مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (41) العدد (2) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (41) No. (2) 2019

دراسة تحليلية لتطور الأزمنة الحقيقية في ميكانيك الكم لنظرية المعايرة لبلازما الكواركات والغليونات مع الزمرة SU(3) مع الشروط الدورية باستخدام نظرية الاضطراب

الدكتور سلمان الشاتوري*
الدكتور محي الدين نظام**
علي بشير***

(تاريخ الإيداع 13 / 12 / 2018. قُبِل للنشر في 28 / 3 /2019)

□ ملخّص □

أخذنا مؤثر الهاملتوني الفعال حتى الدرجة الرابعة [3] وهذا المؤثر مكّننا من الانتقال من نظرية المعايرة الصافية مع الزمرة SU(3) مع الشروط الدورية إلى ميكانيك الكم مع الزمرة SU(3) مع الشروط الدورية وهذا يعني فيزيائيا" أننا انتقلنا من دراسة عدد لا نهائي من الجسيمات ودرجات الحرية (بلازما الكواركات والغليونات) إلى دراسة ثمانية جسيمات مستقلة عن المكان (غلوبال) أي أربعة وعشرون درجة حرية وبالتحديد أربعة وعشرون هزاز لا توافقي وبعدها قمنا بتطبيق نظرية الاضطراب (ذلك بالاعتماد على مؤثر البناء $\widehat{D}^{+a}_{i}$ ومؤثر الهدم $(\widehat{D}^{a}_{\mathrm{i}})$ على الصيغ المتجانسة المتبقية بعد تكميم الصيغ غير المتجانسة واستنتجنا العلاقات:

1–التطور الزمني للقيمة الوسطى لمربع مؤثر الغلوبال (الطاقة المغناطيسية الملونة $(\widehat{B}^{a}_{\mathrm{i}}\widehat{\mathrm{B}}^{a}_{\mathrm{i}})$.

2–التطور الزمني للقيمة الوسطى لمربع مؤثر الدفع (الطاقة الكهربائية الملونة $(\widehat{\Pi}^{a}_{\mathrm{i}}\widehat{\Pi}^{a}_{\mathrm{i}})$.

الكلمات المفتاحية:
–الأزمنة الحقيقية في حالات عدم التوازن.
–الانتقال الطوري لبلازما الكواركات و الغليونات.
–عدم التوازن في نظرية الحقل الكمي.

* أستاذ مساعد – قسم الفيزياء–كلية العلوم–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية
** أستاذ – قسم الفيزياء–كلية العلوم–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية
*** طالب دكتوراه – قسم الفيزياء–كلية العلوم–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (41) العدد (2) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (41) No. (2) 2019

The Study of Analytical For Evolution Of Real Times In Quantum Mechanic For Gauge Theory for Quarks-gluons plasma with su(3) with periodic conditions Group By Using Perturbation Theory

Dr. Salman Al-chatouri*
Dr. Mohey- Aldin Nizam**
Ali Bashier***

(Received 13 / 12 / 2018. Accepted 28 / 3 /2019)

□ ABSTRACT □

We take the effective Hamiltonian operator until the four degree[3] and this operator has enabled us to convert from pure gauge theory with group SU(3) with periodic conditions into the quantum mechanics with the group SU(3) with periodic conditions and this mean physically we have converted from the study of an infinite number of particles and of freedom degrees (quarks- gluons-plasma) into study of eight particles (Global) independed of space that mains Twenty-four of freedom degrees and specifically Twenty-four anharmonic oscillators and after that we apply perturbation theory (that of the depend of creation operator $\widehat{D}^{+a}_{i}$ and annihilation operator($\widehat{D}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{a}}$) on homogenous modes remaining after quantization of the inhomogenous modes and we have concluded the relations:

1-The time evolution for the ensemble average of global operator square (the color magnetic energy $\widehat{B}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{a}}\widehat{\mathrm{B}}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{a}}$).

