



Faculté : Sciences exactes
Département : Physique

العلوم الدقيقة
الفيزياء

كلية:
قسم:

مسابقة الدخول لدكتوراه الطور الثالث، ل م د 2021/2020

Concours d'accès au doctorat 3^e cycle, LMD 2020/2021

Spécialité :	فيزياء أساسية / Physique Fondamentale	الاختصاص:
Variantes :	1	الخيار رقم:
Epreuve :	تفاعل مادة - إشعاع / Interaction Rayonnement- Matière	اختبار:
Durée :	ساعة و نصف	المدة:
Date :	06/03/2021	التاريخ:
	Coefficient :	01
	Heure :	13:00
		المعامل:
		التوقيت:

الإجابة النموذجية

. مؤثر الكمون الإشعاع الذي يمثل الكمون الشعاعي في الكم حسب تصور شرودنجر يعطى بالعلاقة

$$\bar{A}_s(\vec{r}) = \sum_{\sigma\vec{k}} \sqrt{\frac{2\pi\hbar c}{L^3 k}} \epsilon_{\sigma\vec{k}} \left(a_{\sigma\vec{k}} e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}} + a_{\sigma\vec{k}}^+ e^{-i\vec{k}\cdot\vec{r}} \right)$$

إذ المؤثرات في تصور شرودنجر لا تتعلق بالزمن.

حدد بدقة دور المؤثرات في الطرف الأيمن من العلاقة السابقة

2. دور المؤثرات في الطرف الأيمن من عبارة الكمون الشعاع

المؤثرات في الطرف الأيمن هي $a_{\sigma\vec{k}}^+$ و $a_{\sigma\vec{k}}$. دور $a_{\sigma\vec{k}}^+$ هو إحداث فوتون ينتشر في اتجاه \vec{k} باستقطاب σ ؛ ودور $a_{\sigma\vec{k}}$ هو إفناء فوتون ينتشر في اتجاه \vec{k} باستقطاب σ .

3. خاصية تبادل المؤثرين في إشعاع تعطى بالعلاقة

$$[a_{\sigma\vec{k}}, a_{\sigma'\vec{k}'}^+] = \delta_{\sigma,\sigma'} \delta(\vec{k} - \vec{k}')$$

4. تعيين عنصر المصفوفة التالية $\langle n | a_{\sigma\vec{k}} | n' \rangle$ على الأساس $|\psi^R\rangle$

$$\langle n | a_{\sigma\vec{k}} | n' \rangle = \sqrt{n'} \langle n | n' - 1 \rangle = \sqrt{n'} \delta_{n,n'-1}$$

وعنصر المصفوفة $\langle n | a_{\sigma\vec{k}}^+ | n' \rangle$

$$\langle n | a_{\sigma\vec{k}}^+ | n' \rangle = \sqrt{n'+1} \langle n | n' + 1 \rangle = \sqrt{n'+1} \delta_{n,n'+1}$$

$$\langle n | \bar{A} | n' \rangle = \sum_{\sigma\vec{k}} \sqrt{\frac{2\pi\hbar c}{L^3 k}} \epsilon_{\sigma\vec{k}} \left(\sqrt{n'} \langle n | n' - 1 \rangle e^{i(\vec{k}\cdot\vec{r} - \alpha)} + \sqrt{n'+1} \langle n | n' + 1 \rangle e^{-i(\vec{k}\cdot\vec{r} - \alpha)} \right)$$

$$\langle n|\bar{A}|n'\rangle = \sum_{\sigma\vec{k}} \sqrt{\frac{2\pi\hbar c}{L^3 k}} \epsilon_{\sigma\vec{k}} \left(\sqrt{n'} \delta_{n,n'-1} e^{i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\alpha)} + \sqrt{n'+1} \delta_{n,n'+1} e^{-i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\alpha)} \right)$$

5. عين القيمة المتوسطة لمؤثر الإشعاع على الأساس $|\psi^R\rangle$

$$\langle n|\bar{A}|n\rangle_{|n\rangle} = \sum_{\sigma\vec{k}} \sqrt{\frac{2\pi\hbar c}{L^3 k}} \epsilon_{\sigma\vec{k}} \left(\sqrt{n} \langle n|n-1\rangle e^{i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\alpha)} + \sqrt{n+1} \langle n|n+1\rangle e^{-i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\alpha)} \right) = 0$$

لتعامد الأساس $\langle n|n'\rangle = \delta_{n,n'}$ ، وعليه $\langle n|n-1\rangle = 0$ و $\langle n|n+1\rangle = 0$

6. مؤثر الحقل الكهربائي للإشعاع يعطى بالعلاقة

$$E_{op}(\vec{r}, t) = -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \bar{A}_{op}(\vec{r}, t) = \frac{i}{c} \sum_{\sigma\vec{k}} \sqrt{\frac{2\pi\hbar c}{L^3 k}} \omega \epsilon_{\sigma\vec{k}} \left(a_{\sigma,\vec{k}} e^{i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\alpha)} - a_{\sigma,\vec{k}}^+ e^{-i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\alpha)} \right)$$

وعبارته في تصور شرودنجر هي

$$E_{op}(\vec{r}) = \frac{i}{c} \sum_{\sigma\vec{k}} \sqrt{\frac{2\pi\hbar c}{L^3 k}} \omega \epsilon_{\sigma\vec{k}} \left(a_{\sigma,\vec{k}} e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}} - a_{\sigma,\vec{k}}^+ e^{-i\vec{k}\cdot\vec{r}} \right)$$

بالمثل مؤثر الحقل المغناطيسي للإشعاع هو

$$B_{op}(\vec{r}, t) = \nabla \times \bar{A}_{op}(\vec{r}, t) = i \sum_{\sigma\vec{k}} \sqrt{\frac{2\pi\hbar c}{L^3 k}} (\vec{k} \times \epsilon_{\sigma\vec{k}}) \left(a_{\sigma,\vec{k}} e^{i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\alpha)} - a_{\sigma,\vec{k}}^+ e^{-i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\alpha)} \right)$$

والمؤثر B_{op} في تصور شرودنجر يعطى بالعلاقة

$$B_{op}(\vec{r}) = i \sum_{\sigma\vec{k}} \sqrt{\frac{2\pi\hbar c}{L^3 k}} (\vec{k} \times \epsilon_{\sigma\vec{k}}) \left(a_{\sigma,\vec{k}} e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}} - a_{\sigma,\vec{k}}^+ e^{-i\vec{k}\cdot\vec{r}} \right)$$

7. اكتب عبارة طاقة الإشعاع، ثم اكتب مؤثر طاقة الإشعاع. كتابة عبارة طاقة الإشعاع تعطى بالعلاقة

$$E_P^R = \frac{1}{8\pi} \int d^3r (E^2 + B^2)$$

والمؤثر الذي يمثلها في الكم يعطى بالعلاقة

$$H^R = \sum_{\lambda} H_{\lambda} = \sum_{\lambda} \hbar \omega_{\lambda} \left(a_{\lambda}^+ a_{\lambda} + \frac{1}{2} \right)$$