

Ether Theories

Seminar: Misconceptions in the History of Physics

21 July 2014

Stephan Eismann

Overview

- a historical sketch of ether concepts
- a tentative taxonomy

- two books by Philipp Lenard
 - “Über Äther und Materie”, 1911
 - “Über Äther und Uräther”, 1922

Introduction

- greek αιθήρ meaning „blue sky“
- paradigm of existence universal for more than 2000 years
- large heterogeneity of ether concepts
- covering many fields
 - philosophy, natural sciences, medicine, theology

A historical sketch

- Aristotle (384-322 B.C.):
 - first theory of *aither*
- *aither* as a fifth, invariant element
 - other four elements can change in quality and quantity
- *aither* only "circulates in the heavens"
 - ignites fire to give heat and light
 - interacts with its "analogue on earth" *pneuma*, which "brings life to plants, animal and men"

A historical sketch

- Stoics (~300 c. B.C.):
 - all bodies consist of an inseparable passive and active principles
 - passive principle ~ inert matter
 - active principle ~ Nature or God, embodied in *pneuma/aither*, giving life to the world
- in general the action principle vague and unclear

A historical sketch

- Middle Ages and Renaissance:
 - no radical innovations
 - continuing traditions tracing ultimately to Aristotle
 - division of the heavenly and the terrestrial
 - Christian influence on interpretation
- “Among the myriad conceptual permutations perpetrated in antiquity, a really diligent student of the ancients [...] could eventually find a plausible precedent for almost any innovation he was about to make.”

(source: Conceptions of Ether, p.8)

A historical sketch

- Descartes (1596-1650):
 - bodies are defined by their geometric extensions
 - matter ~ extension is divisible without limit (no atoms)
 - no empty space
 - the heavens and the earth all made of the same continuous material (no duality)
 - motion is given to the matter by God, but not in form of another substance
 - "God conserves the total quantity of motion measured as the product of the speed and the volume of the matter moving."

A historical sketch

- Newton (1643-1727):
 - constructed several different, even incompatible theories
 - atomic picture: bodies to be composed of hard, impenetrable particles
 - additional light and ether particles
 - active principles (gravity, fermentation, cohesion of bodies)
 - different accounts on their nature: "God's will", forces themselves, one or more ethers
 - ether explanation for gravity
 - ether and matter repel each other
 - ether density increases with distance from the sun
 - gradient implies a force

A historical sketch

- A rise of ether theories: 18th and 19th century
 - forces and their mediation
 - magnetism and charged bodies
 - light propagation
 - caloric theory: nature of heat and its transport
 - physiology and theology: transmission of action between body and soul
- more mechanical ethers:
 - conceptualisation but also predictions within a mathematical framework
 - reduce all physical problems to mechanics as the basic science

A historical sketch

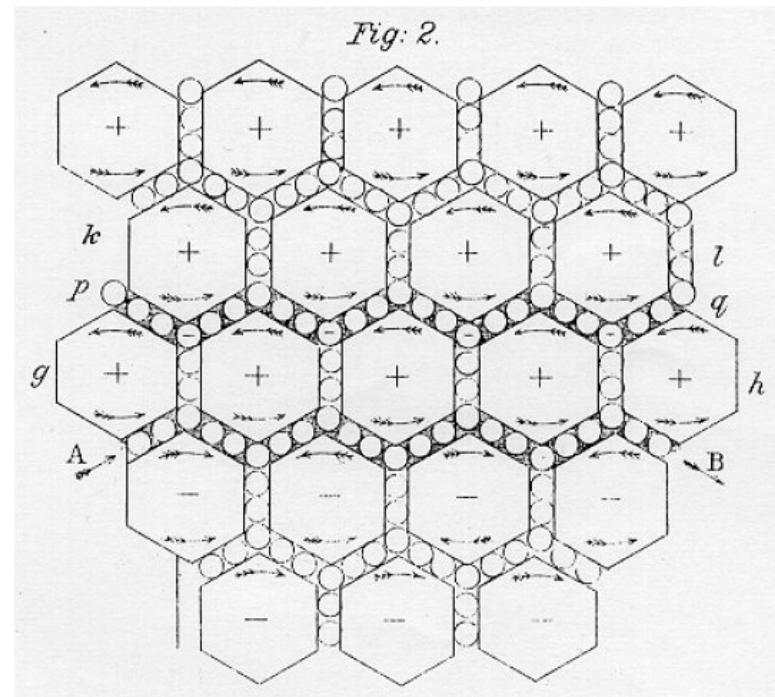
- Augustin Fresnel (1788 -1827):
 - theory of wave optics allowing calculations of general interference patterns (1818)
 - qualitative explanation for polarization (1821)
 - material-dependent phase velocity
- solid like ether at rest, however in parts carried away by moving bodies
- carrier coefficient k