2-Thetime evolution for the ensemble average of impulse operator square (the color electric energy $\widehat{\Pi}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{a}}\widehat{\Pi}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{a}}$).

Key words:
Real times in non-equilibrium,phase.-
transition to quark-gluon-plasma,non.-
equilibrium in the quantum field theory.-

*Associate prof. in the Department of physics-faculty science in Tishreen university-Lattakia-Syria
** prof. in the Department of physics-faculty science in Tishreen university-Lattakia-Syria
***postgraduate student- Department of physics-faculty science in Tishreen university-Lattakia-Syria

مقدمة:

– يقوم تصورنا للمادة على وجود فئتين رئيسيتين من الجسيمات الأولية: الكواركات واللبيتونات[1] ومعها ثلاث قوى من القوى الأربع الأساسية: الكهرطيسية والتفاعلات الضعيفة والشديدة أما الثقالة فستترك جانباً الآن. تولد الكواركات (وهي التي تتكون منها البروتونات والنيترونات) هذه القوى الثلاثة وتتأثر بها. أما اللبيتونات كالإلكترون وهو الأشهر فيها فلا يتأثر بالقوة الشديدة. إن الخاصية التي تميز بين هاتين الفئتين والتي تماثل الشحنة الكهربائية هي كون للكواركات ألوان أما اللبيتونات لا لون لها وللكواركات ألوان واصطلاحاًهي: أحمر –أخضر –أزرق.

– تحريك الجسيمات الأولية الملونة (الكواركات والغليونات) (**Quantum chromo dynamic**واختصارها QCD) هي نظرية التأثير المتبادل القوي التي تصف الأسر (الحجز المستقر) للكواركات والغليونات عند درجة الحرارة المنخفضة وتنتقل الجملة إلى طور بلازما الكواركات والغليونات عند درجة حرارة عالية بشكل كافٍ.

–لقد قام العديد من الباحثين بدراسة بلازما الكواركات والغليونات [1−38] و كلها أبحاث تعتمد على نظرية الـ QCD وميكانيك الكم عند درجة الحرارة صفر $T = 0$، وهناك أبحاث تعتمد على نظرية $(QCD)_{\mathrm{T}}$ أي عند درجات الحرارة العالية أو درجات الحرارة المغايرة صفر (T≠0).

أما في [39] و[42] و [43] فقد تم دراسة تطور الأزمنة الحقيقة لبلازما الكواركات والغليونات من أجل نظرية المعايرة الصافية ونظرية المعايرة مع الزمرتين SU(2) و SU(3) وقد استخدمت طريقة النشر شبه التقليدي بالاعتماد على تمثيل فغنر و لكن أخذ منشور مؤثر الهاملتوني الفعال حتى الدرجة الرابعة فقط،وتم حساب تطور القيمة الوسطى من خلال تطور القيمة الوسطى التقليدية مضافاً إليها تصحيحاً كمومياً من مرتبة $\hbar^2$.

[40−41] تم دراسة تطور الأزمنة الحقيقة لبلازما الكواركات و الغليونات عند درجات الحرارة المغايرة للصفر (T≠0).من أجل نظرية المعايرة الصافية مع الزمرتين SU(2) وSU(3) .و قد استخدمت نظرية الاضطراب بالاعتماد على مؤثر البناء $\widehat{D}^{+}$ ومؤثر الهدم $\widehat{D}$،ولكن أخذ منشور الهاملتوني الفعال حتى الدرجة الرابعة.

أما في هذا البحث سنعمل على نظرية المعايرة (بلازما الكواركات و الغليونات) مع الزمرة SU(3) ومع مؤثر الهاملتوني الفعال حتى الدرجة الرابعة و سنستخدم نظرية الاضطراب وذلك بالاعتماد على مؤثر البناء $\widehat{D}^{+}$ و مؤثر الهدم $\widehat{D}$.

