo scientifico, un fatto *non esiste se non è pubblicato* su una rivista scientifica!

In base a quanto detto dovrebbe essere chiaro perché nei dibattiti a proposito di pseudoscienze si insista molto sulla mancanza di pubblicazioni. Se queste non ci sono non è a causa di oscuri *complotti* orditi dai *detentori della scienza ufficiale* ai danni di geniali pseudoscientisti incompresi; la verità è sia nella mancanza di dati oggettivi a sostegno delle fantasiose teorie proposte, sia nel disaccordo tra i fatti reali, davvero osservati, e quelli che queste teorie implicherebbero se fossero vere.

La qualità delle riviste

Esistono migliaia di riviste scientifiche, specializzate in settori diversi, alle volte anche molto circoscritti. Non tutte le riviste soddisfano agli stessi standard di qualità: su alcune il referaggio è meno *spinto* e può essere più facile pubblicare che non su altre. Solitamente è sulle riviste a sola diffusione nazionale, meno prestigiose, che possono

trovarsi lavori di *basso livello*. Il prestigio di una rivista può essere valutato dal suo *fattore di impatto* (Impact Factor, *IF*): si tratta di un indice numerico che viene attribuito a ciascuna rivista sulla base del numero di *citazioni* che gli articoli pubblicati su quella rivista hanno avuto (in un dato anno) in lavori apparsi su tutte le riviste scientifiche censite, rapportato al numero di articoli pubblicati annualmente sulla rivista in oggetto. Il fattore di impatto correla con la diffusione delle riviste: giornali molto diffusi e ad *ampio spettro* (che trattano cioè una molteplicità di argomenti, dalla geologia alla medicina) hanno un alto *IF*; esempi classici sono *Nature* (28.8) e *Science* (24.4). A titolo di esempio, in campo medico, *Lancet* e il *British Medical Journal* hanno *IF* pari a 10.2 e 5.3 rispettivamente. Riviste come *Scientific American*, un po' atipiche (vi si pubblicano articoli a carattere divulgativo, solo su esplicito invito dell'editore) hanno *IF* bassi (nel caso specifico 1.3).

L'Impact Factor deve comunque essere usato con cautela; ha poco senso, infatti, confrontare tra loro *IF* di riviste classificabili in settori diversi: per esempio, è chiaro che una rivista di genetica sarà letta e citata da molti più ricercatori di una, sia pure di buon livello, che si occupa di mineralogia. Conviene a volte dare uno sguardo al *Ranking*: un altro indice che *rinormalizza* gli *IF* entro gruppi di riviste omogenee per argomento; una rivista a *Rank* basso (è cioè nelle prime posizioni) ha un alto *IF* in confronto ad altre che operano nello stesso settore. Per esempio, tra le riviste di medicina, il *New England Journal of Medicine* compare al primo posto (*Rank* 1, *IF* 29.5); *Lancet* al quinto e il *British Medical Journal* al tredicesimo. Informazioni dettagliate sulla definizione e sull'uso degli impact factor, si possono trovare sul sito dell'ISI (*Institute for Scientific Information*): www.isinet.com. Elenchi di impact factor possono trovarsi su numerosi siti internet, cercati con qualche motore di ricerca.

Esiste poi un altro criterio per giudicare la qualità o l'importanza di singoli articoli pubblicati su una data rivista: si può consultare il *Science Citation Index* (fonte ISI) che riporta, per ogni lavoro, il numero di altri articoli che lo citano. In generale, meno un lavoro è citato, meno viene considerato importante o attendibile dal resto della comunità scientifica (si deve però tener conto della data di pubblicazione: un articolo uscito da poco sarà ovviamente poco menzionato, rispetto a uno pubblicato anni prima).

Per esempio, il lavoro Linde K, Clausius N, Ramirez G, Melchart D, Eitel N, Hedges LV, Jonas WB (1997): "Are the clinical effects of homoeopathy placebo effects? A meta-analysis of placebo-controlled trials" *Lancet*, **350**, 834-843 ha ricevuto fino ad oggi (10/2001) 148 citazioni.

Per contro, ha ricevuto una sola citazione l'articolo di Benveniste del 1998 (sempre sulla stessa rivista): Benveniste J (1998): "Metanalysis of homeopathy trials" *Lancet*, **351**, 367-367

Le comunicazioni a congressi

Un discorso a parte meritano le *comunicazioni* a congressi. Società scientifiche nazionali o internazionali organizzano periodicamente dei congressi ove ognuno può presentare dei *contributi*; per partecipare si invia solitamente un abstract (riassunto) del proprio

