

Historia naukowa globalnego ocieplenia

Szymon P. Malinowski

Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki



Opowieść o historii naukowej klimatu zaczniemy od brytyjskiego astronoma **William Herschella**, który w 1801 roku, wiedząc że wiele gwiazd zmienia jasność zadał pytanie: a jak jest ze Słońcem?

Wiedząc o zmiennej licznie plam na Słońcu, które obserwowano od czasów Galileusza skojarzył ich brak w długich okresach w 17 wieku z zapisami o cenach zbóż, które jak argumentował powinny być związane z okresami suszy.

Stąd wywiódł wniosek o wpływie Słońca na klimat.

Friedrich Wilhelm Herschel (ur. 15 listopada 1738 r. w Hanowerze, Niemcy, zm. 25 sierpnia 1822 r. w Windsorze) – astronom, konstruktor teleskopów i kompozytor, znany z wielu odkryć astronomicznych, a szczególnie z odkrycia Urana.



XIII. *Observations tending to investigate the Nature of the Sun, in order to find the Causes or Symptoms of its variable Emission of Light and Heat; with Remarks on the Use that may possibly be drawn from Solar Observations.* By William Herschel, L. L. D. F. R. S.

Read April 16, 1801.

ON a former occasion I have shewn, that we have great reason to look upon the sun as a most magnificent habitable globe; and, from the observations which will be related in this Paper, it will now be seen, that all the arguments we have used before are not only confirmed, but that we are encouraged to go a considerable step farther, in the investigation of the physical and planetary construction of the sun. The influence of this eminent body, on the globe we inhabit, is so great, and so widely diffused, that it becomes almost a duty for us to study the operations which are carried on upon the solar surface. Since light and heat are so essential to our well-being, it must certainly be right for us to look into the source from whence they are derived, in order to see whether some material advantage may not be drawn from a thorough acquaintance with the causes from which they originate.

A similar motive engaged the Egyptians formerly to study and watch the motions of the Nile; and to construct instruments for measuring its rise with accuracy. They knew very well, that it was not in their power to add a single inch to the

Observations Tending to Investigate the Nature of the Sun, in Order to Find the Causes or Symptoms of Its Variable Emission of Light and Heat; With Remarks on the Use That May Possibly Be Drawn from Solar Observations

William Herschel

Philosophical Transactions of the Royal Society of London
Vol. 91 (1801), pp. 265-318

Około 20 lat później francuski fizyk i matematyk, **Joseph Fourier** oszacował że temperatura powierzchni naszej planety jest wyższa niż wynikałoby z dopływu energii słonecznej i spekulował, że być może atmosfera ma właściwości izolacyjne, utrudniające ucieczkę ciepła w przestrzeń kosmiczną.

Zjawisko to nazwał, przez analogię do obserwowanego przez De Saussure'a w naczyniu z wieloma szybami wzrostu temperatury w stosunku do otoczenia, efektem cieplarnianym.

Dwie podstawowe hipotezy fizyki klimatu sformułowano już na początku XIX wieku !!!

Fourier J (1827). "Mémoire Sur Les Températures Du Globe Terrestre Et Des Espaces Planétaires". Mémoires de l'Académie Royale des Sciences 7: 569–604



Jean Baptiste Joseph Fourier (ur. 21 marca 1768 w Auxerre - zm. 16 maja 1830 r. w Paryżu) – francuski matematyk i fizyk.

Dwie podstawowe hipotezy fizyki klimatu sformułowano już na początku XIX wieku !!!

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT

DE FRANCE.

TOME VII.



PARIS,

CHEZ FIRMIN DIDOT, PÈRE ET FILS, LIBRAIRES,

RUE JACOB, N° 24.

1827.

MÉMOIRE

SUR

LES TEMPÉRATURES DU GLOBE TERRESTRE ET
DES ESPACES PLANÉTAIRES.

PAR M. FOURIER.

La question des températures terrestres, l'une des plus importantes et des plus difficiles de toute la philosophie naturelle, se compose d'éléments assez divers qui doivent être considérés sous un point de vue général. J'ai pensé qu'il serait utile de réunir dans un seul écrit les conséquences principales de cette théorie; les détails analytiques que l'on omet ici se trouvent pour la plupart dans les ouvrages que j'ai déjà publiés. J'ai désiré surtout présenter aux physiciens, dans un tableau peu étendu, l'ensemble des phénomènes et les rapports mathématiques qu'ils ont entre eux.

La chaleur du globe terrestre dérive de trois sources qu'il est d'abord nécessaire de distinguer.

1°. La terre est échauffée par les rayons solaires, dont l'inégale distribution produit la diversité des climats.

2°. Elle participe à la température commune des espaces planétaires, étant exposée à l'irradiation des astres innombrables qui environnent de toutes parts le système solaire.

1824.

72

Była pierwszym naukowcem, o którym wiadomo, że eksperymentował z ocieplającym efektem światła słonecznego na różne gazy, a następnie teoretyzował, że zmiana proporcji dwutlenku węgla w atmosferze zmieni jej temperaturę. Opisała to swoim artykule „Circumstances affecting the heat of the sun's rays” wspomnianym na konferencji American Association for the Advancement of Science w 1856 roku.

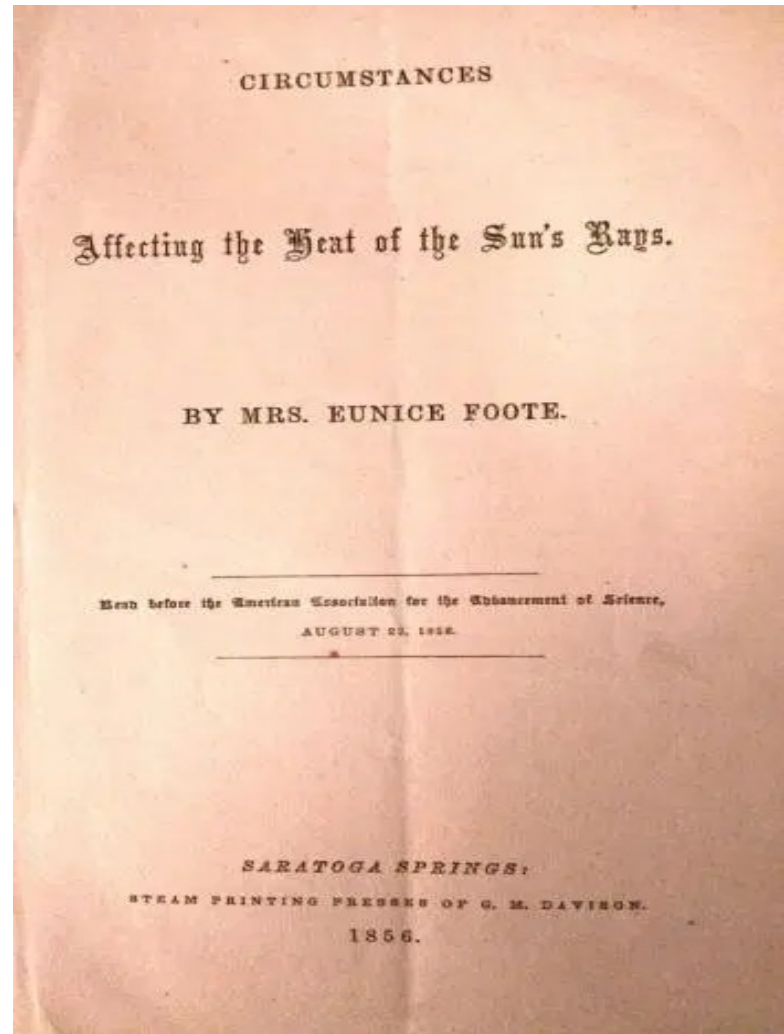
Chociaż wydaje się, że kobiety mogły wówczas wygłaszać referaty w AAAS, profesor Joseph Henry ze Smithsonian Institution wygłosił referat, który identyfikował badania jako jej pracę.

Eunice Newton Foote (17 lipca 1819 - 30 września 1888) była amerykańską uczoną (specjalizującą się w biologii, zwłaszcza botanice), wynalazczynią i działaczką na rzecz praw kobiet z Seneca Falls w stanie Nowy Jork.



Eunice Newton Foote (1819-1888)

„Foote’s paper demonstrated the interactions of the sun’s rays on different gases through a series of experiments using an air pump, four thermometers, and two glass cylinders. First, Foote placed two thermometers in each cylinder and, using the air pump, removed the air from one cylinder and condensed it in the other. Allowing both cylinders to reach the same temperature, she then placed the cylinders with their thermometers in the sun to measure temperature variance once heated and under various states of moisture. She repeated this process with hydrogen, common air, and C



382 *On the Heat in the Sun's Rays.* 383 *Marcou's Geological Map of the United States.*

ART. XXXI.—*Circumstances affecting the Heat of the Sun's Rays;*
by EUNICE FOOTE.

(Read before the American Association, August 23d, 1856.)

My investigations have had for their object to determine the different circumstances that affect the thermal action of the rays of light that proceed from the sun.

Several results have been obtained.

First. The action increases with the density of the air, and is diminished as it becomes more rarified.

The experiments were made with an air-pump and two cylindrical receivers of the same size, about four inches in diameter and thirty in length. In each were placed two thermometers, and the air was exhausted from one and condensed in the other. After both had acquired the same temperature they were placed in the sun, side by side, and while the action of the sun's rays rose to 110° in the condensed tube, it attained only 88° in the other. I had no means at hand of measuring the degree of condensation or rarefaction.

The observations taken once in two or three minutes, were as follows:

Exhausted Tube.		Condensed Tube.	
In shade.	In sun.	In shade.	In sun.
75	80	75	80
76	82	78	95
80	83	80	100
83	86	82	105
84	88	85	110

This circumstance must affect the power of the sun's rays in different places, and contribute to produce their feeble action on the summits of lofty mountains.

Secondly. The action of the sun's rays was found to be greater in moist than in dry air.

In one of the receivers the air was saturated with moisture—in the other it was dried by the use of chlorid of calcium.

Both were placed in the sun as before and the result was as follows:

Dry Air.		Damp Air.	
In shade.	In sun.	In shade.	In sun.
75	75	75	75
78	88	78	90
82	102	82	105
82	104	82	110
82	105	82	114
82	108	82	120

The high temperature of moist air has frequently been observed. Who has not experienced the burning heat of the sun that precedes a summer's shower? The isothermal lines will, I think, be found to be much affected by the different degrees of moisture in different places.

Thirdly. The highest effect of the sun's rays I have found to be in carbonic acid gas.

One of the receivers was filled with it, the other with common air, and the result was as follows:

In Common Air.		In Carbonic Acid Gas.	
In shade.	In sun.	In shade.	In sun.
80	90	80	90
81	94	84	100
80	99	84	110
81	100	85	120

The receiver containing the gas became itself much heated—very sensibly more so than the other—and on being removed, it was many times as long in cooling.

An atmosphere of that gas would give to our earth a high temperature; and if as some suppose, at one period of its history the air had mixed with it a larger proportion than at present, an increased temperature from its own action as well as from increased weight must have necessarily resulted.

On comparing the sun's heat in different gases, I found it to be in hydrogen gas, 104°; in common air, 106°; in oxygen gas, 108°; and in carbonic acid gas, 125°.

ART. XXXII.—*Review of a portion of the Geological Map of the United States and British Provinces by Jules Marcou,** by WILLIAM P. BLAKE.

GEOLOGICAL maps of the United States published in Europe and widely circulated among European geologists, are necessarily regarded by us with no small degree of attention and curiosity. This is more especially true, when such maps embrace regions of which the geography has only recently been made known and the geology has never before been laid down on a map with any approach to accuracy.

The recent geological map and profile by M. J. Marcou, which has appeared in the *Annales des Mines* and in the *Bulletin de la Société Géologique de France*, is a valuable contribution to the knowledge of the geology of the United States and the provinces adjacent to the Gulf of Mexico. It is published also with the following:

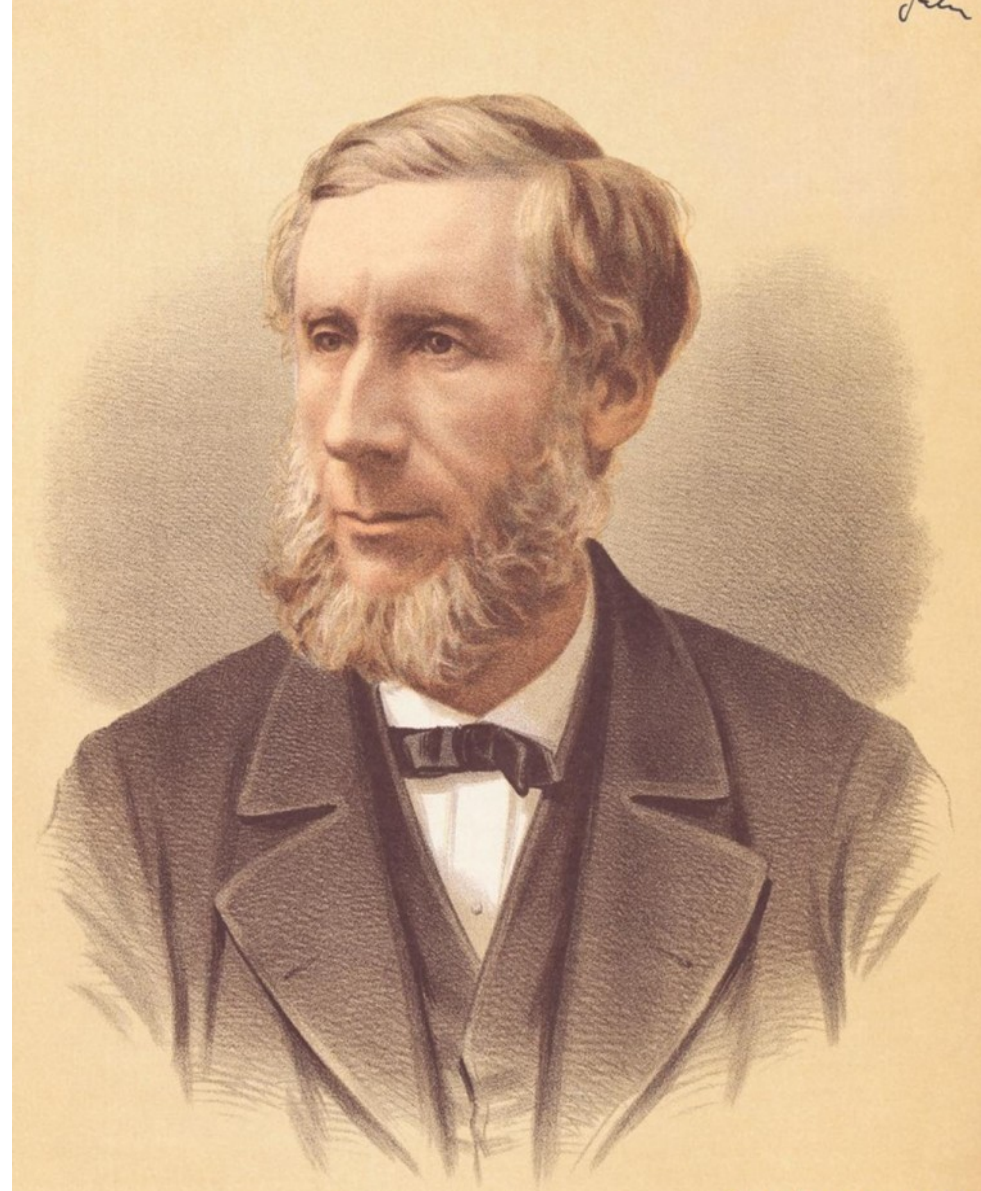
* Carte Géologique des États-Unis et des Provinces Anglaises de l'Amérique du Nord par Jules Marcou. *Annales des Mines*, t. vii, p. 272. Published also with the following:

