Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 2 (1920)

Artikel: Conditions de stabilité des atomes
Autor: Wisniewski, Félix-Joachim de
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-742561

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

CONDITIONS DE STABILITÉ DES ATOMES

PAR

Félix-Joachim de WISNIEWSKI

La présente note a pour but l'étude de la stabilité des atomes dont la structure a été donnée par Bohr, Debije et Kroo; et tout particulièrement par ces deux derniers savants dans leurs études sur l'émission des spectres de Röntgen.

On admet que l'atome est constitué par un noyau positif de charge + Ze et de Z électrons circulant sur des anneaux concentriques, ayant pour centre le noyau positif; Z est, comme on sait, le nombre atomique de l'élément dans la table périodique et e la charge élémentaire.

Le point de départ de notre théorie c'est l'hypothèse que *l'énergie potentielle électrique de l'atome est une fonction absolument positive.*

Si nous désignons par U l'énergie potentielle électrique de l'atome, on a alors :

$$U \geq 0 .$$

Soit :

φ_{ne} le potentiel dû au noyau où se trouve un électron quelconque.

φ_{en} le potentiel dû à l'électron au point où se trouve le noyau.

φ_{ee} le potentiel dû à l'électron en un point de l'espace où se trouve un autre électron.

On aura

$$(\alpha) \qquad U = \frac{1}{2} Z \,.\, e\Sigma\varphi_{en} - \frac{1}{Z} \underset{e}{e\Sigma\varphi_{ne}} - \frac{1}{2} e\Sigma\varphi_{ee}$$

le signe de Σ se rapporte à tous les électrons.

D'après la loi de Coulomb, on a

$$\Delta\varphi_{ne} = -\frac{Z \cdot e}{r_{ne}^2} \; ; \quad \Delta\varphi_{en} = \frac{e}{r_{ne}^2} \; ; \quad \Delta\varphi_{ee} = \frac{e}{r_{ee}^2}$$

ou :

r_{ne} — distance entre le noyan et l'électron

r_{ee} — distance entre deux électrons.

On tire de là

$$\varphi_{en} = -\frac{e}{r_{en}} + ea_1 \; ; \quad \varphi_{ee} = -\frac{e}{r_{ee}} + ea_2 \; ; \quad \varphi_{ne} = \frac{Ze}{r_{en}} - Ze\,a(Z)$$

a_1, a_2, $a(Z)$ sont des constantes, la dernière étant fonction du nombre atomique de la substance, car elle est relative au noyau.

En introduisant φ_{en}, φ_{ne}, φ_{ee} dans (α') on obtient :

$$(\beta) \quad U^2 = Ze^2 \sum_e \frac{1}{r_{ne}} + e^2 \sum_e \frac{1}{r_{ee}} + \frac{1}{2} Ze^2 [\sum_e a_1 + \sum_e a(Z)] - \frac{1}{2} e^2 \Sigma a_2 \, .$$

Comme la partie gauche de l'équation (β) est supposée toujours positive, il en est de même de la partie droite.

Donc *pour que la structure de l'atome soit possible il faut dans notre hypothèse que :*

$$(A) \quad -Ze^2 \sum_e \frac{1}{r_{ne}} + e^2 \Sigma \frac{1}{r_{ee}} + \frac{1}{2} Ze^2 [\sum_e a_1 + \sum_e a(Z)] - \frac{1}{2} e^2 \sum_e a_2 > 0.$$

Si cette inégalité n'est pas remplie par une structure quelconque, nous la considérons comme impossible.

Ayant ainsi défini une structure possible et impossible nous serons conduits à la définition suivante de la structure stable.

Une structure intra-atomique est stable s'il n'y a pas de structure possible dont l'énergie potentielle électrique soit comprise entre zéro et l'énergie potentielle électrique de la structure stable.

En ayant égard uniquement aux structures symétriques de l'atome on peut simplifier la condition (A) car alors :

$$\sum_e a(Z) = Z \cdot a(Z) \; ; \; \Sigma a_1 = Z \cdot a_1 \; ; \; \Sigma a_2 = Z \cdot a_2 \cdot (Z - 1)$$

$$-Ze^2 \Sigma \frac{1}{r_{ne}} + e^2 \Sigma \frac{1}{r_{ee}} = -2 \cdot N_0 \cdot h \sum_i p_i \frac{\left[Z - \sum_{j=1}^{j=i-1} p_j - Sp_i\right]^2}{i}$$

ou N_0 est la constante de Rydberg ; h la constante de Planck ; i le numéro d'ordre de l'anneau ; p_i le nombre d'électrons sur l'anneau d'ordre i.

