

UNIVERSAL  
LIBRARY

**OU 162919**

UNIVERSAL  
LIBRARY



OSMANIA UNIVERSITY LIBRARY

Call No. 530/c169

Accession No. 23472

Author Calthrop, J. F.

Title German Physics reader

This book should be returned on or before the date last marked below.

1943



# A GERMAN PHYSICS READER

FIRST PUBLISHED 1943



THIS BOOK IS PRODUCED IN COMPLETE  
CONFORMITY WITH THE AUTHORISED  
ECONOMY STANDARDS

PRINTED IN GREAT BRITAIN AT THE WINDMILL PRESS  
KINGSWOOD, SURREY

# A GERMAN PHYSICS READER

BY

J. E. CALTHROP,  
M.A. (Cantab.) M.Sc. (Lond.)

Senior Lecturer in Physics, Queen Mary College,  
University of London



---

WILLIAM HEINEMANN LTD  
LONDON            ::            TORONTO

## INTRODUCTION

SEVERAL excellent German Science Courses give a small selection of extracts in some half-dozen sciences, but it has been found necessary to supplement such reading in Physics. Students, particularly in these times, find difficulty in obtaining reading matter, which gives useful practice and which is of interest in its content. Especially is this so in the more modern branches of the subject, owing to the impossibility of obtaining German scientific journals. The present book was projected to fill this gap.

The book opens with some extracts upon the history of the subject with *full* translation, partly based on A. Kistner's *Geschichte der Physik* (Sammlung Göschen). Then follows a series of extracts with vocabularies on various branches of the subject, some taken from classical writers such as Helmholtz, Kirchhoff, Kohlrausch and Abraham, and some specially written. The last section contains questions in German set at the Examinations of the University of London. The author wishes to thank the Senate of London University for permission to publish these papers. Grateful acknowledgment is also made for help and advice to Dr. K. Guggenheimer, Dr. G. B. Wohlgemuth, Dr. A. E. Herz and to Dr. Johannes Hamilton, the last of whom assisted by making out the vocabularies. For any errors which may have been overlooked, the author takes full responsibility.

It is hoped that this volume may do something to encourage the study of Physics in German literature, and to provide in a small compass material which might be otherwise inaccessible.

J. E. CALTHROP

Queen Mary College,  
University of London,  
c/o Cavendish Laboratory,  
Cambridge.

## TABLE OF CONTENTS

### *SECTION I:*

#### THE HISTORY OF PHYSICS

1. BROWNIAN MOVEMENT	8
2. WAVE THEORY OF LIGHT	8
3. DOPPLER EFFECT	10
4. ELECTRICAL RESISTANCE	10
5. DEFLECTION OF THE MAGNETIC NEEDLE	12
6. ELECTRO-MAGNETIC INDUCTION	14
7. ELECTRO-MAGNETIC WAVES	16
8. DISCOVERY OF THE ELECTRON	18
9. X-RAYS AND CRYSTAL STRUCTURE	18
10. ATOMIC NUMBERS	20
11. RADIOACTIVITY	22

### *SECTION II:*

#### EXERCISES FOR TRANSLATION

1. ELASTICITY	26
2. ELASTIC CONSTANTS OF THE EARTH'S CRUST	27
3. VISCOSITY	28
4. CAPILLARITY	31
5. VELOCITY OF SOUND	32
6. KUNDT'S TUBE	32
7. ACOUSTICS OF BUILDINGS	33
8. PRODUCTION OF LOW TEMPERATURES	35
9. THERMODYNAMIC POTENTIAL	37
10. HEAT CONDUCTION	38
11. DIFFRACTION	40
12. OPTICAL GRATINGS	42
13. POLARISED LIGHT	44
14. ZEEMAN EFFECT—I	46
15. ZEEMAN EFFECT—II	47
16. HYSTERESIS	48
17. INTENSE MAGNETIC FIELDS	50
18. DETERMINATION OF THE OHM	51
19. THERMOELECTRICITY	52
20. QUADRANT ELECTROMETER	54

21. PIEZO-ELECTRICITY	56
22. THE TRIODE	58
23. DYNAMICS OF THE ELECTRON	60
24. PLANCK'S CONSTANT	61
25. PHOTOELECTRIC EFFECT	61
26. COMPTON EFFECT	63
27. MEAN LIFE OF A RADIOACTIVE ELEMENT	64
28. ARTIFICIAL ATOMIC DISINTEGRATION	66
29. THE CYCLOTRON	67
30. SUPERCONDUCTIVITY	69

*SECTION III:*

LONDON UNIVERSITY EXAMINATION QUESTIONS

*A—Intermediate* 71

1. MECHANICAL EQUIVALENT OF HEAT
2. INDUCED MAGNETISM
3. IONISATION
4. THEORY OF LIGHT
5. MAGNETIC DAMPING
6. DISPERSION IN LENS
7. IONISATION
8. TOTAL REFLECTION
9. HEAT OF VAPORISATION

*B—General* 74

10. KINETIC THEORY
11. SPECIFIC HEAT AT LOW TEMPERATURE
12. TURBULENT FLOW
13. JOULE-THOMSON EFFECT
14. RAMSDEN EYE-PIECE
15. RANGE OF  $\alpha$ -PARTICLES
16. RESISTANCE OF ELECTROLYTE
17. CRITICAL VOLUME
18. DIFFRACTION OF LIGHT
19. POLARISATION
20. GAS THERMOMETER

*C—Special*

21. LUMMER PLATE
22. DIFFUSION
23. ACOUSTICS OF BUILDINGS
24. BACK-COUPPLING
25. POLARISATION
26. THERMODYNAMICS
27. ULTRASONICS
28. INTERFERENCE
29. THEORY OF ELECTROLYTES
30. SPECIFIC HEAT
31. KINETIC THEORY
32. MAGNETISM
33. SOUND-RECORDING

## SECTION I:

### THE HISTORY OF PHYSICS

#### 1. BROWNSCHE BEWEGUNG

Robert Brown, ein englischer Botaniker, bemerkte 1827 plötzliche Zickzackbewegungen von kleinen Teilchen, die in einer Flüssigkeit oder in einem Gas suspendiert sind. Die Beobachtung rauchhaltiger Luft durch ein Mikroskop giebt ein deutliches Bild dieser Erscheinung.

Einstein gab im Jahre 1905 eine genaue Erklärung der Brownschen Bewegung. Er nahm als Ursache der Bewegung Bombardierung durch die Teilchen des umgebenden Mediums an. In der kinetischen Theorie der Materie ist die kinetische Energie proportional der Temperatur. Einstein hat uns die Errechnung der mittleren Verschiebung eines Teilchens als Funktion der Viskosität und Temperatur des Mediums und ihrer Abhängigkeit von der Grösse der Teilchen gelehrt. In die Formel geht auch eine Grösse ein, die die Zahl der Atome pro Grammatom angibt; sie wird in Deutschland als Loschmidtsche Zahl, in England und Frankreich gewöhnlich als Avogadrosche Zahl bezeichnet.

Die erste experimentelle Überprüfung der Einsteinschen Formel wurde im Jahre 1908 von Jean Perrin durchgeführt. Er bestimmte die Zahl der kolloidal gelösten Teilchen als Funktion der Höhe über dem Glasboden. Infolge der Temperaturbewegung und der Maxwellschen Geschwindigkeitsverteilung sinken die schweren Teilchen nicht alle auf den Boden, sondern dringen in grössere Höhen. Die Konzentration der Teilchen im Schwerefeld nimmt aber selbst bei Temperaturgleichgewicht mit der Höhe ab. Aus der beobachteten Verteilung der Teilchen konnte Perrin die Loschmidtsche Zahl schätzen. Er fand  $6.8 \times 10^{23}$ . Da heute  $6.02 \times 10^{23}$  als Wert gilt, ist das Ergebnis dieser klassischen Untersuchung als erstaunlich gut zu bezeichnen.

Aus der Einsteinschen Theorie folgt auch, dass die mittlere Verschiebung der Teilchen mit der Quadratwurzel aus der Zeit zunimmt. Auch dieser Schluss fand experimentelle Bestätigung.

#### 2. DIE WELLENTHEORIE DES LICHTS

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts erstand in Thomas Young der Huygenschen Lehre von der Wellennatur des Lichts ein

*SECTION I:*  
THE HISTORY OF PHYSICS

1. THE BROWNIAN MOVEMENT

In 1827 Robert Brown, an English botanist, noticed spontaneous zigzag movements of small particles suspended in a liquid or gas. If air containing smoke particles be observed under a microscope a clear example of this effect is obtained.

The exact explanation of the Brownian Movement was given by Einstein in 1905. He assumed that the cause of the motion was bombardment by the particles of the surrounding medium. In the kinetic theory of matter the kinetic energy is proportional to the temperature. Einstein showed how the mean displacement of a particle could be calculated as a function of the viscosity and temperature, and how it depended on the size of the particles. The formula also includes a value which states the number of atoms per gram-atom. In Germany this is called Loschmidt's number; in England and France it is generally known as Avogadro's number.

The first experimental test of the Einstein formula was made in 1908 by Jean Perrin. He counted the number of colloidal particles as a function of the height above the bottom of the glass container. As a result of heat-motion and the Maxwell distribution of velocity, the heavy particles do not all sink to the bottom, but penetrate to greater heights, but even in temperature equilibrium, the concentration under gravity decreases with height. From the observed distribution of the particles Perrin was able to estimate the Loschmidt number. He obtained  $6.8 \times 10^{23}$ . The present value is  $6.02 \times 10^{23}$ . His classical investigation was therefore remarkable.

It also follows from Einstein's theory that the mean displacement of the particles increases as the square-root of the time.

This conclusion was also confirmed by experiment.

2. THE WAVE THEORY OF LIGHT

At the beginning of the nineteenth century Thomas Young was an inspired advocate of the wave hypothesis of Huygens.

begeisterter Verfechter. Young zeigte, wie mit Hilfe dieser Theorie zwei grundsätzliche Fragen beantwortet werden konnten, nämlich erstens, warum alle Körper Licht gleicher Geschwindigkeit aussenden, und zweitens, warum ein Teil des Lichts reflektiert, der andere gebrochen wird. Er erkannte die Bedeutung der Wellentheorie für die Deutung der Interferenzerscheinungen des Lichts und gab eine schlüssige Erklärung für die Farben dünner Blättchen (1802).

Fresnel baute die Wellentheorie noch weiter aus. Seine Arbeiten waren von grösster Bedeutung für die Erklärung der Beugungserscheinungen des Lichts. Die Untersuchung polarisierten Lichts war der nächste wichtige Schritt. Fresnel und Arago untersuchten die Bedingungen für die Interferenz polarisierten Lichts und kamen zu dem Ergebnis, dass zwei Lichtstrahlen, die in zwei aufeinander senkrechten Ebenen polarisiert sind, niemals miteinander interferieren können. Thomas Young zog daraus die Folgerung, dass die Schwingungen des Lichts nur transversal sein können (1817).

### 3. DER DOPPLEREFFEKT

Im Jahre 1842 veröffentlichte Doppler eine Arbeit über die Farbe des Lichts der Doppelsterne. Er stellte darin den Grundsatz auf, dass ein selbstleuchtender Körper in einer Farbe mit grösserer oder kleinerer Brechbarkeit gesehen werden müsste, je nachdem sein Abstand von uns ab- oder zunimmt.

Fizeau schloss daraus, 1848, dass ein Beobachter, dessen Abstand von einem Fixstern sich ändert, eine Verschiebung der Spektrallinien im Spektrum dieses Sternes wahrnehmen müsste. Der Astronom Sir William Huggins fand in der Tat 1868 eine Verschiebung der Wasserstofflinie F im Spektrum des Sirius und schloss daraus, dass der Abstand sich vergrössert. Das Dopplerprinzip erlangte in vielen Zweigen der Physik und Astronomie grosse Bedeutung.

### 4. DER ELEKTRISCHE WIDERSTAND

Aus Henry Cavendishs Aufzeichnungen über seine Untersuchungen an elektrischen Widerständen geht hervor, dass er sein eigenes Galvanometer war. Er verwandte als zu vergleichende Leiter Kochsalzlösungen enthaltende Rohre; eingetauchte Drähte

Young showed how in this theory two fundamental questions could be answered, firstly why all bodies send out light of the same velocity, and secondly why part of the light is reflected and the other part refracted. He realised the significance of the wave theory for the interference phenomena of light, and gave a valid explanation of the colours of thin plates (1802).

Fresnel developed the wave theory still further. His work was of the greatest importance for the explanation of the phenomena of the diffraction of light. The next important step was the investigation of polarised light. Fresnel and Arago investigated the conditions for the interference of polarised light and came to the conclusion that two rays of light which are polarised in perpendicular planes can never interfere with each other. Thomas Young deduced from this result that light vibrations can only be transverse (1817).

### 3. THE DOPPLER EFFECT

In the year 1842 Doppler published a work on the colour of light from double stars. In this he put forward the view that a self-luminous body must be observed in a colour of greater or less refrangibility, according as its distance from us decreases or increases.

In 1848 Fizeau concluded from this, that an observer whose distance from a fixed star varies must observe a displacement of the spectral lines in the spectrum of the star. The astronomer Sir William Huggins found in fact in 1868 a displacement of the F Hydrogen line in the spectrum of Sirius, and concluded from this that the distance is increasing. The Doppler principle acquired great significance in many branches of Physics and Astronomy.

### 4. ELECTRICAL RESISTANCE

It is apparent from his manuscript describing his research upon resistance that Henry Cavendish acted as his own galvanometer. He used as the conductors to be compared, tubes containing solutions of common salt, into which two wires could be inserted so

dienten als Elektroden. Zur Erzeugung gleichstarker Entladungen benutzte er zunächst 6 Leydener Flaschen von nahezu gleicher Kapazität, später eine ganze Batterie. Ein Elektrometer zeigte den richtigen Ladungsgrad an. In jeder Hand ein Metallstück haltend, berührte er mit dem einen den Zinnfolienbelag eines Vergleichsrohres und mit dem andern den Knopf der ersten Leydener Flasche, die durch seinen Körper zur Entladung gebracht wurde. Der Versuch wurde dann mit dem zweiten Vergleichsrohr und der zweiten Leydener Flasche wiederholt.

Er erhielt so insgesamt 6 elektrische Schläge, deren Stärke er schätzte.

Er stellte dann die Drahtelektroden der Rohre so ein, dass die Widerstände nahezu unverändert blieben und er die Entladungsschläge gleich stark empfand. Unter "Widerstand" verstand Cavendish die gesamte dem elektrischen Strom entgegenwirkende Kraft und unter "Geschwindigkeit" die Stromstärke je Flächeneinheit. Vier verschiedene Versuchsreihen mit derselben Kochsalzlösung ergaben für den Widerstand (ausgedrückt als Potenz der Geschwindigkeit) die Werte 1,08; 1,03; 0,976; 1,00.

Das besagt mit andern Worten, dass der Widerstand, im heutigen Sinne des Wortes verstanden, sich mit der Stromstärke überhaupt nicht ändert. Dies von Cavendish im Januar 1781 gefundene Ergebnis war eine Vorwegnahme des von Ohm selbständig im Jahre 1827 entdeckten Gesetzes vom elektrischen Widerstand. Selbst dann dauerte es noch lange Zeit, bis das Ohmsche Gesetz voll gewürdigt und die genaue Messung von Widerständen für so wichtig wie heute gehalten wurde.

(Henry Cavendish: *Electrical Researches* p. 321 etc.)

## 5. DIE ABLENKUNG DER MAGNETISCHEN NADEL

Das Jahr 1820 brachte die Entdeckung der Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom. Diese Entdeckung wurde von grösster Wichtigkeit für die Weiterentwicklung der Elektrizitätslehre. Die Vermutung einer gewissen Verwandtschaft zwischen Elektrizität und Magnetismus war nicht neu; denn die Tatsache, dass der Blitz die Kompassnadel beeinflusst, war bereits seit dem Jahre 1676 bekannt. Aber alle Versuche zur Erzeugung einer magnetischen Wirkung durch Reibungselektrizität waren erfolglos geblieben. Oersted erklärte 1820: "Ich vermutete schon lange, dass eine elektrische Entladung eine Magnetnadel beeinflussen könnte. Ich beschloss, die Probe aufs

as to act as electrodes. In order to send discharges of equal strength he first used six Leyden jars of nearly equal capacity, later a whole battery. An electrometer indicated the proper degree of charge. With a piece of metal in each hand, he touched with one a piece of tinfoil attached to a comparison tube, and then touched the knob of jar No. 1 with the other piece, so as to receive the charge through his body. He repeated the experiment with the second tube and jar No. 2.

In this way he took six shocks and judged the intensities of the shocks.

He then adjusted the wire in one of the tubes so as to make the resistance more nearly equal, until the shocks could be judged as sensibly equal. By "resistance" Cavendish meant the whole force resisting the current and by "velocity" the current per unit area. Four different series of experiments with the same solution gave the resistance as the 1.08, 1.03, 0.976, 1.00 power of the velocity.

This is equivalent to saying that "resistance" as defined to-day does not vary at all with the current. This result obtained by Cavendish in January 1781 is an anticipation of the law of electrical resistance discovered independently by Ohm in 1827. It was even then a long time before Ohm's law was fully appreciated and before the accurate measurement of resistance was considered so important as it has since become.

(Henry Cavendish: *Electrical Researches* p. 321 etc.)

## 5. THE DEFLECTION OF THE MAGNETIC NEEDLE

The year 1820 brought the discovery of the deflection of the magnetic needle by means of an electric current. This discovery acquired the greatest importance in the further development of the science of Electricity. The idea of a connection between Electricity and Magnetism was not new; for the fact that lightning influences a compass-needle was already known from the year 1676. But all attempts to produce magnetic action by frictional electricity had proved futile. In 1820 Oersted said: "I had long held the opinion that an electric discharge can affect a magnetic needle. I decided to attempt the experiment." The deflection of the needle was very carefully investigated. He

Exempel zu machen." Die Ablenkung der Nadel wurde sehr sorgfältig untersucht. Er fand, dass die Nadel je nachdem sie sich ober- oder unterhalb des stromtragenden Leiters befand, nach der einen oder der entgegengesetzten Richtung abgelenkt wurde.

Biot und Savart stellten als erste eine mathematische Formel für die Beziehung zwischen Nadelablenkung und Stromstärke auf.

Ampère zeigte ferner, dass zwei parallele elektrische Ströme, je nachdem sie in gleicher oder entgegengesetzter Richtung fließen, sich gegenseitig anziehen oder abstossen. Im Jahre 1822 benutzte er eine Spiralspule, die er Solenoid nannte; sie wirkte wie ein Magnet.

Die Ergebnisse seiner theoretischen Untersuchungen waren ebenso bedeutend wie die seiner experimentellen Versuche. Maxwell sagte von ihm: "Er gab die elektrische Erscheinungen darstellende Formel. Sie wird für alle Zeiten die Grundformel der Elektrodynamik bleiben." ( $H = cIdl \sin \theta/r^2$ ;  $H$  bezeichnet die magnetische Feldstärke,  $dl$  ein Längenelement der elektrischen Strombahn,  $I$  die Stromstärke,  $\theta$  den Winkel zwischen der Stromrichtung und der Richtung, in der die magnetische Kraft auf einen magnetischen Nordpol wirkt,  $c$  ist die Lichtgeschwindigkeit, die als wesentlicher Bestandteil in die Formel eingeht.) Die Abnahme mit dem Quadrat der Entfernung  $r$  geht auch in die Formel für die Anziehungskraft zwischen zwei parallelen elektrischen Strömen ein. Die Relativitätstheorie zeigte erst den Zusammenhang dieses Gesetzes mit dem Coulombschen auf, laut welchem die zwischen zwei elektrischen Ladungen wirkende Kraft dem Quadrat ihrer Entfernung umgekehrt proportional ist.

## 6. ELEKTRO-MAGNETISCHE INDUKTION

Die Erzeugung von Induktion durch statische elektrische Ladung gab zu der Vermutung Anlass, dass vielleicht ähnliche Wirkungen mit gleichmässig fließenden durch Voltazellen erzeugten Strömen erzielt werden könnten.

Faraday selbst wickelte zwei Spulen isolierten Drahtes auf den gleichen Holzzylinder auf. Die beiden Enden einer der beiden Spulen wurden mit einem Galvanometer verbunden, während die andere gleichmässig von einem Strom durchflossen wurde. Das Galvanometer zeigte keinen Ausschlag.

Faradays erster erfolgreicher Versuch auf dem Gebiete der elektromagnetischen Induktion wurde im Jahre 1831 ausgeführt. Die Apparatur war die gleiche wie die im vorhergehenden Absatz

found that the needle placed above the wire carrying the current was deflected in the opposite direction to that in which it was deflected when placed under the wire.

Biot and Savart were the first to give the mathematical expression relating the deflection of the needle to the electric current. Ampère showed further that two parallel currents attract or repel each other, according to whether they flow in the same or opposite direction. In the year 1822 he used a spiral coil, which he called a solenoid. This acted like a magnet.

His theoretical researches were equally important. Maxwell said of him: "He gave the formula representing electrical phenomena; it will remain for all time the fundamental formula of electrodynamics." ( $H = cIdl \sin \theta/r^2$ ;  $H$  is the magnetic field intensity,  $dl$  an element of the electric current,  $I$  the current strength,  $\theta$  the angle between the direction of the current and the direction in which the magnetic force acts upon a magnetic north pole,  $c$  is the velocity of light which enters as an essential element into the formula.) The decrease with the square of the distance  $r$  enters also into the formula for the force of attraction between two parallel electric currents. The connection of this law with Coulomb's law, that the force between two electric charges varies inversely as the square of the distance, was first made clear by the theory of Relativity.

## 6. ELECTRO-MAGNETIC INDUCTION

The production of induction by means of static electric charges gave reason for believing that similar effects might be obtained with steady currents produced by Volta cells.

Faraday himself wound two coils of insulated wire on the same wooden cylinder; the two ends of one coil were connected to a galvanometer and in the other a steady current was maintained. No deflection was produced in the galvanometer.

Faraday's first successful experiment in electro-magnetic induction was made in the year 1831. Again two wire coils were placed together insulated from each other, one forming with a battery a closed current circuit, and the other connected to a galvanometer.

At the moment of making the connection of the battery circuit

beschriebene, doch war der Batteriestromkreis so eingerichtet, dass er jeden Augenblick beliebig geschlossen oder unterbrochen werden konnte. Wurde der Batteriestromkreis geschlossen, so konnte im gleichen Augenblick ein Galvanometerausschlag, der die Induzierung eines kurz dauernden Stromes im zweiten Stromkreis erkennen liess, beobachtet werden. Ein ähnlicher kleiner Effekt wurde bei Unterbrechung des Batteriestromkreises festgestellt, doch schlug jetzt das Galvanometer nach der entgegengesetzten Seite aus.

Weitere Experimente bestätigten die Beobachtung, dass der induzierte Strom nur im Augenblick des Unterbrechens und Schliessens floss. Viele der heute gebräuchlichen elektrischen Maschinen beruhen prinzipiell auf dieser grundlegenden Entdeckung Faradays. Es sei daran erinnert, dass Henry in Amerika ungefähr zur selben Zeit ähnliche Versuche anstellte, und ihm zu Ehren wird die praktische Einheit der Induktion ein Henry genannt.