Résumé explicatif d'une carte géologique des États-Unis et des provinces adjacentes de l'Amérique du Nord, avec un profil géologique allant de la vallée de Mississippi aux côtes de Pacifique, et une planche de fouilles, par M. Jules Marcou. *Bulletin de la Société Géologique de France*, Mai, 1855, p. 811.

Spekulacje Fouriera o izolacyjnych właściwościach gazów atmosferycznych zostały potwierdzone doświadczalnie czterdzieści lat później.

Irlandzki fizyk **John Tyndall** zmierzył w laboratorium, że para wodna oraz dwutlenek węgla (a także niektóre inne gazy) absorbują promieniowanie ciepłe (podczerwone).

John Tyndall (ur. 2 sierpnia 1820 – zm. 4 grudnia 1893) – irlandzki filozof przyrody, badacz i odkrywca zjawisk fizycznych z zakresu m.in. magnetyzmu, glaciologii, chemii fizycznej i bakteriologii, członek Royal Society, alpinista: pierwszy zdobywca m.in. Weisshornu.

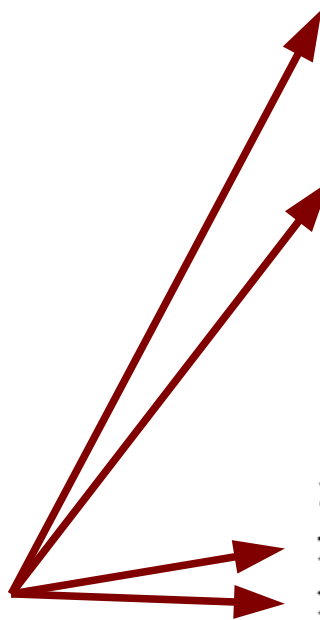


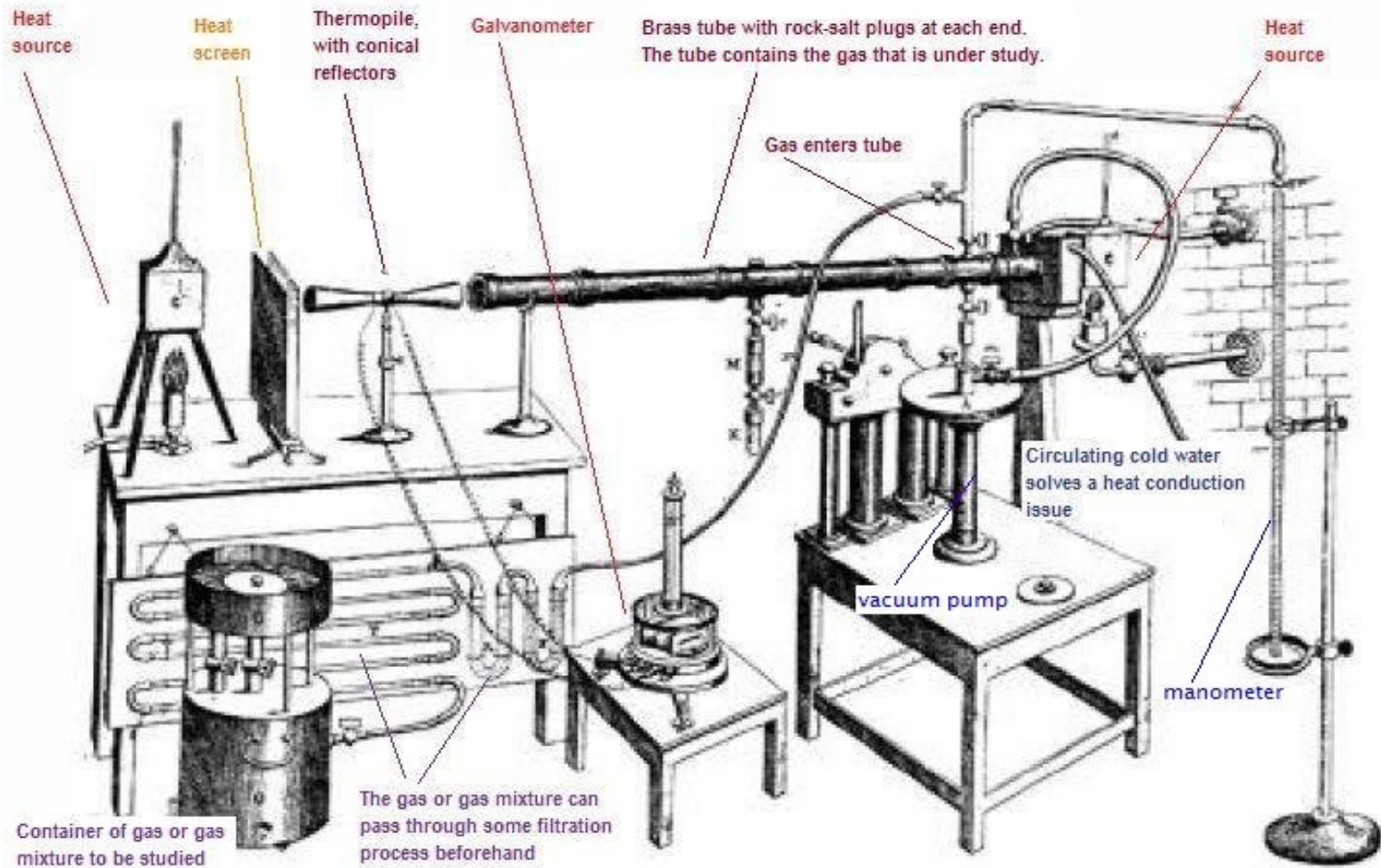
ON RADIATION.

Spis treści jednej z prac Tyndalla.

*THE "REDE" LECTURE, DELIVERED IN THE SENATE
HOUSE, BEFORE THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE,
ENGLAND, ON TUESDAY, MAY 16, 1865.*

	PAGE
1. Visible and Invisible Radiation.....	5
2. Origin and Character of Radiation. The Ether.....	9
3. The Atomic Theory in Reference to the Ether.....	12
4. Absorption of Radiant Heat by Gases.....	13
5. Formation of Invisible Foci.....	17
6. Visible and Invisible Rays of the Electric Light.....	19
7. Combustion by Invisible Rays.....	21
8. Transmutation of Rays. Calorescence.....	23
9. Deadness of the Optic Nerve to the Calorific Rays.....	25
10. Persistence of Rays.....	27
11. Absorption of Radiant Heat by Vapours and Odours.....	31
12. Aqueous Vapour in Relation to Terrestrial Temperatures.....	33
13. Liquids and their Vapours in Relation to Radiant Heat.....	36
14. Reciprocity of Radiation and Absorption.....	37
15. Influence of Vibrating Period and Molecular Form. Physical Analysis of the Human Breath.....	40
16. Summary and Conclusion.....	44





Ilustracja z 1861 z jednej z książek napisanych przez Johna Tyndalla pokazująca układ eksperymentalny do pomiaru absorpcji promieniowania podczerwonego przez gazy i pary.

Tyndall w roku 1860 pisał:

„De Saussure, Fourier, M. Pouillet, and Mr. Hopkins regard this interception of the terrestrial rays as exercising the most important influence on climate. . . every variation [in aqueous vapour] must produce a change of climate. Similar remarks would apply to the carbonic acid diffused through the air, while an almost inappreciable admixture of any of the hydrocarbon vapours would produce great effects on the terrestrial rays and produce corresponding changes of climate. It is not, therefore, necessary to assume alterations in the density and height of the atmosphere to account for different amounts of heat being preserved to the earth at different times; a slight change in its variable constituents would suffice for this. Such changes in fact may have produced all the mutations of climate which the researches of geologists reveal.”

W wolnym tłumaczeniu brzmi to tak:

„ De Saussure, Fourier, M. Pouillet i Pan Hopkins podkreślali znaczenie pochłaniania promieniowania ziemskiego jako zjawiska najbardziej wpływającego na klimat... każda zmiana [wody i pary wodnej] musi wywoływać zmiany klimatyczne. To samo odnosi się do dwutlenku węgla obecnego w powietrzu, albo nawet niezauważalnych domieszek węglowodorów, które mają ogromne znaczenie dla promieniowania ziemskiego i skutkują zmianami klimatu. Dlatego, dla wyjaśnienia faktu że w różnych epokach (geologicznych) przy powierzchni Ziemi były utrzymywane różne ilości ciepła, nie trzeba zakładać istotnych zmian gęstości powietrza czy głębokości atmosfery; niewielkie zmiany w składzie powietrza zupełnie do tego wystarczają. Takie zmiany mogły powodować wszystkie zmiany klimatu które odkrywają geolodzy.”

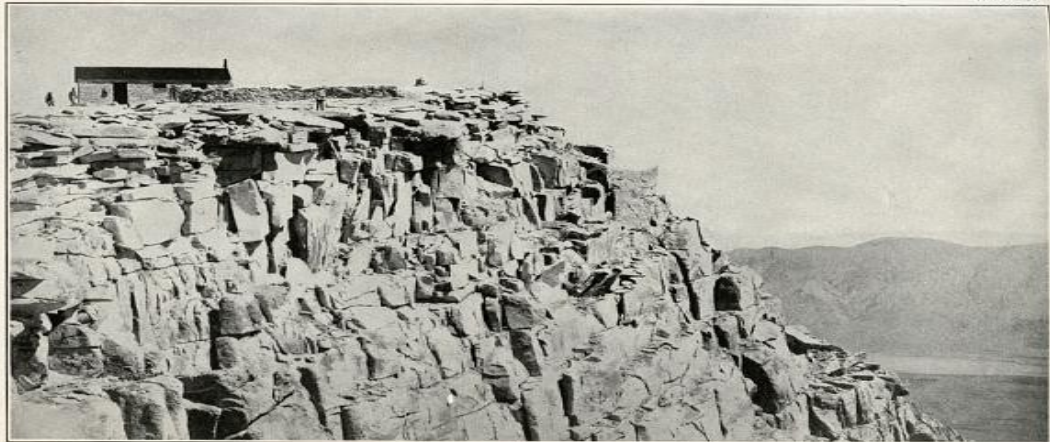
Badania tego, jak na bilans energii planety wpływa Słońce, a jak efekt cieplarniany można było wykonać tylko dzięki dzięki danym obserwacyjnym o strumieniu energii dopływającej od Słońca – tzw. „stałej słonecznej” oraz obserwacjom astronomicznym w podczerwieni.

Pionierem jednych i drugich był amerykański fizyk, i astronom **Samuel Pierpont Langley**.

Wynalazł on bolometr usprawniający pomiary energii przenoszonej przez promieniowanie słoneczne i jest autorem metody Langleya umożliwiającej określenie pochłaniania atmosfery a tym samym określenie stałej słonecznej.



Samuel Pierpont Langley (ur. 22 sierpnia 1834, zm. 27 lutego 1906, amerykański fizyk, astronom, pionier lotnictwa, założyciel Smithsonian Institution, prowadził pomiary energii docierającej do Ziemi od Słońca.



SMITHSONIAN SHELTER FOR OBSERVERS ON MOUNT WHITNEY, CALIFORNIA.



UNITED STATES OF AMERICA,
WAR DEPARTMENT.
PROFESSIONAL PAPERS OF THE SIGNAL SERVICE
No. XV.

RESEARCHES ON SOLAR HEAT

AND
ITS ABSORPTION BY THE EARTH'S ATMOSPHERE.

A REPORT OF THE MOUNT WHITNEY EXPEDITION.

PREPARED UNDER THE DIRECTION OF
BRIG. AND BVT. MAJ. GEN. W. B. HAZEN,
CHIEF SIGNAL OFFICER OF THE ARMY,
BY
S. P. LANGLEY,
DIRECTOR OF THE ALLEGHENY OBSERVATORY, WITH THE APPROVAL OF ITS DIRECTOR.



PUBLISHED BY AUTHORITY OF THE SECRETARY OF WAR.

WASHINGTON:
GOVERNMENT PRINTING OFFICE.
1884.