بواسطة مؤثر هاملتون المأخوذ [44] تتحول الدراسة من جملة عدد لا نهائي من الجسيمات (بلازما الكواركات و الغليونات) إلى دراسة جملة مؤلفة من ثمانية جسيمات أي أربعة وعشرون درجة حرية وبالتحديد أربعة وعشرون هزازا لا توافقيا.

أهمية البحث و أهدافه:

* **أهمية البحث:** إن ما سنقوم به في هذا العمل هو حساب تطور الزمن الحقيقي للقيمة الوسطى للطاقة المغناطيسية والطاقة الكهربائية لبلازما الكواركات والغليونات مع الزمرة SU(3)حسب نظرية المعايرة باستخدم نظرية الاضطراب وذلك بالاعتماد على مؤثر البناء $\widehat{D}^{+}$ و مؤثر الهدم $\widehat{D}$.

***أهداف البحث:**

– دراسة تحليلية لتطور الزمن الحقيقي في ميكانيك الكم لنظرية المعايرة (بلازما الكواركات والغليونات) مع الزمرة SU(3)مع الشروط الدورية.

طرائق البحث ومواده:

-سنستخدم في عملنا نظرية الاضطراب وذلك بالاعتماد على مؤثر البناء $\widehat{D}{}^{+}{}_{i}^{a}$

$$\widehat{D}{}^{+}{}_{i}^{a} = \sqrt{\frac{\sqrt{\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}}}{2\hbar}}\,\widehat{B}_i^a - \frac{i}{\sqrt{2\hbar\sqrt{\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}}}}\,\widehat{\Pi}_i^a \qquad (1)$$

ومؤثر الهدم:

$$\widehat{D}_i^a = \sqrt{\frac{\sqrt{\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}}}{2\hbar}}\,\widehat{B}_i^a + \frac{i}{\sqrt{2\hbar\sqrt{\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}}}}\,\widehat{\Pi}_i^a \qquad (2)$$

حيث : $\tilde{\alpha}_0 = \left(\frac{1}{g^2(L)} + \alpha_0 + n_f f_0\right)^{-1}$, $\tilde{\alpha}_1 = 2(\alpha_1 + n_f f_1)$

يعطى مؤثر الحقل المغناطيسي بالعلاقة التالية:

$$\widehat{B}_i^a = \sqrt{\frac{\hbar}{2\sqrt{\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}}}}\left(\widehat{D}{}^{+}{}_{i}^{a} + \widehat{D}_i^a\right) \qquad (3)$$

يعطى مؤثر الاندفاع بالعلاقة التالية:

$$\widehat{\Pi}_i^a = i\sqrt{\frac{\hbar\sqrt{\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}}}{2}}\left(\widehat{D}{}^{+}{}_{i}^{a} - \widehat{D}_i^a\right) \qquad (4)$$

و يكون لدينا:

$$\left[\widehat{D}_i^a, \widehat{D}_j^{+\,b}\right]_- = \delta_{ij}\delta_{ab} \qquad (5)$$

$$\left[\widehat{D}_i^a, \widehat{D}_j{}^b\right]_- = \left[\widehat{D}_i^{+a}, \widehat{D}_j^{+b}\right]_- = 0 \qquad (6)$$

و سنستخدم المعادلات التالية:

$$\widehat{D}_i^a\left|\ldots n_i^a \ldots\right\rangle = \sqrt{n_i^a}\left|\ldots n_i^a - 1 \ldots\right\rangle \qquad (7)$$

$$\widehat{D}_i^{+a}\left|\ldots n_i^a \ldots\right\rangle = \sqrt{n_i^a + 1}\left|\ldots n_i^a + 1 \ldots\right\rangle \qquad (8)$$

$$\widehat{N}_i^a = \widehat{D}_i^{+a}\widehat{D}_i^a$$

$$\widehat{N}_i^a\left|\ldots n_i^a \ldots\right\rangle = n_i^a\left|\ldots n_i^a \ldots\right\rangle \qquad (9)$$

$$\widehat{D}_i^a\left|\ldots 0 \ldots\right\rangle = 0 \;\; , \widehat{N}_i^a\left|\ldots 0 \ldots\right\rangle = 0 \qquad (10)$$