$$k = (1 - 1/n^2) \cdot v$$

A historical sketch

- Maxwell: 1831-1879
 - "On physical lines of force", 1860:
 - presentation of the famous Maxwell equations in the framework of a mechanical ether model
 - the ether forms closed vortex cells with idle wheels in between

moleculare structure
of Maxwell's ether
(source: M. Hedenus)



A historical sketch

- deduction of shear modulus G and density ρ for the ether

$$c = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = 310740 \frac{km}{s}$$

- close proximity to historic experimental values for c
- “[...] light consists in the transverse undulations of the same medium which is the cause of electric and magnetic phenomena.”

(source: M. Hedenus)

A historical sketch

- decline of ether concepts
 - new discoveries necessitate more complex theories
 - aberration experiments pose empirical problems:
 - Michelson and Morley, 1887:
 - no second-order difference between the velocity of light along the line of earth's motion and perpendicular to it
- response: Lorentz (1890s) suggested that moving bodies contract in the direction of their motion through the ether by a factor of

$$\gamma = \sqrt{1 - (v^2 / c^2)}$$

A historical sketch



replica of the Michelson-Morley experiment in Potsdam
(source: Wikimedia Foundation)

A historical sketch

- a sudden demise of ether theories: 20th century
 - a stationary ether permeating space incompatible with Einstein's special relativity
 - no absolute frame of reference
- Einstein himself never denied the existence of ether:

“Nach der ART ist der Raum mit physikalischen Qualitäten ausgestattet; es existiert also in diesem Sinne ein Äther. Gemäß der ART ist ein Raum ohne Äther undenkbar; denn in einem solchen gäbe es nicht nur keine Lichtfortpflanzung, sondern auch keine Existenzmöglichkeit von Maßstäben und Uhren, also auch keine räumlich-zeitlichen Entfernungen im Sinne der Physik. Dieser Äther darf aber nicht mit der für ponderable Medien charakteristischen Eigenschaft ausgestattet gedacht werden, aus durch die Zeit verfolgbaren Teilen zu bestehen.”

(speech given at the University of Leiden, 5 May 1920)

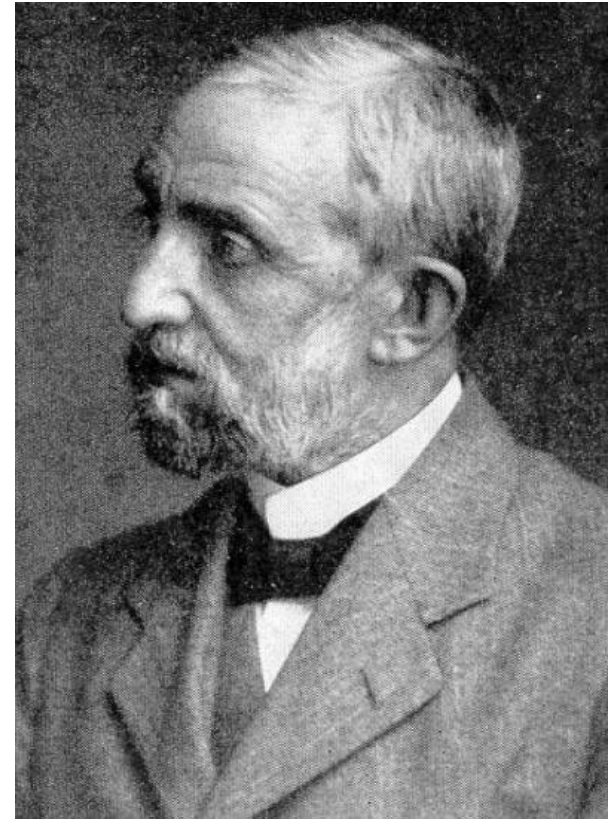
A taxonomy of ether models

- generally: ether theories claim to account for the interaction between two entities, the action of body A on body B
1. Body A alters the density of ether, e.g. density is increased with distance from A.
 - Newton's explanation for gravity
 2. The force between A and B is due to the forces associated with the ethereal atmospheres surrounding the two bodies.
 - Franklin's theory of electromagnetic repulsion
 - attraction between men and women
 3. Ethereal matter flows from body A to B or vice versa.
 - heat theory
 4. Ethereal media transmits action from A to B, but without translational motion.
 - Fresnel's solid ether consisting of vibrating particles