1909—No. XV.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES.

VOLUME IV, PART 2.

THIRD MEMOIR.

THE TEMPERATURE OF THE MOON.

FROM RESEARCHES MADE AT THE ALLEGHENY OBSERVATORY.

BY S. P. LANGLEY, ASSISTED BY F. W. VERY.

READ NOVEMBER, 1887.

WASHINGTON:
GOVERNMENT PRINTING OFFICE.
1889.

SMITHSONIAN CONTRIBUTIONS TO KNOWLEDGE
VOLUME 27 NUMBER 3

LANGLEY MEMOIR ON MECHANICAL FLIGHT

PART I. 1887 TO 1896
BY
SAMUEL PIERPONT LANGLEY
EDITED BY CHARLES M. MANLY

PART II. 1897 TO 1903
BY
CHARLES M. MANLY
Assistant in Charge of Experiments



(PUBLICATION 1948)

CITY OF WASHINGTON
PUBLISHED BY THE SMITHSONIAN INSTITUTION
1911

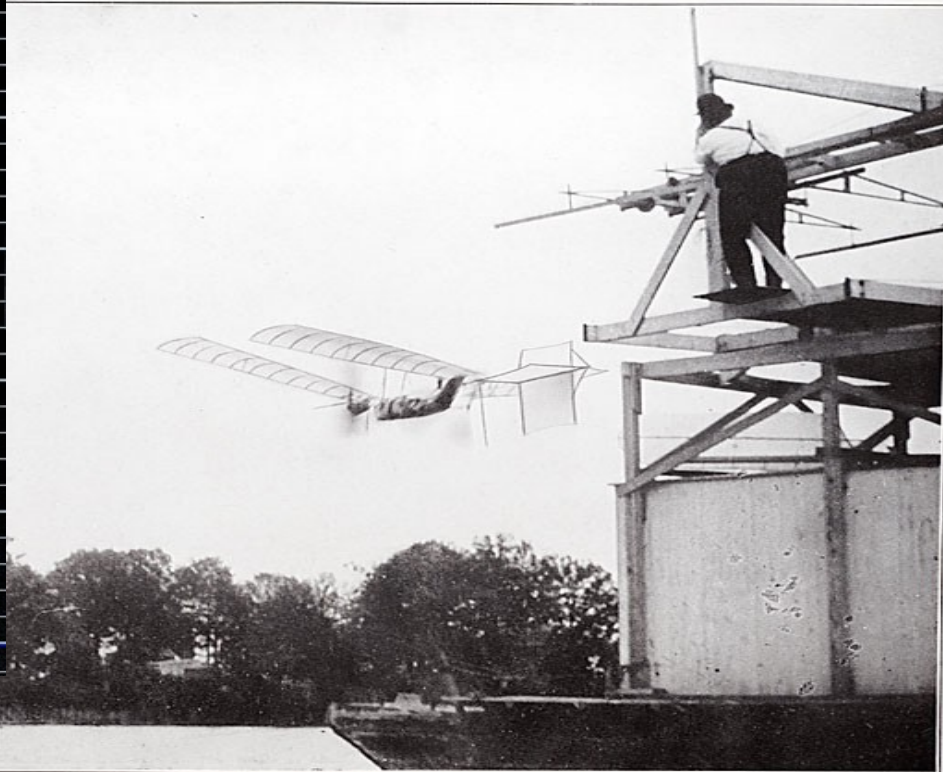
*E. L. Hill
No. 4 Page 10
Reproduction 1911*

115

Langley był także pionierem lotnictwa.

KNOWLEDGE

VOL. 27, NO. 3, PL. 20



INSTANTANEOUS PHOTOGRAPH OF THE AERODROME AT THE MOMENT AFTER LAUNCHING IN ITS FLIGHT AT QUANTICO ON THE POTOMAC RIVER, MAY 6, 1896. ENLARGED TEN TIMES

Svante Arrhenius, szwedzki chemik który działał naukowo na przełomie XIX i XX wieku, pierwszy zrozumiał rolę dwutlenku węgla jako ważnego dla zmian klimatu gazu cieplarnianego.

Wykonał pierwsze na świecie obliczenia transferu radiacyjnego przez atmosferę. Zrobił to dla różnych szerokości geograficznych.

Svante August Arrhenius

(ur. 19 lutego 1859 w Uppsali, zm. 2 października 1927 w Sztokholmie) – szwedzki chemik i fizyk, jeden z twórców chemii fizycznej.



*On the Influence of Carbonic Acid
in the Air upon the Temperature of
the Ground*

Svante Arrhenius

Philosophical Magazine and Journal of Science
Series 5, Volume 41, April 1896, pages 237-276.

This photocopy was prepared by Robert A. Rohde for Global Warming Art (<http://www.globalwarmingart.com/>) from original printed material that is now in the public domain.

Arrhenius's paper is the first to quantify the contribution of carbon dioxide to the greenhouse effect (Sections I-IV) and to speculate about whether variations in the atmospheric concentration of carbon dioxide have contributed to long-term variations in climate (Section V). Throughout this paper, Arrhenius refers to carbon dioxide as "carbonic acid" in accordance with the convention at the time he was writing.

Contrary to some misunderstandings, Arrhenius does not explicitly suggest in this paper that the burning of fossil fuels will cause global warming, though it is clear that he is aware that fossil fuels are a potentially significant source of carbon dioxide (page 270), and he does explicitly suggest this outcome in later work.

THE
LONDON, EDINBURGH, AND DUBLIN
PHILOSOPHICAL MAGAZINE
AND
JOURNAL OF SCIENCE.

[FIFTH SERIES.]

APRIL 1896.

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

I. *Introduction: Observations of Langley on Atmospheric Absorption.*

A GREAT deal has been written on the influence of the absorption of the atmosphere upon the climate. Tyndall † in particular has pointed out the enormous importance of this question. To him it was chiefly the diurnal and annual variations of the temperature that were lessened by this circumstance. Another side of the question, that has long attracted the attention of physicists, is this: Is the mean temperature of the ground in any way influenced by the presence of heat-absorbing gases in the atmosphere? Fourier ‡ maintained that the atmosphere acts like the glass of a hot-house, because it lets through the light rays of the sun but retains the dark rays from the ground. This idea was elaborated by Pouillet §; and Langley was by some of his researches led to the view, that "the temperature of the earth under direct sunshine, even though our atmosphere were present as now, would probably fall to -200° C., if that atmosphere did not possess the quality of selective

* Extract from a paper presented to the Royal Swedish Academy of Sciences, 11th December, 1895. Communicated by the Author.

† 'Heat a Mode of Motion,' 2nd ed. p. 495 (Lond., 1865).

‡ *Mém. de l'Ac. R. d. Sci. de l'Inst. de France*, t. vii. 1827.

§ *Comptes rendus*, t. vii. p. 41 (1838).

TABLE VII.—Variation of Temperature caused by a given Variation of Carbonic Acid.

Latitude.	Carbonic Acid=0.67.					Carbonic Acid=1.5.					Carbonic Acid=2.0.					Carbonic Acid=2.5.					Carbonic Acid=3.0.				
	Dec.-Feb.	March-May.	June-Aug.	Sept.-Nov.	Mean of the year.	Dec.-Feb.	March-May.	June-Aug.	Sept.-Nov.	Mean of the year.	Dec.-Feb.	March-May.	June-Aug.	Sept.-Nov.	Mean of the year.	Dec.-Feb.	March-May.	June-Aug.	Sept.-Nov.	Mean of the year.	Dec.-Feb.	March-May.	June-Aug.	Sept.-Nov.	Mean of the year.
70	-2.9	-3.0	-3.4	-3.1	-3.1	3.3	3.4	3.8	3.6	3.52	6.0	6.1	6.0	6.1	6.05	7.9	8.0	7.9	8.0	7.95	9.1	9.3	9.4	9.4	9.3
60	-3.0	-3.2	-3.4	-3.3	-3.22	3.4	3.7	3.6	3.8	3.62	6.1	6.1	5.8	6.1	6.02	8.0	8.0	7.6	7.9	7.87	9.3	9.5	8.9	9.5	9.3
50	-3.2	-3.3	-3.3	-3.4	-3.3	3.7	3.8	3.4	3.7	3.65	6.1	6.1	5.5	6.0	5.92	8.0	7.9	7.0	7.9	7.7	9.5	9.4	8.6	9.2	9.17
40	-3.4	-3.4	-3.2	-3.3	-3.32	3.7	3.6	3.3	3.5	3.52	6.0	5.8	5.4	5.6	5.7	7.9	7.6	6.9	7.3	7.42	9.3	9.0	8.2	8.8	8.82
30	-3.3	-3.2	-3.1	-3.1	-3.17	3.5	3.3	3.2	3.5	3.47	5.6	5.4	5.0	5.2	5.3	7.2	7.0	6.6	6.7	6.87	8.7	8.3	7.5	7.9	8.1
20	-3.1	-3.1	-3.0	-3.1	-3.07	3.5	3.2	3.1	3.2	3.25	5.2	5.0	4.9	5.0	5.02	6.7	6.6	6.3	6.6	6.52	7.9	7.5	7.2	7.5	7.52
10	-3.1	-3.0	-3.0	-3.0	-3.02	3.2	3.2	3.1	3.1	3.15	5.0	5.0	4.9	4.9	4.95	6.6	6.4	6.3	6.4	6.42	7.4	7.3	7.2	7.3	7.3
0	-3.0	-3.0	-3.1	-3.0	-3.02	3.1	3.1	3.2	3.2	3.15	4.9	4.9	5.0	5.0	4.95	6.4	6.4	6.6	6.6	6.5	7.3	7.3	7.4	7.4	7.35
-10	-3.1	-3.1	-3.2	-3.1	-3.12	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	5.0	5.0	5.2	5.1	5.07	6.6	6.6	6.7	6.7	6.65	7.4	7.5	8.0	7.6	7.62
-20	-3.1	-3.2	-3.3	-3.2	-3.2	3.2	3.2	3.4	3.3	3.27	5.2	5.3	5.5	5.4	5.35	6.7	6.8	7.0	7.0	6.87	7.9	8.1	8.6	8.3	8.22
-30	-3.3	-3.3	-3.4	-3.4	-3.35	3.4	3.5	3.7	3.5	3.52	5.5	5.6	5.8	5.6	5.62	7.0	7.2	7.7	7.4	7.32	8.6	8.7	9.1	8.8	8.8
-40	-3.4	-3.4	-3.3	-3.4	-3.37	3.6	3.7	3.8	3.7	3.7	5.8	6.0	6.0	6.0	5.95	7.7	7.9	7.9	7.9	7.85	9.1	9.2	9.4	9.3	9.25
-50	-3.2	-3.3	—	—	—	3.8	3.7	—	—	—	6.0	6.1	—	—	—	7.9	8.0	—	—	—	9.4	9.5	—	—	—
-60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ADDENDUM*.

As the nebulosity is very different in different latitudes, and also different over the sea and over the continents, it is evident that the influence of a variation in the carbonic acid of the air will be somewhat different from that calculated above, where it is assumed that the nebulosity is the same over the whole globe. I have therefore estimated the nebulosity at different latitudes with the help of the chart published by Teisserenc de Bort, and calculated the following table for

Latitude.	Nebulosity.		Continent per cent.	Reduction factor.			K=0.67.		K=1.5.	
	Continent.	Ocean.		Continent.	Ocean.	Mean.	Continent.	Ocean.	Continent.	Ocean.
70	58.1	66.7	72.1	0.899	0.775	0.864	-2.8	-2.4	3.1	2.7
60	56.3	67.6	55.8	0.924	0.763	0.853	-3.0	-2.4	3.3	2.7
50	45.7	63.3	52.9	1.057	0.813	0.942	-3.5	-2.7	3.8	2.9
40	36.5	52.5	42.9	1.177	0.939	1.041	-3.9	-3.1	4.1	3.3
30	28.5	47.2	38.8	1.296	1.009	1.120	-4.1	-3.2	4.5	3.5
20	28.5	47.0	24.2	1.308	1.017	1.087	-4.1	-3.2	4.3	3.4
10	50.1	56.7	23.3	1.031	0.903	0.933	-3.1	-2.7	3.3	2.9
0	54.8	59.7	24.2	0.97	0.867	0.892	-2.9	-2.6	3.1	2.8
-10	47.8	54.0	22.5	1.056	0.932	0.96	-3.3	-2.9	3.4	3.0
-20	29.6	49.6	23.3	1.279	0.979	0.972	-4.1	-3.1	4.2	3.2
-30	38.9	51.0	12.5	1.152	0.958	0.982	-3.8	-3.2	4.0	3.4
-40	62.0	61.1	2.5	0.86	0.837	0.838	-2.9	-2.8	3.2	3.1
-50	71.0	71.5	0.9	0.749	0.719	0.719				
-60										

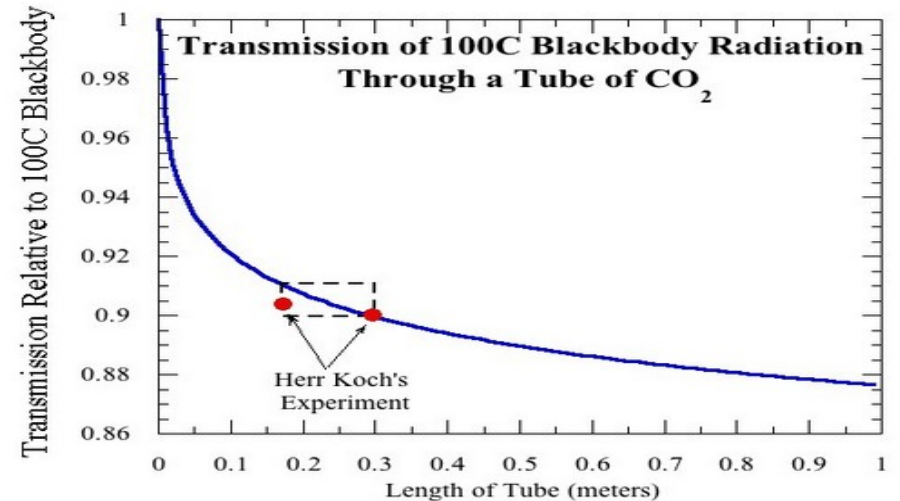
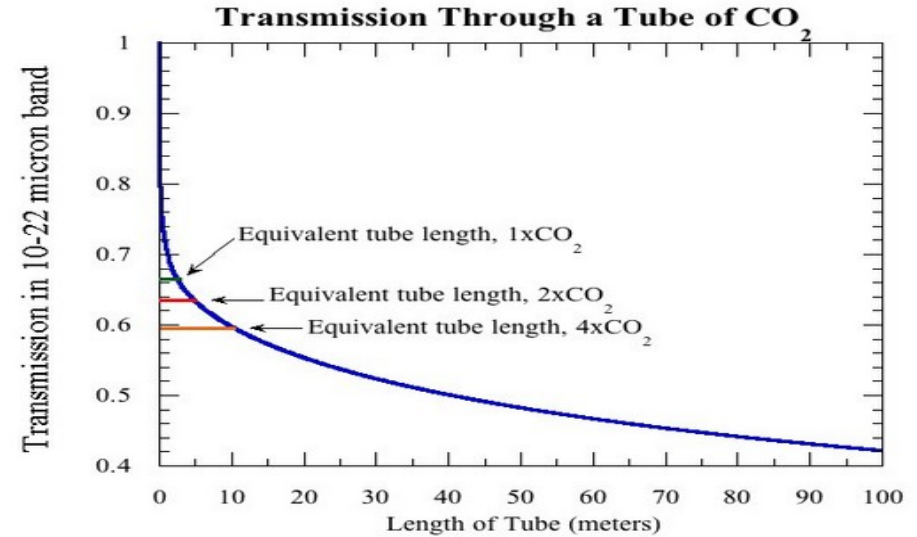
* Cf. p. 265.

