

## Cambiamenti climatici e riscaldamento globale antropogenico: una selezione di articoli di base della scienza del clima (1824-1995)

James R. Fleming

<http://wiki.nsdsl.org/index.php/PALE:ClassicArticles/GlobalWarming>

Per tutti coloro che cercano di comprendere a fondo i temi dei cambiamenti climatici e del riscaldamento globale da parte dei gas serra è consigliabile non solo di leggere la letteratura corrente ma anche gli articoli scientifici più rilevanti dei primi periodi. Questo tipo di indagine storica è particolarmente rilevante poiché, in un arco temporale che va dai decenni ai secoli, le idee sul clima sono cambiate più rapidamente dei cambiamenti effettivi del sistema climatico. Perciò, gli studenti [e gli studiosi] delle dinamiche del clima dovrebbero anche essere consci delle dinamiche della scienza – il cambiamento delle idee scientifiche e delle loro applicazioni nel corso del tempo.

Gli storici [della scienza] cercano di spiegare come gli scienziati privilegino certi punti di vista su fenomeni che riguardano [il funzionamento del] l'intero globo, che abbiano componenti sia naturali che antropogeniche, e che variano continuamente in una molteplicità di scale spaziali e temporali. Cerchiamo in particolare di comprendere a fondo quello che gli scienziati sapevano sui cambiamenti climatici in ogni periodo storico ed in che modo abbiano raggiunto quelle conoscenze. Usata in maniera adeguata, la lunga storia della scienza dei cambiamenti climatici è in grado di fornire informazioni e prospettive sia sugli argomenti scientifici di frontiera che sulle urgenti scelte politiche.

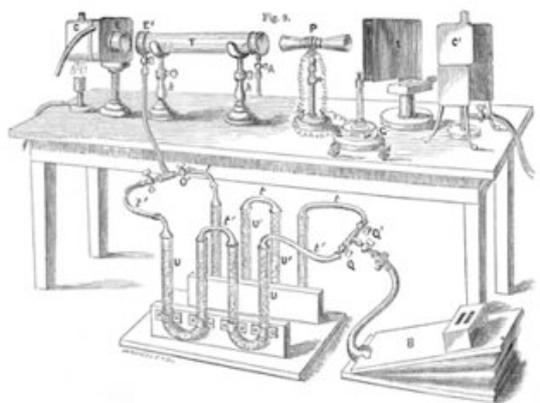
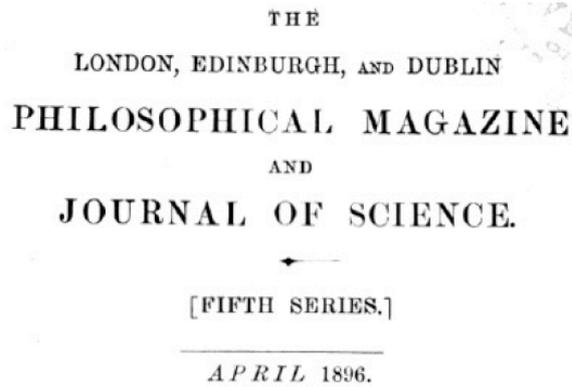


Figura 1: L'esperimento di Tyndall (1861)

Le pubblicazioni originali degli scienziati, unite al materiale di archivio, costituiscono i mattoni di base della storia della scienza. Leggere un articolo scientifico “con le parole degli autori” è un impegno notevole. Il lettore deve considerare la terminologia, le tecnologie ed i metodi di un'altra era. È possibile che un tale esercizio sollevi più domande che risposte – e questo può essere un punto di partenza per la ricerca storica, oppure può sensibilizzare il lettore verso le complessità del passato e porre le ricerche attuali in una prospettiva più ampia che consideri i risultati precedenti. La selezione di articoli sui cambiamenti climatici e sul riscaldamento globale presentati qui sono apparsi in riviste scientifiche nel corso di due secoli, dal 1824 al 1995. Ogni articolo è significativo nel suo genere. Alcuni sono articoli fondamentali.