Philipp Lenard: ether's local advocate

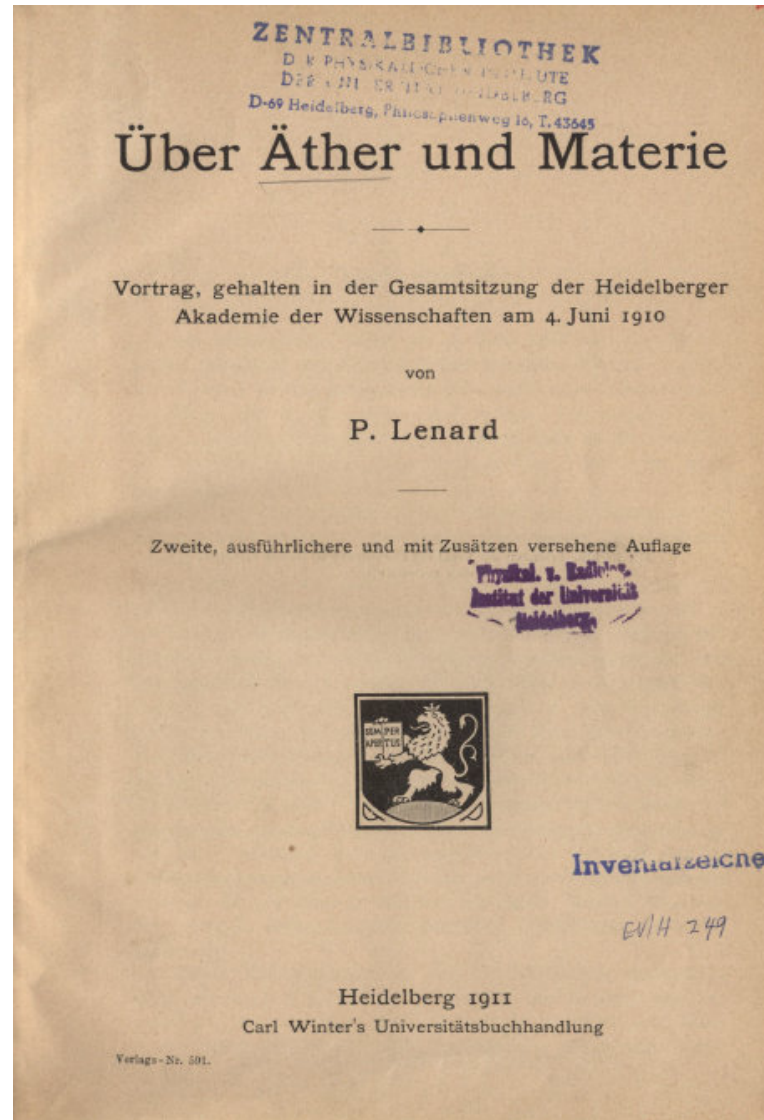
Philipp Lenard

- 1862: born in Preßburg (Bratislava)
- 1881-1886: studies and dissertation (Physics)
- 1886-1898: research in Heidelberg, Breslau, Bonn and Aachen
- 1898: head of the PI in Kiel
- 1900: discovery of fundamental laws governing the photoelectric effect
- 1905: Nobel prize for his research on the nature of electron radiation
- 1907: head of the PI in Heidelberg
- 1936: publication of his volumes "Deutsche Physik"
- 1947: death in Messelshausen



Philipp Lenard
(source: DHM, Berlin)

Lenard: „Über Äther und Materie“



Lenard: „Über Äther und Materie“

- advantage of models over pure mathematical descriptions
- ether as omnipresent quantity:

Jahrtausende braucht, um sie zu durchlaufen. Da sehen wir so gut wie den ganzen unendlichen Raum noch frei. Aber er erscheint nicht leer in unserem Bilde, sondern er ist ganz und gar erfüllt von jener anderen, zweiten Stoffart, die nicht Materie ist, vom Äther.