Arrhenius wyliczył też dodatkowo poprawkę na nieprzeźroczystość atmosfery (aerozole!!!!)

Wyniki obliczeń Arrheniusa skrytykował w 1900 r. wpływowy szwedzki fizyk, **Knut Ångström**, który zinterpretował wyniki pomiarów absorpcji podczerwieni w gazach cieplarnianych wykonane błędnie przez swojego asystenta (J. Kocha) i ogłosił, że przy wzroście zawartości gazów cieplarnianych w powietrzu efekt cieplarniany ulegnie wysyceniu.

Ten pogląd szybko zdobył popularność w kręgach naukowych, można o tym przeczytać np. w wydanym w 1909 roku podręczniku „Fizyka Ziemi”. Lata minęły, zanim zauważono błędy w pomiarach prowadzonych przez Kocha a błędny wynik rozpropagowany przez Ångströma stał się podstawą jednego z powszechnych „mitów klimatycznych”.

W 1914 r. niemiecki astrofizyk Karl Schwarzschild sformułował równanie transferu radiacyjnego, które w zmodyfikowanych wersjach jest do dziś w użyciu. Ångström nie uwzględnił emisji promieniowania przez gaz ani innych mechanizmów transportu energii (np. konwekcja – patrz równowaga radiacyjno-konwekcyjna).



W 1896 Arrhenius, próbując wyjaśnić przyczyny epok lodowych, oszacował że spadek koncentracji CO₂ o połowę powinien przynieść skutek w postaci spadku temperatury w Europie o 4-5°C.

Sprawdzając czy takie zmiany składu atmosfery były możliwe, Arrhenius skonsultował się z geologiem Arvidem Högbomem, który badał naturalne procesy geochemiczne, w tym emisje wulkaniczne. Högbom zauważył, że emisje naturalne były (w tym okresie) zbliżone do emisji ze źródeł przemysłowych, mogąc w zauważalny sposób zmienić skład atmosfery.

Arrhenius powtórzył obliczenia dla sytuacji podwojenia koncentracji CO₂ w atmosferze. W wyniku otrzymał możliwy wzrost temperatury powierzchni planety o 5-6°C. Kilkanaście lat później emisje wielokrotnie wzrosły i w 1908 roku Arrhenius pisał że przewidywany przez niego wcześniej wzrost temperatury może w ciągu kilkuset lat.

Nie uważał tego za niebezpieczne, a raczej za korzystne dla Szwecji.



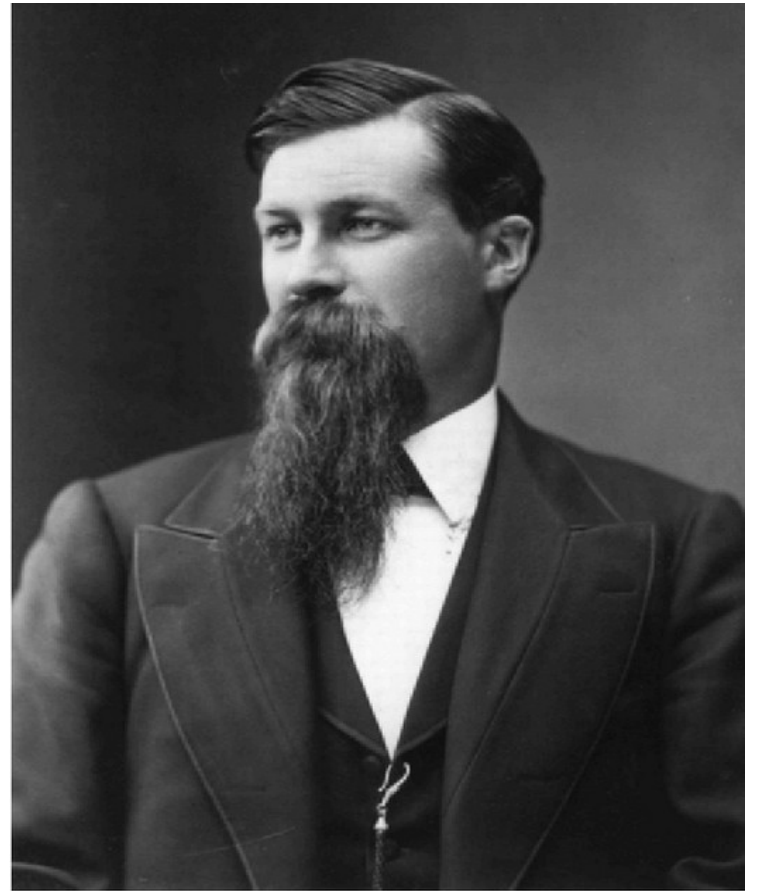
Arvid Gustaf Högbom

(ur. 11 stycznia 1857, zm. 19 stycznia 1940. Szwedzki geolog, jeden z pionierów geochemii.

Thomas C. Chamberlin w serii publikacji z ostatnich lat XIX wieku rozpropagował teorię i obliczenia Arrheniusa wśród geologów.

Jako pierwszy dowodził że atmosferyczny CO₂ jest jednym z głównych „regulatorów” temperatury powierzchni naszej planety.

Był pierwszym, który pokazał że jedyną drogą do zrozumienia procesów klimatycznych jest uwzględnienie wielu różnych procesów: nie tylko Słońca, tylko składu powietrza, ale roli oceanów, wulkanizmu, mineralogii, przemian chemicznych. Wprowadził pojęcie sprzężeń w systemie klimatycznym.



Thomas Chrowder Chamberlin, ur. 25 września 1843, zm. 15 listopada 1928, amerykański geolog, pierwszy postawił hipotezę że źródłem ciepła we wnętrzu Ziemi są procesy promieniotwórcze, propagował teorię Arrheniusa o znaczeniu CO₂ w procesach klimatycznych.

An Attempt to Frame a Working Hypothesis of the Cause of Glacial Periods on an Atmospheric Basis

T. C. Chamberlin The Journal of Geology Vol. 7, No. 6 (Sep. - Oct., 1899), pp. 545-584

AN ATTEMPT TO FRAME A WORKING HYPOTHESIS OF THE CAUSE OF GLACIAL PERIODS ON AN ATMOSPHERIC BASIS *

THERE are hypotheses and working hypotheses. The suggestion that the last glacial period was caused by the passage of the solar system through a cold region of space may be styled a hypothesis, but scarcely a working hypothesis in the geological sense, for it does not form the groundwork or incentive of geological inquiry. An astronomer might be moved to hunt for the cold spot, but it has no inspiration for the geologist. General suggestions of a possible cause do not reach the dignity of working hypotheses until they are given concrete form, are fitted in detail to the specific phenomena, and are made the agents of calling into play effective lines of research. The construction of a concrete working hypothesis suited to stimulate and guide investigation in a wholesome manner, and to take its place in competition with other hypotheses of like working potentialities, thereby inducing a more searching scrutiny of the phenomena and a more varied application of interpretations, represents the higher limit of present reasonable aspiration. It is much too ambitious to hope for a demonstrative solution of the origin of the earth's glacial periods by first intention in the present state of knowledge.

The hypothesis here offered is not worked out into satisfactory detail at all points, but it is hoped that it is sufficiently matured to justify a preliminary statement. In forming it, which has been the work of several years, I have found, or seemed to find, the phenomena of past glaciation intimately associated with a long chain of other phenomena to which at

* A brief statement of the salient features of this hypothesis was given in a paper entitled A Group of Hypotheses Bearing on Climatic Changes, JOUR. GEOL., Vol. V, pp. 653-683, Oct.-Nov. 1897. For earlier history see footnotes on pp. 654 and 681 of that paper.

W I połowie XX wieku. najbardziej wytrwałym propagatorem tezy o dominującym wpływie Słońca na klimat był **Charles Greeley Abbot**, następca Langleya w Smithsonian Astrophysical Observatory.

Kontynuował on jego program pomiarów tzw. „stałej słonecznej” ilości energii którą Ziemia otrzymuje od Słońca. Na początku lat dwudziestych zauważył on że nazwa „stała” jest w tym wypadku źle użyta: energia zmienia się np. zależnie od liczby plam na Słońcu. Jego estymacje pokazywały że zmiany „stałej” mogą sięgać 1% co musi wpływać na klimat.

Już w 1913 Abbot dowodził że widzi w danych prosta korelację liczby plam i temperatury Ziemi (co nie było prawdą: inni pokazali że jego wynik był przypadkowy spowodowany de facto przypadkowym zbiegiem w czasie z wybuchami wulkanów które w odpowiednim czasie chłodziły planetę). Pewny siebie Abbot dowodził że poprawa obserwacji Słońca poprawi prognozy pogody.

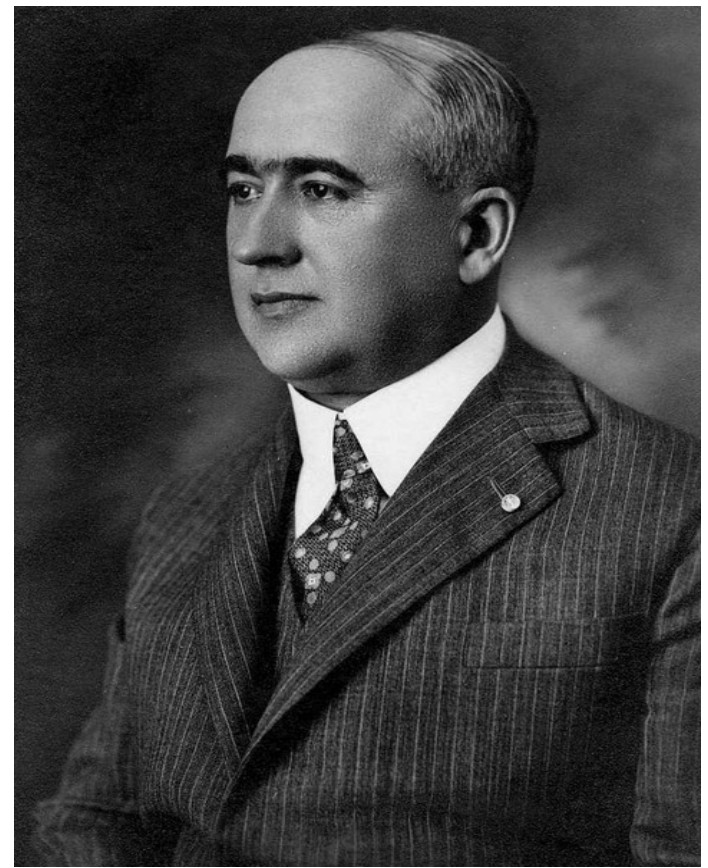
Abbot był sprawcą powszechnego do dziś przekonania że rola Słońca jest na tyle dominująca w klimacie że inne czynniki są drugorzędne.



Charles Greeley Abbot (ur. 31 maja 1872 w, zm. 17 grudnia 1973)/ Amerykański astrofizyk i astronom. Autor prac z zakresu aktynometrii. Specjalizował się w badaniach fizyki Słońca.

W okresie pierwszej wojny światowej serbski inżynier i matematyk, Milutin Milanković, analizując zmiany kształtu orbity i nachylenia osi Ziemi, zauważył że zmienność w dopływie energii słonecznej spowodowana fluktuacjami kształtu orbity i nachylenia osi Ziemi jest znaczna i to ona mogła spowodować przeszłe zmiany klimatu.

Od tego momentu istniały już dwie astronomiczne hipotezy (jeszcze nie teorie – brakowało im oparcia w danych doświadczalnych) teorie klimatu



Milutin Milanković, cyrylicą: Милутин Миланковић (ur. 28 maja 1879 – zm. 12 grudnia 1958), serbski geofizyk i inżynier, jego teoria zmian orbitalnych Ziemi poświadczona dziś doświadczalnie, tłumaczy rolę dopływu energii od Słońca dla powstania/zaniku zlodowaceń.