## 7. ELEKTROMAGNETISCHE WELLEN

Faradays Ideen wurden von James Clerk Maxwell in mathematische Formeln gefasst. Er zeigte, dass eine Änderung der dielektrischen Polarisierung einem elektrischen Strom gleichwertig ist. Seine Theorie führte zur Ableitung der berühmten Differentialgleichungen für die Komponenten eines elektrischen und magnetischen Feldes und ihre Änderung mit der Zeit. Er folgerte aus ihnen, dass alle Veränderungen in einem Dielektrikum sich durch den ganzen Raum fortpflanzen, und zwar mit einer der umgekehrten Quadratwurzel aus dem Produkt der Dielektrizitätskonstante und der Permeabilität gleichen Geschwindigkeit. Maxwell erkannte bereits 1865, dass theoretisch ein elektrischer Funke eine Quelle elektrischer Wellen darstellt und wurde dadurch zur Entwicklung seiner elektromagnetischen Theorie des Lichtes veranlasst. Darin stellt die Lichtgeschwindigkeit einen kritischen Höchstwert für die Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen im leeren Raum dar.

Heinrich Hertz gelang die Messung der Wellenlänge elektromagnetischer Wellen und ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit längs Drähten, die er der Lichtgeschwindigkeit gleich fand. Er kam so auch, aber von der experimentellen Seite her, zu der Auffassung des Lichts als eines elektromagnetischen Vorgangs.

Die von Hertz als erstem erzeugten elektromagnetischen

a galvanometer deflection was observed, which indicated the induction of a current of short duration in the second circuit. A similar small effect was established when the battery circuit was broken, but now the galvanometer deflection was in the opposite direction.

Further experiments confirmed the observation that the induced current only flowed at the moment of make or break. Many electrical machines of to-day depend in principle on this fundamental discovery of Faraday. It may also be recalled that Henry in America made similar experiments about the same time and in his honour the practical unit of induction has been named the Henry.

## 7. ELECTRO-MAGNETIC WAVES

Faraday's ideas were mathematically formulated by James Clerk Maxwell. He showed that a change in the dielectric polarisation is equivalent to an electric current. His theory led to the derivation of the famous differential equations for the components of the electric and magnetic field and for their change with time. He deduced from them that all changes in a dielectric are propagated throughout the whole space with a velocity which is equal to the inverse square root of the product of the dielectric constant and the permeability. Maxwell knew already in 1865 that in theory an electric spark could be regarded as a source of electromagnetic waves, and thus was led to his electromagnetic theory of light. In this theory, the velocity of light becomes a critical maximum value for the velocity of propagation of electromagnetic waves in free space.

Heinrich Hertz succeeded in measuring the velocity of propagation of electromagnetic waves along wires and in determining their wave-lengths. The velocity of propagation is of the same magnitude as the velocity of light and thus Hertz from the experimental side came also to the conclusion that light was electromagnetic in nature.

The electromagnetic waves which Hertz had produced for the first time very soon acquired exceptional technical importance.

Wellen erlangten sehr bald ausserordentliche technische Bedeutung. Der Resonator, mit dem er sie erzeugte, bestand nur aus einem Stück Draht. Sein Werk wurde fortgeführt von Behnder, Branly, Sir Oliver Lodge (Coherer 1892) und Marconi. Sie waren die Bahnbrecher der drahtlosen Telegraphie und des Rundfunks.

## 8. DIE ENTDECKUNG DES ELEKTRONS

Im Jahre 1833 fand Faraday, dass bei der Elektrolyse die Menge der abgeschiedenen Stoffe der hindurchgegangenen Elektrizitätsmenge proportional ist, und dass bei gleicher Elektrizitätsmenge ausgeschiedene Stoffe sich gewichtsmässig wie ihre chemischen Äquivalentgewichte verhalten. Daraus liess sich schon auf eine atomare Struktur der Elektrizität schliessen, da der Aufbau der Materie aus Atomen bereits allgemein angenommen wurde. Weitere Forschungsarbeiten waren jedoch zum Beweise dieser Schlussfolgerung erforderlich.

Im Jahre 1869 zeigte Hittorf, dass, wenn in einem Entladungsröhr feste Gegenstände zwischen Kathode und Glaswand gebracht wurden, schwarze Schatten auf dem Glase zu sehen waren. Goldstein bestätigte dieses Ergebnis im Jahre 1876 und führte den Namen Kathodenstrahlen ein. Er glaubte aber, dass ihr Charakter dem der Lichtstrahlen gliche. Sir William Crookes entdeckte jedoch, dass diese Strahlen sowie die bereits von Hittorf und Goldstein beobachteten Schatten im Magnetfeld abgelenkt, beziehungsweise verschoben wurden. Daraus liess sich schon auf die Zusammensetzung der Strahlen aus elektrisch geladenen Teilchen und die Entstehung der Fluorescenz der Glaswand durch den Aufprall der schnell fliegenden elektrischen Teilchen auf sie schliessen. 1897 mass Sir J. J. Thomson, zwecks Feststellung der Beziehung zwischen Ladung und Masse der Teilchen, die Ablenkung der Kathodenstrahlen im elektrischen und magnetischen Feld. Er fand  $0,77 \times 10^7$  EMU/gm, ein Wert den Kaufmann noch im gleichen Jahre auf  $1,77 \times 10^7$  EMU/gm verbesserte, ein Ergebnis das mit dem heute als richtig angesehenen gut übereinstimmt.

## 9. RÖNTGENSTRAHLEN UND KRISTALLSTRUKTUR

Nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen im Jahre 1895

The resonator with which he produced the waves was only a piece of wire. His work was followed up by Behnder, Branly, Sir Oliver Lodge (Coherer 1892) and by Marconi. These were the pioneers of wireless telegraphy and broadcasting.

## 8. THE DISCOVERY OF THE ELECTRON

In 1833 Faraday found that in electrolysis the quantity of the substances separating out is proportional to the quantity of electricity flowing through and that for the same quantity of electricity the different substances were separated out in quantities which were proportional to the chemical equivalents. From this it could now be concluded that electricity must possess an atomic structure, for it was already generally assumed that matter was built up of atoms, but further researches were necessary to prove this assumption.

In 1869 Hittorf showed that if solid objects were placed between the cathode and glass walls of a discharge-tube, dark shadows could be seen on the glass. Goldstein confirmed this result in 1876 and introduced the name cathode rays. He thought however that they had the same nature as light rays. Sir William Crookes discovered that these rays were deflected by a magnetic field and that the shadows of objects previously observed by Hittorf and Goldstein were also displaced in the magnetic field. From this it could be concluded already that the rays must consist of electrically charged particles, and that the phosphorescence of the glass walls was excited by the impact of the swiftly moving electric particles on the glass wall. In 1897 Sir J. J. Thomson measured the deflection of the cathode rays in electric and magnetic fields in order to determine the ratio of the charge to the mass of the particles. He found  $0.77 \times 10^7$  EMU/gm. Kaufmann improved upon this in the same year with the value  $1.77 \times 10^7$  EMU/gm, a result which agrees very well with the value accepted today.

## 9. X-RAYS AND CRYSTAL-STRUCTURE

Following the discovery of X-rays in 1895 there was a difference

waren die Ansichten über ihre Natur geteilt. Sir J. J. Thomson schloss sich der Annahme von Stokes an, dass diese Strahlen wohl Transversalwellen wären, und entwickelte eine Theorie, die gewisse Eigenschaften der Strahlen erklärte und andere voraussagen liess. Röntgenstrahlen entstehen beim Aufprallen schneller Elektronen auf eine Metallplatte. Aus der Maxwell'schen Theorie folgt, dass die Beschleunigung elektrischer Ladungen die Ausstrahlung elektrischer Wellen bewirkt. Abbremsung ist im physikalischen Sinne auch eine Beschleunigung. Alle Versuche, die Wellennatur der Strahlen zu beweisen, schlugen jedoch fehl, bis M. v. Laue 1912 erkannte, dass ein Kristall, in dem ja die Atome regelmässig im Raume angeordnet sind, als ein dreidimensionales Beugungsgitter aufgefasst und als solches benutzt werden könnte. Auf seine Veranlassung untersuchte F. Knipping den Durchgang von Röntgenstrahlen durch einen Kristall. Er erhielt auf einer photographischen Platte Schwärzungspunkte, deren symmetrische Anordnung die Reflektierung oder richtiger Beugung der Strahlen durch die Symmetrieebenen des Kristalls in ganz bestimmte Richtungen aufzeigte.

Bragg, Vater und Sohn, und Debye vereinfachten und verbesserten die Untersuchungsmethode, die nicht nur die Wellennatur der Röntgenstrahlen erhärtete und eine genaue Messung ihrer Wellenlänge gestattete, sondern zugleich auch eine wertvolle Methode zur Bestimmung des Abstandes der Moleküle und Atome in Kristallen darstellte. Die relative Stellung der Atome zu einander ist jetzt für eine grosse Anzahl von Verbindungen mit grosser Genauigkeit ausgemessen worden.

## 10. ATOMZAHLEN

Unmittelbar nach der Ausarbeitung der Bragg'schen Methode zur Messung der Wellenlänge von Röntgenstrahlen bestimmte sie Moseley für die von 38 verschiedenen Elementen ausgesandten Strahlen. Die Erzeugung der Strahlen erfolgte durch Einsetzen von aus diesen Elementen hergestellten Antikathoden oder Zielsubstanzen für Elektronen in eine Entladungsröhre.

Er erhielt scharfe Spektrallinien. Ihre Lage hing offenbar davon ab, welches Element untersucht wurde. Beim Vergleich der Spektren verschiedener Elemente fand er eine deutlich erkennbare Gesetzmässigkeit ihrer Anordnung. Es zeigte sich nämlich, dass für jedes Element die Quadratwurzel der Schwingungszahl eine lineare Funktion der Ordnungszahl ist, die die

of opinion as to their nature. Sir J. J. Thomson adopted the view of Stokes that these rays were probably transverse waves, and developed a theory which accounted for some of the properties of the rays and predicted other properties. X-rays are produced by the projection of fast electrons on to a metal plate. From Maxwell's theory it follows that the acceleration of electric charges results in the radiation of electric waves. Retardation too, is acceleration in the physical sense. Still all attempts to prove the wave nature of the rays failed until in 1912 M. v. Laue realised that a crystal in which the atoms are regularly ordered in space could be treated as a three-dimensional diffraction grating and be used as such. At his suggestion F. Knipping investigated the transmission of X-rays through a crystal. Black spots on a photographic plate were obtained, showing from their symmetrical arrangement that the rays were reflected or rather diffracted by planes of symmetry in specially determined directions.

The Braggs, father and son, and Debye simplified and improved the method, which not only confirmed the wave nature of the X-rays, and made possible an accurate measurement of the wave-length, but also at the same time provided a valuable method for the determination of the intervals of the molecules and atoms in a crystal. The relative positions of the atoms for a great number of compounds have now been measured with great accuracy.

## 10. ATOMIC NUMBERS

Immediately after the development of the Bragg method for the measurement of X-ray wave-lengths, Moseley measured the wave-lengths of the rays of 38 different elements. The rays were produced by placing these elements as the anticathodes or targets for the electrons in a discharge tube.

He obtained sharp spectral lines. Their position clearly depended upon which element was investigated. He compared the spectra of the various elements and found a clear regularity of the spectra. The square root of the frequency proved to be a linear function of the position of an element in the series of the chemical elements, which had already been arranged by chemists according to their atomic weights and their chemical

ihm auf Grund seines Atomgewichts und seiner chemischen Eigenschaften angewiesene Stellung im periodischen System der Elemente bezeichnet. Diese Ordnungszahl trat hier zum ersten male in einer physikalischen Formel auf und schien in diesem Zusammenhang wichtiger zu sein als das Atomgewicht. Das lineare Verhältnis zwischen Ordnungszahl und Wurzel aus der Schwingungszahl bleibt bis hinauf zum schwersten Element, dem Uran, das die Ordnungszahl 92 besitzt, bestehen.

Es liess sich genau feststellen, wieviele Lücken das System aufwies, oder, mit anderen Worten, wieviele Elemente noch fehlten. Einige von ihnen sind inzwischen gefunden worden. Für ihren Nachweis spielten ihr Röntgenspektrum und die Anwendung des Moseley-Gesetzes eine wesentliche Rolle. Bohr gab bald darauf mit seinem Atommodell und seiner quantentheoretischen Formel für die Spektrallinien die grundsätzliche Erklärung für die von Moseley gefundene Gesetzmässigkeit. Sommerfeld vervollkommnete die Theorie und konnte die Feinstruktur der Röntgenstrahlen mit Hilfe der Relativitätstheorie berechnen. Dirac zeigte, wie im Lichte der heutigen Quantenmechanik die Feinstruktur der Röntgenstrahlen und die magnetischen Eigenschaften des Elektrons in relativistischer Formulierung erklärt werden können. Moseley hat diese Entwicklung nicht mehr erlebt. Er starb 1915 im Weltkrieg im Kampfe um Gallipoli.

## II. RADIOAKTIVITÄT

Kurz nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen veröffentlichte Becquerel im Jahre 1896 seine Entdeckung, dass uranhaltige Verbindungen Strahlen aussenden, die Aluminiumfolie zu durchdringen und eine photographische Platte zu schwärzen fähig sind. Im Jahre 1898 isolierte das Ehepaar Curie aus grossen Mengen Pechblende ein anderes Element von ebenso starker Radioaktivität, das sie Radium nannte. Die von diesem Element ausgestrahlte Energie wurde erstmals 1903 von Frau Curie und Laborde gemessen. Rutherford und Soddy veröffentlichten im gleichen Jahre ihre Theorie über die Umwandlung der Atome und erklärten die Aussendung von  $\alpha$ -Strahlen, die aus doppelt geladenen Heliumatomen bestehen, und von  $\beta$ -Strahlen, die elektrische Elementarteilchen, Elektronen, sind. Häufig tritt als Begleiterscheinung solcher Umwandlungen die Aussendung von  $\gamma$ -Strahlen auf, die die gleichen Eigenschaften

properties. This order-number now entered into a physical formula for the first time. In this connection it appeared to be more fundamental than the atomic weight. The linear relationship between the order-number (or atomic number) and the square root of the frequency is valid up to the heaviest element, uranium, which possesses the atomic number 92.

It was possible to fix accurately the number of gaps there were in the system, the number of missing elements. Some have been found in the meantime. For their verification their X-ray spectra and the application of the Moseley law played an essential role. Bohr with his atomic model and his quantum-theory formula for spectral lines, soon gave a fundamental explanation of the regularities found by Moseley. Sommerfeld perfected the theory and by applying the relativity theory was able to calculate the fine structure of the X-rays. Dirac showed how, in the light of present-day quantum mechanics, the fine structure of X-rays and the magnetic properties of electrons may be explained in a relativistic formulation. Moseley did not live to see this development. He died in the Gallipoli campaign in the World War (1915).

## 11. RADIOACTIVITY

Shortly after the discovery of X-rays Becquerel in 1896 communicated his discovery that uranium-compounds send out rays which are capable of penetrating thin aluminium foils and of blackening a photographic plate. In 1898 M. and Mme. Curie extracted from a large quantity of pitchblende another element which was equally radioactive and which they called radium. The energy emitted by this element was first measured by Mme. Curie and Laborde in 1903. In the same year Rutherford and Soddy put forward their theory of atomic transformation and explained the emission of  $\alpha$ -rays, which consist of doubly charged helium atoms, and of  $\beta$ -rays which are elementary electrical particles, electrons. Such transformations are often accompanied by the emission of  $\gamma$ -rays, which possess the same nature as X-rays and therefore like light waves, are transverse electromagnetic waves, only of still shorter wave-length.

wie die Röntgenstrahlen besitzen, also gleich den Lichtwellen transversale elektromagnetische Wellen sind, nur von noch kürzerer Wellenlänge.

C. T. R. Wilsons Nebelkammer, eines der wunderbarsten Instrumente der heutigen Physik, ermöglichte später Sichtbarmachung der Bahn jedes einzelnen Strahles. Die Teilchen besitzen so grosse Energie, dass sie längs ihrer Bahn Gasmoleküle zu ionisieren vermögen. Bei einer plötzlichen adiabatischen Ausdehnung der Kammer kühlt sich das Gas ab, der vorher gesättigte Wasserdampf wird übersättigt. Die bereits vorhandenen, auf den Bahnen der radioaktiven Strahlen entstandenen Ionen, dienen als Kondensationskerne. Bei seitlicher Beleuchtung können nun Nebelbahnen, die genau wie die Bahnen der vorher hindurchgegangenen Strahlen verlaufen, beobachtet werden. Die Zahl der erzeugten Ionen ist der Geschwindigkeit umgekehrt, die Reichweite der 3. Potenz der Geschwindigkeit direkt proportional. Die Geschwindigkeit der Teilchen lässt sich auch durch die Grösse der Ablenkung im Magnetfeld messen. Alle drei Methoden führen zu übereinstimmenden Ergebnissen. Mit sehr starken Magnetfeldern lässt sich sogar zeigen, dass die Geschwindigkeit der Teilchen, die von einem bestimmten radioaktiven Element ausgesandt werden, nicht immer gleich gross ist, sondern dass die Reichweiten, und demgemäss auch die ihnen entsprechenden Energien der Teilchen, in verschiedene Gruppen zerfallen. Wird ein langsames Teilchen abgestrahlt, so bleibt ein gewisser Energiebetrag im Atomkern zurück, der Kern befindet sich in angeregtem Zustand. Er kann durch Abstrahlung der überschüssigen Energie in seinen Ursprungszustand zurückkehren. Dies ist der Ursprung der  $\gamma$ -Strahlen. Sie entsprechen genau dem Energieunterschied zwischen den Energiestufen im Atomkern sowie den Energiegehalten der verschiedenen oben erwähnten Gruppen von  $\alpha$ -Strahlen.

C. T. R. Wilson's cloud-chamber, one of the most wonderful instruments of present-day physics, subsequently enabled the tracks of the single rays to be made visible. The particles possess so much energy that they can ionise gas molecules along their path. On a sudden adiabatic expansion of the chamber, the gas cools off and the water-vapour which was formerly saturated is now supersaturated. The ions already present, which were produced in the path of the radioactive rays, serve as centres of condensation. With lateral illumination, cloud tracks can be observed, which correspond accurately to the paths of the rays. The number of the ions produced and the ranges of the rays in the Wilson chamber bear a fixed relationship to the energy of the rays. The number of the ions produced is inversely proportional to the velocity, the range proportional to the third power of the velocity. The velocity of the particles may also be determined from the magnitude of the deflection in a magnetic field. All three methods give results in agreement.

With very large magnetic fields it may even be shown that the velocity of the particles which are emitted from a given radioactive element is not always the same, but that the ranges and therefore the energies of the particles fall into different groups. If a slower particle is emitted, a certain amount of energy remains in the atomic nucleus and the nucleus is in an excited state. It can pass into the original state if the superfluous energy is radiated. This is the origin of the  $\gamma$ -rays. They correspond exactly to the energy-differences of the energy-levels in the nucleus, and to the differences of energy of the different groups of  $\alpha$ -rays, mentioned above.

## SECTION II:

### EXERCISES FOR TRANSLATION

#### 1. ELASTIZITÄT UND FESTIGKEIT

Wird ein Draht oder Stab von der Länge  $L$  und dem Querschnitt  $q$  durch ein Gewicht  $W$  gespannt, so erfährt er eine Verlängerung  $l$ ; innerhalb der Proportionalitätsgrenze ist die Dehnung ( $l/L$ ) proportional der Zugspannung ( $W/q$ ), also  $l/L = ew/q$ . Der Proportionalitätsfaktor  $e$  heisst der Elastizitätskoeffizient.

Sein reziproker Wert  $E = \frac{1}{e}$  heisst Dehnungsmodul oder Elastizitätsmodul (Young's modulus). Der Dehnungsmodul gibt das Verhältnis zwischen der aufgewendeten Zugspannung (in Dyn pro  $\text{cm}^2$ ) und der dadurch bewirkten Dehnung an.

Unter Zugfestigkeit (in  $\text{Dyn/cm}^2$ )  $Z$  versteht man die Grenzspannung, deren Überschreiten Zerreißen zur Folge hat. Für die meisten Körper gilt das Proportionalitätsgesetz nur in sehr engen Grenzen oder überhaupt nur annähernd. Die Werte  $E$  und  $Z$  sind ausserdem bei den Metallen sehr stark von der vorausgegangenen Bearbeitung abhängig, bei Holz vor allem vom Feuchtigkeitsgehalt; auch die Temperatur ist von Einfluss.

#### *Torsions—oder Schiebungsmodul*

Eine rechteckige Platte von Flächeneinheit werde an ihrer Grundfläche befestigt; an der oberen Ebene wirke eine gleichförmig über diese ganze Fläche verteilte, der festen Fläche parallele Gesamtkraft von  $F$  Dyn. Dadurch werden die Plattenschichten aneinander verschoben, und die vorher normale Linie wird jetzt mit den Flächennormalen den kleinen Scherungswinkel  $\theta$  bilden. Der Scherungs-oder Torsionsmodul  $n$  ist das Verhältnis der Kraft  $K$  zu diesem Winkel, also  $K = n \theta$ .

Der Torsionsmodul ist im CGS System, in  $\text{Dyn/cm}^2$  ausgedrückt.

An einem einseitig geklemmten kreiszylindrischen Stabe oder Drahte sei das freie Ende vermöge eines Drehmomentes  $M$  Dyn - cm verdreht um den in absolutem Mass gemessenen Winkel  $1$ . Bezeichnet  $l$  die Länge und  $r$  den Querschnittsradius des Drahtes,

$$\text{so is } M = n \cdot \frac{1}{l} \cdot \frac{\pi}{2} r^4$$

Man belastet den Draht mit einer geeignet gestalteten Masse

vom Trägheitsmoment  $I$  g cm<sup>2</sup> und beobachtet die Schwingungen. Dann ist die Schwingungsdauer

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{I}{M}}, \text{ also } n = 2\pi \frac{1}{t} \cdot \frac{I}{\text{cm}^2} \frac{\text{Dyn}}{\text{cm}^2}$$

Hier hat man also zwei Methoden, um  $n$  zu bestimmen.

(Kohlrausch: Lehrb. d. Prakt. Physik, Verlag Teubner.)

