

position, and at the same time in outward rotation on account of the particular condition of origin and insertion of the powerful gluteus medius and minimus muscles. On adduction by the no less powerful adductor magnus muscle, the leg, on account of the probably peculiar attachment of that muscle, remained in outward rotation. This was a necessary condition if the most habitual locomotion consisted in climbing — properly walking — aloft big trees, with alternately extended legs. Hence also when the glutei muscles mentioned were bringing the trunk above the extended and in adduction fixed leg, they together with the adductor magnus muscle rotated the trunk at the same time with the front to the other side. Thus the femur of *Pithecanthropus erectus*, although well fit for a locomotion on the ground resembling the human gait, was most likely by no means so exclusively adapted for it as in Man, but more appropriate to a habitual treegoer, a dendrobates.

Of course, these more or less exactly described functions are only probabilities. However this be, the morphological evidence acquired proves beyond a doubt that the skull and the femur which were excavated in 1891—1892, can have been associated in one and the same organism, a distinct species, which as such had a complete and finished, not an imperfect organisation.

I still believe, now more firmly than ever, that the *Pithecanthropus* of Trinil is the real “missing link”. In a sense, for I have learned to see the evident continuity of the organic world in another light than before, and to conceive that no continuity can be found in the links, the distinct species, themselves. Continuity only existed in the invisible germ thread running through them. Evolution, as evidenced in the central organ of animal life, is phyloblastesis, by geometrical, not arithmetical progression.

---

**Physics.** — *Optische Untersuchung des Zusammenstosses von Gasatomen mit einer Wand.* Von L. S. ORNSTEIN und W. R. VAN WIJK.  
Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Universität Utrecht.

(Communicated at the meeting of June 25, 1932).

Der Zusammenstoss von Gasatomen oder Molekülen mit einer Wand ist gewöhnlich in der Weise untersucht worden, dass irgendeine mittlere Grösse, wie etwa die Aenderung der mittleren Energie der Moleküle beim Auftreffen auf die Wand, gemessen wurde.

An Versuche, welche tiefer in die Natur der Vorgänge eindringen, liegen

nur die Molekularstrahlexperimente <sup>1)</sup> vor sowie auch eine in diesem Institut ausgeführte Arbeit, wobei längs optischem Weg die Verteilungsfunktion der Rotationsenergie bestimmt wurde <sup>2)</sup>). Die analoge Untersuchung der Verteilungsfunktion der Translationsenergie, welche eine genaue Analyse der Form der Spektrallinien fordert, ist jetzt von uns an Helium vorgenommen worden, und obwohl definitive Resultate bisher noch ausstehen, hat sich doch herausgestellt dass eine Entscheidung mit den

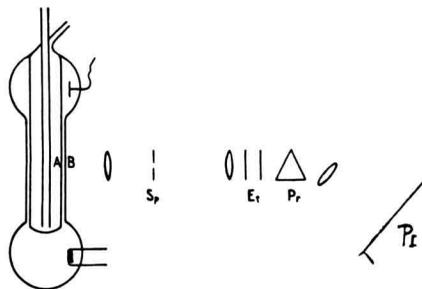


Fig. 1

heutigen Hilfsmitteln der Spektroskopie möglich ist. Die schematische Aufstellung zeigt die Figur 1. Das Spektralrohr *Sp*. bestand aus zwei koaxialen Zylindern, von denen die Innere *A* wassergekühlt und die Aeussere *B* elektrisch geheizt wurde, auf ungef.  $320^{\circ}$  C. Der Abstand der beiden Zylinderwände betrug 0.1 cm. Das Helium hatte einen Druck von etwa 0.01 cm, sodass die freie Weglänge der Atome von derselben Grössenordnung wie der Abstand der Wände war. Das Rohr wurde auf einem Induktorium mit 500 Periodenstrom betrieben. In der Heizwicklung der Wand *B* war ein schmales Rechteck ausgespart, das auf dem Kollimatorspalt *Sp*. abgebildet wurde, wonach das Licht das Fabry-Pérot Interferometer *Et* und das Zerlegungsprisma *Pr* durchlief, um schliesslich auf der photographischen Platte *Pl* zu einem scharfen Bilde des Kollimatorspaltes fokussiert zu werden. Die Beobachtung geschah also senkrecht auf der Wand, was zur Folge hat, dass die auf die Wand *B* zufliegenden Atome eine violettverschobene Frequenz ausstrahlen und die von *B* weglaufenden eine nach Rot verschobene.