Dwadzieścia kilka lat później, w 1931 amerykański fizyk **E.O. Hulburt** wykonał obliczenia podobne to tych jakie zrobił Arrhenius używając nowszych, znacznie dokładniejszych danych o własnościach absorpcyjnych CO₂. Wynik otrzymał nieco inny : wzrost temperatury o 4°C przy podwojeniu koncentracji CO₂ w powietrzu.

Ta praca, opublikowana w czasopiśmie Physical Review przeszła niezauważona przez badaczy klimatu mimo działań popularyzatorskich..



E.O. Hulburt, amerykański fizyk, specjalista z zakresu optyki, i transferu radiacyjnego.

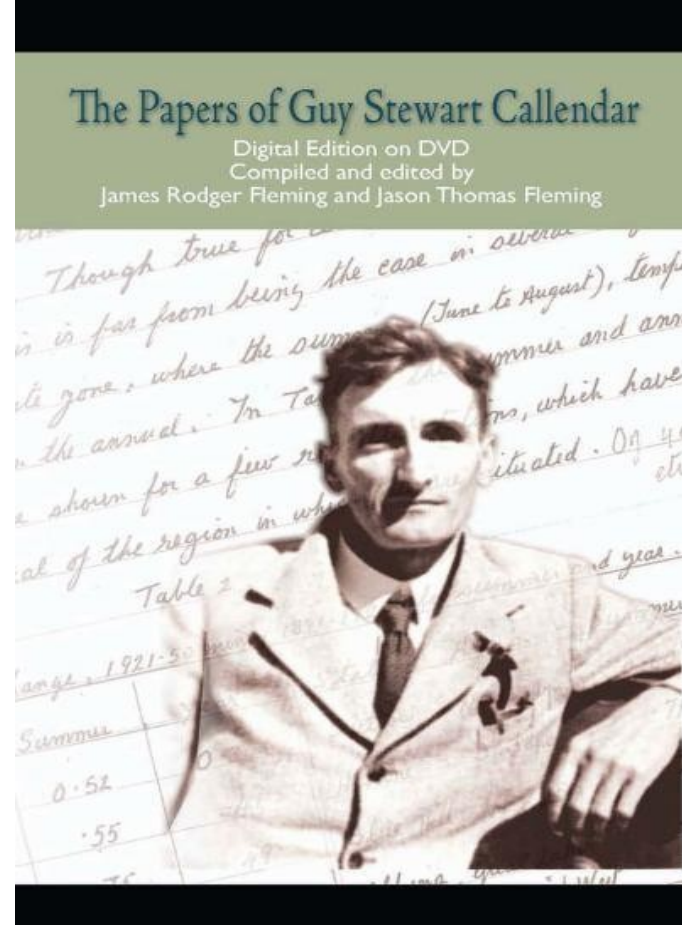


Carbon Dioxide Heats the Earth
DR. E. O. HULBURT, physicist of the naval research laboratory, Washington, has found conclusive mathematical evidence that the earth's temperature is being warmed by the increased amount of carbon dioxide present in the air. Smoke stacks emit huge volumes of this gas, which is also found in the breath and waste products of humans and animals.

Pierwszym, który powiązał eksperymentalnie wzrost koncentracji atmosferycznego CO₂ ze wzrostem temperatury był angielski inżynier który zajmował się hobbystycznie meteorologią, **G.S. Callendar**.

Analizując dane meteorologiczne od połowy XIX w. zauważył dodatni trend przebiegu temperatur w ciągu dziesięcioleci. Gdy skonfrontował aktualne (dala siebie) dane o koncentracji atmosferycznego CO₂ z danymi historycznymi, zauważył 10% wzrost. Na podstawie tych danych oszacował że klimat ociepli się o 2°C przy podwojeniu zawartości CO₂ w powietrzu.

Efekt ten, uważał za korzystny, (podobnie jak Arrhenius).



Guy Stewart Callendar (luty 1898 - październik 1964) inżynier i wynalazca angielski wykonał pierwsze oszacowania czułości klimatu na podstawie danych empirycznych

Article

The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature



G. S. Callendar

Issue

Article first published online: 10 SEP 2007

DOI: 10.1002/qj.49706427503

Copyright © 1938 Royal Meteorological Society



Quarterly Journal of the
Royal Meteorological Society
Volume 64, Issue 275, pages
223–240, April 1938

Additional Information [\(Show All\)](#)

[How to Cite](#) | [Author Information](#) | [Publication History](#)

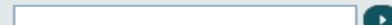
Abstract

References

Cited By

SEARCH

In this issue



[Advanced >](#) [Saved Searches >](#)

ARTICLE TOOLS

- Get PDF (1012K)
- Save to My Profile
- E-mail Link to this Article
- Export Citation for this Article
- Get Citation Alerts
- Request Permissions

Share |

[Get PDF \(1012K\)](#)

Abstract

By fuel combustion man has added about 150,000 million tons of carbon dioxide to the air during the past half century. The author estimates from the best available data that approximately three quarters of this has remained in the atmosphere.

The radiation absorption coefficients of carbon dioxide and water vapour are used to show the effect of carbon dioxide on "sky radiation." From this the increase in mean temperature, due to the artificial production of carbon dioxide, is estimated to be at the rate of 0.003°C. per year at the present time.

The temperature observations at a zoo meteorological stations are used to show that world temperatures have actually increased at an average rate of 0.005°C. per year during the past half century.

[Get PDF \(1012K\)](#)

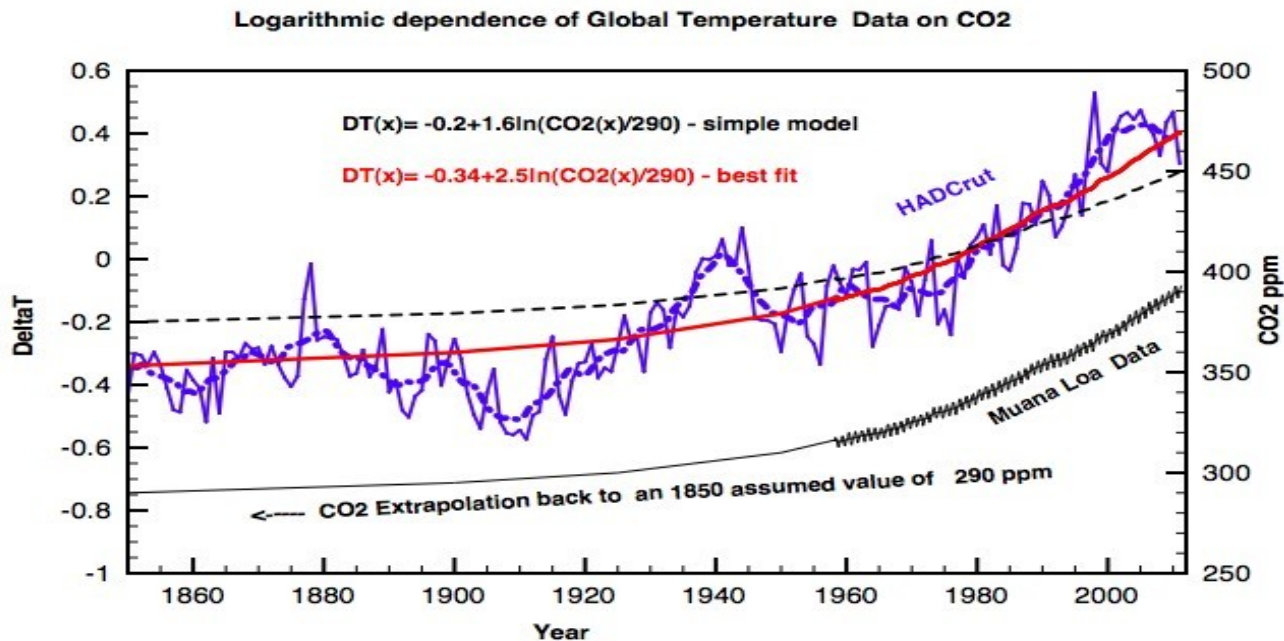
Warto podkreślić, że już pod koniec pierwszej połowy XX wieku, na długo przed „wybuchem” zainteresowania globalnym ociepleniem wyniki badań naukowych dowodziły, że tzw. „czułość klimatu” na podwojenie koncentracji CO₂ w powietrzu to od 2°C wg Callendara do 4°C wg Hulburta.

Według VI raportu IPCC
równowagowa czułość
klimatu to

2.5 – 4.0 °C

Najprawdopodobniej:

3°C



Pod wpływem prac Callendara zaczęto się zastanawiać jak szybko klimat może się ocieplić. Podstawowym pytaniem było jaka część emitowanego przez ludzi CO₂ rozpuszcza się w wodach oceanu a ile zostaje w atmosferze. Odpowiedź na to pytanie, podobnie jak weryfikację astronomicznych teorii zmian klimatu uzyskano, co ciekawe, dzięki rozwojowi fizyki jądrowej. Badania zawartości stałych i promieniotwórczych izotopów węgla, tlenu, berylu, wodoru w osadach, koralowcach, stalaktytach, rdzeniach lodowych, w roślinach, a także w wodzie i powietrzu pozwoliły na niezwykle postępy w rozumieniu procesów klimatycznych.

Przełomowa pracą, jeszcze niezbyt dokładnie ale jednoznacznie dokumentującą, że obserwowany wzrost zawartości CO₂ w atmosferze i oceanie jest wynikiem emisji paliw kopalnych, pozwalającą oszacować skalę tego procesu oraz tempo w jakim ten wyemitowany CO₂ rozpuszcza się w oceanie była rozprawa **opublikowana w 1957 r.**

Jej autorami byli oceanolog **Roger Revelle** i fizyk jądrowy **Hans Suess**, jeden z pionierów metody datowania radiowęglowego. Pochodzi z niej słynna, ale mało w Polsce znana, fraza:

„Ludzkość prowadzi teraz jedyny w swoim rodzaju eksperyment geofizyczny, który nie wydarzył się nigdy w przeszłości ani nie będzie mógł być w przyszłości powtórzony. W ciągu kilku stuleci zwracamy atmosferze i oceanowi węgiel odłożony przez naturę w skałach osadowych w procesie który trwał setki milionów lat”.

"Human beings are now carrying out a large scale geophysical experiment of a kind that could not have happened in the past nor be reproduced in the future. Within a few centuries, we are returning to the atmosphere and oceans the concentrated organic carbon stored in sedimentary rocks over hundreds of millions of years."

Roger Randall Dougan Revelle (ur. 7 marca 1909 zm. 15 lipca 1991), amerykański oceanolog, badał też cykl węglowy oraz emisje/pochłanianie dwutlenku węgla przez ocean.

Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and
the Question of an Increase of Atmospheric CO_2 during the
Past Decades

By ROGER REVELLE and HANS E. SUESS, Scripps Institution of Oceanography, University
of California, La Jolla, California

(Manuscript received September 4, 1956)

Abstract

From a comparison of $\text{C}^{14}/\text{C}^{12}$ and $\text{C}^{13}/\text{C}^{12}$ ratios in wood and in marine material and from a slight decrease of the C^{14} concentration in terrestrial plants over the past 50 years it can be concluded that the average lifetime of a CO_2 molecule in the atmosphere before it is dissolved into the sea is of the order of 10 years. This means that most of the CO_2 released by artificial fuel combustion since the beginning of the industrial revolution must have been absorbed by the oceans. The increase of atmospheric CO_2 from this cause is at present small but may become significant during future decades if industrial fuel combustion continues to rise exponentially.

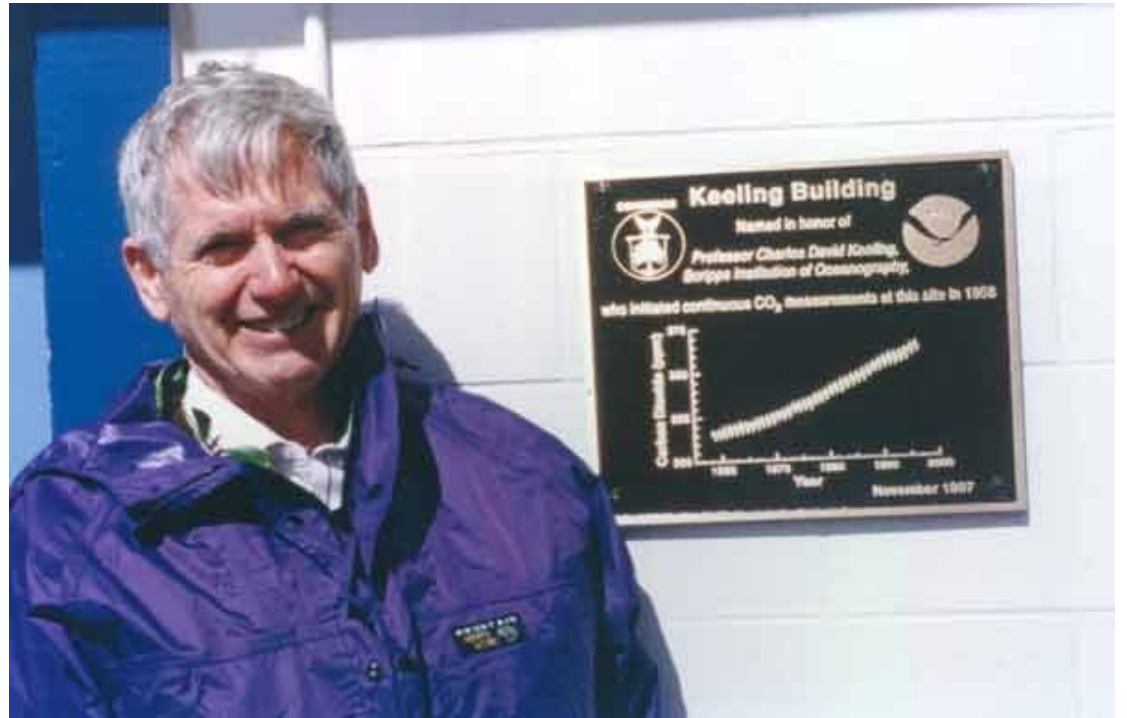
Present data on the total amount of CO_2 in the atmosphere, on the rates and mechanisms of exchange, and on possible fluctuations in terrestrial and marine organic carbon, are inadequate for accurate measurement of future changes in atmospheric CO_2 . An opportunity exists during the International Geophysical Year to obtain much of the necessary information.