**Elastizität, f.**, elasticity

**Draht, m.**, wire

**Stab, m.**, bar

**Länge, f.**, length

**Querschnitt, m.**, cross-section

**Gewicht, n.**, weight

**Verlängerung, f.**, elongation

**Proportionalitätsgrenze, f.**,

limit of proportionality

**Dehnung, f.**, extension

**Zugspannung, f.**, tensile stress

**Proportionalitätsfaktor, m.**,

factor of proportionality

**Elastizitätskoeffizient, m.**,

coefficient of elasticity

**reziproker Wert, m.**, reciprocal value

**Dehnungsmodul, m.**, modulus of extension

**Zugfestigkeit, f.**, tensile strength

**Grenzspannung, f.**, breaking stress

**Bearbeitung, f.**, treatment

**Feuchtigkeitsgehalt, m.**, moisture content

**Schiebungsmodul, m.**, shear modulus; rigidity

**rechteckig, rectangular**

**Platte, f.**, plate

**Flächeneinheit, f.**, unit of area

**Grundfläche, f.**, base

**Ebene, f.**, plane

**Gesamtkraft, f.**, total force

**Schicht, f.**, layer

**Scherungswinkel, m.**, shearing angle

**Verhältnis, n.**, proportion

**klemmen, to clamp**

**kreisförmig, circular, cylindrical**

**Drehmoment, n.**, twisting moment

**Querschnittsradius, m.**, radius of the cross-section

**belasten, to load**

**geeignet, suitable**

**Trägheitsmoment, n.**, moment of inertia

**Schwingung, f.**, vibration

**bestimmen, to determine**

## 2. DIE ELASTISCHEN KONSTANTEN IN DEN OBERSTEN ERDSCHICHTEN

Als man dem Verhalten der Körper unter sehr hohem Drucke und bei steigender Temperatur mehr Interesse zuwandte, erwies sich die Kenntnis der Geschwindigkeiten  $v$  der longitudinalen und  $V$  der transversalen Erdbebenwellen in den obersten Erdschichten als besonders wichtig. Diese beiden Grössen mit der

Dichte  $\delta$ , dem Koeffizienten  $k$ , der Incompressibilität und dem Torsionsmodul  $n$  sind durch folgende Beziehungen verbunden:

$$v^2 = \frac{k + 4n/3}{\delta} \quad V^2 = n/\delta \quad - \quad - \quad - \quad (1)$$

oder

$$k = \delta (v^2 - 4/3 V^2) \quad - \quad (2)$$

In Europa  $v = 5,54$  km/sec und  $V = 3,2$  km/sec an der Erdoberfläche. Für 57 km Tiefe in Europa

$$v = 5,75 \text{ km/sec und } V = 3,3 \text{ km/sec.}$$

Aus solchen Ergebnissen kann man die elastischen Konstanten in der Erdkruste berechnen, z.B. ist an der Oberfläche  $\delta$  etwa  $2,8$   $n = 2,8 \times 10^{11}$  und  $k 4,75 \times 10^{11}$  C G S Einheiten. Für eine Tiefe von 60 km ist  $\delta 3,2$ ,  $n 6,25 \times 10^{11}$  und  $k 12 \times 10^{11}$  C G S. Untersuchungen über den Compressibilitätskoeffizienten lassen sich Vergleiche zwischen den für das Erdinnere berechneten und den aus den Beobachtungen im Laboratorium gewonnenen Werten ziehen, z.B. hat Basalt an der Erdoberfläche die Werte  $\delta = 2,4 \rightarrow 3,2$ ,  $k = 4 \rightarrow 5 \times 10^{11}$  C G S; in 60 km Tiefe  $\delta = 2,5 \rightarrow 3,3$  und  $k = 7 \times 10^{11}$  C G S.

Hier ergibt sich also eine Brücke zwischen der Physik und Geologie.

**elastisch**, elastic

**Erdschicht**, *f.*, earth layer

**Verhalten**, *n.*, behaviour

**Druck**, *m.*, compression, pressure

**steigende Temperatur**, *f.*, rising temperature

**Geschwindigkeit**, *f.*, velocity, speed

**Erdbebenwelle**, *f.*, earthquake wave

**Grösse**, *f.*, quantity, magnitude

**Dichte**, *f.*, density

**Incompressibilität**, *f.*, incompressibility

**Koeffizient**, *m.*, coefficient

**Modul**, *m.*, modulus

**Erdoberfläche**, *f.*, surface of the earth

**Ergebnis**, *n.*, result

**Erdkruste**, *f.*, crust of the earth

**Tiefe**, *f.*, depth

**Einheit**, *f.*, unit

**Untersuchung**, *f.*, research, investigation

**Vergleich**, *m.*, comparison

**Erdinnere**, *n.*, interior of the earth

**berechnen**, to calculate

**Wert**, *m.*, value

### 3. ZÄHIGKEIT

Reibungskoeffizient, Zähigkeits- oder Viskositätskonstante werden gemessen durch die Kraft, welche nötig ist, um eine

Flüssigkeitsschicht von der Flächeneinheit mit der stetigen Geschwindigkeit  $l$  im Abstände  $l$  parallel zu einer ruhenden Schicht vorbeizubewegen. Die C G S -Einheit, bei welcher Längen in cm, die Kraft in Dyn gemessen wird, bezeichnet man in England als Poise, sodass  $1 \text{ Poise} = 1 \text{ cm}^{-1} \text{ gm sec}^{-1}$ ; z.B. ist die Zähigkeit für Wasser bei  $20^\circ$  gleich 0,01, für Glycerin 8,3, für Luft  $18,1 \times 10^{-5}$  Poise.

Der Zähigkeitskoeffizient nimmt mit steigender Temperatur stark ab (z.B. für Wasser von  $18^\circ$  um 2,5% je  $1^\circ$ ), mit steigendem Druck im allgemeinen etwas zu.

### *Poiseuillesches Gesetz*

Durch ein Kreiskapillarrohr vom Halbmesser  $r$ , dem Querschnitt  $q$  und der Länge  $l$ , an dessen Enden die konstante Druckdifferenz  $p$  herrscht, fließt in der Zeit  $t$  ein Flüssigkeitsvolumen  $v$ :

$$v = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{r^4}{\eta l} \cdot pt. \quad (\eta = \text{Zähigkeitskoeffizient})$$

Diese Gleichung gilt für die laminare Strömung, bei der die Geschwindigkeit parabolisch über den Querschnitt verteilt ist und an der Rohrwand ruht.

Fließt die Flüssigkeit in einem Strahle in die Luft aus, so nimmt das Volumen  $v$ , welches in der Zeit  $t$  austritt, die Bewegungsenergie  $\frac{sv^3}{q^2t^2}$  mit ( $s =$  spezifisches Gewicht), d.h. von der

ganzen Arbeit  $ghsv$  den Bruchteil  $s = \frac{v^2}{ghq^2t^2}$ ; um denselben

Bruchteil also ist die Reibungsarbeit zu gross berechnet worden, d.h. obiges Ergebnis wäre mit  $1-\delta$  zu multiplizieren ( $\delta = 0,005$ ).

### *Turbulenz*

Wenn eine Flüssigkeit sehr langsam durch ein gerades Rohr strömt, so bewegen sich die einzelnen Masseteilchen auf geradlinigen Bahnen fort.

Die Geschwindigkeitsverteilung längs eines Durchmessers folgt dem Gesetz der Parabel. Steigert man die Geschwindigkeit stetig, so tritt plötzlich eine Störung dieses eben geschilderten, geordneten Strömungszustandes ein, und es entsteht *Turbulenz*. Die Geschwindigkeit an den einzelnen Stellen des Querschnittes ist jetzt nicht mehr konstant, sondern sie schwankt sowohl nach

Grösse als nach Richtung ständig um einen Durchschnittswert. Der Zustand, bei welchem der plötzliche Übergang von der geordneten Strömung zur Turbulenz stattfindet, heisst kritischer Zustand. Auf Grund theoretischer Überlegungen lassen sich die Reynoldsschen Zahlen berechnen

$$R = v d \rho / \eta$$

(mittlere Strömungsgeschwindigkeit  $v$ , Durchmesser des Rohres  $d$ , Dichte der Flüssigkeit  $\rho$ ).

Durch Versuche wurde festgestellt, dass Turbulenz eintritt, wenn diese Zahl etwa 2000 beträgt. Nach neueren Untersuchungen scheint der Wert 2320 zu sein. Also kann man aus  $d$ ,  $\rho$  und  $\eta$  die kritische Geschwindigkeit leicht berechnen.

**Zähigkeit, f.**, viscosity

**Reibungskoeffizient, m.**, coefficient of friction

**Viskositätskonstante, f.**, viscosity constant

**messen, to measure**

**Flüssigkeitsschicht, f.**, layer of liquid

**Geschwindigkeit, f.**, velocity

**Abstand, m.**, distance

**ruhend, at rest**

**Druck, m.**, pressure, compression

**Kreiskapillarrohr, n.**, circular, capillary

**Halbmesser, m.**, radius

**Querschnitt, m.**, cross-section

**Gleichung, f.**, equation

**laminare Strömung, f.**, parallel flow

**Flüssigkeitsvolumen, n.**, volume of liquid

**parabolisch, parabolic**

**Bewegungsenergie, f.**, kinetic energy

**Bruchteil, m.**, fraction

**Reibungsarbeit, f.**, work of friction

**Turbulenz, f.**, turbulence

**Flüssigkeit, f.**, liquid

**strömen, to flow**

**Masseteilchen, n.**, particles

**geradlinig, rectilinear**

**Bahn, f.**, course

**Geschwindigkeitsverteilung, f.**, distribution of speed

**Durchmesser, m.**, diameter

**Parabel, f.**, parabola

**steigern, to raise, to increase**

**stetig, constantly**

**Störung, f.**, disturbance

**Strömungszustand, m.**, state of flow

**schwanken, to fluctuate**

**Grösse, f.**, magnitude

**Richtung, f.**, direction

**Durchschnittswert, m.**, mean (average) value

**Übergang, m.**, transition

**kritischer Zustand, m.**, critical state

**Untersuchung, f.**, research

**Dichte, f.**, density

**Strömungsgeschwindigkeit, f.**, velocity of flow

## 4. DIE KAPILLARITÄT

Taucht man ein enges, reines Glasrohr in Wasser ein, so steigt das Wasser in dem Rohre. Diese Erscheinung heisst Kapillarität.

Bei einer Flüssigkeit, die die Wandung eines Kapillarrohres benetzt, erfährt die Oberfläche eine Krümmung, der Rand steigt nach oben. Flüssigkeiten, die die Wandung des Rohres nicht benetzen, zeigen eine Senkung am Rand.

Unter der Voraussetzung, dass eine Flüssigkeit die Wandung des Kapillarrohres vollständig benetzt, ist der Randwinkel gleich null.

Bei Halbmesser des Rohres  $r$ , Oberflächenspannung  $T$ , spezifischem Gewicht der Flüssigkeit  $d$ , ist die Höhe  $h$  über der äusseren Flüssigkeitsoberfläche gegeben durch:

$$2 \pi r T = \pi r^2 g h d$$

also  $h = 2 T / g r d$

Beispiel: Für Wasser  $T = 74$  dyn/cm  
 $d = 1$ ,  $r = 0,05$  cm,  $h = 3$  cm.

Die Steighöhe im Kapillarrohre ist der Oberflächenspannung gerade, dem Durchmesser des Rohres umgekehrt proportional.

Bei dem Randwinkel  $\theta$  heisst die Gleichung

$$2 \pi r T \cos \theta = \pi r^2 g h d$$

also  $h = \frac{2 T \cos \theta}{g r d}$

z.B. bei Quecksilber beträgt  $\theta$  etwa  $53^\circ$ .

**Kapillarität**, *f.*, capillarity

**tauchen**, to dip

**Glasrohr**, *n.*, glass tube

**Erscheinung**, *f.*, phenomenon

**Wandung**, *f.*, wall

**Kapillarrohr**, *n.*, capillary

**benetzen**, to moisten

**Senkung**, *f.*, lowering

**Oberflächenspannung**, *f.*, sur-  
face tension

**Krümmung**, *f.*, curve

**Rand**, *m.*, margin, edge, rim

**Winkel**, *m.*, angle

**Voraussetzung**, *f.*, assumption

**spezifisches Gewicht**, *n.*, specific

gravity

**Steighöhe**, *f.*, rise

**gerade proportional**, in direct  
ratio

**umgekehrt proportional**, in in-  
verse ratio

**Quecksilber**, *n.*, mercury

## 5. SCHALLGESCHWINDIGKEIT

$$\text{Es gilt die Gleichung: } v^2 = \frac{dp}{d\rho} = \frac{c}{\gamma} \cdot \frac{p}{\rho}$$

$v$  ist die Schallgeschwindigkeit,  $p$  der Druck,  $\rho$  die Dichtigkeit  $c$  die spezifische Wärme bei konstantem Druck und  $\gamma$  die spezifische Wärme bei konstantem Volumen.

Die Schallgeschwindigkeit ist infolge der Erwärmung des Gases, wie sie durch die adiabatische Zusammendrückung zustande kommt, eine andere als sie sein würde, wenn die Abhängigkeit zwischen Druck und Dichtigkeit nach dem Mariotte'schen Gesetze stattfände. Die Tatsache, dass die Schallbewegung

von dem Werte  $\sqrt{\frac{p}{\rho}}$  abweicht, ist schon von Newton bemerkt worden.

Kennt man bei Flüssigkeiten das Verhältnis der spezifischen Wärmen  $c$  und  $\gamma$  nicht experimentell, so kann man die Schallgeschwindigkeit empirisch bestimmen und rückwärts daraus auf das Verhältnis der spezifischen Wärmen schliessen.

(H. von Helmholtz: Vorlesungen. III S 167. Verlag Ambrosius Barth.)

**Schallgeschwindigkeit,  $f.$** , velocity of sound

**Druck,  $m.$** , pressure, compression

**Dichtigkeit,  $f.$** , density

**Erwärmung,  $f.$** , heating

**adiabatisch**, adiabatic

**Zusammendrückung,  $f.$** , compression

**Abhängigkeit,  $f.$** , dependence

**Flüssigkeit,  $f.$** , liquid

**Wert,  $m.$** , value

**Gesetz,  $n.$** , law

**Schallbewegung,  $f.$** , sound, motion

**bestimmen**, to determine

**Verhältnis,  $n.$** , proportion

**schliessen**, to conclude

## 6. KUNDTSCHE RÖHREN

Eine in einem Rohre eingeschlossene Luftsäule kann in stehende longitudinale Schwingungen versetzt werden, wenn sie durch einen andern schwingenden Körper erregt wird.

Bei den von Kundt angegebenen Versuchsanordnungen wird ein Glasrohr wagerecht auf den Tisch gelegt. Das eine Ende des Rohres wird durch einen verschiebbaren Kolben luftdicht abgeschlossen, während in das offene Rohrende ein in der Mitte

festgeklemmter Glasstab oder Metallstab mit seinem einen Ende etwas hineinragt. Auf dieses Ende des Glasstabes ist eine kleine leichte Korkscheibe aufgekittet. Bringt man nun den eingeklemmten Stab durch Reiben mit einem nassen Korke in Längsschwingungen, so werden die Enden des Stabes zu Bäuchen, und die kleine Korkscheibe wird hin- und herbewegt. Verschiebt man jetzt den Kolben, so hört man bei einer passenden Stellung, dass der von dem Glasstabe ausgehende Ton bedeutend verstärkt wird. Die Luft in dem Glasrohre ist nun ebenfalls in stehende Längsschwingungen versetzt worden und eine Tonquelle geworden.

Um die Schwingungen der Luftsäule zu untersuchen, bringt man feinen Korkstaub oder Lykopodium in die Röhre. An den Schwingungsbäuchen wird der Korkstaub fortbewegt, während er sich an den Knoten ansammelt. Man kann die Wellenlänge in der Luftsäule mit Hilfe der Staubspuren abmessen und durch Vergleichung mit der Länge des Stabes das Verhältnis der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Luft und im Glasstabe bestimmen. Heute ist eine Elektronröhre sehr bequem, um das Oszillieren eines Kolbens anzuregen.

**Rohr**, *n.*, tube

**einschliessen**, to enclose, include

**Luftsäule**, *f.*, column of air  
**stehend**, steady

**Schwingung**, *f.*, vibration

**schwingen**, to vibrate, oscillate

**erregen**, to excite

**wagerecht**, horizontal

**Versuchsanordnung**, *f.*, arrangement of experiments

**verschiebbar**, displaceable

**Kolben**, *m.*, piston

**luftdicht verschlossen**, hermetically closed (sealed)

**Rohrende**, *n.*, end of the tube

**Korkscheibe**, *f.*, cork slab

**aufkitten**, to fix (with putty)

**einklemmen**, to wedge in

**zu Bäuchen werden**, to bulge

**Ton**, *m.*, sound

**verstärken**, to increase

**Korkstaub**, *m.*, cork dust

**Knoten**, *m.*, knot, nodule, node

**Wellenlänge**, *f.*, wave length

**Staubspur**, *f.*, trace of dust

**Längsschwingung**, *f.*, longitudinal vibration

**Fortpflanzungsgeschwindigkeit**, *f.*, velocity of propagation

## 7. BAUAKUSTIK

Die Bauakustik als Wissenschaft wurde zum grossen Teile von Sabine begründet. Sabine nahm an, dass der Schall nur durch Absorption an den Wänden und Möbeln eines Raumes ver-

schwindet. Ist der Schallabfall zu langsam, so ist die Akustik des Raumes mangelhaft, und Widerhall tritt auf. Sabine definierte die Widerhallsdauer als die Zeit, welche vergeht, bis ein Schall, der eine Million mal so stark als der Schwellenwert der Hörbarkeit ist, unhörbar wird. Mit Hilfe von elektrischen Methoden bestimmte er solche Hörbarkeitsdauern für verschiedenartige Räume. In einem grossen Zuhörerraum ist für das gesprochene Wort 1 sec. und für Orchestermusik 2,5 sec. ein geeigneter Maximalwert. Seit der Erfindung und Verbesserung der Verstärkerröhren hat man die Widerhallsdauer vielfach gemessen und die akustischen Eigenschaften von Materialien untersucht, die bei der Einrichtung von Zimmern gewöhnlich Verwendung finden.

Man nimmt an, dass die Widerhallsdauer in allen Teilen eines Zuhörerraumes annähernd gleich, und unabhängig von der Stellung der Schallquelle ist, und dass ein Absorptionsstoff die Widerhallszeit, gleichgültig wo man ihn aufstellt, verkürzt. Um bei der Anlage eines Auditoriums die Widerhallsdauer in erlaubten Grenzen zu halten, muss man drei Faktoren berücksichtigen: Resonanz, Interferenz und Widerhall.

Die Widerhallsdauer  $t$  ist gleich  $\frac{kV}{av}$ , wo  $a$  das Gesamtabsorptionsvermögen des Zimmers,  $v$  die Schallgeschwindigkeit und  $V$  den Rauminhalt des Zimmers bedeuten;  $a$  ist proportional der gesamten inneren Oberfläche. Man muss also  $a$  möglichst gross machen, was man dadurch bewirkt, dass man passende Materialien wählt und die Oberfläche möglichst gross macht. Stoffe, die den Widerhall verringern (z.B. Vorhänge), müssen ein geringes Reflexionsvermögen und einen akustischen Widerstand von der gleichen Grössenordnung wie das Zimmer haben.

Man bringt heutzutage häufig Lautsprecher an, z.B. wenn eine Rede in alle Teile eines Saales übertragen werden soll; aber, wenn man Verzerrungen vermeiden will, muss man ein etwaiges Echo berücksichtigen. In jedem Falle ist es besser, nicht einen starken Lautsprecher zu benutzen, sondern eine Anzahl schwächerer passend zu verteilen.

Bauakustik ist ein Fach, das heute ernsthaft studiert wird und den ihm gebührenden Platz im Lehrplan des modernen Architekten einnimmt.

**Bauakustik**, *f.*, architectural  
acoustics

**Schallabfall**. *m.*.. decay of sound

**annehmen**, to assume  
**mangelhaft**, defective

**Widerhall**. *m.*.. reverberation

<b>Widerhallsdauer</b> , <i>f.</i> , duration of reverberation	<b>verkürzen</b> , to reduce
<b>Schwellenwert</b> , <i>m.</i> der <b>Hörbarkeit</b> , <i>f.</i> , threshold audibility	<b>erlaubte Grenze</b> , <i>f.</i> , proper limit
<b>Maximalwert</b> , <i>m.</i> , maximum value	<b>Schallgeschwindigkeit</b> , <i>f.</i> , velocity of sound
<b>Erfindung</b> , <i>f.</i> , invention	<b>Rauminhalt</b> , <i>m.</i> , volume
<b>Verbesserung</b> , <i>f.</i> , improvement	<b>Gesamtabsorptionsvermögen</b> , <i>n.</i> , total absorbing power
<b>Verstärkerröhre</b> , <i>f.</i> , valve amplifier	<b>innere Oberfläche</b> , <i>f.</i> , internal surface
<b>Eigenschaft</b> , <i>f.</i> , property, quality	<b>Reflexionsvermögen</b> , <i>n.</i> , reflecting power
<b>annähernd</b> , nearly	<b>Vorhang</b> , <i>m.</i> , curtain
<b>Schallquelle</b> , <i>f.</i> , source of sound	<b>Lautsprecher</b> , <i>m.</i> , loud speaker
<b>Stoff</b> , <i>m.</i> , material	<b>übertragen</b> , to relay
	<b>verteilen</b> , to distribute
	<b>Lehrplan</b> , <i>m.</i> , curriculum

## 8. ERZEUGUNG TIEFER TEMPERATUREN

Neuerdings ist es gelungen, tiefe Temperaturen in der Nähe des absoluten Nullpunktes mit Hilfe einer Methode zu erzeugen, die unter dem Namen "adiabatische Demagnetisierung" bekannt ist. Die thermodynamische Gleichung für einen paramagnetischen festen Körper lässt sich schreiben;

$$T dS = C_H dT + T \left( \frac{\partial I}{\partial T} \right)_H dH$$

worin  $S$  die Entropie,  $H$  die magnetische Feldstärke und  $I$  die magnetische Induktion bedeuten. Ist Curies Gesetz  $I = \frac{CH}{T}$  gültig, so folgt:

$$T dS = C_H dT - I dH$$

Ist ausserdem die Entropie  $S$  konstant, was bei einem adiabatischen Prozess der Fall ist, so erhält man:

$$C_H dT = I dH \text{ und } dT = \frac{C}{C_H} \cdot H dH.$$

In der Nähe von  $300^\circ \text{K}$  kann man  $T$  und  $C$  als konstant ansehen, und daher findet man für eine endliche Temperaturänderung:

$$\Delta T = \frac{C}{2C_H T} \cdot H^2$$

Wird das magnetische Feld adiabatisch verstärkt, so findet offenbar eine Temperaturerhöhung statt; umgekehrt wird eine adiabatische Demagnetisierung eine abkühlende Wirkung haben. Diese Methode wurde von Giaouque, Kürti, Simon, de Haas und andern Forschern dazu angewandt, um Temperaturen in der Nähe von  $2^{\circ}$  abs. zu erzeugen.

Die Methode besteht in Kürze in folgendem: Ein paramagnetisches Salz wird mit Hilfe von flüssigem Helium abgekühlt. Dann erzeugt man ein starkes magnetisches Feld, was einen Temperaturanstieg sowie die Verdunstung von etwas Helium zur Folge hat. Sobald das Salz stark magnetisch und sehr kalt geworden ist, evakuiert man seine Umgebung und stellt das magnetische Feld ab. Man erhält so eine sehr niedrige Temperatur. Man achte darauf, dass das Salz vor der Anlegung des magnetischen Feldes von Heliumgas umgeben ist, welches dazu dient, die während der Magnetisierung erzeugte Wärme abzuleiten. Dieses Austauschgas wird dann herausgepumpt. Die Messung von tiefen Temperaturen verlangt besondere Sorgfalt. Kürti und Simon haben die Temperatur von Eisen-Ammonium-Alum durch Anlegen eines Feldes von 14100 Oersted von  $1,23^{\circ}$  abs. auf  $0,038^{\circ}$  abs. heruntergebracht.