يعرف التنسور المتناظر كليا S^{abcd} كما يلي [42 ,41, 28]:

$$S^{abcd} = \frac{3}{12}\left(d^{abe}d^{cde} + d^{ace}d^{bde} + d^{ade}d^{bce}\right) +$$

$$\frac{2}{3}(\delta^{ab}\delta^{cd}+\delta^{ac}\delta^{bd}+\delta^{ad}\delta^{bc}) \qquad (11)$$

تعطى قيم العوامل المتناظرة d^{abc} وقيم ثوابت البنية ضد التناظرية f^{abc} بدلالة مولدات الزمرة SU(3) وهي بدلالة مصفوفات جيل-مان :

$$\lambda^1=\begin{pmatrix}0&1&0\\1&0&0\\0&0&0\end{pmatrix},\lambda^2=\begin{pmatrix}0&-i&0\\i&0&0\\0&0&0\end{pmatrix},\lambda^3=\begin{pmatrix}1&0&0\\0&-1&0\\0&0&0\end{pmatrix},\lambda^4=\begin{pmatrix}0&0&1\\0&0&0\\1&0&0\end{pmatrix},$$

$$\lambda^5=\begin{pmatrix}0&0&-i\\0&0&0\\i&0&0\end{pmatrix},\lambda^6=\begin{pmatrix}0&0&0\\0&0&1\\0&1&0\end{pmatrix},\lambda^7=\begin{pmatrix}0&0&0\\0&0&-i\\0&i&0\end{pmatrix},\lambda^8=\frac{1}{\sqrt{3}}\begin{pmatrix}1&0&0\\0&1&0\\0&0&-2\end{pmatrix},$$

(12)

وتحقق f^{abc}و d^{abc} العلاقات التالية:

$$\left.\begin{aligned}
&f^{abc}=\frac{1}{4i}Tr\left(\left[\hat{\lambda}^a,\hat{\lambda}^b\right]_-\hat{\lambda}^c\right)\\
&f^{abc}=-f^{bac}=-f^{acb}=\cdots\cdots\\
&f^{ade}f^{bde}=3\delta^{ab}\\
&d^{abc}=\frac{1}{4}Tr\left(\left[\hat{\lambda}^a,\hat{\lambda}^b\right]_+\hat{\lambda}^c\right)\\
&d^{abc}=d^{bac}=d^{acb}=\cdots\cdots\\
&d^{ade}d^{bde}=\frac{5}{3}\delta^{ab}
\end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

g^{-2} (L):ثابتةالأرتباط تعطى بالعلاقة:

$$g^{-2}(\mathrm{L})=-2\mathrm{b}_0\ln(\Lambda_{\mathrm{ms}}\mathrm{L})+\frac{\mathrm{b}_1\ln[-2\ln(\Lambda_{\mathrm{ms}}\mathrm{L})]}{2\mathrm{b}_0^2}$$

$$b_0=\frac{1}{(4\pi)^2}\left(\frac{11}{3}\mathrm{N}-\frac{2}{3}n_f\right)$$

$$b_1=\frac{1}{(4\pi)^4}\left(-\frac{34}{3}\mathrm{N}^2+\frac{10}{3}N\,n_f+(\mathrm{N}^2-1)\frac{n_f}{\mathrm{N}}\right)$$

(4)

حيث: $\Lambda_{\mathrm{ms}}=74.1705\mathrm{MeV}$:

ثابتة معرفة من خلال الطرح الأصغري لتنظيم الأبعاد.

N=3 عدد أبعاد الزمرة SU(3).

