Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 8 (1955)

Heft: 1

Artikel: Sur la définition d'un groupe infinitésimal de transformation de jauge en électrodynamique

Autor: Rivier, D.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739837

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: 10.07.2025

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

Si la vie finie Δm_i^{-1} du « pseudoquantum » i exclut son observation directe, il devrait pouvoir être mis en évidence par les corrections qu'il apporte aux sections efficaces des collisions à haute énergie.

Institut de Physique
de l'Université de Genève.

BIBLIOGRAPHIE

1. E. E. Salpeter et H. A. Bethe, *Phys. Rev.*, *84*, 1232 (1951).
2. Voir entre autres: E. E. Salpeter, *Phys. Rev.*, *89*, 92 (1953).
3. D. Rivier, *Helv. Phys. Acta*, *22*, 265 (1949).
4. G. C. Wick, *Phys. Rev.*, *96*, 1124 (1954).
5. R. E. Cutkosky, *Phys. Rev.*, *96*, 1135 (1954).

D. Rivier. — *Sur la définition d'un groupe infinitésimal de transformation de jauge en électrodynamique.*

1. — Le problème de l'invariance de jauge en électrodynamique n'a pas encore trouvé de solution définitive à l'heure qu'il est. En effet, l'électrodynamique quantique [1-5], forme la plus satisfaisante de la théorie des phénomènes électromagnétiques, dépend d'un choix préalable de la jauge, c'est-à-dire de la manière dont on décide de mesurer les potentiels électromagnétiques $A^\mu(x)$ dont se déduisent les champs électriques et magnétiques $F^{\mu\nu} = d^\mu A^\nu - d^\nu A^\mu$. Cette situation s'explique principalement par deux raisons. La première est l'existence d'une condition supplémentaire $d_\mu A^\mu = 0$ à laquelle doivent satisfaire les potentiels A^μ; la seconde réside dans le fait que seules des transformations de jauges *finies*, du type

$$A^\mu(x) \longrightarrow A'^\mu(x) = A^\mu(x) + d^\mu f(x) \qquad (1)$$

ont été jusqu'à ce jour bien définies pour les potentiels électromagnétiques.

2. — Une condition nécessaire pour une bonne théorie physique exige que la forme de ses équations ne dépende pas du système particulier de Lorentz choisi par l'observateur:

la théorie est alors invariante par rapport au groupe des transformations de Lorentz, et en particulier par rapport au groupe infinitésimal de Lorentz défini par 10 transformations infinitésimales indépendantes (groupe à 10 paramètres). Une conséquence de cette invariance, posée comme principe, veut que le système observé puisse être caractérisé lui aussi par 10 quantités correspondant aux 10 paramètres indépendants ci-dessus et groupées sous le nom d'énergie, de quantité de mouvement et de moment cinétique du système, quantités qui restent constantes pendant l'évolution du système si celui-ci est isolé. Ces quantités sont alors appelées constantes du mouvement. Dans ces conditions, le principe d'invariance des équations de mouvement du système par rapport au groupe des transformations infinitésimales de Lorentz est, sous certaines restrictions concernant en particulier la continuité, équivalent aux principes réunis de conservation de l'énergie, de la quantité de mouvement et du moment cinétique.

3. — A côté de l'énergie, de la quantité de mouvement et du moment cinétique, un système physique est caractérisé par une autre grandeur qui reste constante pendant le mouvement si le système est isolé: cette autre constante du mouvement est la charge électrique. Il est alors naturel de penser qu'au principe de la conservation de la charge électrique correspond l'existence d'un groupe de transformations infinitésimales autre que le groupe de Lorentz et caractérisé par un seul paramètre.

4. — Les systèmes de particules fondamentales comme l'électron sont décrits aujourd'hui par la mécanique ondulatoire. Dans le cas limite (et irréel) où les particules n'interagissent pas avec le champ électromagnétique, les équations de mouvement pour le champ d'ondes matérielles $\psi(x)$ peuvent être mises sous une forme invariante par rapport à un groupe infinitésimal à un paramètre c dont les transformations sont du type

$$\psi(x) \longrightarrow \psi'(x) = \psi(x) - i\varepsilon \,.\, \delta c \,.\, \psi(x) \qquad (2)$$

A cette invariance correspond une constante du mouvement [6-7] qui joue le rôle de la charge électrique dans la mesure où

parler de charge électrique a encore un sens en l'absence d'interaction avec le champ électromagnétique.