Hans Eduard Suess (ur. 16 grudnia 1909, zm. 20 września, 1993) Austriacki chemik fizyczny i fizyk jądrowy, jeden z pionierów zastosowania fizyki jądrowej do datowania metoda radiowęglową, specjalista od badań izotopowych.

Charles David Keeling był założycielem laboratorium o na Mauna Loa.

Jego badania koncentracji CO₂ w powietrzu prowadzone na Mauna Loa, w Scripps (La Jolla, California) i na Antarktydzie tworzą zręby najważniejszych serii pomiarowych pokazujących wzrost koncentracji tego gazu wskutek emisji antropogenicznych i w ten sposób do antropogenicznego wzmocnienia efektu cieplarnianego.

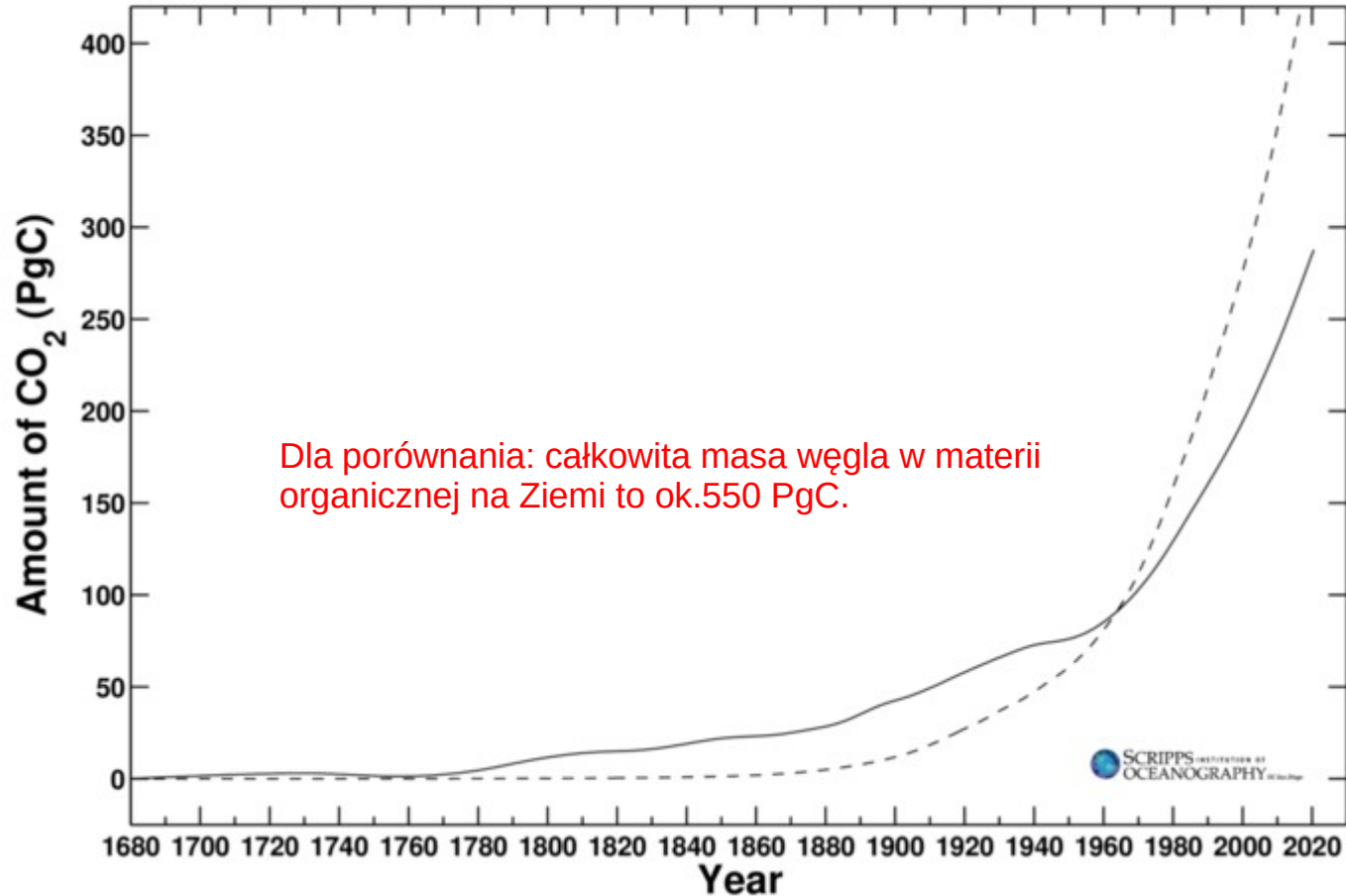
scrippsco2.ucsd.edu



Charles David Keeling (ur. 20 kwietnia 1928, zm. 20 czerwca 2005), oceanograf i geofizyk amerykański, zapoczątkował regularne pomiary składu atmosfery w liku laboratoriach, w tym w na mauna Loa na Hawajach.

Cumulative Fossil Fuel with Atmospheric CO₂ Increase

Last updated October 2021



Linia ciągła: wzrost zawartości CO₂ w powietrzu (gigatony, PgC)

Linia przerywana: skumulowane emisje CO₂ ze spalania paliw kopalnych i produkcji cementu (gigatony PgC).

Gilbert Plass prowadził badania transferu radiacyjnego finansowane przez Office of Naval Research.

W latach 1954-55 uzyskał dostęp do komputera rozumiejąc że może on być efektywnie wykorzystany w obliczeniach transferu radiacyjnego.

Wykorzystując najnowsze dane doświadczalne o absorpcji CO₂ w podczerwieni obliczył, że średnia temperatura powierzchni Ziemi wzrośnie o 3.6°C przy podwojeniu koncentracji CO₂ w powietrzu i spadnie o a 3.8°C przy spadku koncentracji o połowę. Uwzględnienie efektu albedo chmur dało w obliczeniach efektywny wzrost temperatury o 2.5°C przy podwojeniu CO₂.

Pokazał, że absorpcja podczerwieni przez CO₂ nie jest zamaskowana przez absorpcję w przez parę wodną .



Gilbert Norman Plass

(ur. 22 marca 1920, zm. 1 marca 2004)

Fizyk kanadyjski który wykonał pierwsze w pełni nowoczesne symulacje numeryczne transferu radiacyjnego w atmosferze.

The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change

By GILBERT N. PLASS

The Johns Hopkins University, Baltimore, Md.¹

(Manuscript received August 9 1955)

Abstract

The most recent calculations of the infra-red flux in the region of the 15 micron CO_2 band show that the average surface temperature of the earth increases 3.6°C if the CO_2 concentration in the atmosphere is doubled and decreases 3.8°C if the CO_2 amount is halved, provided that no other factors change which influence the radiation balance. Variations in CO_2 amount of this magnitude must have occurred during geological history; the resulting temperature changes were sufficiently large to influence the climate. The CO_2 balance is discussed. The CO_2 equilibrium between atmosphere and oceans is calculated with and without CaCO_3 equilibrium, assuming that the average temperature changes with the CO_2 concentration by the amount predicted by the CO_2 theory. When the total CO_2 is reduced below a critical value, it is found that the climate continuously oscillates between a glacial and an inter-glacial stage with a period of tens of thousands of years; there is no possible stable state for the climate. Simple explanations are provided by the CO_2 theory for the increased precipitation at the onset of a glacial period, the time lag of millions of years between periods of mountain building and the ensuing glaciation, and the severe glaciation at the end of the Carboniferous. The extra CO_2 released into the atmosphere by industrial processes and other human activities may have caused the temperature rise during the present century. In contrast with other theories of climate, the CO_2 theory predicts that this warming trend will continue, at least for several centuries.

Introduction

In 1861, TYNDALL wrote that "if, as the above experiments indicated, the chief influence be exercised by the aqueous vapour, every variation of this constituent must produce a change of climate. Similar remarks would apply to the carbonic acid diffused through the air...

... may have produced all the mutations of climate which the researches of geologists reveal. However this may be, the facts above cited remain: they constitute true causes, the extent alone of the operation remaining doubtful." A century of scientific work has been necessary in order to calculate with any

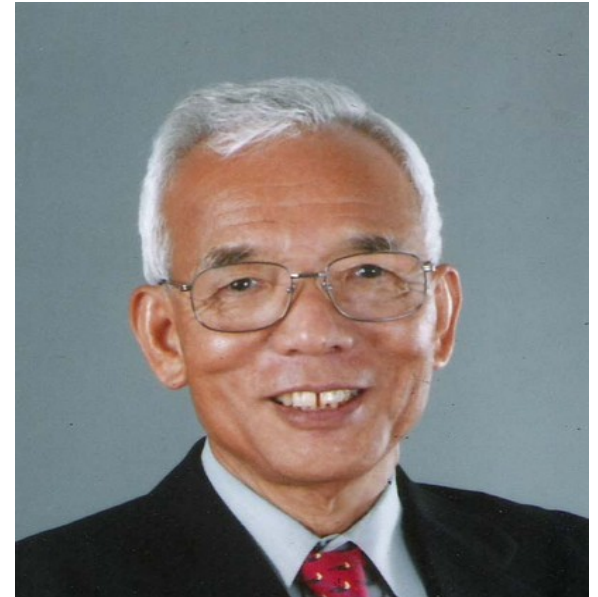
Norman A. Phillips, 1956.

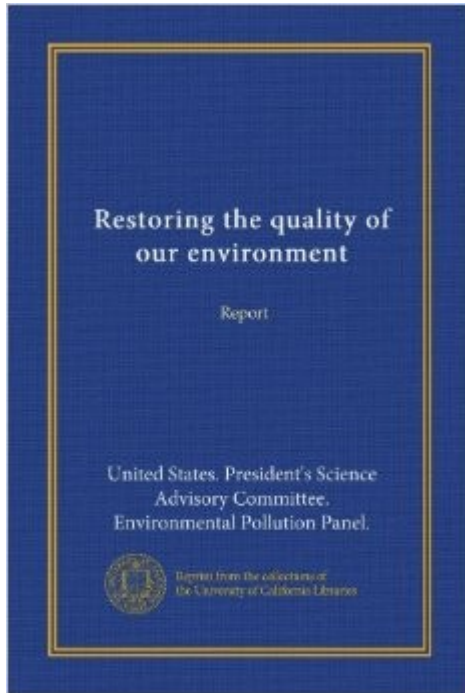
The general circulation of the atmosphere: a numerical experiment. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 82 (352): 123–154.



Manabe, Syukuro and Richard T. Wetherald, 1967. Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity. *Journal of Atmospheric Science* 24, 241-259.

Twórcy pierwszych nowoczesnych modeli cyrkulacji ogólnych atmosfery.





Jako pierwszy wśród przywódców państw zapoznał się z tym tematem prezydent USA Lyndon B. Johnson. Miało to miejsce już ponad pół wieku temu – w 1965 roku. Dokument „Restoring The Quality of Our Environment” był pierwszym oficjalnym raportem, przedstawionym jakimkolwiek rządowi na świecie, w którym opisano możliwe zagrożenia spowodowane wzrostem stężenia CO₂ w atmosferze.

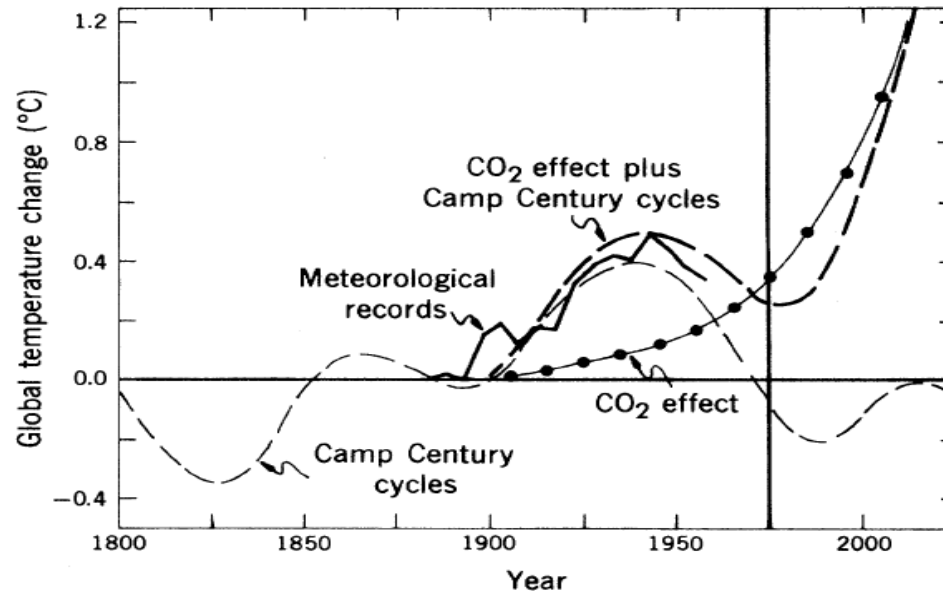
Napisania tej części dokumentu podjęli się uznani naukowcy, aktywnie uczestniczący w badaniach: Roger Revelle (oceanolog), Wallace Broecker (specjalista od paleoklimatologii), Charles Keeling (geochemik i fizyk atmosfery), Harmon Craig (geochemik i oceanograf) oraz Joseph Smagorinsky (meteorolog i specjalista od modelowania numerycznego).

Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?

