

The real function f has to obey the two equations

$$\bar{g}^{\mu\nu} \nabla_\mu \nabla_\nu f = 0, \quad (5)$$

$$(\bar{g}^{\mu\nu} \nabla_\mu \nabla_\nu - C/L^2) \nabla_\rho f = 0. \quad (6)$$

Both equations are compatible only if $C = -4$. Eq. (5) may be written in the form

$$\left(\square + \partial_5 \partial_5 - \frac{3}{y^5} \partial_5 \right) f = 0.$$

So f is a superposition of solutions of the form

$$f^{(1)} = (y^5)^2 e^{i(py)} J_2(m y^5) + \text{h. c.}, \quad (p p) = -m^2, \quad (7)$$

$$f^{(2)} = e^{i(py)} + \text{h. c.}, \quad (p p) = 0. \quad (8)$$

With the help of the transformation generated by (7) we can always choose a gauge in which the component A_5 is zero, and we are left with a LORENTZ covariant vector meson. The generalized gauge transformation (4) does not necessarily depend on the condition mass $m=0$. The transformations generated by (8) will be of physical importance for the electromagnetic field in the conformal space. It is quite a surprising result however that they exist also for vector mesons.

We now make the step from the 5-dimensional space to the 4-dimensional conformal space by taking the limit $y^5 \rightarrow 0$. First we look for formal plane wave solutions of the field Eqs. (3) with mass $m=0$. For $A_5 \neq 0$ there exist only solutions if $C = -4$, i. e. if our equations are gauge invariant.

$$A_j = e^{i(py)} \left(a_j \perp (y^5)^2 + b_j \perp + \frac{i p_j}{4} a_5 (y^5)^4 \right) + \text{h. c.},$$

$$A_5 = a_5 (y^5)^3 e^{i(py)} + \text{h. c.},$$

where

$$(p a \perp) = 0, \quad (p b \perp) = 0, \quad (p p) = 0.$$

The gauge functions are superposition of the functions

$$f^{(1)} = (y^5)^4 e^{i(py)} + \text{h. c.}, \quad (9)$$

$$f^{(2)} = e^{i(py)} + \text{h. c.}, \quad (10)$$

$$(p p) = 0.$$

The gauge transformation (9) is a special case of (7), and (10) and (8) are identical. If now we make the step to the conformal space by taking the limit $y^5 \rightarrow 0$ we are left with the plane wave solution

$$A_j = b_j \perp e^{i(py)} + \text{h. c.}, \quad A_5 = 0$$

of the electromagnetic field. The transformation generated by (10) is the conventional gauge transformation for the electromagnetic field (satisfying the LORENTZ condition).

We may summarize our results as follows. The unitary representations of the group $SO(4,2)$ which belong the tensors of rank 1, describe a vector meson and a scalar field with arbitrary mass $m \neq 0$. A certain class of these representations admit gauge transformations, and therefore describe (in the free field case) only vector mesons. Moreover only this class contains also unitary representations which belong to mass $m=0$, i. e. the electromagnetic field. The origin of the gauge transformations of the vector potentials has therefore to be explained by the special structure of this class of irreducible unitary representations. Primarily gauge transformations do not depend on the condition of vanishing mass.

Über die Verschiebung zwischen dem α -Phosphoreszenz- und Fluoreszenz-Spektrum des Trypaflavins in Plexiglas

A. KAWSKI, H. WARDZINSKI und B. GORCZYNSKI

Physikalisches Institut der Pädagogischen Hochschule,
Gdańsk, Polen

(Z. Naturforsch. **21 a**, 2111—2112 [1966]; eingegangen am 31. Juli 1966)

Kürzlich wurde über neue Beobachtungen der Phosphoreszenz von Trypaflavin in Polymethylmethakrylat mit 15% Methanol (PMAM) bei Zimmertemperatur berichtet¹. Die Methylmethakrylat-Lösungen von Trypaflavin (MAM) wurden in einem verschlossenen Glasrohr polymerisiert. Nach dem Zerschlagen der Glasgefäße beobachtet man, daß die Phosphoreszenz schnell verschwindet. Es wurde festgestellt, daß das Maximum der α -Phosphoreszenzbande nicht mit dem Maximum der Fluoreszenzbande zusammenfällt, sondern in Richtung längerer Wellen um ca. 100 Å verschoben ist, ähn-

lich wie das schon früher von POHOSKI^{2,3} bei Fluorescein in Borsäure beobachtet wurde.

In der vorliegenden Arbeit wird das Auftreten der Verschiebung der Fluoreszenz- und α -Phosphoreszenzbanden von PMAM-Trypaflavinluminophoren im Vakuum und bei verschiedenem Luft- bzw. Stickstoff-Druck untersucht.