En introduisant ces valeurs dans (A) il vient :

$$\text{(A')} \qquad \frac{e^2}{2}\left\{ Z^2[a_1 + a(Z)] - Z(Z-1)a_2 \right\}$$

$$- 2N_0 \,.\, h \sum_i p_i \frac{\left[Z - \sum_{j=1}^{j=i-1} p_j - Sp_i\right]}{i^2} > 0$$

ou

$$Sp_i = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^{k=i-1} \frac{1}{\sin k \frac{\pi}{p_i}} \,.$$

L'inégalité (A') exclut l'hypothèse :

$$a_1 = a(Z) = a_2 = 0 \,.$$

§ 2. — Dans le cas de deux corpuscules électrisées, nous avons à distinguer deux cas différents :

1° Le cas ou les deux corpuscules sont de même signe ; on a alors :

$$U = \frac{ee'}{r} - \frac{1}{2} ee'[a(e) + a(e')]$$

ce qui entraine pour la distance r entre les deux corpuscules l'inégalité à remplir

$$r \leqslant \frac{2}{a(e') + a(e)} \,.$$

2° Le cas de deux corpuscules de signe contraire, on a alors :

$$U = -\frac{ee'}{r} + \frac{1}{2} ee'[a(e) + a(e')]$$

d'ou pour la distance de deux corpuscules on à l'inégalité :

$$r \geqslant \frac{2}{a(e') + a(e)} \,.$$

Donc : 1° *deux corpuscules électrisés, de même signe, ne peuvent s'éloigner à distance infinie, mais au contraire ont une limite supérieure qu'ils ne sont pas en état de dépasser.*

2° *deux corpuscules électrisés de signe différent ne peuvent s'approcher autant que l'on veut, mais ont au contraire une distance minimum déterminée par les constantes d'intégration* a.

Si les corpuscules de même signe doivent s'éloigner à distance infinie on doit avoir :

$$a(e') = a(e) = 0 .$$

Cette dernière conclusion va permettre de simplifier l'inégalité (A') car en admettant que l'atome peut se détruire en éloignant les électrons à l'infini ; ce qui ne peut avoir lieu que si :

$$a_2 = 0$$

on trouve pour l'inégalité (A')

$$(\mathrm{A}'') \quad \frac{e^2}{2} Z^2 . [a_1 + a(Z)] - 2N_0 . h\sum_i . \frac{\left[Z - \sum_{j=1}^{j=i-1} p_j - Sp_i\right]^2 p_i}{i^2} > 0 .$$

§ 3. — Voyons maintenant l'utilité de notre définition de la stabilité, dans le cas du natrium. La structure réelle du natrium ($Z = 11$) contient sur l'anneau à un quanta 3 électrons et sur l'anneau à deux quanta 8 électrons, d'après les recherches de MM. Debije et Kroo.

L'énergie totale de cette structure atomique est :

$$E(3,8) = -365 . N_0 h$$

tandis que l'énergie totale d'une structure fictive ou tous les électrons au nombre de 11 seraient sur l'anneau à 1 quanta, est

$$E(11,0) = -492,5 . N_0 h$$

d'où

$$E(3,8) = E(11,0) + 127,5 . N_0 h$$
$$E(3,8) > E(11,0) .$$

La structure dont l'énergie totale est E(3,8) serait instable vis-à-vis de la structure dont l'énergie totale est E(11,0); elle

se transformerait en cette dernière, en émettant de l'énergie lumineuse, ce qui n'a pas lieu.

Pour expliquer la stabilité de la structure réelle on doit se baser sur la définition de structure possible qui entraine la condition $a_1 \neq 0$; $a(Z) \neq 0$.

En déterminant convenablement les valeurs numériques de a_1 et $a(Z)$.

De la table :

Nombre d'électrons sur les anneaux.

	A 1 quanta	A 2 quanta	Energie potentielle
(1)	11	0	$\frac{e^2}{2} Z^2(a_1 + a(Z)) - 985 \,.\, N_0 h$
(2)	5	6	» $- 976 \,.\, N_0 h$
(3)	4	7	» $- 844 \,.\, N_0 h$
(4)	3	8	» $- 760 \,.\, N_0 h$
(5)	2	9	» $- 608 \,.\, N_0 h$

On en déduit que, pour que la structure (4) soit stable il faut que la constante $\frac{e^2}{2} Z^2(a_1 + a(Z))$ soit comprise entre les limites :

$$760 \,.\, N_0 h < \frac{e^2}{2} \left\{ Z^2[a_1 + a(Z)] \right\}_{Z=11} < 844 \; N_0 h \,.$$

Les structures (1), (2), (3) sont alors exclues quoique leurs énergies totales soient inférieures à l'énergie totale de la structure (4).

Passons maintenant à la détermination des valeurs numériques de a_1 et $a(Z)$ en prenant pour valeur numérique de $\frac{e^2}{2} Z^2[a_1 + a(Z)]$ la valeur de la partie variable de l'expression de l'énergie potentielle pour la structure stable.

La table ci-dessous va nous donner les structures stables des substances de la seconde période et les valeurs numériques de :

$$F(Z) = - 2N_0 h \sum_i p_i \frac{\left[Z - \sum_{i=1}^{j=i-1} p_j - Sp_i\right]}{i^2} \,.$$

Nombre d'électrons sur les anneaux.