**Erzeugung, f.**, production

**tief, low**

**gelingen, to succeed**

**Nullpunkt, m.**, absolute zero

**adiabatisch, adiabatic**

**fester Körper, m.**, solid

**Entropie, f.**, entropy

**Feldstärke, f.**, field strength,  
intensity

**Induktion, f.**, induction

**endlich, finite, limited**

**Temperaturänderung, f.**, change  
of temperature

**verstärken, to strengthen, in-  
crease**

**umgekehrt, conversely**

**abkühlen, to cool off**

**Wirkung, f.**, effect

**Forscher, m.**, investigator,  
scientist

**anwenden, to apply, use**

**Salz, n.**, salt

**flüssig, liquid**

**magnetisches Feld, f.**, magnetic  
field

**Temperaturanstieg, m.**, rise (in-  
crease) in temperature

**Temperaturerhöhung, f.**, rise in  
temperature

**Verdunstung, f.**, natural evap-  
oration

**abstellen, to stop**

**Anlegung, f.**, putting on

**Wärme ableiten, to conduct  
heat**

**Austauschgas, n.**, exchange gas

**Sorgfalt, f.**, care

**Eisen-Ammonium-Alum, n.**,  
iron-ammonium-alum

## 9. ÜBER THERMODYNAMISCHE POTENTIALE

Die Sätze der Thermodynamik werden meist in einer Form ausgesprochen, bei der das Volumen  $V$  und die Temperatur  $\theta$  als die unabhängigen Urvariablen betrachtet werden. Ausser dem Druck  $p$ , welcher durch die Zustandsgleichung gegeben ist, haben wir es dann noch mit zwei andern Funktionen des Zustandes, also der Urvariablen zu tun: mit der gesamten Energie  $U$ , welche in der Masseneinheit des Körpers enthalten ist, und mit der Entropie  $S$ . Die beiden Hauptsätze lassen sich in der Doppelgleichung hinschreiben:

$$d Q = \theta d S = d U + p d V \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

wo man sich die Wärmemenge  $d Q$ , da ein Teil von ihr einfach gleich der mechanischen Arbeit  $p d V$  gesetzt ist, ebenfalls nach ihren mechanischen Äquivalenten gemessen zu denken hat. Schreibt man die zweite der Gleichungen:

$$d U = \theta d S - p d V \quad . \quad . \quad . \quad (2),$$

so können wir dies auch auffassen als partielle Differentialgleichung zwischen  $U$ ,  $\theta$ ,  $p$  als Funktion von  $S$  und  $V$  als Urvariablen. Da wir auf der linken Seite das vollständige Differential der Funktion  $U$  haben, folgt für die Faktoren von  $d S$  und  $d V$  auf der rechten Seite:

$$\theta = \frac{\partial U}{\partial S} \quad . \quad . \quad (3) \quad - p = \frac{\partial U}{\partial V} \quad . \quad . \quad (4)$$

Hier bedeutet  $\frac{\partial U}{\partial S}$  das Verhältnis zwischen Energie und Entropieänderung unter der Voraussetzung, dass die andere Variable konstant bleibt; und analog bedeutet  $\frac{\partial U}{\partial V}$  den Quotienten der Differentiale von  $U$  und  $V$  genommen, während die Entropie konstant bleibt. Der Druck wird also gleich dem negativen partiellen Differentialquotienten der Energie nach dem Volumen. Das entspricht durchaus der Darstellungsweise konservativer Kräfte durch die potentielle Energie  $\phi$  in der reinen Mechanik; die Kraft, welche die  $x$  - Koordinate eines bestimmten Systempunktes  $a$  zu verändern strebt, ist dort:

$$X_a = - \frac{\partial \phi}{\partial x_a} \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Nun ist der Druck eine Kraft, welche das Volumen zu verkleinern strebt, und (4) beschreibt dies für adiabatische Zustandsänderungen vollkommen analog der rein mechanischen Gleichung (5), obwohl wir jetzt ausser den mechanischen auch noch die thermischen Verhältnisse zu berücksichtigen haben.

Der amerikanische Physiker J. W. Gibbs hat wegen jener Analogie die innere Energie  $U$  als thermodynamisches Potential für adiabatische Änderungen bezeichnet.

(H. von Helmholtz: Vorlesungen VI S 267. Verlag Ambrosius Barth)

**thermodynamisch**, thermo-  
dynamic

**Volumen**, *n.*, volume

**unabhängig**, independent

**Druck**, *m.*, pressure, compression

**Zustandsgleichung**, *f.*, equation  
of state

**Masseneinheit**, *f.*, unit of mass

**Entropie**, *f.*, entropy

**Doppelgleichung**, *f.*, double  
equation

**Wärmemenge**, *f.*, quantity of  
heat

**gleichsetzen**, to make equal

**mechanisch**, mechanical

**Äquivalent**, *n.*, equivalent

**auffassen**, to comprehend, re-  
gard

**Faktor**, *m.*, factor

**Verhältnis**, *n.*, condition, ratio,  
relation

**Entropieänderung**, *f.*, change of  
entropy

**Voraussetzung**, *f.*, assumption,  
supposition

**Analog**, analogous

**Darstellungsweise**, *f.*, repre-  
sentation

**Koordinate**, *f.*, co-ordinate

**Kraft**, *f.*, force, power

**verändern**, to change

**verkleinern**, to make smaller,  
decrease

**streben**, to strive towards, aim at

**adiabatisch**, adiabatic

**Zustandsänderung**, *f.*, change of  
state

**berücksichtigen**, to consider

**bezeichnen**, to term, denote

## 10. WÄRMELEITUNG IN STÄBEN —VERSUCH VON WIEDEMANN UND FRANZ—

Wir wollen zuerst nach denjenigen Fällen fragen, in denen die Wärmebewegung stationär ist. Das tritt z.B. ein bei einer häufig ausgeführten Versuchsanordnung, bei welcher ein langer Stab von einer nicht leitenden Hülle umgeben ist. Das eine Ende des Stabes wird durch Abkühlung, etwa mit Eis, fortdauernd auf einer Temperatur von  $0^\circ$  gehalten, während gleichzeitig das andere Ende des Stabes durch kochendes Wasser in einem Gefässe

beständig auf  $100^\circ$  erwärmt wird. Dann entsteht Wärmestrom vom erhitzten Ende des Stabes aus nach dem anderen weit entfernten Ende hin. Es muss schliesslich ein stationärer Zustand der Temperaturverteilung eintreten, wenn die angegebenen Bedingungen gleichmässig ungeändert erhalten bleiben. Dann wird die Verteilung der Temperatur  $\theta$  längs des Stabes von der Zeit unabhängig sein; in

$$k q \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} - h.p.\theta = q.c \frac{\partial \theta}{\partial t}$$

verschwindet die rechte Seite, und aus der partiellen Differentialgleichung wird eine totale:

$$k.q \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} - h.p.\theta = 0$$

Hier ist zu setzen  $\theta = A e^{lx}$

es wird dann

$$k.q.l^2 - h.p = 0$$

$$l = \pm \sqrt{\frac{h.p.}{k.q.}}$$

( $k$  ist der Wärmeleitungskoeffizient,  $q$  die Fläche des Stabquerschnittes,  $h$  das Strahlungsvermögen,  $p$  die Peripherie des Stabes.)

Wir finden zwei Werte für  $l$  und also auch zwei Lösungen, in denen die Konstante  $A$  verschiedene Werte haben kann:

$$\theta_1 = A_1 e^{x \sqrt{\frac{h p}{k q}}} \quad \theta_2 = A_2 e^{-x \sqrt{\frac{h p}{k q}}}$$

Die Superposition beider Lösungen.  $\theta = \theta_1 + \theta_2$  enthält zwei willkürliche Konstanten  $A_1$  und  $A_2$ .  $\theta_1$  stellt eine mit wachsendem  $x$  immer höher steigende,  $\theta_2$  eine fallende Temperatur dar. Zählen wir die Länge  $x$  von der Stelle ab, von welcher in unserem speziellen Falle Wärmeabgabe durch Ausstrahlung beginnt, sodass die wachsenden  $x$  mit der Richtung des Wärmestromes übereinstimmen, so muss die Temperatur in dieser Richtung abfallen und muss schliesslich bei hinreichender Länge des Stabes, also bei grossem Werte von  $x_1$  bis auf die Temperatur Null der umgebenden Hülle herabsinken. Diesem Temperaturverlauf entspricht  $A_1 = 0$ .

Für unseren Versuch haben wir also

$$\theta = A_2 e^{-x \sqrt{\frac{h p}{k q}}}$$

$A_2$  ist die Temperatur für  $x_2 = \theta$  Fassen wir zwei Stellen des Stabes ins Auge, für welche  $x = x_1, \theta = \theta_1; x = x_2, \theta = \theta_2$

$$\sqrt{\frac{k}{h}} = \frac{x_2 - x_1}{\log \theta_1 - \log \theta_2} \cdot \sqrt{\frac{p}{q}}$$

Der Abstand ( $x_2 - x_1$ ), die Temperaturen  $\theta_1$  und  $\theta_2$  usw. lassen sich in jedem Falle messen, und man kann  $k/h$  bestimmen. G. Wiedemann und R. Franz haben in der Weise bewirkt, dass  $h$  für Stäbe aus verschiedenen Substanzen durch Versilbern denselben Wert hat.

Durch solche Beobachtungen erhielten sie das relative Verhältnis der Leitungsfähigkeiten verschiedener Substanzen.

(H. von Helmholtz: Vorlesungen. Verlag Ambrosius Barth. VI S 72.)

**Wärmeleitung, f.**, conduction of heat

**Stab, m.**, bar

**Versuch, m.**, experiment

**Bewegung, f.**, movement, motion

**stationär**, stationary

**Versuchsordnung, f.**, arrangement of experiments

**leiten**, to conduct

**Hülle, f.**, cover(ing)

**Abkühlung, f.**, cooling

**gleichzeitig**, simultaneous(ly)

**Gefäß, n.**, vessel

**Wärmestrom, m.**, heat current

**unabhängig**, independent

**Differentialgleichung, f.**, differential equation

**Koeffizient, m.**, coefficient

**Stabquerschnitt, m.**, cross-section of the bar

**Strahlungsvermögen, n.**, emissive power

**Wert, m.**, value

**Lösung, f.**, solution

**willkürlich**, arbitrary

**Wärmeabgabe, f.**, delivery of heat

**Ausstrahlung, f.**, radiation

**Richtung, f.**, direction

**abfallen**, to decrease

**erhitzen**, to heat

**Zustand, m.**, state

**Temperaturverteilung, f.**, distribution of temperature

**Bedingung, f.**, condition

**Abstand, m.**, distance

**versilbern**, to silver

**Verhältnis, n.**, proportion

**Leitungsfähigkeit, f.**, conductivity

## 11. DIE BEUGUNGSERSCHEINUNGEN.

Von den meisten optischen Erscheinungen kann man sich Rechenschaft geben, wenn man von der Annahme ausgeht, dass das Licht aus geraden, von einander unabhängigen Strahlen

besteht. Aber es gibt gewisse Erscheinungen, die eine Abweichung von der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes zeigen; man hat diese Beugungs- oder Diffraktionserscheinungen genannt. Fällt das Licht auf einen rechteckigen Schirm, dann entsteht nicht ein scharfer, gleichmässiger Schatten, sondern es kommen Lichtstrahlen auch in das Gebiet, in das rein geometrisch kein Licht kommen sollte.

$$\begin{aligned} \text{Man hat } \mathfrak{o} &= \iint dx dy \text{ Cos } K \{x (\alpha_1 - \alpha_0) + y (\beta_1 - \beta_0)\}, \\ \mathfrak{s} &= \iint dx dy \text{ Sin } K \{x (\alpha_1 - \alpha_0) + y (\beta_1 - \beta_0)\}; \\ \text{I} &= K (c^2 + s^2) \end{aligned}$$

Dabei sind  $\alpha, \beta$  die Cosinus der Winkel, welche ein einfallender Strahl,  $\alpha_0, \beta_0$  die Cosinus der Winkel, welche ein gebeugter Strahl mit den Achsen der  $x$  und  $y$  bildet (d.h. die Öffnung des Schirms).  $\text{I}$  ist die Intensität und  $K$  ein Faktor. Die Beugungserscheinungen, für welche diese Formeln gelten, sind die sogenannten *Fraunhofer'schen*, während diejenigen, bei denen auch die Glieder zweiter Ordnung berücksichtigt werden müssen, die *Fresnel'schen* Beugungserscheinungen genannt werden.

Wir werden uns mit den einfacheren *Fraunhofer'schen* beschäftigen. Diese können hervorgebracht werden, indem man in sehr grossen Entfernungen von der beugenden Öffnung auf der einen Seite eine monochromatische kleine Lichtquelle, auf der andern eine weisse Tafel aufstellt; viel zweckmässiger aber ist es, dabei Linsen zu benutzen: Auf der einen Seite der Öffnung wird eine Linse oder ein Linsensystem aufgestellt, in dessen erstem Brennpunkt der leuchtende Punkt sich befindet, auf der andern ein zweites, in dessen zweite Brennpunktebene eine weisse Tafel gebracht ist. Auf dieser zeigt sich dann die Erscheinung, um die es sich handelt. Die Richtung  $\alpha, \beta$  ist dabei die Richtung der Achse des ersten Linsensystems; denkt man sich durch den zweiten Hauptpunkt des zweiten Linsensystems in der Richtung  $\alpha \beta$  eine Gerade gezogen, so wird ihr Schnittpunkt mit der Tafel der Richtung  $\alpha \beta$  übereinstimmen. Noch deutlicher und lichtstärker wird die Erscheinung, wenn man die weisse Tafel fortlässt und statt ihrer das Auge, entweder direkt, oder mit einem auf die Unendlichkeit eingestellten Fernrohr bewaffnet, hinter die Öffnung bringt. Die durchsichtigen Mittel des Auges ersetzen dann ganz oder teilweise die Linsen bei der vorigen Anordnung, und die Retina übernimmt die Rolle der weissen Tafel. u.s.w.

(Kirchhoff: Vorlesungen über Math. Optik, S 86. Verlag Teubner.)

<b>Beugung, f.</b> , diffraction	<b>Lichtquelle, f.</b> , source of light
<b>Erscheinung, f.</b> , phenomenon	<b>Tafel, f.</b> , sheet, screen
<b>Rechenschaft (f.) geben</b> , to account, to explain	<b>zweckmässig</b> , useful
<b>Annahme, f.</b> , assumption	<b>Linse, f.</b> , lens
<b>unabhängig</b> , independent	<b>Brennpunkt, m.</b> , focus
<b>Strahl, m.</b> , ray, beam	<b>Ebene, f.</b> , plane
<b>Abweichung, f.</b> , divergence	<b>Richtung, f.</b> , direction
<b>Fortpflanzung, f.</b> , propagation	<b>Schnittpunkt, m.</b> , point of inter- section
<b>rechteckig</b> , rectangular	<b>Gerade, f.</b> , straight line
<b>Schirm, m.</b> , screen	<b>übereinstimmen</b> , to accord, agree, correspond
<b>gleichmässig</b> , uniform	<b>lichtstärker</b> , more intense
<b>Schatten, m.</b> , shadow	<b>Unendlichkeit, f.</b> , infinity
<b>Gebiet, n.</b> , region	<b> einstellen</b> , to focus
<b>Winkel, m.</b> , angle	<b>Fernrohr, n.</b> , telescope
<b>einfallender Strahl</b> <i>m.</i> , incident ray	<b>durchsichtig</b> , transparent
<b>Achse, f.</b> , axis	<b>ersetzen</b> , to replace
<b>Glied, n.</b> , part, member	<b>Beugungsgitter, n.</b> , diffraction grating
<b>hervorbringen</b> , to produce	
<b>Entfernung, f.</b> , distance	

## 12. OPTISCHE GITTER

Bekanntlich ist das Auflösungsvermögen eines ebenen Strichgitters (Translationsgitters) gegeben durch das Produkt der Gesamtzahl der Linien und der Ordnung des beobachteten Spektrums. Lange Zeit war es schwierig, grosse Gitter mit genügend viel Linien von ausreichender Genauigkeit zu erhalten; aber R. W. Wood verdankt man grosse Verbesserungen auf diesem Gebiet. Die Linien werden heute anstatt auf Spiegelmetall auf Pyrex-Platten mit Aluminiumüberzug aufgetragen. Diese Platten zerbrechen den Diamanten nicht so leicht, und es ist gelungen, 15000 Linien pro Zentimeter über eine Strecke von 15 Zentimetern aufzutragen. "Geister" gehören jetzt beinahe der Vergangenheit an. Mit einem Gitterspektrographen in Verbindung mit dem 100-zölligen Teleskop der Mount-Wilson-Sternwarte hat man die interstellare Na-Linie 3300 Angström photographiert. Man kann "Stufen"-Gitter von geeigneter Form herstellen, sodass 85% der Lichtenergie in das Spektrum erster Ordnung geht. Heutzutage kann man für astronomische Zwecke Prismen durch solche Gitter ersetzen.

Benutzt man ein Gitter als "Littrow'sches" Gitter oder Re-

flexionsgitter, so ist das Auflösungsvermögen gleich  $\frac{2l \cos \theta}{\lambda}$

wobei  $l$  den Gitterabstand und  $\theta$  den Einfallswinkel des Lichts auf die Gitterfläche darstellt. Die Auflösungskraft des Gitters ist also maximal, wenn der einfallende und der gebrochene Strahl die Oberfläche nahezu streifen. Diese Methode wurde von Thibaud zur optischen Messung der Wellenlänge von Röntgenstrahlen mit dem Gitterspektrographen benützt.

Michelson beschrieb ein Translations-Stufengitter, zur Vermeidung von Komplikationen durch unvollkommene Linienführung. Das Licht passiert durch eine Anzahl von Stufen in der Form von Glasplatten. Vernachlässigt man die Korrektur für Streuung, so ist das Auflösungsvermögen annähernd gleich  $(\mu - 1) t/\lambda$  wobei  $t$  die Plattendicke und  $\mu$  den Brechungsindex für Glas bedeuten. In den letzten Jahren hat W. E. Williams ein Reflexions-Stufengitter ausgearbeitet; bei diesem Instrument ist das Auflösungsvermögen annähernd gleich  $2t$ , das heisst drei- oder viermal so gross wie beim Translationsgitter. Überdies lässt sich das Stufeninstrument in eine Vakuumröhre einbringen, und Wellenlängen lassen sich so direkt im Vakuum messen. Auf diese Weise ist die Genauigkeit der Wellenlängenmessung selbst im äussersten Bereich des Violett aufs Zehnfache erhöht worden, und Wellenlängen sind heute mit einem Fehler von der Grössenordnung eins in zehn Millionen bekannt.

**optische Gitter**, *n.*, optical gratings

**Auflösungsvermögen**, *n.*, resolving power

**eben**, plane, smooth

**Gesamtzahl**, *f.*, total number

**Ordnung**, *f.*, order

**ausreichend**, sufficient

**Genauigkeit**, *f.*, accuracy, precision

**Verbesserung**, *f.*, improvement

**Gebiet**, *n.*, sphere, region

**Spiegelmetall**, *n.*, speculum metal

**Überzug**, *m.*, cover, coating, plating

**auftragen**, to put on, to rule

**Geist**, *m.*, ghost

**Gitterspektrograph**, *m.*, grating spectrograph

**Sternwarte**, *f.*, observatory

**Stufengitter**, *n.*, echelon grating

**geeignet**, suitable

**ersetzen**, to replace

**Gitterabstand**, *m.*, grating interval

**Einfallswinkel**, *m.*, angle of incidence

**Gitterfläche**, *f.*, surface of the grating

**gebrochen**, diffracted

**Strahl**, *m.*, beam, ray

**streifen**, to graze

**Wellenlänge**, *f.*, wave length

**Vermeidung**, *f.*, avoidance

**Messung**, *f.*, measurement  
**unvollkommen**, imperfect  
**Linienführung**, *f.*, rulings  
**vernachlässigen**, to neglect  
**Streuung**, *f.*, scattering

**Brechungsindex**, *m.*, refractive index  
**Vacuumröhre**, *f.*, vacuum chamber  
**Größenordnung**, *f.*, order

### 13. ELLIPTISCH UND KREISFÖRMIG POLARISIERTES LICHT

Fällt (in Abb. 1 a) ein polarisierter Lichtstrahl (O P) auf eine Platte (von einachsigem doppelbrechendem Kristall) in Abb. (a) bei O senkrecht auf, so wird er in zwei Komponenten zerlegt, von denen die eine die Schwingungsrichtung O X, die andere die

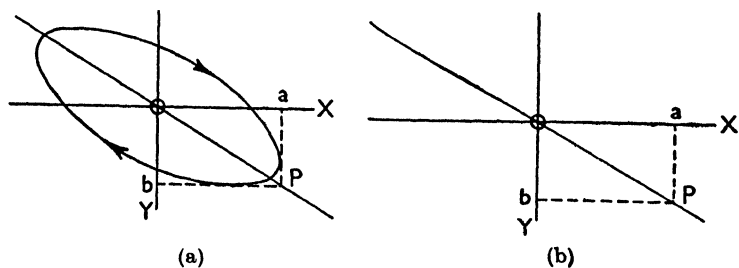


Abb. 1

hierzu senkrecht stehende Schwingungsrichtung O Y besitzt, wenn nicht seine eigene Schwingungsrichtung mit einer der beiden Richtungen O X, O Y übereinstimmt. Im letzteren Fall passiert der Strahl die Platte, ohne zerlegt zu werden. Beim Drehen des Analysators zeigt das Gesichtsfeld des Analysators dieselben Helligkeitsschwankungen, als ob die anisotrope Platte fehlte. Ist die Amplitude der Schwingung O P, so sind die Komponenten O a und O b.

Die Schwingungen O a und O b haben beim Eintritt in die Platte die gleiche Phase, sie pflanzen sich jedoch in der Platte mit verschiedener Geschwindigkeit fort und gewinnen daher im Verlauf der Fortpflanzung durch die Platte eine Phasendifferenz. Sie treten mit einem gewissen Gangunterschied, dessen Größe durch die Verschiedenheit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und die Dicke der anisotropen Platte gegeben ist, aus der Platte aus. Ist die Platte dünn und planparallel, dann erfährt keiner der beiden Strahlen eine merkliche Ablenkung, sie treten in gleicher Richtung aus und interferieren miteinander. Nimmt man an, dass

die Schwingungen in der Richtung O Y gegenüber den Strahlen mit der Schwingungsrichtung O X im Verlauf der Fortpflanzung durch die Platte eine Verspätung um  $\frac{1}{4}$  Wellenlänge erlangen, so setzen sich die Schwingungen beim Austritt aus der Platte zu einer Bewegung auf der in Abb. (b) dargestellten Ellipse zusammen. Die Ellipse wird im Sinne des Uhrzeigers durchlaufen. Man nennt einen solchen Lichtstrahl "elliptisch polarisiert". Der elliptisch polarisierte Lichtstrahl enthält aber eine Komponente, die zu der Schwingungsrichtung des primären polarisierten Strahls senkrecht steht; sie stimmt also mit der Schwingungsrichtung des Analysators überein. Der Analysator wird demnach diese Komponente durchlassen; das vorher dunkle Gesichtsfeld wird durch das Einschieben der anisotropen Platte zwischen die gekreuzten Nicols wieder erhellt.

In einem ganz bestimmten Fall, nämlich dann, wenn die Schwingungsrichtung O P mit O X und O Y einen Winkel von  $45^\circ$  bildet und die im Verlauf des Durchgangs durch die anisotrope Platte gewonnene Phasendifferenz  $\frac{1}{4}$  Wellenlänge beträgt, sind die Schwingungen der Teilchen im Strahl kreisförmig. Eine Drehung des Analysators gibt in diesem Falle keinerlei Helligkeitsschwankungen des durch ihn hindurchgehenden Strahls. In diesem Fall hat man "kreisförmig polarisiertes Licht".