نظرية المعايرة(بلازما الكواركات و الغليونات) مع الشروط الدورية:

يعطى مؤثر هاملتون للجملة حسب المرجع [44] مع الشروط الدورية بالشكل التالي:

$$\hat{H}_{eff(1)} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{g^2(L)} + \alpha_0 + n_f f_0\right)^{-1} \hat{\Pi}_i^a \hat{\Pi}_i^a + (\alpha_1 \quad + n_f f_1)\hat{B}_i^a \hat{B}_i^a + \frac{1}{2} n_f f_2^{`} \sum_{i \neq j} \hat{\Pi}_i^a \hat{\Pi}_j^a + n_f f_1^{`} \sum_{i \neq j} \hat{B}_i^a \hat{B}_j^a$$
$$+ \frac{1}{4}\left(\frac{1}{g^2(L)} + \alpha_2 + n_f f_2\right)\left(f^{abc}\hat{B}_i^b \hat{B}_j^c\right)^2 + \frac{1}{2} n_f f_2^{`} \sum_{i \neq j}\left(f^{abc} f^{ade} \hat{B}_i^b \hat{B}_k^c \hat{B}_j^d \hat{B}_k^e\right) +$$
$$n_f f_3 d^{abc} \hat{B}_i^a \hat{B}_j^b \hat{B}_k^c \quad + \quad n_f f_4 S^{abcd} \hat{B}_i^a \hat{B}_j^b \hat{B}_k^c \hat{B}_m^d \qquad (15)$$

وتأخذ الثوابت العددية $\alpha_2, \alpha_1, \alpha_0 \ , f_4, f_3, f_2^{`}, f_2 \ , f_1^{`}, \ f_1, \ f_0$ القيم التاليةحسب المرجع [44]

f_0=0.0015080215	α_0=0.03271564399
f_1=0.0314853805	α_1= −0.451569915
$f_1^{`}$=−0.01509666813	α_2=0.03693735997
f_2= 0.000101915	
$f_2^{`}$=0.002038377704	
$f_3 = -0.05095727838$	
f_4=0.00008372324144	

حيث أن الثوابت α_1، α_2ثوابت عددية ناتجة عن تكميم حقول الغليونات غير المتجانسة بطريقة تكاملات المسارات، أي تمثل مساهمةهذه الحقول الغير متجانسة في الطاقة الكامنة (الطاقة المغناطيسية الملونة).α_0 ثابتة عددية ناتجة عن تكميم المشتق الزمني لحقول الغليونات غير المتجانسة بطريقة تكاملات المسارات ،أي أنها تمثل مساهمة المشتقات الزمنية لهذه الحقول في الطاقة الحركية (الطاقة الكهربائية الملونة).

الثوابت f_1، f_2،f_3، f_4 ، $f_1^{`}$، $f_2^{`}$ ثوابت عددية ناتجة عن تكميم حقول الكواركات غير المتجانسة بطريقة تكاملات المسارات، أي أنها تمثل مساهمة هذه الحقول الغير متجانسة في الطاقة الكامنة (الطاقة المغناطيسية الملونة).

f_0 ثابتة عددية ناتجةعن تكميم المشتق الزمني لحقول الكواركات غير المتجانسة بطريقة تكاملات المسارات، أي أنها تمثل مساهمة المشتقات الزمنية لهذه الحقول في الطاقة الحركية (الطاقة الكهربائية الملونة).