contributo al comitato scientifico del congresso; tale comitato non entra però nel merito del contenuto, ma si limita a controllare questioni molto pratiche quali, il numero di parole dell'abstract (che non deve superare un certo limite), l'impaginazione e il carattere (*font*) usato (spesso gli abstract vengono stampati così come sono su un volumetto apposito –gli *Atti del congresso*– dunque devono essere preparati dagli autori seguendo precise regole tipografiche). Molti abstract non contengono risultati e sono poco più che *titoli estesi*. Dunque, per le comunicazioni a congressi non esiste possibilità di controllo da parte di referee: chiunque può partecipare presentando anche dati inattendibili e ciò non risulterà *agli Atti*! Certamente, la discussione in sede congressuale potrà rilevare le eventuali debolezze dei singoli contributi, ma di questa rimarrà traccia soltanto nella memoria dei partecipanti. Lo scopo per cui si presenta un contributo non è solo quello di informare il resto della comunità scientifica sugli sviluppi molto recenti delle proprie ricerche, ma pure quello di raccogliere le opinioni di altri esperti in merito a problemi difficili da affrontare, che ancora non si è stati in grado di risolvere o elaborare del tutto. Con le dovute eccezioni, *report* congressuali non seguiti da pubblicazioni su riviste, non hanno molto valore, proprio perché non sono stati sottoposti al giudizio dei referee.

Come reperire riviste e articoli

Data la limitata *tiratura*, molto difficilmente troveremmo una rivista scientifica in edicola (con l'eccezione di *Nature* e *Science*, talvolta reperibili). Normalmente sono le biblioteche universitarie (o meglio, le biblioteche di *dipartimento*, a cui ognuno ha libero accesso) che sottoscrivono abbonamenti a più riviste. Riviste ad ampio spettro possono trovarsi in più biblioteche; per le altre, specializzate solo in determinati settori, occorre ovviamente rivolgersi alle biblioteche dei dipartimenti che operano in quei settori. Per l'università, il sito www.unito.it contiene informazioni sulle biblioteche facenti parte dell'ateneo torinese, fornendo pure l'elenco delle riviste che vi si possono trovare.

Articoli da giornali non presenti in alcuna biblioteca dell'area torinese, possono richiedersi direttamente a istituti specializzati; per effettuare le richieste, ci si rivolge normalmente al personale di biblioteca (l'operazione ha comunque un costo). Le riviste (di solito a periodicità mensile o bimestrale) sono raccolte in volumi che riportano sulla *costa* l'indicazione dell'anno di pubblicazione e il numero del volume (quest'ultimo viene indicato in neretto, o sottolineato, nelle *References* di ogni articolo).

In ogni volume è anche presente un indice degli autori e uno *abbreviato* dei titoli (che riporta cioè solo poche *parole chiave* estratte dal titolo) dei lavori pubblicati. Molte riviste sono ormai presenti anche in rete, sui siti delle associazioni o organizzazioni che le pubblicano. Per esempio, sul sito della *International Union of Crystallography* (www.iucr.ac.uk) si trovano i *link* alle riviste *Acta Crystallographica* (sez. A-D) e al *Journal of Applied Crystallography*; alla versione *on line* della rivista *Science* si può direttamente accedere dal sito www.sciencemag.org (o passando dal sito dell'*American Association for the Advancement of Science*, www.aaas.org).

È normalmente possibile consultare l'elenco degli articoli pubblicati, facendo pure ricerche per parola chiave o per autore (si veda più avanti) e avere libero accesso almeno

agli abstract; la consultazione degli interi articoli (*full text*) richiede, invece, a volte, una sottoscrizione in *aggiunta* all'abbonamento alla versione cartacea della stessa rivista. In altri casi, singoli articoli (*full text*) sono acquistabili via internet (fornendo gli estremi della propria carta di credito): nel caso dei *Physical Reviews* (dal sito dell'*American Physical Society*, www.aps.org), gli articoli sono resi disponibili in formato PDF (o PS) al costo di 15\$ ciascuno!

La ricerca estesa di articoli relativi a determinati argomenti non è cosa facile. Alcune organizzazioni pubblicano periodicamente degli enormi elenchi di titoli di lavori comparsi in *letteratura*, riguardanti ambiti specifici. Per esempio, l'*American Chemical Society* pubblica i *Chemical Abstract*: una raccolta dei titoli, con relativi riassunti, di tutti i lavori, che si occupano di chimica, apparsi su alcune migliaia di riviste del settore (o di settori affini, per esempio quello *fisico*); in questo caso, si procede preventivamente alla consultazione di uno o più volumi che contengono lunghi elenchi di parole chiave o elenchi di argomenti; a ciascuna parola chiave o argomento sono associati uno o più *codici* che specificano la posizione, entro altri volumi, dei riferimenti ai singoli articoli. Inutile dire che, nell'era dell'informatica, queste ricerche possono effettuarsi anche *on line*: la banca dati dei *Chem. Abs.* (così come molte altre) è consultabile anche via rete, con ricerca per parole chiave (con logica *booleana*) o per autore; unico problema, *il costo*!

Una volta raccolte un po' di pubblicazioni recenti, di interesse, si possono sfruttare le ricerche bibliografiche che gli autori di quelle hanno dovuto fare: basterà consultare l'elenco delle references di ogni lavoro. In questo senso, gli articoli di review che analizzano tutto ciò che stato detto a proposito di uno specifico argomento fino, ovviamente, alla data di pubblicazione (o meglio, di stesura dell'articolo) sono una vera manna, dal momento che elencano tutta la letteratura rilevante, classificandola in base ai contenuti e dandone, a volte, un giudizio critico.