**elliptisch**, elliptical  
**kreisförmig**, circular  
**polarisiertes Licht**, *n.*, polarised light  
**Platte**, *f.*, plate, disc  
**einachsig**, uniaxial  
**doppelbrechend**, producing double refraction  
**senkrecht**, perpendicular  
**zerlegen**, to decompose, split up  
**Schwingungsrichtung**, *f.*, direction of vibration  
**übereinstimmen**, to agree  
**Gesichtsfeld**, *n.*, field of view  
**Drehen**, *n.*, **Drehung**, *f.*, twist, torsion  
**Helligkeitsschwankungen**, *f.*, variations of brightness

**Geschwindigkeit**, *f.*, velocity  
**fortpflanzen**, to propagate  
**Gangunterschied**, *m.*, difference of motion  
**austreten**, to emerge  
**Verschiedenheit**, *f.*, difference  
**merklich**, noticeable  
**Ablenkung**, *f.*, deviation  
**Verspätung**, *f.*, retardation  
**erfahren**, to undergo, experience  
**Wellenlänge**, *f.*, wave length  
**Uhrzeiger**, *m.*, hand of a clock  
**enthalten**, to contain  
**Durchgang**, *m.*, passage  
**durchlassen**, to let pass  
**Einschieben**, *n.*, insertion

## 14. ZEEMANEFFEKT—I

Als eine Bestätigung der elektromagnetischen Natur der Lichtstrahlen können die Beobachtungen gelten, die man macht, wenn man die Lichtquelle eines Linienspektrums dem Einfluss eines Magneten aussetzt. Bringt man eine Gasflamme, welche ein Linienspektrum aussendet, z.B. eine Natriumflamme oder eine Geisleröhre in ein starkes Magnetfeld, so beobachtet man, dass die vorher einfachen Linien des Spektrums in zwei bzw. drei Linien aufgespalten werden. Das Magnetfeld sei durch zwei gegenüberstehende Pole erzeugt und durch einen Pol sei ein Loch gebohrt, das die Beobachtung der Flamme auch in der Richtung der Kraftlinien des Magnetfeldes ermöglicht. Die Beobachtungen in einem Spektralapparat sind verschieden, je nachdem man die Flamme in Richtung des Feldes oder senkrecht zur Feldrichtung beobachtet. Erfolgt die Beobachtung parallel zur Richtung des magnetischen Feldes, so spricht man von einem "Longitudinal"-Effekt; erfolgt die Beobachtung senkrecht zur Richtung des Magnetfeldes, so spricht man von einem "Transversal"-Effekt. Das beobachtete Linienspektrum ohne magnetisches Feld (a) und mit Magnetfeld bei longitudinaler (c) und transversaler (b) Beobachtung wird durch folgende schematische Abbildungen

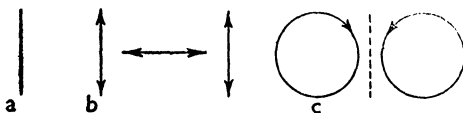


Abb. 2

(a) Unbeeinflusste Linie    (b) Transversal-Zeemaneffekt    (c) Longitudinal-Zeemaneffekt

(a), (b), (c) wiedergegeben: Die Kreise in (c) geben an, dass das Licht der beiden Linien kreisförmig polarisiert ist, und zwar mit einer Umlaufsrichtung der Teilchen in der Pfeilrichtung; Abb. (b) bedeutet, dass das Licht der beiden Linien linear polarisiert ist und zwar mit einer Schwingungsrichtung entsprechend den Pfeilrichtungen, d.h. die beiden seitlichen Linien sind senkrecht zur Richtung der Kraftlinien des Magnetfeldes, die mittlere in Richtung der Kraftlinien polarisiert.

Die Aufspaltung einer Spektrallinie durch ein Magnetfeld heisst "Zeemaneffekt". Die Aufspaltung ist proportional dem angelegten Magnetfeld. Die Abbildungen (b) und (c) geben nur den

verwickelter, es treten mehr Linien auf. Man spricht dann von einem "anormalen" Zeemaneffekt. Der Abstand der verschiedenen Linien von der ursprünglichen Lage ist immer in einem einfachen rationalen Verhältnis. Auch die Intensitäten zeigen ein rationales Verhältnis. Bei sehr starken Feldern geht das Aufspaltungsbild in das einfache, zuerst von Zeeman beobachtete Aufspaltungsbild über. (Paschen-Back-Effekt.)

**Bestätigung**, *f.*, confirmation

**Lichtstrahl**, *m.*, ray of light,  
beam

**Beobachtung**, *f.*, observation

**Lichtquelle**, *f.*, source of light

**Einfluss**, *m.*, influence

**aussetzen**, to expose

**Linienspektrum**, *n.*, line spectrum

**Magnetfeld**, *n.*, magnetic field

**aufspalten**, to split

**gegenüberstehend**, opposite

**Loch**, *n.*, hole

**bohren**, to bore

**Kraftlinie**, *f.*, line of force

**senkrecht**, perpendicular

**kreisförmig**, circular

**Richtung**, *f.*, direction

**Umlauf**, *m.*, circulation

**Pfeilrichtung**, *f.*, direction of  
the arrow

**Schwingung**, *f.*, vibration

**seitlich**, lateral

**verwickelt**, complicated

**Anomal**, anomalous

**Abstand**, *m.*, distance

**einfaches rationales Verhältnis**,  
*n.*, simple ratio

## 15. DER ZEEMANEFFEKT—II

Die Lorentz'sche Elektronen-Theorie lieferte eine Erklärung für die Ursache des Zeemaneffektes und ergab die Möglichkeit, nicht nur das Vorzeichen, sondern auch die Masse des schwingenden Elektrons aus der beobachteten Linienschiebung zu entnehmen, genauer gesagt, das Verhältnis von Ladung und Masse, die sog. "spezifische Ladung" des Elektrons. Der Zeemaneffekt ergab denselben Zahlenwert für die spezifische Ladung des Elektrons wie die Kathodenstrahlungsmessungen ( $1,77 \times 10^7$  EMU/gm.) Die Lorentz'sche Theorie gab aber nur die Deutung für den normalen Zeemaneffekt, nicht aber für den später entdeckten "anormalen" Effekt. Das Aufspaltungsbild hängt ab von der Anzahl Valenzelektronen und ihrer Bindungsart im Anfangs- und Endzustand.

Aber es ergaben sich auch Abweichungen im quantitativen Verhalten, wie sie die Lorentz'sche Theorie nicht voraussehen konnte. Bei manchen Linien waren die Zeemanaufspaltungen

kleiner oder grösser als die Theorie verlangte. Es zeigte sich auch, dass das transversale Zerlegungsbild nicht immer ein einfaches Triplett ist, sondern vielfach komplizierter ausfällt. Dieser Zeemaneffekt wird der "anomale" Zeemaneffekt genannt. Schon im Fall der D-Linien des Natriums, das nur ein Valenzelektron besitzt, ist das Zerlegungsbild ein anomales. Die beiden Linien  $D_1$  und  $D_2$  spalten sich in ein Quartett und andere in ein Sextett von Komponenten auf, symmetrisch zur ursprünglichen Lage der Spektrallinie; die zwei inneren Komponenten schwingen parallel, die andern senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien.

Ein allgemeines Schema dieser Effekte hat im Rahmen der Quantentheorie Voigt entworfen. Er gab die Theorie des D-Linien-Typus für kleine, mittlere und starke Felder, wo nach dem allgemeinen Befunde von Paschen und Back der anomale in den normalen Typus übergeht.

**Erklärung, f.**, explanation

**liefern, to supply**

**Ursache, f.**, cause

**ergeben, to provide, result**

**Möglichkeit, f.**, possibility

**Vorzeichen, n.**, sign

**schwingen, to vibrate, oscillate**

**Linienverschiebung, f.**, displacement of the lines

**Verhältnis, n.**, ratio

**Ladung, f.**, charge

**Zahlenwert, m.**, numerical value

**Deutung, f.**, explanation, interpretation

**Zerlegung, f.**, decomposition

**Aufspaltung, f.**, splitting up

**Bindungsart, f.**, manner of combining

**Anfangszustand, m.**, initial state

**Endzustand, m.**, final state

**Abweichung, f.**, divergence

**Verhalten, n.**, behaviour

**voraussehen, to foresee**

**verlangen, to demand, call for**

**einfach, simple**

**ausfallen, to turn out**

**ursprünglich, original**

**senkrecht, perpendicular**

**Rahmen, m.**, frame

**Befund, m.**, statement, discovery, result

**übergehen, to pass**

## 16. HYSTERESIS

Ferromagnetische Stoffe, die durch Einbringen in ein Magnetfeld magnetisiert werden, verlieren bei Beseitigung des magnetisierenden Feldes ihre magnetischen Eigenschaften nicht wieder vollständig, sondern es bleibt ein gewisser "remanenter" Magnetismus. Will man den remanenten Magnetismus beseitigen, so gelingt das z.B. durch Ausglühen, mechanische Erschütterung oder durch Magnetisierung bestimmter Stärke in umgekehrter

Richtung. Als Ursache des remanenten Magnetismus nimmt man die sogenannte Koerzitivkraft an.

Bringt man ein unmagnetisches Eisenstück in ein Magnetfeld mit wachsender Stärke  $H$ ; trägt man  $H$  als Abscisse auf das zugehörige  $I$ , die Stärke des spezifischen Magnetismus oder der Magnetisierung, als Ordinate, so erhält man die Kurve  $O P$  in Abb. 3, als Darstellung der Abhängigkeit  $I$  von  $H$  ( $O P$ ). Lässt man  $H$  wieder abnehmen, und bestimmt  $P_1$ , so erhält man nicht die Kurve  $O P$ , sondern  $P A$ , wenn  $H$  wieder bis zu  $O$  abgenommen hat. Der magnetisierte

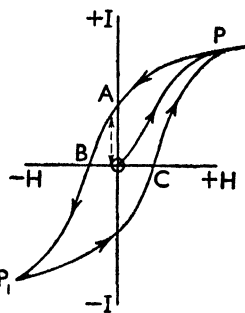


Abb. 3.

Körper besitzt noch den remanenten Magnetismus  $O A$ . Wenn man nunmehr  $H$  in umgekehrter Richtung ins Negative anwachsen lässt, wird  $I = 0$  bei  $H = O B$ . Bei weiterem Negativwerden von  $H$  entsteht dann ein umgekehrter Magnetismus, dessen Anwachsen sich als Fortsetzung der Kurve  $P A$  ins Negative darstellt. ( $B P_1$ ). Kehrt man nun die Änderung der Feldstärke um, so folgt die Magnetisierung dem Verlauf der Kurve durch  $P_1 C P$ . Die Kurve  $O P$ , die "jungfräuliche" Kurve, wird nie wieder beobachtet (nur nach Entmagnetisierung).

$O B$  oder  $O C$  wird als Maß der Koerzitivkraft betrachtet. Die ganze dargestellte Erscheinung wird als "Hysteresis" bezeichnet. Das Flächenstück zwischen  $P A B P_1$  und  $P C P_1$  ist das Maß der Arbeit, die bei dem magnetischen Kreisprozess pro Volumeneinheit des magnetisierten Materials geleistet werden muss. Die Überwindung von Reibungskräften verbraucht Energie und bewirkt eine Erwärmung des Materials. Sie wird in erg je cc gemessen.

**Magnetfeld, n.,** magnetic field

**Stoff, m.,** matter

**Einbringen, n.,** introducing

**Beseitigung, f.,** removal

**Eigenschaft, f.,** property

**Ausglühen, n.,** annealing

**Erschütterung, f.,** vibration

**Stärke, f.,** power, strength

**umgekehrt, inverse**

**Ursache, f.,** cause

**Koerzitivkraft, f.,** coercive force

**Eisenstück, n.,** piece of iron

**wachsend, increasing**

**Abscisse, f.,** abscissa

**zugehörig, appertaining**

**Darstellung, f.,** representation

**jungfräulich, virgin, initial**

**Entmagnetisierung, n.,** demagnetisation

**Erscheinung, f.,** phenomenon

<b>Flächenstück</b> , <i>n.</i> , part of a plane	<b>leisten</b> , to perform
<b>Mass</b> , <i>n.</i> , measure, size	<b>Überwindung</b> , <i>f.</i> , overcoming
<b>Kreisprozess</b> , <i>m.</i> , cyclic process	<b>Reibungskraft</b> , <i>f.</i> , frictional force
<b>Einheit</b> , <i>f.</i> , unit	<b>Erwärmung</b> , <i>f.</i> , heating

## 17. ERZEUGUNG STARKER MAGNETFELDER

Das Verfahren von P. Kapitza besteht im Prinzip darin, durch eine eisenlose Spule für sehr kurze Zeit (0,01 sec.) einen sehr starken Strom zu schicken. Wenn man aber Felder von der Grössenordnung von 1 000 000 Oersted erreichen will, so erscheint es unzweckmässig, eine Akkumulatorenbatterie zu benützen. Deshalb verwendet Kapitza als Energiequelle eine schnell rotierende Wechselstrom-Dynamomaschine, deren Rotorwicklung für eine Halbperiode durch die Magnetfeldspule kurzgeschlossen wird. Es wurde ein einphasiger Turbo-Wechselstrom-generator mit besonders schwerem Rotor verwendet. Der Strom wird in dem Augenblick eingeschaltet, wo die Spannung gleich Null ist, dann steigt der Strom an, erreicht nach einer Viertelperiode sein Maximum und fällt dann wieder ab. In dem Augenblick, in dem der Strom durch Null geht, wird der Kurzschluss durch die Magnetfeldspule aufgehoben. Dieses Verfahren hat noch den weiteren Vorteil, dass nicht wie bei Verwendung von Gleichstrom die ganze Energie, die zur Erzeugung des Magnetfeldes gebraucht wird, in Wärme umgesetzt werden muss. Die Energie wird bei Abfall des Stromes und Abbau des Feldes teilweise wieder in kinetische Energie des Rotors zurückverwandelt. In Wärme umgesetzt wird nur die Energie, die in dem Ohmschen Widerstande der Rotorwicklung, der Feldspule und der Zuleitungen verbraucht wird. Hierdurch wird die Erwärmung der Feldspule um 10% geringer als bei Verwendung von Gleichstrom. Eine Schwierigkeit besteht darin, dass der Strom sinusförmig verläuft und infolgedessen niemals konstant ist. Deshalb wird eine besondere Konstruktion der Erregerwicklung des Stators der Maschine benutzt. Die ersten physikalischen Untersuchungen, die mit dieser Anordnung in Angriff genommen worden sind, betreffen die Änderung des Widerstandes von Wismut, der in einem Felde von 300 000 Oersted auf das 1000 fache wächst. Die erste Untersuchung des Zeemaneffektes in starken Magnetfeldern von etwa 130 000 Oersted war die Beobachtung der Aufspaltung für die Hg-Linie 4047 Å, sie war 10% grösser als die berechnete.

<b>Erzeugung</b> , <i>f.</i> , production	<b>einschalten</b> , to switch on
<b>Magnetfeld</b> , <i>n.</i> , magnetic field	<b>Spannung</b> , <i>f.</i> , voltage, tension
<b>Verfahren</b> , <i>n.</i> , process	<b>Viertelperiode</b> , <i>f.</i> , quarter period
<b>bestehen</b> , to consist	<b>ansteigen</b> , to increase, rise
<b>eisenlos</b> , free of iron	<b>abfallen</b> , to decrease
<b>Spule</b> , <i>f.</i> , coil	<b>aufheben</b> , to cancel
<b>Grössenordnung</b> , <i>f.</i> , order	<b>Vorteil</b> , <i>m.</i> , advantage
<b>unzweckmässig</b> , unsuitable	<b>Verwendung</b> , <i>f.</i> , use
<b>Akkumulatorenbatterie</b> , <i>f.</i> , accumulator battery	<b>Gleichstrom</b> , <i>m.</i> , direct current
<b>Energiequelle</b> , <i>f.</i> , source of energy	<b>umsetzen</b> , to change
<b>rotieren</b> , to rotate, revolve	<b>Abbau</b> , <i>m.</i> , destruction
<b>Wechselstrom</b> , <i>m.</i> , alternating current	<b>zurückverwandeln</b> , to change back
<b>Rotorwicklung</b> , <i>f.</i> , rotor winding	<b>Widerstand</b> , <i>m.</i> , resistance
<b>Halbperiode</b> , <i>f.</i> , half period	<b>Zuleitung</b> , <i>f.</i> , leads
<b>kurzschliessen</b> , to short circuit	<b>sinusförmig</b> , following the sine curve
<b>Kurzschluss</b> , <i>m.</i> , short circuit	<b>Erregerwicklung</b> , <i>f.</i> , exciter winding
<b>Wechselstromgenerator</b> , <i>m.</i> , alternating current generator	<b>Untersuchung</b> , <i>f.</i> , investigation
<b>einphasig</b> , single-phase, mono- phase	<b>in Angriff nehmen</b> , to start work upon
	<b>Aufspaltung</b> , <i>f.</i> , splitting

## 18. DIE LORENZ-METHODE

Lord Rayleigh und Frau Sidgwick haben mit Hilfe der Lorenz-Methode eine äusserst sorgfältige Messung des (Brit. Ass.) Ohms ausgeführt. Eine Metallscheibe, die in der Nähe ihres Mittelpunktes und der Peripherie in Berührung mit elektrischen Kontaktbürsten war, drehte sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit im magnetischen Feld einer coaxialen stromführenden Spule. Diese Spule bestand aus zwei Teilen, und dazwischen befand sich die Metallscheibe. Die induzierte elektromotorische Kraft wurde mit Hilfe einer Hilfsspannung zwischen den Enden eines Widerstandes kompensiert, durch welchen der induzierte Strom (oder ein Bruchteil davon von bekannter Grösse) von den Bürsten floss. Bedeutet  $M$  die wechselseitige Induktion zwischen Spule und Scheibe,  $n$  die Zahl der Umdrehungen der Scheibe pro sec. und  $I$  den induzierten Strom, so lässt sich zeigen, dass die induzierte elektromotorische Kraft gleich  $nMI$  ist. Diese Grösse kann dem Ohm'schen Potentialgefälle  $RI$  über einen Wider-

stand  $R$  gleichgesetzt werden. Daher ist  $R = nM$ , oder der Widerstand lässt sich bestimmen aus der Umdrehungsgeschwindigkeit, d.h. seiner Zeit und der Grösse  $M$ , die sich aus den bekannten geometrischen Daten der Spule berechnen lässt. Das Endergebnis von fünf Versuchsreihen war, dass der Widerstand einer Quecksilbersäule von  $1 \text{ cm}^2$  Querschnitt und  $1 \text{ cm}$  Länge bei  $0^\circ \text{ C}$  gleich  $94067$  egs-Einheiten ist. Daraus liess sich berechnen, dass das Ohm gleich dem Widerstand einer Quecksilbersäule von  $106,37 \text{ cm}$  Länge und  $1 \text{ mm}^2$  Querschnitt (bei  $0^\circ \text{ C}$ ) ist.

**sorgfältig**, careful

**Messung**, *f.*, measurement, determination

**Metallscheibe**, *f.*, disc of metal

**Mittelpunkt**, *m.*, centre

**Kontaktbürste**, *f.*, contact brush

**gleichförmig**, uniform

**stromführend**, carrying a current

**Spule**, *f.*, coil

**induzieren**, to induce

**Kraft**, *f.*, force

**Hilfsspannung**, *f.*, auxiliary potential

**Widerstand**, *m.*, resistance

**kompensieren**, to compensate, balance

**Bruchteil**, *m.*, fraction

**wechselseitig**, mutual

**Umdrehung**, *f.*, turn, revolution

**Potentialgefälle**, *n.*, potential drop

**gleichsetzen**, to equate

**elektromotorische Kraft**, *f.*, electromotive force

**Geschwindigkeit**, *f.*, velocity

**Endergebnis**, *n.*, final result

**Versuchsreihe**, *f.*, set of experiments

**Quecksilbersäule**, *f.*, column of mercury

**Querschnitt**, *m.*, cross-section

**Einheit**, *f.*, unit

## 19. THERMOELEKTRIZITÄT

Die Verwandlung von Wärme in elektrischen Strom ist möglich durch Thermolemente. Thermolemente bestehen aus zwei aneinander gelöteten Stücken verschiedener Metalle. Lötet man z.B. einen Kupferdraht mit einem Nickeldraht zusammen und verbindet die freien Enden der Drähte mit einem Galvanometer, so kann man beim Erwärmen der Lötstelle einen in Richtung I oder im Falle der Unterkühlung einen in umgekehrter Richtung II fliessenden Strom beobachten.

Stellt man aus einem Kupferdraht und einem Nickeldraht einen geschlossenen Stromkreis her, so fliesst kein Strom, solange sich die beiden Lötstellen auf der gleichen Temperatur befinden. Besteht jedoch zwischen den beiden Lötstellen eine Temperatur-

differenz, so fließt ein Strom durch den Kreis. Solche Ströme werden Thermoströme genannt. Die elektromotorischen Kräfte sind abhängig von der Temperatur und zwar innerhalb eines bestimmten Bereiches proportional der Temperatur. (S. Abb. 4.)

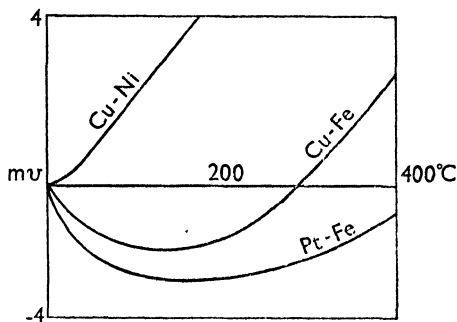


Abb. 4.

Setzt man einen Stromkreis aus mehreren Stücken verschiedener Metalle zusammen, so ist die gesamte im Stromkreis wirkende elektromotorische Kraft gleich der algebraischen Summe der an den einzelnen Berührungsstellen wirkenden Kräfte. Die Stromstärke in einem Stromkreis, in dem

thermoelektrische Kräfte wirksam sind, ist durch das Ohm'sche Gesetz aus der Grösse der elektromotorischen Kraft und des Widerstandes bestimmt. Da in einem bestimmten Bereich die Zunahme der elektromotorischen Kraft der Temperatur proportional ist, kann in diesem Bereich zur Temperaturmessung ein Galvanometer dienen. Da aber die elektromotorische Kraft für gewisse Thermoelemente bei hohen Temperaturen nicht mehr proportional der Temperatur zunimmt, in manchen Fällen sogar wieder absinkt, nachdem sie bei einer bestimmten Temperatur ein Maximum erreicht hat, empfiehlt sich die Messung der Potentialdifferenzen. z.B.: Hält man eine Lötstelle auf der Temperatur von  $100^{\circ}\text{C}$ , während die andere Lötstelle eine solche von  $0^{\circ}\text{C}$  besitzt, so liefert ein aus Kupfer und Nickel bestehendes Thermoelement eine Spannung von 2,34 milli-volt (23,4 mikro-volt pro Grad C).

Durchströmt man eine Lötstelle zwischen zwei verschiedenen Metallen mit einem von einer fremden Stromquelle gelieferten Strom, so kann man an der Lötstelle, je nach der Stromrichtung eine Erwärmung oder Abkühlung beobachten. Man bezeichnet diese Erscheinung als Peltier-Effekt. Die durch den Peltier-Effekt an einer Lötstelle erzeugte Wärmemenge ist im Gegensatz zu der in einem Draht durch Überwindung des Widerstandes entstehenden Wärme, die als Joulesche Wärme bezeichnet wird und proportional dem Quadrat der Stromstärke ist, nur einfach

proportional der Stromstärke; man kann also die durch den Peltier-Effekt erzeugte Wärme von Joulescher Wärme unterscheiden.