حساب الحدود :

$$L\hat{H}_{eff}^0 = \sum_{a=1}^{8}\sum_{i=1}^{3}\left[\frac{1}{2}\tilde{\alpha}_0 \hat{\Pi}_i^a \hat{\Pi}_i^a + \frac{1}{2}\tilde{\alpha}_1 \hat{B}_i^a \hat{B}_i^a\right]$$

$$\frac{1}{2}\tilde{\alpha}_0 \hat{\Pi}_i^a \hat{\Pi}_i^a = \frac{\hbar}{4}\sqrt{\tilde{\alpha}_0 \tilde{\alpha}_1}\left[\hat{D}^{+a}_{\ i} \hat{D}_i^a - \hat{D}^{+a}_{\ i} \hat{D}^{+a}_{\ i} + \hat{D}_i^a \hat{D}^{+a}_{\ i} - \hat{D}_i^a \hat{D}_i^a\right]$$

$$\frac{1}{2}\tilde{\alpha}_1 \hat{B}_i^a \hat{B}_i^a = \frac{\hbar}{4}\sqrt{\tilde{\alpha}_0 \tilde{\alpha}_1}\left[\hat{D}^{+a}_{\ i} \hat{D}^{+a}_{\ i} + \hat{D}^{+a}_{\ i} \hat{D}_i^a + \hat{D}_i^a \hat{D}^{+a}_{\ i} + \hat{D}_i^a \hat{D}_i^a\right]$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \qquad \delta^{ab} = \begin{cases} 1 & a = b \\ 0 & a \neq b \end{cases}$$

$$L\hat{H}_{eff}^0 = \sum_{a=1}^{8}\sum_{i=1}^{3}\frac{\hbar}{4}\sqrt{\tilde{\alpha}_0 \tilde{\alpha}_1}\left[2\hat{D}^{+a}_{\ i} \hat{D}_i^a + 2\hat{D}_i^a \hat{D}^{+a}_{\ i}\right]$$

$$\left[\hat{D}_i^a, \hat{D}^{+a}_{\ i}\right]_- = 1 \Rightarrow \hat{D}_i^a \hat{D}^{+a}_{\ i} - \hat{D}^{+a}_{\ i} \hat{D}_i^a = 1 \Rightarrow \hat{D}_i^a \hat{D}^{+a}_{\ i} = 1 + \hat{D}^{+a}_{\ i} \hat{D}_i^a$$

$$L\hat{H}^{0}_{eff} = \sum_{a=1}^{8}\sum_{i=1}^{3} \hbar\sqrt{\tilde{\alpha}_0\tilde{\alpha}_1}\left[\hat{D}^{+a}_{\ i}\hat{D}^{a}_{i} + \frac{1}{2}\right]$$

$$\hat{\mathrm{N}}^{\mathrm{a}}_{\mathrm{i}} = \hat{D}^{+a}_{\ i}\hat{D}^{a}_{i}, \hat{N} = \sum_{\mathrm{a}=1}^{8}\sum_{\mathrm{i}=1}^{3}\hat{\mathrm{N}}^{\mathrm{a}}_{\mathrm{i}}$$

$$L\hat{H}^{0}_{eff} = \hbar\sqrt{\tilde{\alpha}_0\tilde{\alpha}_1}\left(\hat{N} + 12\right) \qquad (16)$$

$$L\hat{H}_{eff(1)} = L\hat{H}^{0}_{eff} - \frac{1}{2}n_f f_2^{`}\frac{\hbar}{2}\sqrt{\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}}\sum\nolimits_{i\neq j}\left[\hat{D}^{+a}_{\ i} - \hat{D}^{a}_{i}\right].\left[\hat{D}^{+a}_{\ j} - \hat{D}^{a}_{j}\right]$$

$$+ n_f f_1^{`}\frac{\hbar}{2\sqrt{\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}}}\sum\nolimits_{i\neq j}\left[\hat{D}^{+a}_{\ i} + \hat{D}^{a}_{i}\right].\left[\hat{D}^{+a}_{\ j} + \hat{D}^{a}_{j}\right]$$

$$+\frac{1}{4}\left(\frac{1}{\mathrm{g}^2(L)} + \alpha_2\right.$$

$$\left. + n_f f_2\right)(f^{abc})^2\frac{\hbar^2}{4\left(\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}\right)}\left[\ \left[\hat{D}^{+b}_{\ i} + \hat{D}^{b}_{i}\right]\left[\hat{D}^{+c}_{\ j} + \hat{D}^{c}_{j}\right]\ \left[\hat{D}^{+b}_{\ i} + \hat{D}^{b}_{i}\right]\left[\hat{D}^{+c}_{\ j}\right.\right.$$