Studi teorici, esperimenti, misure e modelli sono considerati ugualmente in questa selezione. Il XIX secolo è rappresentato da 4 articoli. Gli articoli teorici degli scienziati francesi Fourier e Poulliet sono riportati nelle loro traduzioni inglesi, e introducono un mondo estraneo nel quale l'effetto serra, la “temperatura dello spazio”, ed il calore residuo della formazione della Terra giocano insieme un ruolo nella determinazione delle temperature terrestri. Nonostante precedano le leggi di base del trasferimento radiativo, queste teorie erano comunque basate su accurati esperimenti di laboratorio ed osservazioni del mondo naturale. L'articolo pionieristico di Tyndall del 1861 riporta i risultati di esperimenti di laboratorio sulle proprietà di assorbimento di quelli che sono diventati noti come “gas serra”, mentre il modello di Arrhenius del 1896, il primo del suo genere, esamina le variazioni glaciali e interglaciali e l'influenza delle concentrazioni di CO<sub>2</sub>. In questo articolo “scopriamo” gli esperimenti di raddoppiamento della CO<sub>2</sub> nei modelli e la nozione che il riscaldamento può intensificarsi alle alte latitudini.

Lo studio di Ekholm del 1901 sulle variazioni climatiche è notevole per il suo contenuto



XXXI. *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground.* By Prof. SVANTE ARRHENIUS \*.

Figura 2 Frontespizio dell'articolo di Arrhenius del 1896.

loro ruolo nell'assorbimento della CO<sub>2</sub>. L'articolo profetico di Edward Lorenz, pubblicato nel 1963, ebbe un impatto significativo e di largo respiro su tutta la scienza, e addirittura sull'opinione pubblica del tempo. L'articolo ricorda ancora oggi ai modellisti climatici che i fenomeni risolti dai modelli hanno delle proprietà caotiche che vanno considerate. [Ciò implica che la possibile gamma di variazioni climatiche ha un certo grado di predicibilità, mentre il passaggio da una modalità all'altra (come ad esempio le fluttuazioni tra regimi freddi e caldi) può essere caotica e non predicibile<sup>1</sup>.]

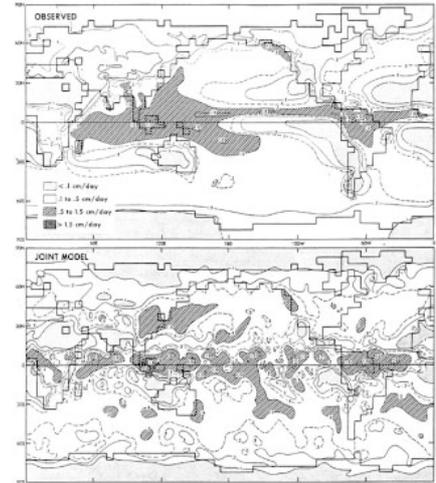
La seconda parte della collezione di articoli tratta della varietà dei modelli climatici sviluppati negli ultimi 40 anni, a partire dagli studi di sensitività climatica di Manabe e Wetherland per mezzo di un modello di circolazione generale ed i modelli di bilancio energetico di Budyko e Sellers. Gli articoli di Hansen et al., Cess et al. e Santer et al. sono tre ulteriori esempi di quegli studi di sensitività che ci portano ai rapporti recenti dell'IPCC. Ma c'è molto di più che la modellistica negli studi dei cambiamenti climatici. L'articolo di Keeling del 1970 riferisce sulle misure in atto [(ancora oggi)] della CO<sub>2</sub> alle Hawaii ed in Antartide mentre fa risuonare un avvertimento ambientale che è ancora di rilievo ai giorni nostri. Vonder Haar e Suomi utilizzarono le nuove tecnologie satellitari per fare le prime misure dirette del bilancio radiativo, un'attività che venne ripetuta in continuo da allora. Nel 1974 venne scoperto che i clorofluorocarburi avevano un'azione chimica negativa sui livelli di

enciclopedico e per l'analisi delle influenze umane sul sistema climatico, includendo le allora innovative idee sul possibile riscaldamento climatico di origine antropogenica. Dopo un intervallo di alcuni decenni, Callendar, nel 1938, rinnova la teoria del cambiamento climatico legato alla CO<sub>2</sub> mettendo assieme l'aumento delle temperature, la crescita della CO<sub>2</sub> [atmosfera], ed una nuova, molto più dettagliata comprensione dello spettro di assorbimento ed emissione nell'infrarosso — il cosiddetto "effetto Callendar". Gilbert Plass condivise fortemente le conclusioni di Callendar, e nei primi anni '50, predispose il primo modello al computer riguardante l'effetto serra naturale, includendo anche le attività umane. L'articolo di Bolin e Eriksson del 1958 aiutò a chiarire la chimica dei carbonati negli oceani ed il

<sup>1</sup> Prof. J. R. Fleming, comunicazione personale al traduttore, 24/02/2010

ozono stratosferico. Nel giro di un anno Ramanathan sottolineò il loro effetto sfavorevole sul clima sulla base delle loro proprietà di assorbimento nell'infrarosso. Nell'ambito di un'iniziativa dell'Accademia Nazionale delle Scienze nel 1979 e ripetuta spesso da allora, Charney ed altri autori sintetizzarono le opinioni scientifiche sugli effetti negativi dell'aumento dei livelli di biossido di carbonio. La ricostruzione storica di Kellogg sull'impatto umano sul clima serve a ricordarci che siamo stati consapevoli, per lungo tempo, delle possibili conseguenze del nostro consumo senza precedenti di combustibili fossili.