- and medium for light propagation:

erfüllen muß. Denn das Licht von jenen Sternen — das ist ein unzweifelhaftes Ergebnis der Naturforschung — ist eine Erzitterung, welche von jenem Sterne erregt bis zu uns herkommt, allmählich sich ausbreitend, ganz wie Wellen auf Wasseroberflächen laufen, wenn auch bei diesen Wellen des Lichtes mit 300000 km Geschwindigkeit in der Sekunde. Der Takt der vom Sterne erregten

Lenard: „Über Äther und Materie“

- one ether governing all electromagnetic phenomena:

seit HERTZ drahtlos telegraphiert wird. Aus der Identität der elektrischen und der Lichtwellen sind wir sicher, daß derselbe Äther, der uns das Licht, Wärme und alle Energie von der Sonne bringt, auch die elektrischen und magnetischen Kräfte vermittelt. „Ein Äther für Licht, Wärme und Elektrizität“, so drückte Lord KELVIN die große Errungenschaft der elektrischen Untersuchungen von HERTZ aus. Alle diese Wellen, auch die elektrischen, sind transversal.

- thereby behaving as a solid and fully permeable at once:

schon eine große Schwierigkeit zu liegen. Denn transversale Wellen gibt es nicht im Inneren von Gasen oder Flüssigkeiten, nur in festen, starren Körpern. Wir erfahren also, daß der Äther in bezug auf die Wellen in ihm nicht wie eine Flüssigkeit oder ein Gas, sondern wie ein fester, starrer Block sich verhält. Dabei durchdringen wir und alle Materie ihn doch so leicht, daß von einem Hindernis bei dieser Durchdringung nicht das mindeste bemerkbar ist. Eben dieses meinen wir ja, wenn wir den Äther im Gegensatz

Lenard: „Über Äther und Materie“

- c as intrinsic velocity of the ether:

Die inneren Bewegungen des Äthers, welche die Fortbewegung der Wirbelfäden (und auch die Ausbreitung der Strömungen, d. i. der magnetischen Kräfte) bewirken, gingen danach also mit Lichtgeschwindigkeit vor sich. Man würde diese Geschwindigkeit im kräftefreien Äther mit ungeordneter Verteilung der Richtungen anzunehmen haben, analog den Bewegungen der Gasmoleküle. Auch

- comment on the theory of relativity within a footnote:

merklich wird, womit auch die noch bestehende Unsicherheit über die exakte und allgemeine Giltigkeit des Relativitätsprinzipes zusammenhängt. In erster Annäherung ist es jedenfalls gültig und es faßt in glücklicher Weise viele Tatsachen zusammen; jedoch fängt das eigentliche Bereich seiner Anwendung erst dort an, wo materielle Körper oder Elektrizität nahezu mit Lichtgeschwindigkeit sich fortbewegen, und solche Fälle sind bisher nur wenige (an Kathodenstrahlen) und noch nicht in völlig beruhigender Weise nachmefäbar gewesen. Zeigten sich Ab-

Lenard: „Über Äther und Uräther“

Über Äther und Uräther

VON

P. Lenard

Zweite, vermehrte Auflage mit einem Mahnwort
an deutsche Naturforscher



VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG 1922

Lenard: „Über Äther und Uräther“

- refusal of relativity:

sammenfassung geschulten Verstand zu Ehren kommen. Ich beteilige mich daher nicht an den neuerdings für unentbehrlich zur Naturdarstellung gehaltenen „Relativierungen“ von Raum und Zeit, deren Zuhilfenahme mir schon deshalb unangemessen erscheinen würde, weil auch die Verteidiger der Relativitätstheorie im gewöhnlichen Leben nichts davon merken lassen, daß sie in anderem Raum oder in anderer Zeit sich befänden als die sonstigen Menschen und weil ich es nicht für richtig halte, daß der Naturforscher zwiespältig aus der Natur, in der er lebt und mit der er für gewöhnlich denkt, in eine Formelwelt erst sich zurückziehen habe, ohne die er hilflos ist, wenn er Naturforschung treiben will. Auch sonst ist die Relativitätstheorie, obgleich