Sieht man vorläufig von den Zusammenstössen der Atome untereinander völlig ab, dann würde man die folgende Struktur der Spektrallinie erwarten. Weil die Wand *A* rauh war, (sie war mit Kupferoxyd geschwärzt), verlassen die Atome dieselbe mit einer Maxwell'schen Geschwindigkeitsverteilung, sodass der violettverschobene Teil der Spektrallinie die Form einer Fehlerkurve hat. Der rotverschobene Teil gibt die Verteilung, wie dieselbe durch den Zusammenstoss abgeändert worden ist. Nehmen wir an dass diese Letztere aus zwei Maxwell'schen Verteilungen aufgebaut ist, von welchen die eine von den elastisch reflektierten Atomen herrührt und die Temperatur der Wand *A* besitzt, während die andere die kondensierte und wieder abgedampfte Atome enthält und somit die Temperatur von *B* hat, dann bekommen wir Linienformen, wie sie in der Figur 2 gezeichnet sind. Die beige-schriebenen Zahlenwerte stellen den Akkommodationskoeffizient vor auf welchen die Kurven sich beziehen. Bei einem Akkommo-

<sup>1)</sup> I. ESTERMANN u. O. STERN, Zt. f. Phys. 61. 95. 1930.

<sup>2)</sup> W. R. v. WIJK, Zt. f. Phys. 75. 584, 1932.

dationskoeffizienten  $a$  ist die Maximalhöhe der Verteilungskurve der elastisch reflektierten Molekülen  $1-a$ , wenn die Höhe der Einfallsverteilung  $1$  ist, und die der abgedampften  $aT_k/T_w$  wo  $T_k/T_w$  das Verhältnis der Wandtemperaturen ( $T_k =$  Temperatur der kalten Wand  $A$ ) vorstellt. Denn es gilt die Stetigkeitsbedingung  $N_k V_k = N_w V_w$ , worin  $N$  die Molekularen Dichten und  $V$  die mittleren Geschwindigkeiten sind, sodass das  $N_k$  in dem Verhältnis  $\sqrt{\frac{T_w}{T_k}}$  zu dem  $N_w$  steht. Weil die Maximalhöhe der Maxwell'schen Verteilung proportional dem Produkte von  $N$  und  $\frac{1}{\sqrt{T}}$  ist, kommen wir zu dem obigen Wert der Maximalhöhe für die zweite Vertei-

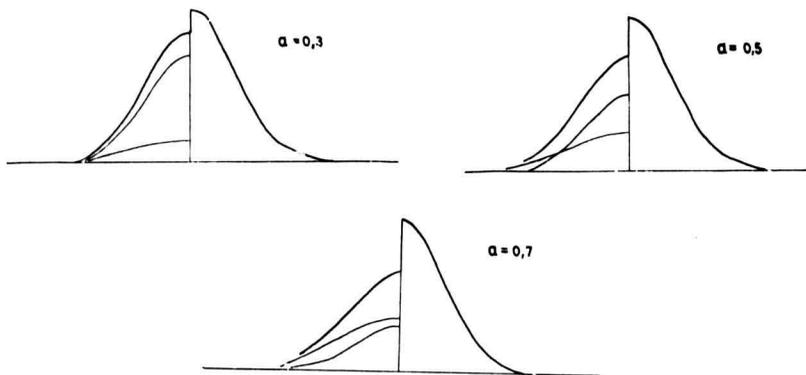


Fig. 2

lungsfunktion. Die Kurven in der Figur 2 sind alle für das Verhältnis  $T_k/T_w = 1/2$  berechnet.

Diese wirkliche Linienform wird aber noch durch den Apparat verzerrt, worauf schon P. P. KOCH hingewiesen hat<sup>1)</sup>, was aber erst vor kurzem von H. C. BURGER und P. H. VAN CITTERT eingehend untersucht worden ist<sup>2)</sup>. Dieselben haben auch eine noch unveröffentlichte Apparatur konstruiert, womit es möglich ist die wahre Linienform zu bestimmen, wenn die Intensitätsverteilung, welche der Spektralapparat für eine streng monochromatische Spektrallinie liefert, bekannt ist, und sie waren so liebenswürdig das Verfahren für uns auszuführen. Die vom Apparat gelieferten scheinbaren Intensitätsverteilungen sind in der Figur 3 dargestellt, wobei als vierte Kurve die experimentell gefundene Intensitätsverteilung der Singulettlinie  $5016 \text{ \AA}$  gezeichnet ist, wie diese sich aus der photographischen Aufnahme nach Reduktion der Abstandsunterschiede im Bild der Linie auf Wellenlängenskala und nach Umrechnung der photographischen Schwär-

<sup>1)</sup> P. P. KOCH. Ann. d. Phys. (4) **42**. 1. 1913.

<sup>2)</sup> H. C. BURGER u. P. H. v. CITTERT. Zt. f. Phys. **44**. 58. 1927; **51**. 638. 1928.

zung auf Intensitäten mittels des üblichen Utrechter Verfahrens als Mittelkurve aus vier Ordnungen ergeben hat.