Z	A 1 quanta	A 2 quanta	A 3 quanta	F (Z)	$\gamma(Z) = \frac{F(Z)}{N_0 h Z^2}$
11	3	8	0	760 . $N_0 h$	; 6,328
12	3	8	1	936 . $N_0 h$	; 6,53
13	3	8	2	1134,2 . $N_0 h$	; 6,716
14	3	8	3	1353,4 . $N_0 h$	; 6,908
15	3	8	4	1594,3 . $N_0 h$	; 7,088
16	3	8	5	1857,3 . $N_0 h$	; 7,296
17	3	8	6	2143,9 . $N_0 h$	; 7,487

Pour la différence $\gamma(Z+1) - \gamma(Z)$, on a :

$$\gamma(12) - \gamma(11) = 0{,}199$$
$$\gamma(13) - \gamma(12) = 0{,}189$$
$$\gamma(14) - \gamma(13) = 0{,}192$$
$$\gamma(15) - \gamma(14) = 0{,}180$$
$$\gamma(16) - \gamma(15) = 0{,}208$$
$$\gamma(17) - \gamma(16) = 0{,}191$$

On peut donc en première approximation poser :

$$\gamma(Z+1) - \gamma(Z) = \beta \text{ (constante)}$$

ou bien :

$$\frac{d\gamma(Z)}{dZ} = \beta + \Delta(Z)$$

ou $\Delta(Z)$ est une fonction de Z, petite vis-à-vis de β.

Alors pour $\gamma(Z)$:

$$\gamma(Z) = C + \beta \,.\, Z + \Delta(Z) \,.$$

En négligeant $\Delta(Z)$ vis-à-vis de $C + \beta \,.\, Z$ on peut déterminer C et β en égalant $\gamma(11)$ à 6,328 et prenant pour β la valeur moyenne de toutes les valeurs, c'est-à-dire : $\beta = 0{,}193$

On obtient pour C la valeur

$$C = 4{,}2 \,.$$

Pour l'énergie potentielle électrique de l'atome on a

$$N_0 h \,.\, Z^2[4{,}2 + 0{,}193 \,.\, Z + \Delta(Z)]$$

$$\text{(B)} \qquad - 2 \,.\, N_0 \,.\, h \Sigma p_i \frac{\left[Z - \sum_{j=1}^{j=i-1} p_j - S p_i\right]^2}{i^2} \,.$$

La connaissance des constantes $C i \beta$ permet de trouver l'expression de la distance minimum $\varrho(Z)$ entre le noyau et un électron.

On a en effet :

$$\rho(Z) = \frac{e^2}{N_0 h} \frac{1}{[4.2 + 0,193 \,.\, Z] Z}$$

pour l'hydrogène ($Z = 1$) :

$$\rho(1) = \frac{1}{4,39} \frac{e^2}{N_0 h}$$

tandis que le rayon de l'orbite est :

$$r = \frac{1}{2} \frac{e^2}{N_0 h}$$

donc

$$r > \rho(1) \,.$$

Comme application nous allons calculer les structures possible de la première période :

Nombre d'électrons sur les anneaux.

Z	A 1 quanta	A 2 quanta	Energie potentielle
3	3	0	+ 0,843
	2	1	+ 1,350
4	4	0	+ 0,35
	3	1	+ 0,21
5	5	0	— 0,09
	3	2	+ 0,44
	2	3	+ 1,79
6	4	2	— 0,38
	3	3	+ 0,22
	2	4	+ 0,95
7	4	3	— 0,52
	3	4	+ 0,33
8	4	4	— 0,75
	3	5	+ 0,14
9	4	5	— 0,75
	3	6	+ 0,04

On voit par là, qu'à partir du numéro 5, ne sont possibles et stables que les structures qui sur le premier anneau ont trois

électrons. Les données numériques utilisées ici ne sont pas absolument exactes, comme on peut se rendre compte par la manière dont on les a introduites.

Dans une détermination plus exacte des constantes, on devrait prendre pour F(Z) la moyenne entre la valeur de F(Z) pour l'état stable et la valeur pour une structure impossible qui diffère aussi peu que possible de la valeur de F(Z) pour la structure stable.

Ces calculs n'ont d'ailleurs d'autre but que d'illustrer notre théorie et de montrer la loi qui régirait la stabilité des atomes dans notre hypothèse.

Varsovie, décembre 1919.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

M.-R. Fichter, ingénieur, *Les compteurs d'électricité.* — Un volume 16 × 25 de IV-223 pages, avec 155 figures. — Prix (majoration comprise) 24 francs. — Dunod, éditeur, 47 et 49, Quai des Grands-Augustins, Paris.

L'ouvrage de M. Fichter explique sans détails superflus, mais avec tous renseignements utiles, le fonctionnement des divers types de compteurs, employés tant dans la pratique courante que pour les tarifications modernes les plus spéciales. Conçu dans un esprit éminemment pratique, en même temps que critique, dit M. Mauduit dans sa préface, il constitue un guide qui sera bien vite reconnu indispensable à l'ingénieur et au monteur, auxquels il fournira, nettement et rapidement, la solution de tous les problèmes posés par l'utilisation des compteurs : mode de branchement, étalonnage et réglage, recherche des défauts ou accidents.