5. — Dans le cas où la matière — décrite par le champ $\psi(x)$ — interagit avec le champ électromagnétique — décrit par le champ $A^\mu(x)$ — il est facile de combiner les transformations (1) et (2) pour obtenir des transformations de jauge généralisées finies du type

$$\begin{aligned} A^\mu(x) &\longrightarrow A'^\mu(x) = A^\mu(x) + d^\mu f(x) \\ \psi(x) &\longrightarrow \psi'(x) = e^{-i\varepsilon f(x)}\,\psi(x) \end{aligned} \tag{3}$$

Mais il n'a pas été possible de construire une théorie qui soit explicitement invariante par rapport à ces transformations. Il est naturel de penser qu'un premier pas vers une théorie « invariante de jauge » — c'est le nom que l'on donne à une théorie qui est invariante par rapport aux transformations du type (3) — peut consister en la définition d'un groupe infinitésimal de jauge à un paramètre; d'autant plus que l'existence d'un tel groupe est rendue tout à fait plausible par le fait expérimental de la conservation de la charge électrique, comme il résulte des considérations présentées aux alinéas 3 et 4.

6. — La définition d'un groupe de transformations infinitésimales de jauge à un paramètre peut s'obtenir de la manière suivante: à côté des variables indépendantes x^μ, coordonnées de l'espace-temps, on introduit une variable indépendante c, « coordonnée de la jauge ». On forme alors une fonction $g(x, c)$ des cinq coordonnées et l'on définit la transformation de jauge infinitésimale type comme suit:

$$\begin{aligned} A^\mu(x) &\longrightarrow A'^\mu(x) = A^\mu(x) + \delta c\,\frac{d}{dc}\,d^\mu g(x, c) \\ \psi(x) &\longrightarrow \psi'(x) = \psi(x) + \delta c\,(-i\varepsilon)\,\frac{d}{dc}\,g(x, c)\,\psi(x) \end{aligned} \tag{4}$$

Cela revient à définir un opérateur infinitésimal $q = i\,\dfrac{d}{dc}$ dont les représentations sont données par

$$
\begin{aligned}
q A^{\mu}(x) &= i \frac{d}{dc} d^{\mu} g(x, c) \\
q \psi(x) &= \varepsilon \frac{d}{dc} g(x, c) \psi(x)
\end{aligned}
\tag{5}
$$

La fonction de jauge $g(x, c)$ peut en outre être soumise à certaines conditions. Si l'on pose par exemple $g(x, c) \equiv cf(x)$, on retombe sur des transformations du type (1) pour le champ électromagnétique.

7. — Une fois défini le groupe infinitésimal des transformations de jauge, il est possible de construire une théorie de l'électrodynamique qui soit invariante de jauge. Dans cette théorie, les grandeurs physiques observables peuvent dépendre de la jauge c, mais il s'agit alors d'une covariance bien définie, analogue à la dépendance que présente l'énergie lorsque varie le système de Lorentz: l'énergie n'en est pas moins pour cela une grandeur physique observable. Un des résultats de la théorie invariante de jauge est l'interprétation qu'elle peut donner d'une renormalisation des constantes du mouvement, et en particulier de la masse: ces renormalisations apparaissent simplement comme le résultat de transformations de jauge du type (4). De cette manière se trouvent réunies en un seul groupe les transformations de jauge et les renormalisations, transformations dont l'inobservabilité est jusqu'à ce jour la principale caractéristique commune.

NOTES

1. S. N. Gupta, *Proc. Phy. Soc.*, *A 63*, 681 (1950).
2. K. Bleuler, *Helv. Phys. Acta*, *23*, 567 (1950).
3. S. N. Gupta, *Proc. Phy. Soc.*, *A 66*, 129 (1950).
4. G. Källen, *Helv. Phys. Acta*, *25*, 417 (1950).
5. F. J. Belinfante, *Phys. Rev.*, *96*, 780 (1954).
6. J. Schwinger, *Phys. Rev.*, *82*, 914 (1951).
7. D. Rivier, *Progr. Theor. Phys.*, *9*, 633 (1953).

Institut de Physique
de l'Université de Lausanne,
et National Research Council,
Ottawa, Canada