Die Zubereitung der festen PMAM-Lösungen von Trypaflavin erfolgte in derselben Weise wie früher beschrieben¹. Die MAM-Lösungen wurden in planparallele Glasgefäße eingegossen und im Hochvakuum entgast. Die Entgasung erfolgte durch ein zyklisches fünfmaliges: Gefrieren — Abpumpen — Anfeuchten. Dann wurden die Lösungen unter verschiedenem Luft- bzw. Stickstoffdruck abgeschmolzen. Das Begasen der Lösung mit Stickstoff hält sie frei von Sauerstoff. Die Polymerisation begann bei einer Temperatur von ca. 70 °C und lief dann von selbst bei 30 °C weiter. Um eventuellen photochemischen Reaktionen vorzubeugen, fand der Prozeß im Dunkeln statt. Die Messungen der Fluoreszenz- und Phosphoreszenzspektren wurden mit Hilfe

¹ A. KAWSKI, Z. Naturforsch. **20 a**, 1734 [1965].

² R. POHOSKI, Bull. Acad. Polon. Sci. Cl. III, **10**, 505 [1962].

³ J. GRZYWACZ u. R. POHOSKI, Z. Naturforsch. **19 a**, 440 [1964].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

der früher beschriebenen Anordnung durchgeführt^{4,5}. Die Phosphoreszenzabklingzeiten wurden nach der Methode von CZEKALLA und Mitarbeitern⁶ gemessen.

Die mittleren Abklingdauern der Phosphoreszenz von Trypaflavin in PMAM bei verschiedenen Farbstoffkonzentrationen und Gasbeschickungen sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Konzentration in Mol/l *	Mittlere Phosphoreszenzlebensdauer in sec.		
	Stickstoff 1 Atm.	Luft 1/4 Atm.	Luft 1/2 Atm.
10^{-5}	0,426	0,385	0,332
$2,5 \cdot 10^{-5}$	0,416	0,326	0,294
$5 \cdot 10^{-5}$	0,339	0,252	0,212
$7,5 \cdot 10^{-5}$	0,274	0,224	0,192
10^{-4}	0,251	0,195	0,182
$2,5 \cdot 10^{-4}$	0,231	0,201	0,151

* Die Konzentrationen in den Tab. 1 und 2 sind wegen der Volumenkontraktion mit 1,36 zu multiplizieren.

Tab. 1.

Aus Tab. 1 geht hervor, daß die Phosphoreszenzabklingdauer mit der Erhöhung des Luftdruckes im allgemeinen verkürzt wird. Dabei ist die Löschung der Phosphoreszenz noch gering. Erst nach dem Zerschlagen der Proben tritt eine starke Auslöschung der Phosphoreszenz auf. Weiter kann man feststellen, daß sich die mittleren Abklingzeiten mit zunehmender Konzentration des Farbstoffes vermindern.

Aus dem JABLONSKISCHEN⁷ Termschema folgt, daß bei höheren Temperaturen (etwa bei Zimmertemperatur) die α -Phosphoreszenzbande mit der Fluoreszenzbande identisch ist. Unsere früheren¹ und jetzigen Beobachtungen ergaben dagegen, daß die Maxima der Spektren von Trypaflavin in PMAM in der Luft um 100 bis 150 Å verschoben sind. Bei Trypaflavin-PMAM-Lumino-phoren, die sich in Stickstoff von 1 Atm. befinden, haben wir festgestellt, daß die Erregungsverteilungen der Fluoreszenz und der α -Phosphoreszenz praktisch gleich

sind. Die Resultate sind in Tab. 2 und Abb. 1 wiedergegeben.

Atmosphäre	Konzentration in Mol/l *	Phosphoreszenz- maximum in μm	Fluoreszenz- maximum in $\text{m}\mu$
Stickstoff 1 Atm.	$2,5 \cdot 10^{-5}$	505	505
	$2,5 \cdot 10^{-4}$	505	505
Luft 1 Atm.	$2,5 \cdot 10^{-5}$	513	500
	$5 \cdot 10^{-5}$	513	500

Tab. 2.

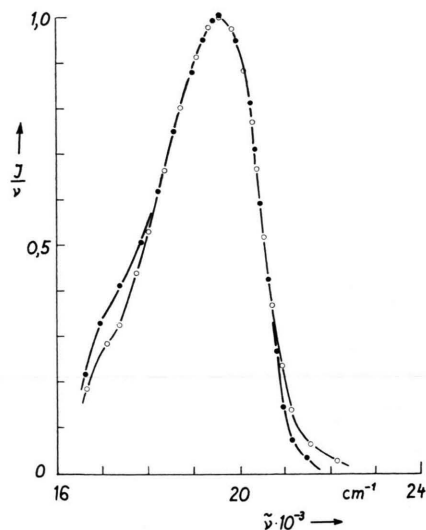


Abb. 1. Emissionsspektren von Trypaflavin in PMAM (1 Atm. Stickstoff) bei einer Konzentration von $2,5 \cdot 10^{-4}$ Mol/l.

● Phosphoreszenzspektrum, ○ Fluoreszenzspektrum.