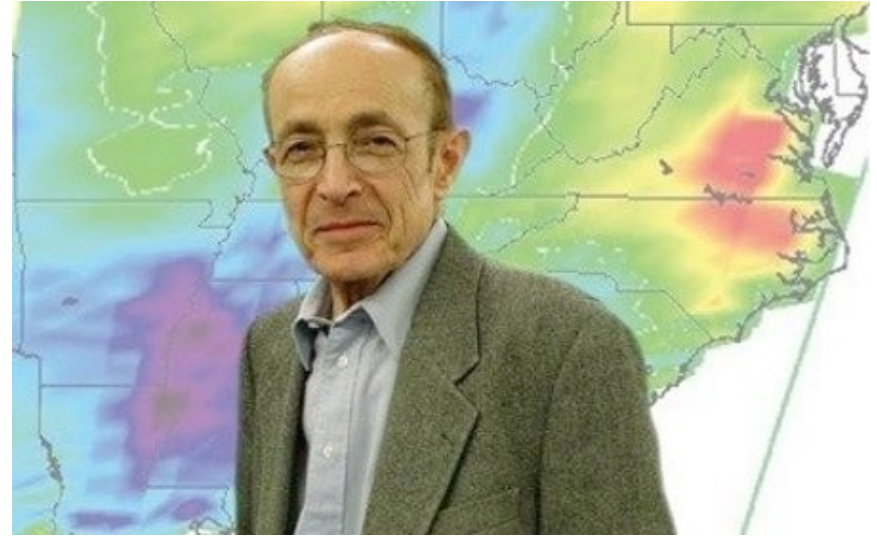
Abstract. If man-made dust is unimportant as a major cause of climatic change, then a strong case can be made that the present cooling trend will, within a decade or so, give way to a pronounced warming induced by carbon dioxide. By analogy with similar events in the past, the natural climatic cooling which, since 1940, has more than compensated for the carbon dioxide effect, will soon bottom out. Once this happens, the exponential rise in the atmospheric carbon dioxide content will tend to become a significant factor and by early in the next century will have driven the mean planetary temperature beyond the limits experienced during the last 1000 years.



Fig. 1. Curves for the global temperature change due to chemical fuel CO₂, natural climatic cycles, and the sum of the two effects. The measured temperature anomaly for successive 5-year means from meteorological records over the last century is given for comparison.



Jule Gregory Charney (ur. 1 stycznia 1917, zm. 16 czerwca, 1981)
amerykański meteorolog, pionier
numerycznych prognoz pogody, twórca
nowoczesnej meteorologii dynamicznej.



W 1979 **Charney** kierował "ad hoc study group on carbon dioxide and climate". Grupę tę powołała amerykańska Narodowa Rada Badań Naukowych (National Research Council).

Efektym działań grupy był 22 stronicowy raport, "**Carbon dioxide and climate: A scientific assessment**" ("**Dwutlenek węgla i klimat: przegląd stanu wiedzy**"). To pierwszy współczesny raport-przegląd stanu wiedzy na temat globalnego ocieplenia. Główny wynik: "We estimate the most probable global warming for a doubling of CO₂ to be near 3°C with a probable error of ± 1.5°C."

Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment

Report of an Ad Hoc Study Group on Carbon Dioxide and Climate
Woods Hole, Massachusetts
July 23-27, 1979
to the
Climate Research Board
Assembly of Mathematical and Physical Sciences
National Research Council

Strony tytułowe raportu
Zwanego potem
„Raportem Charneya”

Ad Hoc Study Group on Carbon Dioxide and Climate

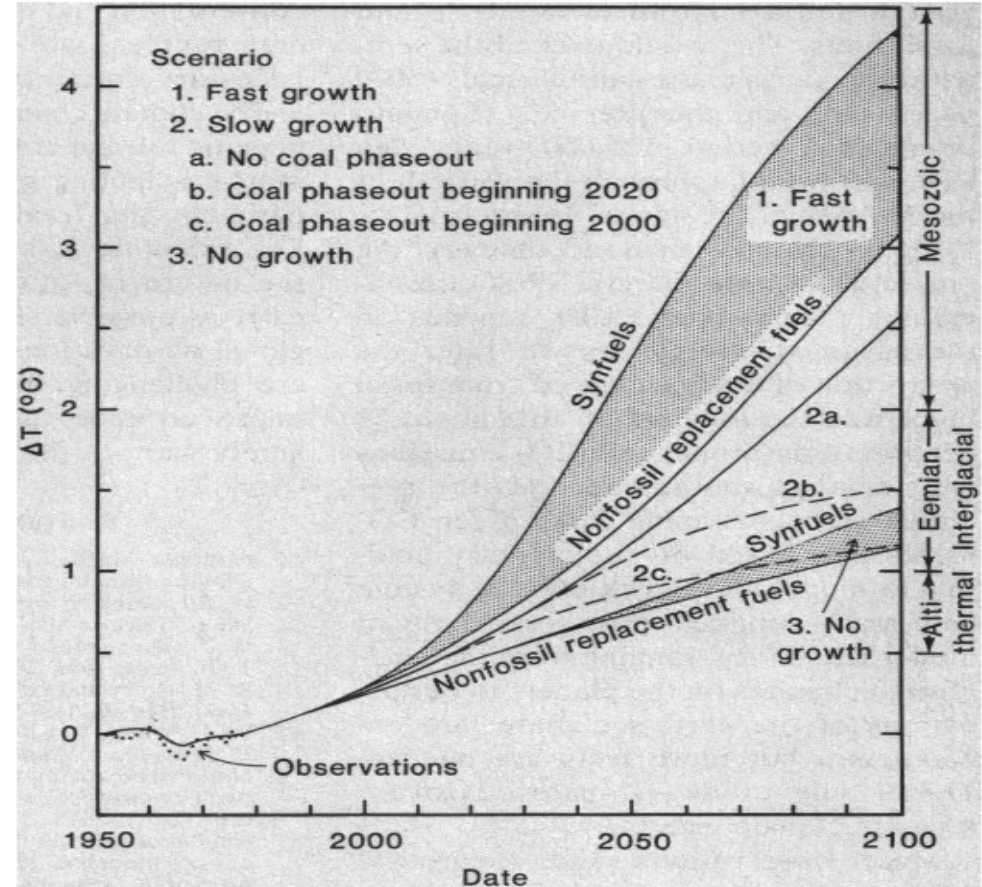
Jule G. Charney, Massachusetts Institute of Technology, *Chairman*
Akio Arakawa, University of California, Los Angeles
D. James Baker, University of Washington
Bert Bolin, University of Stockholm
Robert E. Dickinson, National Center for Atmospheric Research
Richard M. Goody, Harvard University
Cecil E. Leith, National Center for Atmospheric Research
Henry M. Stommel, Woods Hole Oceanographic Institution
Carl I. Wunsch, Massachusetts Institute of Technology

Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide

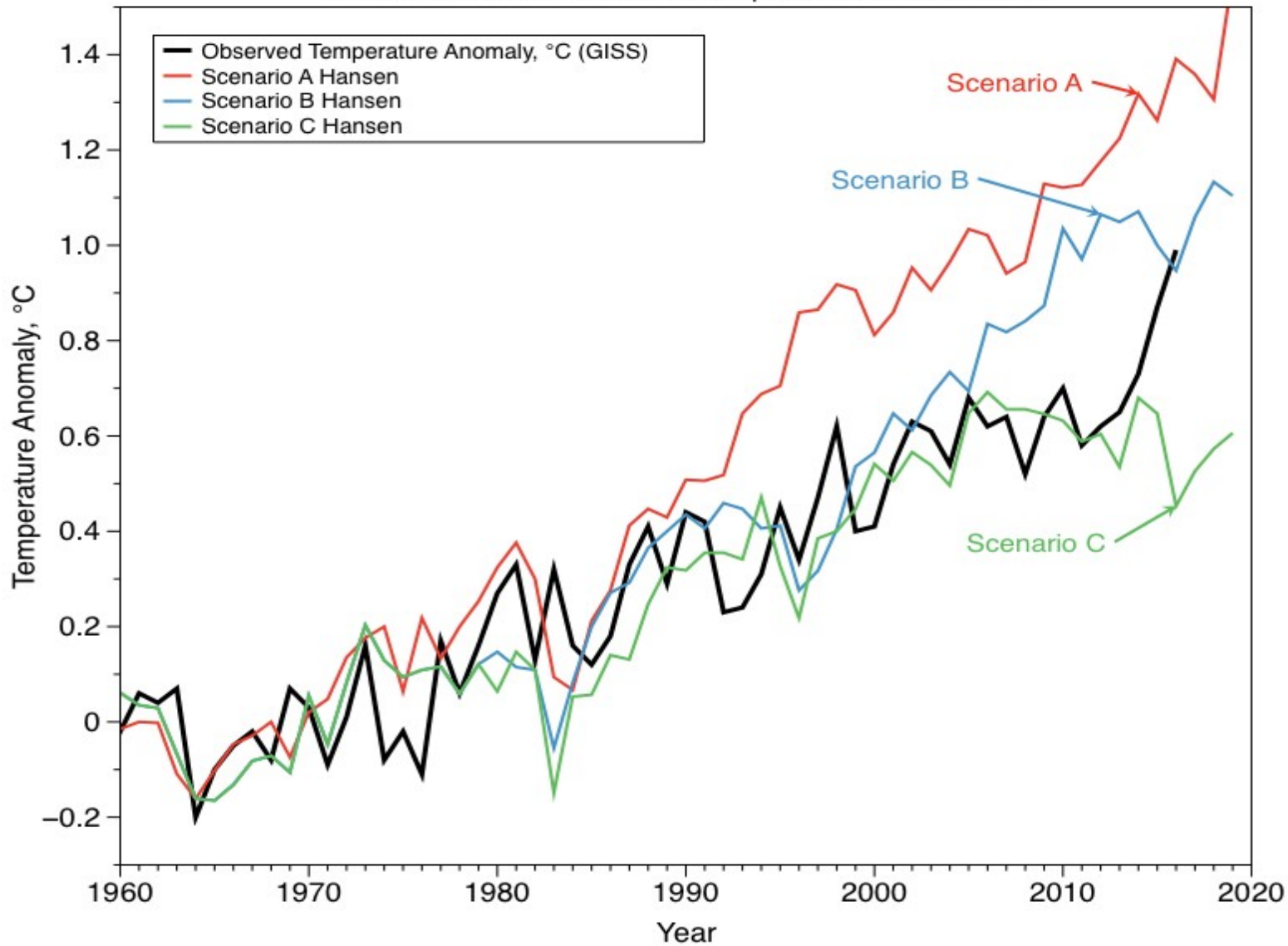
J. Hansen, D. Johnson, A. Lacis, S. Lebedeff
P. Lee, D. Rind, G. Russell



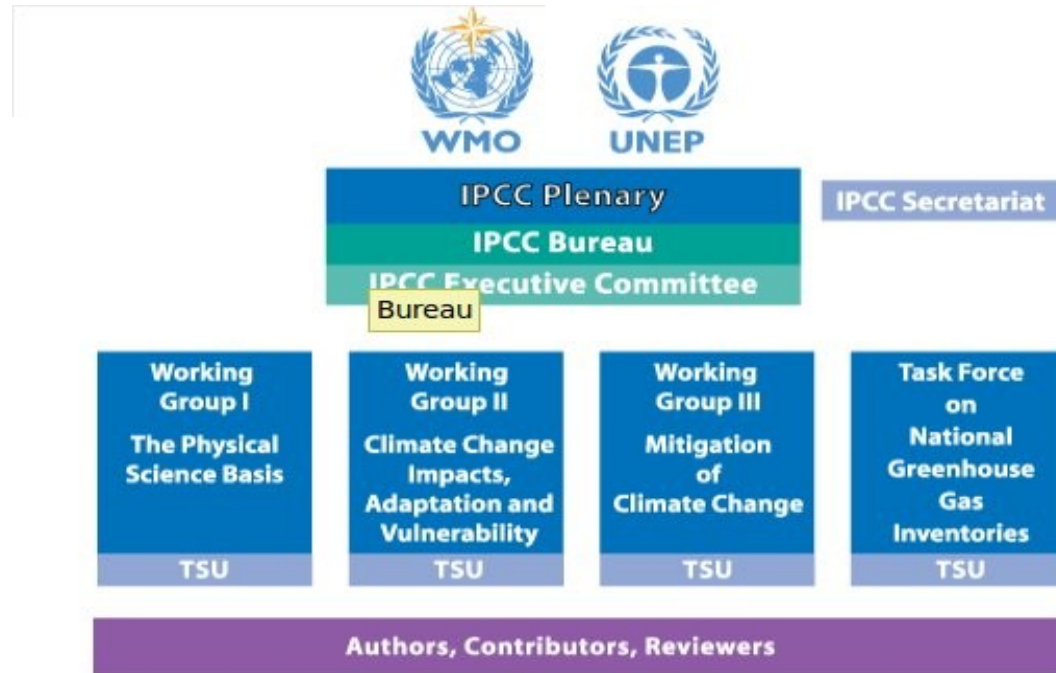
Fig. 6. Projections of global temperature. The diffusion coefficient beneath the ocean mixed layer is $1.2 \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$, as required for best fit of the model and observations for the period 1880 to 1978. Estimated global mean warming in earlier warm periods is indicated on the right.