**Verwandlung**, *f.*, change

**löten**, to solder

**Kupferdraht**, *m.*, copper wire

**erwärmen**, to heat

**abkühlen**, to cool

**Lötstelle**, *f.*, soldered junction

**Unterkühlung**, *f.*, supercooling

**umgekehrt**, reverse, inverse

**Richtung**, *f.*, direction

**Strom**, *m.*, current

**Stromkreis**, *m.*, circuit

**Angabe**, *f.*, statement

**abhängig**, *m.*, dependent

**Bereich**, *m.*, range

**gesamt**, total

**Kraft**, *f.*, force

**wirkend**, active

**Summe**, *f.*, sum

**Berührungsstelle**, *f.*, point of contact

**Stromstärke**, *f.*, strength of current

**Widerstand**, *m.*, resistance

**Zunahme**, *f.*, increase

**Messung**, *f.*, measurement

**Temperaturzunahme**, *f.*, rising temperature

**absinken**, to fall

**Spannung**, *f.*, tension

**durchströmen**, to pass through

**Erscheinung**, *f.*, phenomenon

**erzeugen**, to produce

**Gegensatz**, *m.*, contradistinction

**Überwindung**, *f.*, overcoming

**unterscheiden**, to distinguish

**einfach proportional**, direct ratio

## 20. QUADRANTELEKTROMETER

Zur Messung elektrischer Ladungen ist das Quadrantelektrometer sehr bequem. Seine Konstruktion ist im Grundriss in Abb. 5 dargestellt. In die Grundflächen eines zylindrischen Gehäuses sind kreisförmige Löcher geschritten, und das Gehäuse ist darnach in 4 Quadranten zerlegt. Im Innern des horizontal aufgestellten Gehäuses ist ein flaches Aluminiumblech O an einen in seiner Mitte befestigten Draht so aufgehängt, dass es horizontal im Innern des Gehäuses schwebt und in seiner Ruhelage, die durch die Torsionselastizität des Drahtes festgehalten wird, eine symmetrische Stellung zu den Quadranten einnimmt. Je zwei gegenüberliegende Quadranten sind untereinander leitend verbunden, die beiden Quadrantenpaare jedoch von einander isoliert. Den beiden Quadrantenpaaren erteilt man zum Zweck der Benutzung des Instruments hohe gleiche und entgegengesetzte Ladungen mit Potentialen  $+V_1$  und  $-V_2$ .

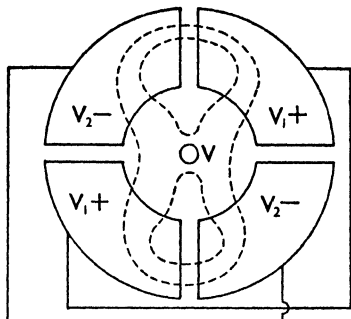


Abb. 5.

neuen Lage zur Ruhe kommen, bei der das von der Tensionselastizität des Aufhänge drahtes ausgeübte Drehmoment gleich dem Drehmoment auf Grund der Ladungen ist. Die Drehung ( $\theta$ ) des Bleches ist ein Mass für die Grösse der ihm zugeführten Ladung (und des Angelegten Potentials).

Es ist

$$\theta = k V \left( V + \frac{V_1 + V_2}{2} \right)$$

wo V das Potential des Bleches und k eine Konstante ist.

**Messung**, *f.*, measurement

**Ladung**, *f.*, charge

**bequem**, convenient

**Grundriss**, *m.*, sectional plan

**Grundfläche**, *f.*, base

**Gehäuse**, *n.*, casing

**kreisförmig**, circular

**Loch**, *n.*, hole

**zerlegen**, to divide, decompose

**Aluminiumblech**, *n.*, aluminium plate

**befestigen**, to fasten

**aufhängen**, to suspend

**schweben**, to float

**Ruhelage**, *f.*, position of rest

**Draht**, *m.*, wire

**festhalten**, to hold fast

**Stellung**, *f.*, position

**gegenüberliegend**, opposite

**unter einander verbinden**, to connect one with the other

**leiten**, to conduct

**Quadrantenpaar**, *n.*, pair of quadrants

**erteilen**, to give

**Zweck**, *m.*, purpose

**Benutzung**, *f.*, use

**gleich**, equal, the same

**entgegengesetzt**, opposite

**Aufhänge draht**, *m.*, suspension wire

**Hälfte**, *f.*, half

**gleichmässig**, uniform

**anziehen**, to attract

**abstossen**, to repulse

**Drehmoment**, *n.*, twisting moment

**zuführen**, to supply

## 21. PIEZOELEKTRIZITÄT

Man schneide einen Rochellesalz-oder Quarzkristall derart, dass die Schnittflächen parallel bzw. senkrecht zur X-Achse, der sogenannten elektrischen Achse, verlaufen. Übt man auf die Kristallflächen den Druck  $P_x$  und den Druck  $P_y$  aus, so lässt sich auf der zur X-Achse senkrechten Kristallfläche eine Ladung nachweisen:

$$Q_x A_x = - d_{11} P_x A_x + d_{11} P_y A_y$$

Es bedeuten:  $Q_x$  die Oberflächendichte der Ladung,  $A_x$  und  $A_y$  die Grösse der Kristallflächen und  $d_{11}$  eine Konstante. Bringt man Elektroden auf den Kristallflächen an, so ist der Kristall imstande, Potentialdifferenzen von wechselnder Grösse als Folge von mechanischer Beanspruchung zu erzeugen. Umgekehrt lässt sich zeigen, dass der Kristall unter der Einwirkung eines elektrischen Feldes von der Grösse  $E_x$  eine Längenänderung  $\delta l$  und eine Dickenänderung  $\delta d$  erleidet, wobei folgende Gleichungen gelten:

$$\frac{\delta l}{l} = - d_{11} E_x \quad \frac{\delta d}{d} = d_{11} E_x$$

Benutzt man die Elektroden als Kondensatorplatten und legt eine Potentialdifferenz an, so ändert der Kristall seine Form. Mit einer Wechselspannung kann man den Kristall zum Schwingen bringen. Wichtig für akustische Zwecke ist die Frequenz der X-Fläche des Quarzkristalls und ihre Obertöne. Für einen Schwingungsknoten in der Medianfläche ist die Grundfrequenz  $f$  der sogenannten Dickenschwingung gegeben durch den Ausdruck  $285\,000/d$ , wo  $d$  die Kristalldicke in Zentimetern bedeutet. Analog ist die Längenschwingung, die bei Frequenzen  $L\,100$  kc/sec Anwendung findet, gegeben durch  $272\,500/l$ , wo  $l$  die Länge des Kristalls in Zentimetern bedeutet.

Es lässt sich einrichten, dass das Ende des platten-oder stabförmigen Kristalls mit der Wellenlänge in einfacher Beziehung steht. Man kann dann ausgesprochene Beugungseffekte erwarten, die sich auch in der Tat beobachten lassen. Für höhere Schwingungszahlen benutzt man die Dickenschwingung, die man von einer grossen vibrierenden Kristallfläche erhält. So kann man fast "Flächenwellen" ohne merkliche Beugungseffekte erzeugen.

Stellt man einen beweglichen Reflektor parallel zur schwingenden Kristallfläche, so kann man im dazwischenliegenden

Medium stehende Wellen erzeugen, wenn man den Abstand des Reflektors von der Kristallfläche zu einem Vielfachen der halben Wellenlänge macht. Dieses Verfahren bildet die Grundlage für das Interferometer von Pierce. Bei diesem Instrument stellt man den richtigen Abstand ein, indem man das Maximum des Plattenstroms in der Röhre des Oszillatorstromkreises abliest. Mit dieser Methode hat man die Schallgeschwindigkeit bei hohen Schwingungszahlen gemessen.

**Rochellesalz**, *n.*, Rochelle salt

**Quarkristall**, *n.*, crystal of quartz

**Schnittfläche**, *f.*, face

**senkrecht**, perpendicular

**X-Achse**, *f.*, X-axis

**Druck**, *m.*, pressure

**Ladung**, *f.*, charge

**Oberflächendichte**, *f.*, surface density

**Kristallfläche**, *f.*, crystal face

**Folge**, *f.*, consequence

**erzeugen**, to produce

**Beanspruchung**, *f.*, strain

**Einwirkung**, *f.*, influence, action

**Längenänderung**, *f.*, change in the length

**Dickenänderung**, *f.*, change in the thickness

**Gleichung**, *f.*, equation

**Wechselspannung**, *f.*, alternating voltage

**oscillieren**, to oscillate

**akustisch**, acoustical

**Zweck**, *m.*, purpose

**Oberton**, *m.*, overtone

**Schwingungsknoten**, *m.*, node of oscillation

**Medianfläche**, *f.*, median plane

**Grundfrequenz**, *f.*, fundamental frequency

**Dickenschwingung**, *f.*, thickness-vibration

**Längenschwingung**, *f.*, length-vibration

**einrichten**, to arrange

**plattenförmig**, like a plate

**stabförmig**, like a rod

**Wellenlänge**, *f.*, wave-length

**in einfacher Beziehung**, *f.*, in direct ratio

**ausgesprochen**, pronounced

**Beugungseffekt**, *m.*, diffraction effect

**schwingen**, to vibrate

**Flächenwelle**, *f.*, plane wave

**beweglich**, movable

**stehende Welle**, *f.*, standing wave

**Abstand**, *m.*, distance

**dazwischenliegend**, intervening

**das Vielfache**, *n.*, multiple

**Verfahren**, *n.*, process

**Grundlage**, *f.*, basis

**einstellen**, to adjust

**Plattenstrom**, *m.*, plate-current

**Oszillatorstromkreis**, *m.*, oscillator circuit

**Schallgeschwindigkeit**, *f.*, velocity of sound

## 22. DIE DREIELEKTRODENRÖHRE

Eine Hochvakuumröhre besteht aus drei Elektroden, der Kathode, dem Gitter und der Anode, die in ein luftleer gepumptes Gefäß, meist einen Glaskolben, eingebaut sind.

Die erste Elektrode ist die Kathode, meist ein Glühdraht, der Elektronen aussendet; die zweite ist das Gitter, ein spiralförmiger Draht, der um die Kathode als Achse herumliegt; die dritte ist die Anode in Form eines Bleches, das die beiden andern Elektroden umgibt. Am Gitter liegt eine Wechselspannung, an der Anode der positive Pol einer besonderen Batterie. Die Elektronen, die aus der Kathode austreten, werden, da sie negative Elektrizitätsteilchen sind, von der positiven Anode angezogen und bewegen sich somit von der Kathode zur Anode. Die Flugrichtung der Elektronen ist damit entgegengesetzt der allgemein gebräuchlichen (positiven) Stromrichtung.

Die Arbeitsweise der Röhre wird durch ihre Kennlinie charakterisiert.

Der Durchgriff  $D = \frac{\text{Änderung der Gitterspannung}}{\text{Änderung der Anodenspannung}} = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a}$   
bei konstantem Emissionsstrom.

Die Steilheit  $S = \frac{\text{Änderung des Anodenstromes}}{\text{Änderung der Gitterspannung}} = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g}$   
bei konstanter Anodenspannung.

Der innere Widerstand  $R_i = \frac{\text{Änderung der Anodenspannung}}{\text{Änderung des Anodenstromes}} = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a}$   
bei konstanter Gitterspannung.

und  $D S R_i = 1$

Die Güte  $G = \frac{\text{Steilheit}}{\text{Durchgriff}}$

Das Ohmsche Gesetz der Vakuumröhre ist

$$\Delta V_g = D \Delta I_a (R_i + R_a)$$

wobei

$R_i$  den inneren Widerstand und  $R_a$  den äusseren Widerstand des Anodenstromkreises bedeuten.

Steuerspannung = Gitterspannung + Durchgriff mal Anodenspannung.

Durch die Einführung einer Ersatzanode an Stelle des Gitters und der zugehörigen Steuerspannung  $V_{st}$  führt man die Berechnung des Emissionsstromes einer Röhre mit Gitter auf eine Röhre ohne Gitter zurück. Für das interessierende Raumladungsgebiet erhalten wir den Emissionsstrom mit Hilfe der Steuerspannung  $V_{st}$  aus dem Raumladungsgesetz  $I_a = K \cdot V_{st}^{3/2}$ .

Führen wir in diese Gleichung den obigen Wert der Steuerspannung ein, so erhalten wir das Raumladungsgesetz der Röhre mit Gitter.

$$I_a = K (V_g + D V_a)^{3/2}$$

Für ein zylindrisches Elektrodensystem

$K = 14,7 \cdot 10^{-6} \frac{l}{b}$ . Hierbei ist  $l$  die wirksame Länge der Kathode und  $b$  der Gitterradius in cm.

**Hochvakuumröhre, f.**, High vacuum tube or valve

**Elektrode, f.**, electrode

**Kathode, f.**, cathode

**Gitter, n.**, grid

**luftleeres Gefäß, n.**, evacuated vessel

**Glaskolben, m.**, flask

**einbauen, to build in**

**Glühdraht, m.**, filament

**spiralförmig, spiral**

**Achse, f.**, axis

**Blech, n.**, sheet metal

**umgeben, to surround**

**Wechselspannung, f.**, alternating voltage

**Pol, m.**, pole

**austreten, to emerge**

**Elektrizitätsteilchen, n.**, particle of electricity

**anziehen, to attract**

**Flugrichtung, f.**, direction of motion

**entgegengesetzt, opposite**

**Stromrichtung, f.**, direction of current

**Arbeitsweise, f.**, functioning, method of working

**Rohr, n.**, tube

**Kennlinie, f.**, characteristic curve

**Durchgriff, m.**, penetration factor

**Änderung, f.**, change

**Gitterspannung, f.**, grid potential

**Emissionsstrom, m.**, cathode current

**Widerstand, m.**, resistance

**Gesetz, n.**, law

**Steuerspannung, f.**, control voltage

**Einführung, f.**, introduction

**Ersatzanode, f.**, substitute or equivalent anode

**zugehörig, appertaining**

**zurückführen, to reduce**

**Ladung, f.**, charge

**Gleichung, f.**, equation

**wirksam, efficacious, powerful**

**Raumladung, f.**, space charge

## 23. ZUR DYNAMIK DES ELEKTRONS

Bei J. J. Thomson und O. Heaviside, die unmittelbar an Maxwell anknüpften, findet sich zum ersten Mal die Vorstellung einer "scheinbaren" Masse der konvektiv bewegten Elektrizität.

Der Begriff der elektromagnetischen Trägheit gewann an Bedeutung, als man die Kathodenstrahlen als rasch bewegte elektrische Teilchen erkannte. Ein Konvektionsstrom erregt ein magnetisches Feld. Je grösser die Geschwindigkeit der bewegten Ladung, umso grösser ist die Energie des gesamten Feldes. Der Zwang, die Energie des gesamten Feldes zu ändern, wenn man die Geschwindigkeit einer elektrischen Ladung ändern will, wirkt wie der Trägheitswiderstand einer trägen Masse.

W. Kaufmann zeigte, dass das Geschwindigkeitsspektrum der  $\beta$ -Strahlen bis dicht an die Lichtgeschwindigkeit heranreicht. Bereits seine ersten Versuche stellten ausser Zweifel, dass die Trägheit der Elektronen mit wachsender Geschwindigkeit ansteigt.

Die Angabe, wie sich Masse und Energie mit zunehmender Geschwindigkeit ändern, ist eines der wichtigsten Ergebnisse der speziellen Relativitätstheorie.

Es ist

$$E = mc^2 = m_0 c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Dieser Zusammenhang zwischen Masse und Energie und ihre Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ist durch die Erfahrung im vollen Umfang bestätigt.

(Nach M. Abraham: Theorie der Elektrizität. Verlag Teubner.)

**Dynamik**, *f.*, dynamics  
**anknüpfen**, to follow, tie  
**Vorstellung**, *f.*, idea  
**scheinbar**, apparent  
**Trägheit**, *f.*, inertia  
**an Bedeutung gewinnen**, to increase in importance  
**Teilchen**, *n.*, particle  
**Konvektion**, *f.*, convection  
**erregen**, to excite  
**bewegte Ladung**, *f.*, moving charge  
**Zwang**, *m.*, compulsion  
**Widerstand**, *m.*, resistance

**Versuch**, *m.*, experiment  
**ausser Zweifel**, *m.*, beyond doubt  
**Ergebnis**, *n.*, result  
**wachsen**, to increase, rise  
**Zusammenhang**, *m.*, connection  
**Abhängigkeit**, *f.*, dependence  
**magnetisches Feld**, *n.*, magnetic field  
**Geschwindigkeit**, *f.*, velocity, speed  
**Erfahrung**, *f.*, experience  
**Umfang**, *m.*, extent  
**bestätigen**, to confirm

## 24. DIE PLANCKSCHE KONSTANTE

Die Plancksche Konstante  $h$  war eine ganz neue Naturkonstante. Sie hat die Dimension : Energie mal Zeit. Eine Grösse von dieser Dimension wird in der Mechanik als eine "Wirkung" bezeichnet;  $h\nu$  ist ein Energiequantum. Der Konstante  $h$  gab man den Namen des elementaren Planckschen Wirkungsquantums. Es ist in vielen Gebieten der Physik sehr wichtig, z.B. in der von Einstein gegebenen Theorie des photoelektrischen Effekts. Die Elektronen, welche aus einer Metalloberfläche durch die Einwirkung von Licht ausgelöst werden, können keine grössere kinetische Energie bekommen, als einem Quantum  $h\nu$  der Frequenz des einfallenden Lichtes entspricht. Die Umkehrung hiervon wurde von Duane und Hund gefunden, als sie untersuchten, welche Wellenlängen von Röntgenstrahlen durch das Bombardement einer Antikathode mit Elektronen bestimmter Geschwindigkeit erregt werden. Die Frequenz dieser Röntgenstrahlen zeigte eine obere Grenze, welche durch die Bedingung gegeben ist, dass die  $h\nu$  der Röntgenstrahlung nicht grösser sein können als die kinetische Energie eines die Strahlung erregenden Elektrons.

$$(h = 6,64 \times 10^{-27} \text{ Erg. Sec.})$$

**Konstante, f.**, constant

**Grösse, f.**, quantity

**Wirkung, f.**, action, effect

**Gebiet, n.**, sphere, province

**Metalloberfläche, f.**, metal surface

**auslösen, to** release

**einfallendes Licht, n.**, incident light

**Umkehrung, f.**, inversion

**untersuchen, to** examine

**Wellenlänge, f.**, wave length

**Geschwindigkeit, f.**, velocity

**erregen, to** excite

**Grenze, f.**, limit, boundary

**Bedingung, f.**, condition

**Strahlung, f.**, radiation

## 25. LICHELEKTRISCHER EFFEKT

Treffen Lichtstrahlen auf eine Metallplatte, so kann man nachweisen, dass sich die Metallplatte positiv aufladet. Die Erscheinung wird umso auffallender, je kurzwelliger die auffallenden Strahlen sind. Die Ursache der Aufladung besteht, wie sich zeigen lässt, darin, dass unter dem Einfluss der Strahlen Elektronen aus dem Metall austreten, d.h. unter dem Einfluss der Strahlen entsendet das Metall Kathodenstrahlen. Man

bezeichnet diese Erscheinung als "lichtelektrischen Effekt". Die Masse und Geschwindigkeit der ausgeschleuderten Elektronen konnte bestimmt werden. Es ergab sich die bekannte Masse der Elektronen und geringe Geschwindigkeiten, etwa von der Grössenordnung, wie sie in Glühkathodenröhren vorkommen. Von grosser Bedeutung war die Bestimmung der Zahl der pro Sekunde ausgeschleuderten Elektronen und ihrer Geschwindigkeit mit Rücksicht auf die Abhängigkeit dieser Grössen von der Intensität und Wellenlänge der den lichtelektrischen Effekt hervorrufenden Strahlen. Man fand, dass die Anzahl der pro Sekunde ausgeschleuderten Elektronen proportional der Intensität der auffallenden Strahlen, die Geschwindigkeit der Elektronen aber unabhängig von der Intensität und nur abhängig von der Wellenlänge des Lichtes ist. Je kurzwelliger die Strahlen sind, um so raschere lichtelektrische Kathodenstrahlen erzeugen sie. Die kinetische Energie der Elektronen wächst proportional zur Schwingungszahl des auffallenden Lichtes.

Die Bedeutung dieser Erscheinung tritt hervor, wenn man sie vom energetischen Standpunkt aus betrachtet. Planck nahm an, dass Strahlungsenergie nur in ganzzahligen Vielfachen eines elementaren Energiequantums  $E$  ausgesandt werden könne, und dass dieses Quantum  $E$  abhängig sei von der Frequenz  $\nu$  der Strahlen. Es gilt:  $E = h \nu$ , worin  $h$  das sogenannte Plancksche "Wirkungsquantum" bedeutet.  $h$  hat die Dimensionen Energie  $\times$  sec. und ist  $6,62 \times 10^{-27}$  erg. sec.

Berücksichtigt man die Arbeit, die geleistet werden muss, um ein Elektron vom Metall zu trennen (in welchem es ursprünglich gebunden ist), so ergibt sich, dass die Energie, die in jedem Umwandlungsprozess vom Lichte mit der Schwingungszahl  $\nu$  abgegeben wird,  $E = h \nu$  ist. Die Gleichung:  $\frac{1}{2} m v^2 = h (\nu - \nu_0)$  für den lichtelektrischen Effekt wurde von Einstein aufgestellt.  $h$  ist das elementare Wirkungsquantum. Diese Konstante wurde zum ersten Male von Planck im Jahre 1900 aufgefunden. Er vermochte mit ihr die Intensität der Strahlung in Abhängigkeit von Wellenlänge und Temperatur zu beschreiben unter der Annahme, dass Licht mit der Schwingungszahl  $\nu$  nur mit Energiebeträgen  $n h \nu$  ausgestrahlt werden kann.

**Metallplatte**, *f.*, metal plate

**nachweisen**, to prove

**aufladen**, to charge

**Aufladung**, *f.*, charge

**Erscheinung**, *f.*, phenomenon

**auffallend**, striking, remarkable

**kurzwellig**, consisting of short waves

**Ursache**, *f.*, cause

<b>auffallende Strahlen</b> , <i>m.</i> , incident rays	<b>unabhängig</b> , independent
<b>austreten</b> , to emanate	<b>wachsen</b> , to increase
<b>Einfluss</b> , <i>m.</i> , influence	<b>Schwingungszahl</b> , <i>f.</i> , frequency
<b>entsenden</b> , to emit	<b>Standpunkt</b> , <i>m.</i> , point of view
<b>Masse</b> , <i>f.</i> , mass	<b>Strahlungsenergie</b> , <i>f.</i> , energy of radiation
<b>Geschwindigkeit</b> , <i>f.</i> , velocity	<b>ganzzahlig</b> , consisting of integral numbers
<b>ausschleudern</b> , to throw out	<b>das Vielfache</b> , <i>n.</i> , multiple
<b>bestimmen</b> , to determine	<b>trennen</b> , to separate
<b>Grösse</b> , <i>f.</i> , quantity	<b>Umwandlung</b> , <i>f.</i> , transformation
<b>mit Rücksicht</b> , <i>f.</i> , auf, with regard to	<b>Gleichung</b> , <i>f.</i> , equation
<b>Abhängigkeit</b> , <i>f.</i> , dependence	<b>Wert</b> , <i>m.</i> , value
<b>Wellenlänge</b> , <i>f.</i> , wave length	<b>Energiebetrag</b> , <i>m.</i> , quantity of energy
<b>hervorrufen</b> , to produce	
<b>erzeugen</b> , to produce	

## 26. DER COMPTONEFFEKT

Im allgemeinen hat gestreute Röntgenstrahlung annähernd dieselbe Härte wie ungestreute, aber bei den noch kurzwelligeren im übrigen wesensgleichen  $\gamma$ -Strahlen tritt eine merkliche Änderung der Absorbierbarkeit durch den Streuungsprozess ein; die Strahlung ist nach der Streuung stärker absorbierbar, als sie vorher war. A. H. Compton untersuchte diese Erscheinung quantitativ. Ein Röntgenstrahl geht von der Antikathode durch zwei Spalten zu einem Streustrahler und dann wiederum durch zwei Spalten zum Spektrometerkristall, von dem er in die Ionisationskammer gelangt. Compton wählte eine Molybdänantikathode, deren Strahlung er durch Einschaltung geeigneter Filter möglichst zu homogenisieren suchte, sodass zunächst seine Primärstrahlung der Bedingung der Einfarbigkeit möglichst gut entsprach. Die Feststellung der Wellenlängenänderung lässt sich durch Spektroskopierung der gestreuten Strahlung mit Hilfe eines Kristalles nach der Laue-Braggschen Interferenzmethode erreichen. Durch Verwendung einer Hochleistungsröhre als Lichtquelle und eines empfindlichen Quadrantelektrometers als Messinstrument erhielt Compton zwei Spektrallinien, von denen die eine die gleiche, die andere ein um 0.022 Å grössere Wellenlänge als der Primärstrahl hatten. Die Deutung des Comptoneffektes ist sehr einfach im Rahmen der Quanten-

theorie. Trifft ein  $\gamma$ -Strahl mit der Energie  $E = h \nu$  auf ein freies oder sehr locker gebundenes Elektron, so wirkt der  $\gamma$ -Strahl wie ein stossendes Teilchen und gibt Energie an das Elektron ab. Dadurch verringert sich die Schwingungszahl des  $\gamma$ -Strahls. Aber auch die Richtung des  $\gamma$ -Strahls ändert sich. Jeder Energie  $h \nu$  eines Strahls entspricht ein Impuls  $h \nu/c$ . Der Impuls des gestossenen Elektrons ist gleich dem vektoriellen Impulsunterschied zwischen primärem und sekundärem  $\gamma$ -Strahl.