Gli articoli seguenti compongono un percorso attraverso le complessità dei passati 200 anni di scienza del clima. Si sarebbero potuti scegliere altri articoli, alcuni meritevoli di menzione sono stati omessi per ragioni di spazio, ma molti [scienziati] concorderanno che questi lavori rappresentano tutti contributi significativi alla conoscenza. Ogni articolo è accompagnato da un breve saggio storico. In aggiunta alla grande diversità di stili ed al lungo arco temporale, questi articoli sono notevoli per il crescente consenso che mostrano, una convergenza di opinioni scientifiche che indica l'importanza dei cambiamenti climatici e la nostra responsabilità nella scelta di azioni positive per ridurre gli impatti umani.



La precipitazione simulata da uno dei primi modelli accoppiati di Manabe et al. (da S. Manabe et al., *J. Physical Oceanography* 5 (1975):3-29, p. 21.

Testo originale di James R. Fleming, traduzione di Marcello Vichi. Il testo originale è disponibile all'indirizzo: <http://wiki.nsdsl.org/index.php/PALE:ClassicArticles/GlobalWarming>

I link degli articoli o sono stati resi disponibili dagli editori e sono pertanto soggetti ai [termini di utilizzo](#), oppure sono di dominio pubblico.

## Collegamenti agli articoli ed ai relativi saggi in lingua originale

- 1 [Fourier, Jean-Baptiste Joseph, 1824. Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires. Ann. chim. phys. \(Paris\) 2nd ser., 27, 136-67. English transl. 1837 by Ebeneser Burgess, General remarks on the temperature of the earth and outer space. Amer. J. Sci. 32, 1-20.](#)
- 2 [Pouillet, Claude S. M., 1838. Mémoire sur la chaleur solaire, sur les pouvoirs rayonnants et absorbants de l'air atmosphérique, et sur les températures de l'espace, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences 7, no. 2, 24-65. English transl. 1846 by Richard Taylor, "Memoir on solar heat, the radiative effects of the atmosphere, and the temperature of space." Scientific Memoirs 4, 44-90.](#)
- 3 [Tyndall, John, 1861. On the Absorption and Radiation of Heat by Gases and Vapours, and on the Physical Connection of Radiation, Absorption, and Conduction. Phil. Mag. ser. 4, vol. 22, 169-94, 273-85.](#)
- 4 [Arrhenius, Svante, 1896. On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. Phil. Mag. ser. 5, vol. 41, 237-276.](#)
- 5 [Ekholm, Nils, 1901. On the Variations of the Climate of the Geological and Historical Past and Their Causes. Quart. J. Roy. Meteorol. Soc. 27, 1-61.](#)
- 6 [Callendar, G.S., 1938. The Artificial Production of Carbon Dioxide and Its Influence on Temperature. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 64, 223-240.](#)
- 7 [Plass, Gilbert N., 1956. The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change. Tellus 8, 140-154.](#)
- 8 [Bolin, Bert and Erik Eriksson, 1958. Changes in the Carbon Dioxide Content of the Atmosphere and Sea due to Fossil Fuel Combustion. In The Atmosphere and the Sea in Motion: Scientific Contributions to the Rossby Memorial Volume, Bert Bolin, ed. New York, Rockefeller Institute Press, 130-142.](#)
- 9 [Lorenz, E.N., 1963. Deterministic nonperiodic flow. J. Atmos. Sci. 20, 130-141.](#)
- 10 [Manabe, Syukuro and Richard T. Wetherald, 1967. Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity. J. Atmos. Sci. 24 \(May 1967\): 241-259.](#)
- 11 [Budyko, M. I., 1969: The effect of solar radiation variations on the climate of the Earth. Tellus 21, 611-619.](#)
- 12 [Sellers, W. D., 1969. A global climatic model based on the energy balance of the Earth-atmosphere system. J. Appl. Meteorol. 8, 392-400.](#)
- 13 [Keeling, C. D. 1970 "Is Carbon Dioxide from Fossil Fuel Changing Man's Environment?" Proc. Amer. Phil. Soc. 114, 10-17.](#)
- 14 [Vonder Haar, Thomas H., and Verner E. Suomi, 1971: Measurements of the Earth's radiation budget from satellites during a five-year period. Part 1: Extended time and space means. J. Atmos. Sci., 28, 305-314.](#)
- 15 [Ramanathan, V. 1975. Greenhouse effect due to chlorofluorocarbons: climatic implications. Science, 190, 50-52.](#)
- 16 [Charney, Jule G., Akio Arakawa, D. James Baker, Bert Bolin, Robert E. Dickinson, Richard M. Goody, Cecil E. Leith, Henry M. Stommel, and Carl I. Wunch, 1979. Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment, Washington, DC, National Academy of Sciences, 22 pp.](#)
- 17 [Hansen, J., D. Johnson, A. Lacis, S. Lebedeff, P. Lee, D. Rind, and G. Russell 1981. Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide. Science 213, 957-966.](#)
- 18 [Kellogg, W.W. 1987. Mankind's Impact on Climate: The Evolution of an Awareness. Climatic Change 10, no. 2, 113-136.](#)
- 19 [Hansen, J., I. Fung, A. Lacis, D. Rind, S. Lebedeff, R. Ruedy, G. Russell, and P. Stone 1988. Global climate changes as forecast by Goddard Institute for Space Studies three-dimensional model. J. Geophys. Res. 93, 9341-9364.](#)
- 20 [Cess, R. D., G. L. Potter, J. P. Blanchet, G. J. Boer, S. J. Ghan, J. T. Kiehl, H. Le Treut, Z.-X. Liang, J. F. B. Mitchell, J.-J. Morcrette, D. A. Randall, M. R. Riches, E. Roeckner, U. Schlese, A. Slingo, K. E. Taylor, W. M. Washington, R. T. Wetherald and I. Yagai, 1989: Interpretation of cloud-climate feedback as produced by 14 atmospheric general circulation models. Science, 245, 513-516.](#)
- 21 [Santer, B. D., K. E. Taylor, T. M. L. Wigley, J. E. Penner, P. D. Jones and U. Cubasch, 1995: Towards the detection and attribution of an anthropogenic effect on climate. Climate Dynamics 12, 77-100.](#)