Hansen's 1988 Predictions Compared to Observations

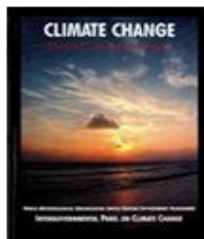


The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), established in 1988 is the United Nations body for assessing the science related to climate change

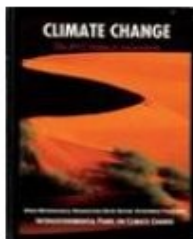


IPCC First Assessment Report 1990 (FAR)

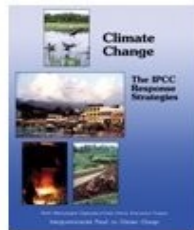
(OUT OF PRINT) Digitized by the Digitization and Microform Unit, UNOG Library, 2010
(Available in English only except where stated)



Working Group I:
Scientific Assessment of
Climate Change
[CLICK HERE](#)



Working Group II:
Impacts Assessment of Climate
Change
[CLICK HERE](#)



Working Group III:
The IPCC Response Strategies
[CLICK HERE](#)

First Assessment Report
[Overview Chapter \(PDF\)](#)
Also in: [Chinese](#) - [French](#) -
[Russian](#) - [Spanish](#)

1.0.1 *We are certain of the following:*

- There is a natural greenhouse effect which already keeps the Earth warmer than it would otherwise be.
- Emissions resulting from human activities are substantially increasing the atmospheric concentrations of the greenhouse gases: carbon dioxide, methane, chlorofluorocarbons (CFCs) and nitrous oxide. These increases will enhance the greenhouse effect, resulting on average in an additional warming of the Earth's surface. The main greenhouse gas, water vapour, will increase in response to global warming and further enhance it.

1.0.3 *Based on current model results, we predict:*

- An average rate of increase of global mean temperature during the next century of about 0.3°C per decade (with an uncertainty range of 0.2—0.5°C per decade) assuming the IPCC Scenario A (Business-as-Usual) emissions of greenhouse gases; this is a more rapid increase than seen over the past 10,000 years. This will result in a likely increase in the global mean temperature of about 1°C above the present value by 2025 (about 2°C above that in the pre-industrial period), and 3°C above today's value before the end of the next century (about 4°C above pre-industrial). The rise will not be steady because of other factors

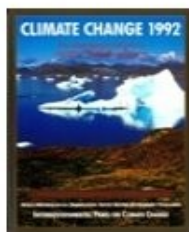
2. Impacts

2.0.1 The report on impacts of Working Group II is based on the work of a number of subgroups, using independent studies which have used different methodologies. Based on the existing literature, the studies have used several scenarios to assess the potential impacts of climate change. These have the features of:

- i) an effective doubling of CO₂ in the atmosphere between now and 2025 to 2050;
- ii) a consequent increase of global mean temperature in the range of 1.5°C to 4.5°C;
- iii) an unequal global distribution of this temperature increase, namely a smaller increase of half the global mean in the tropical regions and a larger increase of twice the global mean in the polar regions;
- iv) a sea-level rise of about 0.3—0.5 m by 2050 and about 1 m by 2100, together with a rise in the temperature of

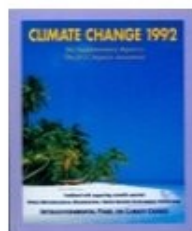
1992 Supplementary Reports

(OUT OF PRINT) Digitized by the Digitization and Microform Unit, UNOG Library, 2010
(Available in English only except where stated)



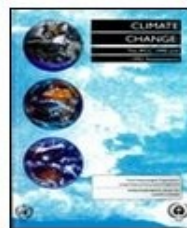
The Supplementary Report to
The IPCC Scientific Assessment

[CLICK HERE](#)



The Supplementary Report to
The IPCC Impacts Assessment

[CLICK HERE](#)

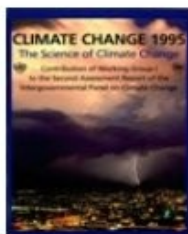


The IPCC 1990 and
1992 Assessments

[CLICK HERE](#)

IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR)

(OUT OF PRINT) Digitized by the Digitization and Microform Unit, UNOG Library, 2010.
(Available in English only except where stated)



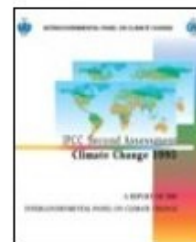
Working Group I:
The Science of Climate Change
[Full Report \(PDF\)](#)



Working Group II:
Impacts, Adaptations and
Mitigation of Climate Change:
Scientific-Technical Analyses
[Full Report \(PDF\)](#)



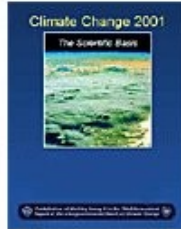
Working Group III:
Economic and Social
Dimensions of Climate Change
[Full Report \(PDF\)](#)



IPCC Second Assessment
[Full Report \(PDF\)](#)
[Errata](#)

[Arabic](#) - [Chinese](#) - [French](#)-
[Russian](#) - [Spanish](#)

IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001 (TAR)



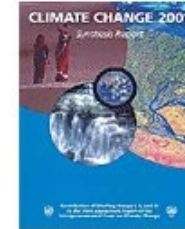
Working Group I:
The Scientific Basis



Working Group II:
Impacts, Adaptation and
Vulnerability



Working Group III:
Mitigation



Synthesis Report

WG1 - Summary for Policymakers

The Third Assessment Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) builds upon past assessments and incorporates new results from the past five years of research on climate change¹. Many hundreds of scientists² from many countries participated in its preparation and review.

This Summary for Policymakers (SPM), which was approved by IPCC member governments in Shanghai in January 2001³, describes the current state of understanding of the climate system and provides estimates of its projected future evolution and their uncertainties. Further details can be found in the underlying report, and the appended Source Information provides cross references to the report's chapters.

An increasing body of observations gives a collective picture of a warming world and other changes in the climate system.

Since the release of the Second Assessment Report (SAR⁴), additional data from new studies of current and palaeoclimates, improved analysis of data sets, more rigorous evaluation of their quality, and comparisons among data from different sources have led to greater understanding of climate change.

The global average surface temperature has increased over the 20th century by about 0.6°C.

- The global average surface temperature (the average of near surface air temperature over land, and sea surface temperature) has increased since 1861. Over the 20th century the increase has been $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$, ° (Figure 1a). This value is about 0.15°C larger than that estimated by the SAR for the period up to 1994, owing to the relatively high temperatures of the additional years (1995 to 2000) and improved methods of processing the data. These numbers take into account various adjustments, including urban heat island effects. The record shows a great deal of variability; for example, most of the warming occurred during the 20th century, during two periods, 1910 to 1945 and 1976 to 2000.
- Globally, it is very likely⁵ that the 1990s was the warmest decade and 1998 the warmest year in the instrumental record, since 1861 (see Figure 1a).
- New analyses of proxy data for the Northern Hemisphere indicate that the increase in temperature in the 20th century is likely⁶ to have been the largest of any century during the past 1,000 years. It is also likely⁷ that, in the Northern Hemisphere, the 1990s was the warmest decade and 1998 the warmest year (Figure 1b). Because less data are available, less is known about annual averages prior to 1,000 years before present and for conditions prevailing in most of the Southern Hemisphere prior to 1861.
- On average, between 1950 and 1993, night-time daily minimum air temperatures over land increased by about 0.2°C per decade. This is about twice the rate of increase in daytime daily maximum air temperatures (0.1°C per decade). This has lengthened the freeze-free season in many mid- and high latitude regions. The increase in sea surface temperature over this period is about half that of the mean land surface air temperature.

Variations of the Earth's surface temperature for:

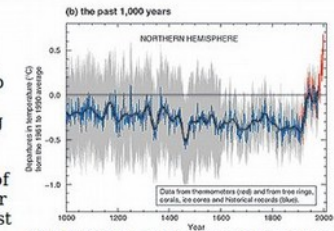
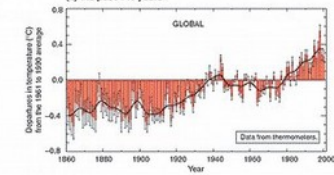


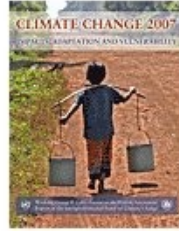
Figure 1: Variations of the Earth's surface temperature over the last 140 years and the last millennium.

(a) The Earth's surface temperature is shown year by year (red bars) and approximately decade by decade (black line, a filtered annual curve suppressing fluctuations below near decadal)

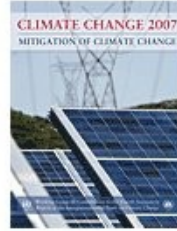
IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)



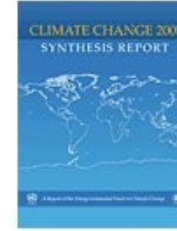
Working Group I Report
"The Physical Science Basis"



Working Group II Report
"Impacts, Adaptation and
Vulnerability"



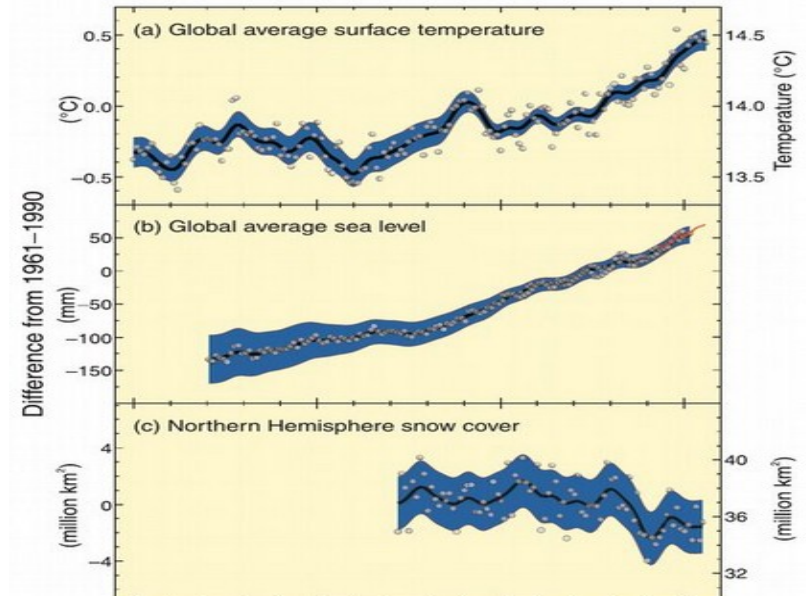
Working Group III Report
"Mitigation of Climate Change"



The AR4 Synthesis Report

1. Observed changes in climate and their effects

Warming of the climate system is unequivocal, as is now evident from observations of increases in global average air and ocean temperatures, widespread melting of snow and ice and rising global average sea level (Figure SPM.1). {1.1}



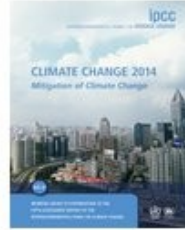
IPCC Fifth Assessment Report



Working Group I Report
"Climate Change 2013: The
Physical Science Basis"



Working Group II Report
"Climate Change 2014:
Impacts, Adaptation, and
Vulnerability"



Working Group III Report
"Climate Change 2014:
Mitigation of Climate Change"



"Climate Change 2014:
Synthesis Report"

SPM 1. Observed Changes and their Causes

Human influence on the climate system is clear, and recent anthropogenic emissions of greenhouse gases are the highest in history. Recent climate changes have had widespread impacts on human and natural systems. {1}

SPM 1.1 Observed changes in the climate system

Warming of the climate system is unequivocal, and since the 1950s, many of the observed changes are unprecedented over decades to millennia. The atmosphere and ocean have warmed, the amounts of snow and ice have diminished, and sea level has risen. {1.1}

SIXTH ASSESSMENT REPORT

AR6 Synthesis Report: Climate Change 2022

AR6 Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and
Vulnerability

AR6 Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change

AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis

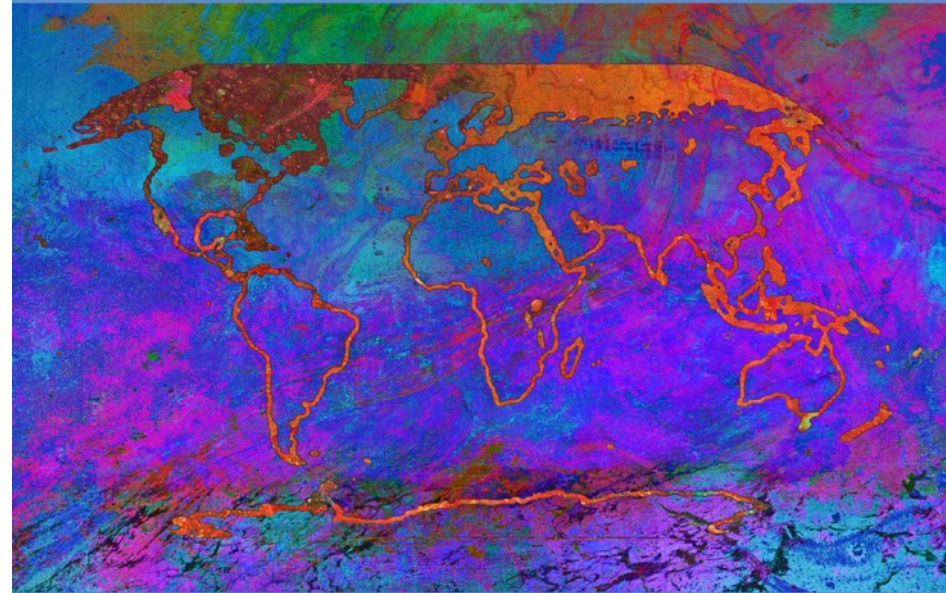
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

Climate Change 2021

The Physical Science Basis



WGI

Working Group I contribution to the
Sixth Assessment Report of the
Intergovernmental Panel on Climate Change



NAGRODA NOBLA Z FIZYKI, 2021

Ilustracje: Niklas Elmehed



Syukuro
Manabe

Klaus
Hasselmann

Giorgio
Parisi

KRÓLEWSKA SZWEDZKA AKADEMIA NAUK

Nagrodę przyznano
"za przełomowy wkład w nasze
zrozumienie systemów złożonych"

z tego połowę dla Syukuro
Manabe i Klause Hasselmanna

"za fizyczne modelowanie klimatu
Ziemi, ilościowe określanie
zmienności i wiarygodne
przewidywanie globalnego
ocieplenia"

oraz drugą połowę dla Giorgio
Parisiego

"za odkrycie wzajemnego
oddziaływania nieporządku i
fluktuacji w systemach fizycznych
od skali atomowej do planetarnej".