**streuen**, to diffuse

**Streuung**, *f.*, diffusion

**annähernd**, approximately

**Härte**, *f.*, hardness

**kurzwellig**, consisting of short waves

**wesensgleich**, of the same nature

**merklich**, noticeable

**Änderung**, *f.*, change

**Absorbierbarkeit**, *f.*, absorbing power

**Erscheinung**, *f.*, phenomenon

**Strahl**, *m.*, ray, beam

**Spalt**, *m.*, split

**Streustrahler**, *m.*, radiator

**Ionisationskammer**, *f.*, ionisation chamber

**Einschaltung**, *f.*, insertion

**geeignet**, suitable

**homogenisieren**, to make homogeneous

**Primärstrahlung**, *f.*, primary radiation

**Feststellung**, *f.*, establishment, verification

**Einfarbigkeit**, *f.*, unicolour

**Wellenlängenänderung**, *f.*,

change of wave-length

**Spektroskopierung**, *f.*, use of the spectroscope

**Verwendung**, *f.*, use

**entsprechen**, to correspond

**Hochleistungsröhre**, *f.*, cathode ray tube

**Lichtquelle**, *f.*, source of light

**empfindlich**, sensitive

**Messinstrument**, *n.*, measuring instrument

**Spektrallinie**, *f.*, spectral line

**ursprünglich**, original

**Deutung**, *f.*, explanation

**Rahmen**, *m.*, frame, sphere

**frei**, free

**locker**, loose, light

**stossen**, to push

**verringern**, to decrease

**Schwingungszahl**, *f.*, number of vibrations (oscillations)

**Richtung**, *f.*, direction

**Impulsunterschied**, *m.*, difference of impulse

## 27. DIE BESTIMMUNG DER MITTLEREN LEBENSDAUER EINES RADIOAKTIVEN ELEMENTS

Die Methoden zur Bestimmung der mittleren Lebensdauer eines radioaktiven Elements sind verschieden, je nachdem die zu messende Lebensdauer kurz oder lang ist. Im ersteren Falle genügt die direkte Beobachtung. Misst man z.B. die Aktivitäts-

abnahme einer gegebenen Menge von Radiumemanation, so findet man, dass die Wirksamkeit mit der Zeit exponentiell abnimmt, und zwar derart, dass die Aktivität in 3,85 Tagen auf die Hälfte gefallen ist. Die mittlere Lebensdauer ist also  $\frac{3,85}{0,69} = 5,57$  Tage.

Zerfällt von einer Substanz nur ein Teil in einer Million im Laufe eines Jahres, so lässt sich die mittlere Lebensdauer nicht direkt beobachten. Hier wird eine indirekte Methode erforderlich. Der Zerfall von Uran unter Bildung von Radium mag hierfür als Beispiel dienen. Nimmt man gleiche Mengen beider Elemente, so findet man die Aktivität des Radiums mehrere Millionen mal stärker als die des Urans. Daraus lässt sich schliessen, dass die mittlere Lebensdauer des Urans mehrere Millionen mal so gross wie die des Radiums ist. Ist in einer radioaktiven Zerfallsreihe die mittlere Lebensdauer einer Atomart bekannt, so lässt sie sich auch für alle andern Glieder finden. Das Grundgesetz des radioaktiven Gleichgewichts lautet, wenn die verschiedenen Atomarten im radioaktiven Gleichgewicht stehen, d.h., wenn ebenso viele Atome einer Art neu gebildet werden, wie zerfallen:

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \lambda_3 N_3 \text{ usw.};$$

wo  $N_1, N_2, N_3$  usw. die Zahlen der vorhandenen Atome der Elemente 1, 2, 3 usw. bedeuten und  $1/\lambda, 1/\lambda_2, 1/\lambda_3$  usw. ihre mittlere Lebensdauer. Es gilt also:  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{N_2}{N_1}$ , das heisst, die mittleren Lebensdauern verhalten sich wie die Mengen  $N_2$  und  $N_1$ , wenn ein Element so schnell zerfällt, wie es aus dem Mutterelement gebildet wird. Die Bestimmung des Verhältnisses Uran zu Radium in einem Mineral ergab für Uran eine mittlere Lebensdauer von sechs Milliarden Jahren.

**Bestimmung, f.**, determination  
**mittlere Lebensdauer, f.**, average life

**messen, to** measure

**Beobachtung, f.**, observation

**Aktivitätsabnahme, f.**, fall in the activity

**Wirksamkeit, f.**, activity

**abnehmen, to** decrease

**zerfallen, to** disintegrate

**erforderlich sein, to** be required

**Beispiel, n.**, example

**Menge, f.**, quantity

**schliessen, to** deduce

**Zerfallsreihe, f.**, series of atomic disintegration

**Grundgesetz, n.**, fundamental law

**Gleichgewicht, n.**, equilibrium

**vorhanden sein, to** be present

**Mutterelement, n.**, parent body

**Verhältnis, n.**, ratio

28. DIE ERSTE KÜNSTLICHE ATOMUMWANDLUNG  
(RUTHERFORDS ENTDECKUNG)

Diese fundamentale Entdeckung ergab sich 1919 beim Studium des Verhaltens eines sehr kräftigen Parallelstrahlenbündels von  $\alpha$ -Strahlen in Luft und reinem Stickstoff. Als Rutherford reinen Wasserstoff mit  $\alpha$ -Strahlen beschoss, erhielt er ausserhalb der Reichweite der  $\alpha$ -Strahlen neue Strahlen von ähnlichen Eigenschaften, nämlich gleichfalls positiver Ladung aber von etwa 4-facher Reichweite. Ablenkungsversuche im magnetischen und elektrischen Felde zeigten, dass die Strahlen schnellbewegte Wasserstoffkerne sind, also von Zusammenstössen der  $\alpha$ -Strahlen mit den Kernen der Wasserstoffatome des Gases herrühren müssen. Dieses Ergebnis entsprach den Erwartungen.  $\alpha$ -Strahlen von Ra C mit einer Reichweite von 7,0 cm in Luft ergeben daher H-Strahlen, deren Reichweite, auf Luft bezogen, 28 cm beträgt.

Bezeichnet  $e$  die Ladung eines Partikels,  $m$  seine Masse und  $v$  seine Geschwindigkeit, so ist der Betrag seiner magnetischen Ablenkung im Vakuum  $\frac{e}{mv}$ , proportional ist also—bei be-

kannter Geschwindigkeit—charakteristisch für das Verhältnis von Masse und Ladung des Teilchens. Die Rechnung zeigt, dass für  $\frac{Ze}{m} = \frac{1}{1}$  für Wasserstoffstrahlen eine grössere magnetische

Ablenkung zu erwarten ist als für  $\alpha$ -Teilchen  $\frac{Ze}{m} = \frac{2}{4}$ , wie Rutherford auch experimentell gefunden hat.

Auf Grund der Erhaltung von Impuls und Energie wird die Geschwindigkeit der gestossenen Protonen gleich der Geschwindigkeit der stossenden  $\alpha$ -Teilchen. Bei der Beschiessung von trockenem Stickstoff mit  $\alpha$ -Teilchen wurden nun ebenfalls vorrückende Protone aufgefunden. Sorgfältige Untersuchungen liessen keinen Zweifel, dass der Stickstoffkern durch den Stoss der  $\alpha$ -Teilchen eine Umwandlung erfährt. Dies war die erste Kernreaktion, die beobachtet wurde.

(Proc. Roy. Soc. 117, 374, 1920.)

**Atomumwandlung, f.**, trans-  
mutation of atoms

**künstlich, artificial**

**Entdeckung, f.**, discovery

**Verhalten, n.**, behaviour

**Parallelstrahlenbündel, n.**,  
parallel pencil of rays

**Luft, f.**, air

**Stickstoff, m.**, nitrogen

**Wasserstoff, m.**, hydrogen

<b>beschiessen</b> , to bombard	<b>Erwartung</b> , <i>f.</i> , expectation
<b>Reichweite</b> , <i>f.</i> , range	<b>Masse</b> , <i>f.</i> , mass, bulk
<b>Eigenschaft</b> , <i>f.</i> , quality	<b>Geschwindigkeit</b> , <i>f.</i> , velocity
<b>Ladung</b> , <i>f.</i> , charge	<b>Betrag</b> , <i>m.</i> , amount, value
<b>ähnlich</b> , similar	<b>betragen</b> , to amount
<b>Ablenkungsversuch</b> , <i>m.</i> , deviation experiment	<b>Verhältnis</b> , <i>n.</i> , ratio, relation
<b>schnellbewegt</b> , quickly moving	<b>Rechnung</b> , <i>f.</i> , calculation
<b>Zusammenstoss</b> , <i>m.</i> , collision	<b>Erhaltung</b> , <i>f.</i> , conservation
<b>herrühren</b> , to originate	<b>stossen</b> , to collide
<b>Kern</b> , <i>m.</i> , core, nucleus, kernel	<b>Untersuchung</b> , <i>f.</i> , investigation
<b>Ergebnis</b> , <i>n.</i> , result	<b>trocken</b> , dry
<b>entsprechen</b> , to correspond	<b>vorrücken</b> , to move forward
	<b>Zweifel</b> , <i>m.</i> , doubt

## 29. DAS ZYKLOTRON

Im Jahre 1937 konstruierte Lawrence das Zyklotron, um geladene Teilchen von sehr grosser Geschwindigkeit zu erzeugen. Die beigefügte Zeichnung soll das dem Instrument zugrundeliegende Prinzip veranschaulichen. Zwei flache, hohle Zylinder dienen als Platten eines Kondensators im Stromkreis eines Hochfrequenz-Oszillators. Zwischen den Zylindern, im Punkt C am Rand des Zylinders A, werden Protonen, Deuteronen und andere Ionen mit Hilfe einer Entladungsröhre erzeugt. Wenn Zylinder B gerade negativ geladen ist, so erfahren die Ionen eine Beschleunigung in der Richtung auf B zu. Im Innern der Zylinder befindet sich kein elektrisches Feld; dagegen wird durch einen grossen Magneten ein magnetisches Feld in der Querrichtung zu den Zylinderenden erzeugt. Die Folge ist, dass sich ein Ion in einem Halbkreis bewegt. Wenn es bei B gerade in dem Zeitpunkt ankommt, in dem A negativ wird, so erfährt es nunmehr eine Beschleunigung in der Richtung nach A und beschreibe einen neuen Halbkreis. Es wird somit weiterhin Halbkreise mit ständig wachsendem Radius beschreiben (denn der Radius ist proportional der Geschwindigkeit) und mit jedem Halbkreis einen Energiezuwachs erfahren. Ist die Potentialdifferenz zwischen A und B  $10^4$  Volt und beschreibe das Ion 200 Halbkreise, so entspricht seine Energie am Ende einer Potentialdifferenz von  $2 \times 10^6$  Volt. Die Tatsache, dass der Radius und damit die Umkreisbahn proportional zur Geschwindigkeit anwächst, hat zur Folge, dass das Ion einen jeden

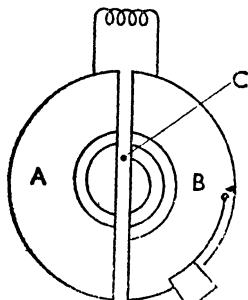


Abb. 6.

dieser Halbkreise in der gleichen Zeit durchläuft. Wird daher das magnetische Feld so eingestellt, dass die Umlauffrequenz der Teilchen der Schwingungsfrequenz der Spannung entspricht ( $\sim 10^7$ ), so empfängt das Ion einen Energiezuwachs am Ende von jedem Halbkreis. Schliesslich lässt man die Ionen in einem dünnen Bündel austreten und ein geeignetes Ziel bombardieren. Der Apparat ist von der Grösse einer Maschine; der Durchmesser der Pole ist ungefähr 80 Zentimeter, und zum Winden solcher

Spulen braucht man eine sehr grosse Menge Draht. Wir haben es hier mit einem modernen Hilfsmittel zu tun, das zur künstlichen Atomzertrümmerung dient. Viele interessante Arbeiten sind mit seiner Hilfe bereits ausgeführt worden.

**konstruieren**, to design

**laden**, to charge

**Geschwindigkeit**, *f.*, velocity

**erzeugen**, to produce

**Zeichnung**, *f.*, figure

**Teilchen**, *n.*, particle

**zugrundeliegen**, to form the basis

**veranschaulichen**, to illustrate

**flach**, shallow

**hohl**, hollow

**Stromkreis**, *m.*, circuit

**Hochfrequenz**, *f.*, high frequency

**Entladungsröhre**, *f.*, discharge tube

**Beschleunigung**, *f.*, acceleration

**Richtung**, *f.*, direction

**in der Querrichtung zu**, perpendicular to

**Folge**, *f.*, consequence, result

**Halbkreis**, *m.*, semi-circle

**ständig wachsend**, constantly increasing

**beschreiben**, to describe

**Energiezuwachs**, *m.*, increase in energy

**Tatsache**, *f.*, fact

**Umkreisbahn**, *f.*, circle circumscribed

**Umlauffrequenz**, *f.*, revolution frequency

**einstellen**, to adjust

**Schwingungsfrequenz**, *f.*, frequency of oscillations

**Spannung**, *f.*, voltage, tension

**austreten**, to emerge

**Bündel**, *n.*, pencil

**geeignetes Ziel**, *n.*, appropriate target

**Durchmesser**, *m.*, diameter

**Winden**, *n.*, winding

**Spule**, *f.*, coil

**Draht**, *m.*, wire

**Hilfsmittel**, *n.*, means

**Atomzertrümmerung**, *f.*, atomic disintegration

## 30. SUPRALEITFÄHIGKEIT

Die ersten Untersuchungen über die Leitfähigkeit von Metallen bei sehr tiefen Temperaturen stammen von Kamerlingh Onnes in Leyden. Im Jahre 1911 bestimmte er den Widerstand des festen Quecksilbers im Temperaturbereich des flüssigen Heliums und entdeckte, dass der Widerstand bei etwa 4,20 absolut sehr stark abfällt.

Der Widerstand lässt sich finden aus einer Bestimmung der Zeitkonstante eines Stromkreises mit einer bekannten Induktion  $L$  und dem zu messenden Widerstande  $R$ . Die Zeitkonstante  $\tau = \frac{L}{R}$  ist die Zeit, in welcher der Strom auf  $1/e$  seines ursprünglichen Wertes abfällt ( $e = 2.718 \dots$ ). Bei gewöhnlichen Leitern ist  $\tau$  von der Grössenordnung  $10^{-5}$  sec; aber bei Supraleitern fand man, dass  $\tau$  eine Grössenordnung von Tagen besitzt.

Kamerlingh Onnes Methode war die folgende: Eine Spule von Bleidraht wurde in flüssiges Helium eingetaucht. Parallel zu dieser Spule befand sich ein Stromschlüssel bestehend aus zwei Blei klötzen, die ebenfalls auf tiefe Temperatur gebracht wurden. Dieser Schlüssel diente dazu, den supraleitenden Stromkreis ein- und auszuschalten, ohne gewöhnliche Widerstände zu verwenden. Die Spule war ausserdem entweder an eine Batterie oder an ein dazu parallel geschaltetes Galvanometer angeschlossen, die sich beide ausserhalb des Kryostaten befanden. Nun wurde ein Strom durch die Spule geleitet, der Stromschlüssel geschlossen und die Batterie ausgeschaltet. Strom floss aber weiter durch die Spule; denn eine Magnetnadel wurde nach wie vor abgelenkt. Dann wurde das Galvanometer eingeschaltet und einige Stunden später der zur Spule parallel geschaltete Schlüssel geöffnet. Noch immer floss Strom durch das Galvanometer. Die Zeitkonstante war also so gross, dass sie sich unschwer messen liess.

Onnes fand ausserdem, dass der Leiter seinen normalen Widerstandswert annimmt, sobald die Stromstärke einen kritischen Wert überschreitet. Keesom und seine Mitarbeiter haben das von Onnes begonnene Werk an der Universität Leyden fortgesetzt.

**Leitfähigkeit, f.**, conductivity

**Untersuchung, f.**, research  
**stammen, to** originate

**Widerstand, m.**, resistance  
**fest, solid, firm**

**Quecksilber, n.**, mercury

**im Temperaturbereich, m.**,  
within the limits of tempera-  
ture

**entdecken, to** discover

**abfallen**, to decrease

**Bestimmung**, *f.*, determining

**Stromkreis**, *m.*, circuit

**Zeitkonstante**, *f.*, time constant

**Wert**, *m.*, value

**Leiter**, *m.*, conductor

**Größenordnung**, *f.*, order of  
magnitude

**Spule**, *f.*, coil

**Bleidraht**, *m.*, lead wire

**Strom**, *m.*, current

**Schlüssel**, *m.*, plug, key

**Bleiklotz**, *m.*, lead block

**einschalten**, to switch on

**ausschalten**, to switch off

**Batterie**, *f.*, battery

**Magnetnadel**, *f.*, magnetic  
needle

**ablenken**, to deviate

### SECTION III

#### GERMAN EXTRACTS FROM LONDON UNIVERSITY EXAMINATION PAPERS

##### A—INTERMEDIATE

1. Translate and give a diagram of one form of apparatus used by Joule in the work referred to—

Die Allgemeingültigkeit dieses Satzes kann nur nach zwei Methoden erwiesen werden, nämlich erstens durch die direkte experimentelle Prüfung, ob der Zahlenwert des mechanischen Wärmeäquivalentes tatsächlich von dem Wege, auf dem die Arbeit in Wärme oder umgekehrt verwandelt wird, unabhängig ist, oder zweitens durch den Nachweis, dass dieser Satz nur die notwendige Folge einer allgemein anerkannten Erfahrung ist. Beide Wege sind auch gleichzeitig und unabhängig von einander mit Erfolg beschritten worden, und zwar der erste vornehmlich durch Joule, der zweite durch Helmholtz.

(Inter: UL: July 1936 Internal.)

2. Translate:—

Bringt man einen Eisen-oder Stahlstab in die Nähe eines elektrischen Stromes und stellt man ihn quer zu diesem, so erweist er sich als magnetisch; stärker wird die Wirkung, wenn man ihn in das Zentrum eines Kreisstromes senkrecht zu dessen Ebene bringt, und noch wesentlich stärker, wenn man statt des Kreisstromes eine Spule anwendet und den Stab hineinsteckt. In diesem Falle ist der entstehende Magnetismus von der gewöhnlichen longitudinalen art.

(Inter: UL: July 1937 Internal.)

3. Translate:—

Bringt man eine Spur Radium oder ein Stück Pechblende in die Nähe eines geladenen Elektroskops, so entlädt es sich rasch, da das Radium die Luft leitend macht. Was für Luft gilt, gilt für alle Gase. Deshalb nennen wir diese Erscheinung Ionisation der Gase.

Wir bilden einen Leiterkreis aus einer Batterie, einem Ampèremeter und zwei durch eine Luftschicht getrennten Metallplatten. Bestrahlen wir die Luftschicht mit einem Ionisator, so fließt ein Strom. Wird der Ionisator entfernt, so hört der Strom auf zu fließen.

(Inter: UL: July 1937 External.)

## 4. Translate and comment upon:—

Nach Newtons Ansicht ist das Licht ein feiner Stoff, den die Lichtquelle aussendet. Die einzelnen Teilchen fliegen geradlinig von dem leuchtenden Punkt nach allen Seiten. Bei der Reflexion verhalten sie sich wie elastische Körper beim Stoss. Damit war die Gleichheit vom Einfallswinkel und Reflexionswinkel erklärt. Um die Brechungserscheinung, d.h. die Knickung des in ein optisch dichteres Medium eintretenden Strahls erklären zu können, nahm Newton an, dass der Lichtstoff durch die Anziehung der Massenteilchen des optisch dichteren Mediums eine Beschleunigung erfährt und dann mit vergrößerter Geschwindigkeit durch das dichtere Medium fliegt.

(Inter: UL: Nov. 1937 External.)

## 5. Translate and comment upon:—

Eine Stromspule hängt, die Windungen parallel den Kraftlinien, zwischen den Polen eines Stahlmagnets. Die Aufhängung und eine untere Leitung (meist Spirale) führen den Strom zu und ab. Die Schwingungen werden gedämpft durch die in der Spule oder zugleich in einem Metallrahmen bei der Bewegung induzierten Ströme. Von äusseren magnetischen Störungen sind die Instrumente fast unabhängig. Aber auch hier müssen die Zuleitungen zum Galvanometer bei vorhandenen Störfeldern nahe beieinander oder verdrillt sein. Von der Vertikalstellung wird der Ausschlag beeinflusst. Die Empfindlichkeit kann durch ein starkes Feld und feindrätige Aufhängung sehr weit gesteigert werden.

(Inter: UL: July 1938 Internal.)

## 6. Translate and comment on the following passage and describe one practical application of the phenomenon concerned:—

Die Brechungszahl  $n$  in den Linsenformeln hat, je nach der Farbe, zu der sie gehört, eine andere Grösse.

Die Brennweite einer Bikonvexlinse  $f = \frac{r}{2(n-1)}$  hat danach für Rot eine andere Länge als für Gelb oder für Violett. Mit

$$n_{\text{rot}} = 1,527 \text{ ist} \quad f_{\text{rot}} = 0,949 r.$$

$$n_{\text{violett}} = 1,542 \text{ ist} \quad f_{\text{violett}} = 0,922 r$$

Daraus folgt: Bringen wir einen Schirm in den Brennpunkt

der violetten Strahlen, so wird das Bild unscharf durch einen verwaschenen aussen roten Farbensaum.

(Inter: UL: Nov. 1938 External).

7. Translate and comment upon:—

Luft isoliert im allgemeinen vorzüglich: Die Goldblättchen eines Elektroskops, durch Ladung zum Spreizen gebracht, behalten viele Stunden den Ausschlag fast unverändert. Ihre Ladung fliesst also nicht oder nur ganz langsam durch die Luft zu dem geerdeten Gehäuse. Das hohe Isolationsvermögen der Luft lässt sich aber sehr vermindern: setzt man z.B. nicht weit vom Elektroskop eine Röntgenröhre in Gang, oder bringt man ein Radiumpräparat in die Nähe, so fallen die Blättchen in kurzer Zeit zusammen. Sobald man die Röhre ausschaltet, oder das Radiumpräparat entfernt, hat die Luft wieder ihre alte Isolierfähigkeit.