### Nota sull'autore

James Rodger Fleming è uno storico della scienza e tecnologia e Professore di Scienze, Tecnologie e Società al Colby College del Maine, Stati Uniti. La sua attività di insegnamento coniuga le scienze e l'umanesimo, e le sue ricerche si occupano di storia delle scienze geofisiche, soprattutto nel campo della meteorologia e dei cambiamenti climatici.

Il Professor Fleming ha ottenuto un B.S. in astronomia alla Pennsylvania State University, un M.S. in scienze atmosferiche alla Colorado State University, e un M.A. e Ph.D. in storia della scienza alla Princeton University. Nel 2003 il Professor Fleming è stato eletto *Fellow of the American Association for the Advancement of Science (AAAS)* "per gli studi pionieristici sulla storia della meteorologia e dei cambiamenti climatici e per la promozione delle attività storiografiche nell'ambito delle società di meteorologia."

È stato inoltre insignito della *Ritter Memorial Fellowship* allo *Scripps Institution of Oceanography*. Nel 2005-06 ha rivestito la cattedra *Charles A. Lindberg* in Storia Aerospaziale presso lo *Smithsonian's National Air and Space Museum*. Nel 2006-07 ha ricevuto la *Roger Revelle Fellowship* in Global Environmental Stewardship dalla AAAS ed è stato *Public Policy Scholar* alla *Woodrow Wilson International Center for Scholars*.

Il Professor Fleming è fondatore della Commissione Internazionale sulla Storia della Meteorologia e editor della rivista scientifica *History of Meteorology*. I suoi libri comprendono: *Meteorology in America, 1800-1870* (Johns Hopkins, 1990), *Historical Perspectives on Climate Change* (Oxford, 1998), *The Callendar Effect* (American Meteorological Society, 2007), e *Intimate Universality: Local and Global Themes in the History of Weather and Climate* (Science History Publications/USA, 2006). La sua ultima pubblicazione è *Fixing the Sky: The Checkered History of Weather and Climate Control* (<http://cup.columbia.edu/book/978-0-231-14412-4/fixing-the-sky>).