- nationalistic, racist rhetoric :

vornehm abgewogenes Urteil erwartet, sich daran beteiligt. Ist es denn richtig, einen Hypothesenhaufen — und mag er mathematisch noch so schön aufgebaut sein — überhaupt vorzeitig „Theorie“ zu nennen? Schon die Ankündigung des Namens „Relativitätstheorie“ ist nach gegenwärtigem Stand der Dinge Trug. (Viel verhängnisvoller noch — und daher besonders traurig — ist allerdings eine andere, vor nicht Rassekundigen versteckte Begriffsverwirrung, welche um Herrn Einstein als deutschen Naturforscher schwebt.) Je loser ein mathematisches

Lenard: „Über Äther und Uräther“

- the theory of relativity as a form of deception:

ist, bloßes Blend- und Schauwerk ist. Es ist etwa wie mit der berühmten Schachspielmaschine, von der zu einer früheren Zeit viel die Rede war, in und an deren Kasten mancherlei Räderwerk lief, das so fein gebaut sein sollte, daß die Maschine den gewiegtsten Schachspielern gegenübergestellt, diese zu schlagen vermochte. Die Maschine wurde lange bestaunt, bis eine etwas gröbliche Hand den Unfug entlarvte und zeigte, daß hier nichts anderes vorliegt, als bei allen schon früher bekannten Schachspielern auch, indem nämlich tatsächlich ein solcher in dem Räderkasten versteckt war. Der Räderkasten war nur Blendwerk. Ich habe mir im Vorliegenden erlaubt, in bezug auf die Relativitätstheorie diese etwas gröbliche Hand anzulegen, und ich habe dies ausschließlich im Interesse allgemeiner Wahrhaftigkeit getan. Gibt es

- explicitly anti-Semitic argumentation:

Übrigens liebe ich Klarheit in jeder Beziehung und verschweige daher für Unkundige nicht den Hinweis, daß den gedachten Mathematikern in jenem Blatte auch ihre Rassenzugehörigkeit einen Streich gespielt haben dürfte; es ist bekannte jüdische Eigentümlichkeit, sachliche Fragen leicht sofort aufs Gebiet von persönlichem Streit zu verschieben. Darauf kann ich mich nicht einlassen, und ich möchte alle Leser bitten, daran festzuhalten, daß ich nicht leicht das Wort ergreife um Dinge zu sagen, die man bei gutem Willen ohnehin schon von mir wissen kann. Lebt gesunder deutscher Geist — der freilich

Lenard: „Über Äther und Uräther“

- superiority of ether models:

Für die Relativitätstheorie ist somit das Resultat gerade derjenigen Teile unserer Untersuchung, die unmittelbar auf Erfahrung stehen und von den Bildern des Äthers und Uräthers — die uns den Weg wiesen — auch ganz unabhängig betrachtet werden können, nicht günstig ausgefallen.

Wir haben aber in eben den eingeführten Bildern vom Äther und dem Uräther ein neues und — soweit bisher zu sehen — widerspruchsfreies Mittel zur Gestaltung einer zutreffenden Elektrodynamik bewegter Körper oder, was nach heutiger Kenntnis dasselbe ist, zu einer zusammenfassenden Darstellung aller beobachtbaren Naturvorgänge — soweit sie nicht unter geistiger Mitwirkung ablaufen — gefunden.

Conclusions

- ether theories
 - longstanding tradition with manifold variety
 - sudden crisis at the beginning of the 20th century, just decades after its greatest popularity
- Philipp Lenard's judgement on relativity changes, his arguments becoming racist and nationalistic between 1911 and 1922
- Is ether a misconception?
 - Einstein's view
 - semantic change: ether → vacuum

References

- G.N. Cantor (ed.), M.J.S. Hodge (ed.), *Conceptions of ether*, Cambridge University Press, Cambridge, 1981
- M. Hedenus, *Äthertheorien der Kathodenstrahlung*, Diplomarbeit Physik, Universität Heidelberg, 1999
- P. Lenard, *Über Äther und Materie*, 2nd edition, Carl Winter, Heidelberg, 1911
- P. Lenard, *Über Äther und Uräther*, 2nd edition, S. Hirzel, Leipzig, 1922
- Wikilivres. Äther und Relativitätstheorie, http://wikilivres.ca/w/index.php?title=Äther_und_Relativitätstheorie (updated 18 July 2014)
- Wikimedia Foundation. Michelson-Morley-Experiment <http://de.wikipedia.org/wiki/Michelson-Morley-Experiment> (updated 18 July 2014)
- Deutsches Historisches Museum. Philipp Lenard <http://www.dhm.de/lemo/html/biografien/LenardPhilipp/> (updated 17 July 2014)

Thank you!