(Inter: UL: July 1938 External.)

8. Translate the following passage and describe how you would use the phenomenon mentioned to find the refractive index of a liquid:—

Eine totale Reflexion tritt stets ein, wenn ein Lichtstrahl aus einem optisch dichteren Mittel auf die Grenzfläche eines optisch dünneren Mittels fällt und der Einfallswinkel grösser ist als der durch die Gleichung  $\sin \gamma = \frac{1}{n_{12}}$  bestimmte Grenzwinkel der totalen Reflexion. Man beobachtet die totale Reflexion, wenn man schräg von unten gegen die wagerechte Wasserfläche eines mit Wasser gefüllten Glases blickt, an dem eigentümlich intensiven Glanz, der so hell ist, als ob die Reflexion an einer polierten Silberplatte stattfindet.

(Inter: UL: July 1939 External.)

9. Translate and comment upon:—

Solange sich also der Dampf in Berührung mit seiner Flüssigkeit befindet und eine bestimmte Temperatur festgehalten wird, kann man seine Spannung und seine Dichte durch Änderung des von ihm und der Flüssigkeit erfüllten Volumens nicht verändern. Vergrössert man es, so verdampft einfach Flüssigkeit nach, verkleinert man es, so verdichtet sich Dampf zu

Flüssigkeit. Im ersten Falle ist zur Erhaltung der Temperatur ein der verdampften Menge entsprechender Betrag von Verdampfungswärme zuzuführen, im zweiten Falle ist die freiwerdende Verdampfungswärme abzuführen.

(Inter: UL: Jan. 1940 External.)

### B—GENERAL

10. Translate and comment on the following passage:—

Von  $pV = \frac{1}{3} N m v^2$  ausgehend, lässt sich zeigen: die kinetische Energie pro *Freiheitsgrad* ist bei einem Gas aus starren Molekülen (eiatomiges Gas) bei der Temperatur  $T$  gleich  $\frac{1}{2} \frac{R}{N} T$  wo  $R$  die Gaskonstante ist und  $N$  die Anzahl Moleküle im Mol. Im Festkörper ist sie *doppelt* so gross, also  $\frac{R}{N} T$  (kinetische und potentielle Energie, beide als gleich angenommen). Mit  $\frac{R}{N} = k$  können wir  $\frac{1}{2} kT$  und  $kT$  schreiben. Einem kugelförmigen Molekül, das sich frei nach allen drei Dimensionen bewegen kann, schreibt man drei Freiheitsgrade zu. Es besitzt daher bei der absoluten Temperatur  $T$  im Mittel die Energie  $\frac{3}{2} kT$ .

(General: UL: June 1936 Internal.)

11. Translate and comment upon the following passage:—

Bei ihren Untersuchungen über die spezifische Wärme bei tiefen Temperaturen benutzten Nernst und Lindemann einen Kupferblock von etwa 400 g., der eine längliche Höhlung zur Aufnahme der erwärmten oder abgekühlten Substanz besass. Wegen seiner guten Wärmeleitfähigkeit hat der Kupferblock überall eine praktisch gleiche Temperatur, was die bei Flüssigkeitskalorimetern nötige Rührung ersetzt. Der Kupferblock befand sich in einem Vakuumgefässe. Zur Temperaturmessung dienten zehn hintereinander geschaltete Konstantaneisen-Thermoelemente.

(General: UL: 1937 Internal.)

12. Translate the following passage and describe a simple experiment to illustrate the effect described in the last sentence:—

*Turbulenz.* Bei der Strömung einer zähen Flüssigkeit durch

lange gerade Röhren macht man die Beobachtung, dass bei höheren Geschwindigkeiten das Poiseuillesche Gesetz (Druckabfall proportional mit der Durchflussmenge) von einem andern Gesetz abgelöst wird, bei dem der Druckabfall ganz erheblich grösser ist, und zwar ist er hier angenähert der zweiten Potenz der Durchflussmenge proportional. Gleichzeitig findet man, dass die Strömung, die im Bereich des Poiseuilleschen Gesetzes ganz glatt und geradlinig erfolgt, bei den höheren Geschwindigkeiten von unregelmässig wirbelnden Mischbewegungen durchsetzt ist.

(General: UL: June 1937 External.)

13. Translate and comment upon the following:—

Die kritische Temperatur des Wasserstoffs liegt bei  $-239,9^{\circ}\text{C}$ . Der kritische Druck beträgt 12,8 Atmosphären. Man kommt aber selbst mit unter stark vermindertem Druck siedender flüssiger Luft nur bis ungefähr  $-210^{\circ}\text{C}$ . Infolgedessen ist die Verflüssigung des Wasserstoffes ohne Zuhilfenahme der Abkühlung durch Entspannung nicht möglich. Da der Joule-Kelvin-Effekt bei Zimmertemperatur eine Erwärmung hervorruft, so kann die Abkühlung des Wasserstoffes mittels Gegenstromes und Joule-Kelvin-Effekt nicht direkt von der Zimmertemperatur aus erfolgen; es ist eine Vorkühlung mit flüssiger Luft nötig.

(General: UL: June 1937 External.)

14. Translate the following passage, discuss briefly the characteristic features of the eyepiece described, and draw an illustrative diagram:—

Das Ramsdensche Okular besteht aus zwei einander gleichen Plankonvexlinsen, die einander ihre gekrümmte Seite zukehren, und deren Abstand etwas kleiner als die Brennweite jeder einzelnen Linse ist. Dieses Okular erhält eine solche Stellung, dass die vom Objektiv kommenden Strahlen sich noch vor Eintritt in die Kollektivlinse vereinigen: Das vom Objektiv erzeugte reelle Bild  $BB'$  des Objekts liegt ausserhalb des Okulars. Man kann demnach auf der an dieser Stelle angebrachten körperlichen Blende  $CC'$  ein Fadenkreuz oder ein Okularmikrometer anbringen, das mit dem Objekte gleichzeitig und an derselben Stelle abgebildet wird.

(General: UL: 1938 Internal.)

15. Translate and comment on the following passage:—

Nachdem die ersten rein qualitativen Beobachtungen eine sehr geringe Durchdringungsfähigkeit der  $\alpha$ -Strahlen ergeben hatten, führten exaktere Messungen über die Abhängigkeit der Absorption von der Dicke der durchstrahlten Schichten zum Resultate, dass ein exponentielles Absorptionsgesetz hier nicht gilt, sondern dass die Absorbierbarkeit mit wachsender Schichtdicke zunimmt ferner, dass die Strahlungsintensität nicht asymptotisch auf Null abnimmt, sondern dass eine endliche Schichtdicke vollständige Absorption bewirkt. Unter Voraussetzung eines Bündels paralleler und homogener  $\alpha$ -Strahlen lässt sich daher für jedes absorbierende Medium als charakteristische Grösse die "Reichweite"  $R$  für  $\alpha$ -Strahlen bestimmter Anfangsgeschwindigkeit angeben.

(General: UL: Jan. 1938 External.)

16. Translate and comment on the following passage:—

Bei jedem Durchgange eines elektrischen Stromes durch einen Elektrolyten tritt eine sekundäre Potentialdifferenz an den Elektroden auf. Dadurch wird der Widerstand des Elektrolyten während des Stromdurchganges scheinbar erhöht. Diese scheinbare Widerstandsvergrößerung ist besonders für die Messung des Widerstandes eines Elektrolyten mit der Wheatstoneschen Brücke nicht geeignet. F. Kohlrausch hat gezeigt, dass man diese durch den Polarisationsstrom hervorgerufene Störung vermeiden kann, wenn man beim Messen des Widerstandes mit der Brücke einen Strom verwendet, dessen Richtung rasch wechselt.

(General: UL: June 1938 External.)

17. Translate and comment upon the following passage:—

Ein sicheres Verfahren zur direkten Bestimmung des kritischen Volumens ist noch nicht gefunden. Die Schwierigkeit liegt hauptsächlich in der grossen Abhängigkeit des Volumens von sehr kleinen Druckänderungen in der Nähe des kritischen Punktes. Man bedient sich daher eines indirekten Verfahrens. Wenn man die orthobaren Dichten der Flüssigkeit und des gesättigten Dampfes als Ordinaten, die zugehörige Temperatur als Abszisse aufzeichnet, so liegen diese Dichten symmetrisch zu einer Geraden, die den Scheitel der Kurve im kritischen Punkte trifft. Man braucht also nur in der Nähe dieses Punktes eine Anzahl von Paaren zu ermitteln, so erhält man die kritische Dichte, das Reziproke des kritischen Volumens.

(General: UL: June 1939 External.)

18. Translate and amplify the statements in the following passage:—

Unter Beugung oder Diffraction des Lichtes versteht man die Abweichungen der Lichtausbreitung von den Gesetzen der geometrischen Optik, welche sich bemerklich machen, wenn undurchsichtige Körper die freie Ausbreitung des Lichtes unterbrechen. Derartige Erscheinungen treten zum Beispiel auf in der Nähe des Randes des Schattens, den ein undurchsichtiger Schirm in dem von einem leuchtenden Punkte ausgesandten Lichte erzeugt; dieser Schatten zeigt nämlich nicht die enge vollkommen scharfe Begrenzung, welche der geometrische Schatten besitzen müsste; vielmehr gelangt auch noch Licht in das Innere des geometrischen Schattens, und ausserhalb desselben zeigt sich noch eine Beeinflussung der Lichtintensität, die sich durch abwechselnd hellere und dunklere Streifen parallel zum Schattenrande kundgibt.

(General: UL: January 1940 External.)

19. Translate, comment upon and amplify the following passage:—

Manche Substanzen, z.B. Zuckerlösung, Quarz, haben die Eigenschaft, dass sie die Schwingungsebene linear polarisierten Lichts, welches durch sie hindurchtritt, drehen (optisch aktive Substanzen). Bringt man eine solche Substanz zwischen gekreuzte Nicolsche Prismen, so tritt eine Aufhellung des Gesichtsfeldes ein. Damit wieder Dunkelheit eintritt, muss der Analysator um einen bestimmten Winkel  $\alpha$  gedreht werden. Jedoch darf man diesen Winkel nicht ohne weiteres mit dem Drehungswinkel in der Substanz identifizieren. Eine Entscheidung über die wirkliche Drehung kann nur durch Variation der Schichtdicke der Substanz getroffen werden.

(General: UL: June 1940 External.)

20. Translate and comment on the following:—

Die verschiedenen Gasthermometer liefern etwas verschiedene Temperaturskalen je nach der Art und Dichtigkeit des benutzten Gases und je nachdem man bei konstantem Druck oder bei konstantem Volumen beobachtet. Indessen hat die Erfahrung das sehr wichtige Ergebnis geliefert, dass erstens alle Gasthermometer miteinander übereinstimmen, wenn man nur die Dichtigkeit der Gase hinreichend klein wählt, und dass zweitens die Skala eines solchen mit sehr dünnem Gase gefüllten Ther-

ometers, welche man die ideale Gasskala nennt, mit der absoluten thermodynamischen Skala übereinstimmt: diese aber ist, weil von den besonderen Eigenschaften eines Körpers unabhängig, allen anderen Skalen vorzuziehen.

(General: UL: Nov. 1940 External.)

### C—SPECIAL

21. Translate the following passage and show by a diagram the optical arrangements used:—

Die Lummer-Gehrcke-Platte benutzt zur Herstellung der interferierenden Strahlen die Zickzackreflexion in einer Glasplatte. Durch ein aufgekittetes Prisma tritt das Licht so in die planparallele Glasplatte ein, dass es fast unter dem Grenzwinkel der Totalreflexion auf die Wände auftrifft. Dadurch tritt jedesmal nur ein kleiner Teil aus, es entstehen also sehr viele austretende Lichtbündel von merklicher Intensität, die miteinander ähnlich interferieren wie die aus den verschiedenen Stufen des Stufengitters austretenden Strahlen. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass beim Stufengitter die Winkelstreuung im austretenden Licht durch die Beugung an den Stufen hervorgerufen wird, während durch die Lummer-Platte selbst keine Winkelstreuung entsteht, so dass hier dem eintretenden Licht schon eine Winkelstreuung gegeben werden muss, d.h. man arbeitet mit breitem Kollimatorspat.

(Special: UL: June 1936 Internal.)

22. Translate and comment on the following passage:—

Eine Expansion ohne äussere Arbeit stellt aber auch die Diffusion zweier Gase dar. Entfernen wir in einem Gefäss die Scheidewand, welche zwei Gase von einander trennt, so dehnt sich jedes auf das Volumen des ganzen Gefässes aus, indem den Molekeln jedes der beiden Gase nun der ganze Raum zur Verfügung steht. Dieser Vorgang ist nach dem zweiten Hauptsatz nicht rückgängig zu machen, ohne Arbeit aufzuwenden. Dabei ist die Wärme nur indirekt im Spiel, da ja gar keine Temperaturänderungen vorkommen. Aber gerade der Prozess der Diffusion wirft ein helles Licht auf den Sinn des zweiten Hauptsatzes.

(Special: UL: June 1937 Internal.)

23. Translate and comment on the following passage:—

*Raumakustik.* Die raumakustischen Erscheinungen lassen sich in zwei Gruppen einordnen. Die erste Gruppe bilden die Echo-

effekte, wie sie durch Reflexion eines Schallstrahles an einer oder auch an mehreren, einzeln lokalisierbaren Begrenzungsflächen des Raumes zustande kommen. Für die zweite Gruppe von Erscheinungen ist nicht der Ablauf eines einzelnen Reflexionsvorganges, insbesondere auch nicht der geometrische Verlauf von Schallstrahlen im einzelnen sondern das Zusammenwirken einer grossen Anzahl von Reflexions- und Absorptionsprozessen an den verschiedensten Begrenzungsflächen des Raumes von Bedeutung. Die Gesamtheit all dieser Einzelprozesse bedingt die Art, wie Schall in einem Innenraum beim Einschalten der Schallquelle anklingt und wie er nach Aussetzen der Quelle ausklingt. Diese Erscheinungen lassen sich unter dem Titel "Schallabsorption, Nachhall" zusammenfassen.

(Special: UL: June 1938 Internal.)

24. Translate and comment on the following, giving a diagram:—

Senderöhren als Erzeuger äusserst konstanter Schwingungen beliebiger Frequenz sind sehr wertvoll. Die Schaltung ist die Rückkoppelungsschaltung, da ein Teil der in dem Schwingungskreis erzeugten Spannung auf das Gitter zurückwirkt und damit die Schwingung immer von neuem wieder antreibt. Diese Rückkoppelung kann auch rein induktiv oder kapazitiv ausgeführt werden. Die Frequenz lässt sich in weiten Grenzen ändern, aber die Röhren sind sehr empfindlich gegen Änderungen des Heizstromes.

(Special: UL: June 1937 External.)

25. Translate and comment on the following passage:—

Breitet sich ein geradlinig polarisierter Strahl in gewissen Körpern aus, so ändert sich die Polarisationsenebene am Strahle entlang, indem sie sich in einer bestimmten Richtung dreht. Die Grösse der Drehung ist der Dicke des Körpers proportional und hängt von der Wellenlänge des Strahles ab; sie ist (angenähert) umgekehrt proportional dem Quadrate der Wellenlänge. Für feste kristallinische Substanzen ist die Aktivität untrennbar verbunden mit einer bestimmten geometrischen Eigenschaft der Kristallform. Die Drehung einer Lösung hängt nur von der Menge der aktiven Substanz ab, welche in der Volumeneinheit der Lösung enthalten ist, aber fast garnicht von der Art des inaktiven Lösungsmittels.

(Special: UL: June 1937 External.)

26. Translate and comment on the following passage:—

*Thomson* entwickelt im Anschluss an die *Clapeyronsche* Arbeit den Gedanken, eine absolute Temperaturmessung durchzuführen d.h. er versucht das erste Mal eine Temperaturskala festzulegen, die von jeder speziellen thermometrischen Substanz unabhängig ist. Der Befund *Carnots*, dass der Wirkungsgrad sämtlicher idealer Wärmekraftmaschinen der gleiche ist, schien ihm hierzu eine geeignete Grundlage zu bilden; er schlug daher zunächst vor, in der Gleichung

$$\eta = \frac{dA}{Q} = \frac{dT}{f(T)} = \mu dT$$

die Grösse  $\mu$  der gesuchten Temperaturskala proportional zu setzen. Da sich indessen herausstellte, dass auf diese Weise keine Übereinstimmung mit dem Gasthermometer zu gewinnen war, änderte *Thomson* seinen ursprünglichen Vorschlag später ab und setzte  $\mu \propto 1/T$ .

(Special: UL: June 1938 External.)

27. Translate and comment on the following passage:—

Unter Ultraschall versteht man in der Akustik die Schallfrequenzen oberhalb der Hörgrenze des menschlichen Ohres, d.h. die Schallschwingungen von rund 20 kHz an aufwärts. Mit modernen Mitteln gelingt es heute, Ultraschallschwingungen bis etwa  $5 \cdot 10^5$  kHz zu erzeugen. In Wellenlängen ausgedrückt bedeutet dies, dass die Ultraschallwellen in Luft den Wellenlängenbereich von 1,6 cm bis  $0,6 \cdot 10^{-4}$  cm, in Flüssigkeiten den Bereich von 6 cm bis  $2,4 \cdot 10^{-4}$  cm und in festen Körpern den Wellenlängenbereich von 20 cm bis  $8 \cdot 10^{-4}$  cm überstreichen. Gerade durch die Kleinheit der Wellenlänge haben sich besondere Anwendungen des Ultraschalls auf den verschiedensten Gebieten ergeben. Viele Untersuchungen mit Schallschwingungen, insbesondere die Schallgeschwindigkeitsmessungen, lassen sich bei Benutzung von Ultraschall auf sehr viel kleinerem Raum vornehmen, als mit den früher benutzten Schallschwingungen des Hörbereiches, ohne dass Einflüsse von Gefässwandungen usw. stören.

(Special: UL: June 1939 External.)

28. Translate and comment upon the following passage:—

Fizeau und Foucault haben zuerst darauf hingewiesen, dass

eine Lichtquelle nicht unendlich viele kohärente Schwingungen auszusenden vermag, da das emittierende Teilchen nach Ablauf einer endlichen Zeit z.B. durch Zusammenstoss gestört werden wird. Dies vorausgesetzt, folgt, dass nur eine begrenzte Anzahl von kohärenten Schwingungen vorhanden sein kann. Hieraus aber ergibt sich, dass auch die Interferenzfähigkeit des Lichtes einer einzelnen Spektrallinie eine Grenze hat; denn oberhalb einer gewissen Grösse des Gangunterschiedes der interferierenden Strahlen ist das Licht nicht mehr kohärent, und dann können auch keine Interferenzstreifen mehr zustandekommen.

(Special: UL: June 1939 External.)

29. Translate and comment upon the following passage:—

Wenn man bedenkt, dass die klassische Theorie der Elektrolyte dadurch gekennzeichnet werden kann, dass sie von den *Coulomb*-schen Kräften zwischen den Ionen absieht, also etwa der Theorie der idealen Gase entspricht, so braucht man nicht darüber überrascht zu sein, dass sie versagen musste, wenn es sich darum handelte, stark dissoziierte Elektrolyte in ihrem Verhalten zu erfassen. Die klassische Theorie der schwachen Elektrolyte einerseits und die *Debyesche* Theorie der starken Elektrolyte andererseits stellen Grenzfälle dar, erstens für den Fall sehr geringer Dissoziation und zweitens für fast vollständige Dissoziation. Die *Debyesche* Theorie steht zur *Arrheniusschen* keinesfalls im Gegensatz, vielmehr vervollständigt sie letztere durch die Mitberücksichtigung der *Coulombschen* Kräfte zwischen den Ionen.

(Special: UL: June 1939 External.)

30. Translate the following passage, adding a brief explanation of the experiment in which the device described is used:—

*Explosionsmethode zur Bestimmung von  $C_v$ .*

Die Hauptschwierigkeit bei der experimentellen Durchführung der Methode lag in der Auffindung eines geeigneten Manometers. *Mallard* und *Le Chatelier* benutzten eine *Bourdonsche* Spirale, *Langen* einen Federindikator, doch besaßen beide Vorrichtungen eine zu grosse Masse, so dass sie dem Druckenstieg nicht rasch genug folgten, und, was noch störender war, zu Schwingungen angeregt wurden. Ausgezeichnet bewährte sich die Verwendung einer konzentrisch gewellten Stahlmembran (Durchmesser etwa 5 cm, Dicke 0,1 mm), an die etwa im Abstand des halben Radius

ein kleiner Spiegel befestigt ist, der direkt an die Membran angelötet bzw. angeschraubt werden kann. Bei einer Drucksteigerung biegt sich die Membran etwas durch und bewirkt somit eine kleine Drehung des Spiegels, die mittels eines Lichtstrahls auf einer mit lichtempfindlichem Papier überzogenen Trommel in starker Vergrößerung registriert wird.

(Special: UL: June 1940 External.)

31. Translate the following passage, and add a brief explanation, with diagram, of the point under discussion:—

Eines der wichtigsten Ergebnisse der statistischen Mechanik besteht in dem *Maxwell-Boltzmannschen* Energie- und Geschwindigkeitsverteilungsgesetz. Dasselbe ist von der speziellen Beschaffenheit der ins Auge gefassten Körper unabhängig und sagt aus, dass die kinetische Gesamtenergie eines Systems sich stets nach einem bestimmten Gesetz auf die einzelnen Molekeln verteilt; es treten also nebeneinander sowohl rasche wie langsame Molekeln auf, und zwar soll, wenigstens bei einer gegebenen Temperatur, das Verhältnis der Zahl der raschen Molekeln zu der der langsamen stets das gleiche sein, einerlei, in welchem Aggregatzustand man die betreffende Substanz vor sich hat.

(Special: UL: June 1940 External.)

32. Translate, amplify and comment upon the following passage:—

Zum Verständnis des Para- und Diamagnetismus muss zunächst gesagt werden, dass man den Atomen der verschiedenen Stoffe die Eigenschaft zuschreiben muss, Träger von atomaren Kreisströmen zu sein. Diese Vorstellung wurde zuerst von *Ampère*, *Weber* und anderen zur Deutung der Eigenschaften der ferromagnetischen Stoffe entwickelt, ist aber nach unserer heutigen Kenntnis auf alle Stoffe zu übertragen. Die heutige Atomtheorie deutet diese Kreisströme als kreisende Bewegungen von Elektronen um die einzelnen Atome, und diese Kreisströme sind, wie die Ströme in Leitern, Träger eines magnetischen Momentes. Bei einem Teil der Elemente sind die Kreisströme so beschaffen, dass sich ihre magnetischen Momente an jedem Atom gerade gegenseitig aufheben. Diese Atome besitzen also kein resultierendes magnetisches Moment. Es sind dies die diamagnetischen Stoffe.

(Special: UL: June 1940 External.)

**33.** Translate etc.*Schallaufzeichnung*

Die älteren, rein mechanisch oder auch mechanisch-optisch arbeitenden Methoden zur Schallaufzeichnung waren nur von beschränkter Verwendungsmöglichkeit. Die Kurventreue der Aufzeichnung war sehr gering. Man war zur Erreichung genügender Empfindlichkeit gezwungen, sich mit verhältnismässig tief abgestimmten Apparaten zu begnügen, Resonanzstörungen waren unvermeidlich. Aufschlüsse über höherfrequente Vorgänge konnten nicht gewonnen werden. Die in neuerer Zeit entwickelten Methoden der elektrischen Schallaufzeichnung sind den mechanischen bzw. mechanisch-optischen Verfahren an Güte und an Empfindlichkeit ausserordentlich überlegen.

(Special: UL: June 1941 Internal.)