Man sieht, dass die experimentelle Kurve mit keiner der theoretischen ganz übereinstimmt, dass sie aber am meisten der Kurve für  $a = 0.3$  ähnlich

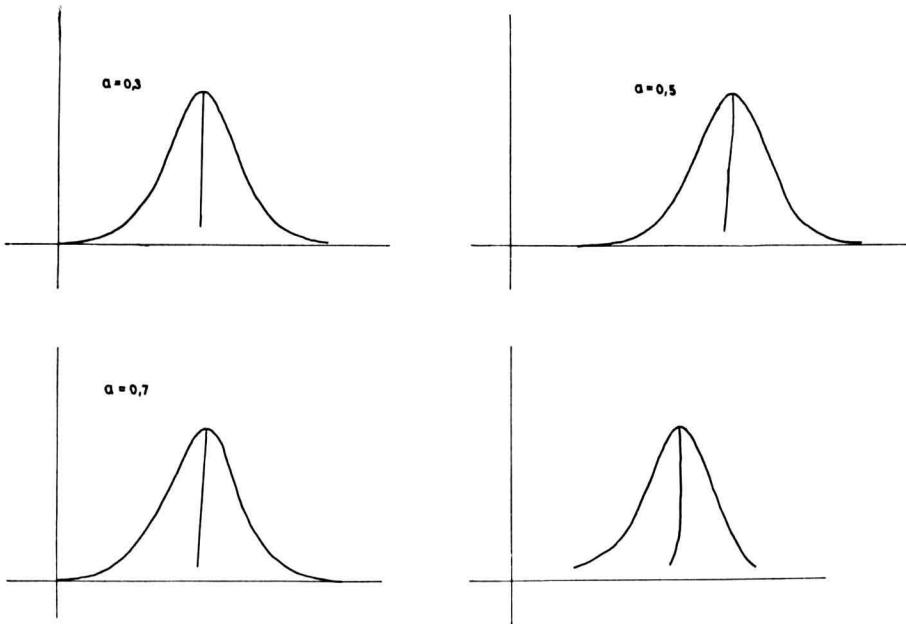


Fig. 3

ist. Die erwarteten Asymmetrien in den Intensitätsverteilungen sind am leichtesten aus der Neigung der Mittellinie, die in jeder der Kurven gezogen ist, ersichtlich. Die Asymmetrien in den obigen Kurven sind nur ganz gering, weil wir vorläufig nur mit einer schwachen Versilberung gearbeitet haben, um erst die Methode und die richtige Form des Spektrallrohres auszuarbeiten. Weil die gefundene Asymmetrie in Richtung und Grössenordnung mit der theoretischen übereinstimmt, meinen wir aber, dass mit einem grösseren Auflösungsvermögen, womit jetzt gearbeitet wird, das Problem zur Lösung gebracht werden kann.

Wir möchten zum Schluss noch eine Bemerkung machen über eine wichtige Anwendungsmöglichkeit des beschriebenen Spektrallrohres für die Untersuchung der (Hyper) Feinstruktur.

Bei dem heutigen Stand der Feinstrukturspektroskopie wird die Grenze der Auflösbarkeit von nahe zu einander liegenden Spektrallinien bis zum Element Cadmium hinauf mehr von der Eigenbreite der Spektrallinien als vom beschränkten Auflösungsvermögen des Apparates gestellt. Verringerung der Eigenbreite, welche hauptsächlich vom Dopplereffekt verursacht wird, durch intensive Kühlung ist wohl nur beim Helium in effektiver Weise anzuwenden, sodass hier eine wesentliche Grenze vorliegt, solange

die Dopplerverteilung der Spektrallinie beibehalten bleibt. Sobald aber die Linienform durch äussere Eingriffe derartig beeinflusst wird, dass eine etwaige Feinstruktur zutage treten kann, ist die Grenze wieder ganz auf die technische Frage der Konstruktion von Spektrallapparaten mit höchster Auflösungskraft zurückgeführt. Eine solche Beeinflussung der Linienform findet in unsrem oben beschriebenen Rohr statt, wenn der Akkommodationskoeffizient des Gases nicht allzusehr von der Einheit abweicht, was nur beim Wasserstoff und Helium der Fall ist. In der Figur 4 sind die Linienformen gezeichnet worden, einerseits für eine Doppler-



Fig. 4

verteilung der einzelnen Komponenten eines engen Dubletts mit einem Abstand vom halben Betrag der Halbwertsbreite und ein Intensitätsverhältnis 1 : 2 der Komponenten, und andererseits für dasselbe Dublett, aufgenommen zwischen Wänden von der die eine die Temperatur der ursprünglichen Dopplerverteilung besitzt während die andere eine doppelt so hohe Temperatur hat. Dabei ist Sorge getragen worden dass eben die richtige Wand geheizt ist, damit die Seite der starken Komponente, welche die Schwächere überdeckt hat, herabgedrückt worden ist. Der grosse Vorteil der vorgeschlagenen Methode ist an diesem Beispiel wohl ohne weiteres ersichtlich ; sie wird erst recht die grossen Fortschritte in der Auflösungskraft der Interferenzapparate (Multiplexspectroscopie!) der letzten Zeit zur Geltung kommen lassen.