Die α -Phosphoreszenz ist also sehr empfindlich gegen Spuren von O_2 . Infolge der Diffusion des Sauerstoffes in das PMAM wird die Umgebung der Lumineszenz-Zentren geändert und somit können verschiedene Zentrensorten bestehen. In solchen Fällen wird nach JABLONSKI⁸ die Unabhängigkeit der Fluoreszenzspektren von der Erregungswellenlänge verletzt. Unsere letzten Versuche⁹ über die Fluoreszenzverteilung in Abhängigkeit von der erregenden Wellenlänge haben bei Trypaflavin in PMAM die Vermutung bestätigt.

⁴ A. KAWSKI, Acta Phys. Polon. **24**, 641 [1963].

⁵ A. KAWSKI, M. KORBA u. H. SZYMOWIAK, Acta Phys. Polon. **28**, 271 [1965].

⁶ J. CZEKALLA, G. BRIEGLER, W. HERRE u. H. J. VAHLENSIECK, Z. Elektrochem. **63**, 715 [1959].

⁷ A. JABLONSKI, Z. Phys. **94**, 38 [1935].

⁸ A. JABLONSKI, Z. Phys. **73**, 460 [1931].

⁹ A. KAWSKI, S. KORENDO, M. KOSMOL, E. KUTEŃ u. H. WARDZINSKI, Acta Phys. Polon. **30**, 141 [1966].

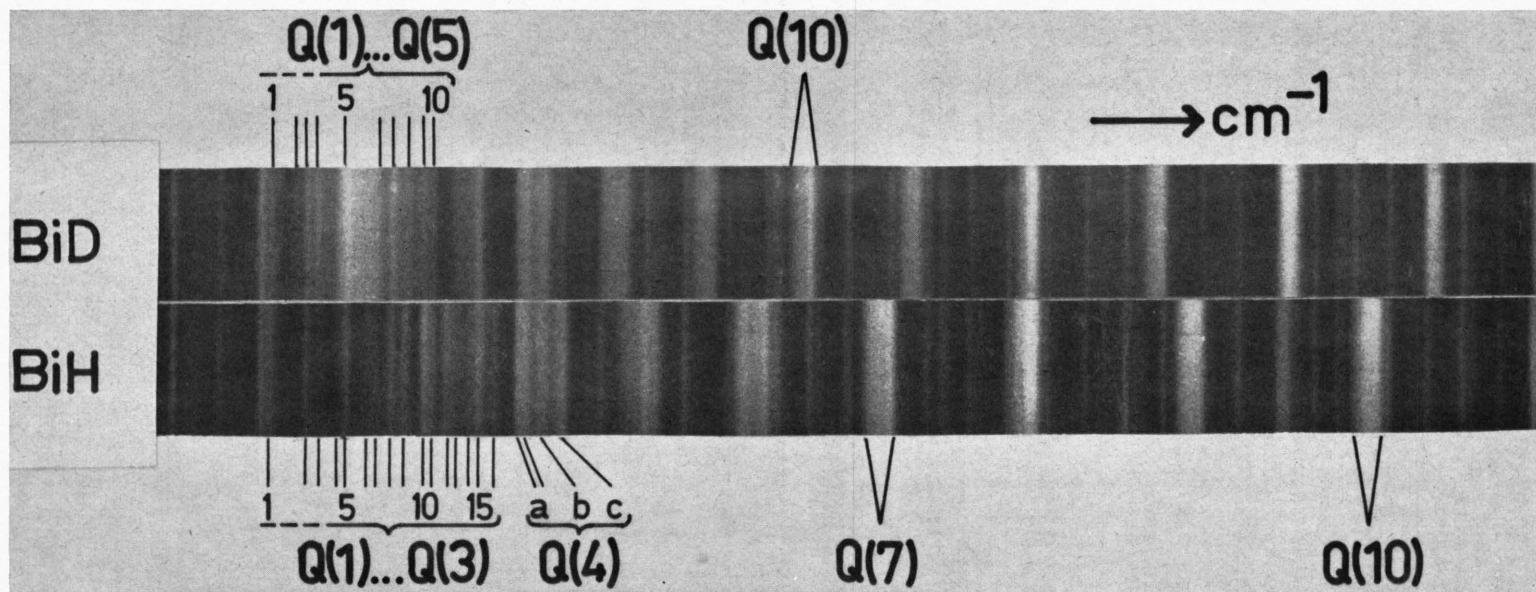


Abb. 1. Die $(0-0)$, $B(0) \rightarrow A(1)$ -Bande von BiD und BiH. Die 9 Komponenten der Q(4)-Linie der BiH-Bande sind triplettenförmig angehäuft, während die Hfs der Q(1), Q(2) und Q(3) sich gegenseitig überlagern. Die Überlagerung für BiD umfaßt die Linien von Q(1) bis Q(5). Aus dieser Abbildung dürfte einleuchten, welche Schwierigkeiten beim Analysieren der Hfs der ersten Q-Linien entstehen können.