$$\left.\left. + \hat{D}^{c}_{j}\right]\right]$$

$$+\frac{1}{2}n_f f_2^{`}\sum\nolimits_{i\neq j}\left((f^{abc}f^{ade})\frac{\hbar^2}{4\left(\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}\right)}\left[\ \left[\hat{D}^{+b}_{\ i} + \hat{D}^{b}_{i}\right]\left[\hat{D}^{+c}_{\ k} + \hat{D}^{c}_{k}\right]\ \left[\hat{D}^{+d}_{\ j} + \hat{D}^{d}_{j}\right]\left[\hat{D}^{+e}_{\ k}\right.\right.\right.$$

$$\left.\left.\left. + \hat{D}^{e}_{k}\right]\right]\right)$$

$$+ n_f f_3 d^{abc}\ \frac{\hbar^{\frac{3}{2}}}{2\sqrt{2}\left(\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}\right)^{\frac{3}{4}}}\ \left[\ \left[\hat{D}^{+a}_{\ i} + \hat{D}^{a}_{i}\right]\left[\hat{D}^{+b}_{\ j} + \hat{D}^{b}_{j}\right]\ \left[\hat{D}^{+c}_{\ k} + \hat{D}^{c}_{k}\right]\right] \therefore$$

$$+ n_f f_4 S^{abcd}\ \frac{\hbar^2}{4\left(\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}\right)}\left[\ \left[\hat{D}^{+a}_{\ i} + \hat{D}^{a}_{i}\right]\left[\hat{D}^{+b}_{\ j} + \hat{D}^{b}_{j}\right]\ \left[\hat{D}^{+c}_{\ k} + \hat{D}^{c}_{k}\right]\left[\hat{D}^{+d}_{\ m} + \hat{D}^{d}_{m}\right]\right]$$

$$L\hat{H}_{eff(1)} = L\hat{H}^{0}_{eff}$$

$$-\frac{1}{2}n_f f_2^{`}\sum\nolimits_{a=1}^{8}.\sum_{i=1}^{3}.\sum_{j=1}^{3}.\sum\nolimits_{i\neq j}\frac{\hbar}{2}\sqrt{\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}}\left[\hat{D}^{+a}_{\ i}\hat{D}^{+a}_{\ j} - \hat{D}^{+a}_{\ i}\hat{D}^{a}_{j} - \hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{+a}_{\ j}\right.$$

$$\left. + \hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{a}_{j}\right].$$

$$+ n_f f_1^{`}\sum\nolimits_{a=1}^{8}.\sum_{i=1}^{3}.\sum\nolimits_{i\neq j}\frac{\hbar}{2\sqrt{\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}}}\left[\hat{D}^{+a}_{\ i}\hat{D}^{+a}_{\ j} + \hat{D}^{+a}_{\ i}\hat{D}^{a}_{j} + \hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{+a}_{\ j} + \hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{a}_{j}\right].$$

$$+\frac{1}{4}\left(\frac{1}{\mathrm{g}^2(L)} + \alpha_2 + n_f f_2\right)$$

$$\sum_{a=1}^{8}.\sum_{b=1}^{8}.\sum_{c=1}^{8}.\sum_{i=1}^{3}.\sum_{j=1}^{3}(f^{abc})^2\frac{\hbar^2}{4\left(\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}\right)}.\left[\ \left[\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}\right.\right.$$
$$+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}$$
$$+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}$$
$$\left.\left.+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{j}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{j}\right]\right]$$
$$+\frac{1}{2}n_f f_2^{`}\sum_{i\neq j}\sum_{a=1}^{8}.\sum_{b=1}^{8}.\sum_{d=1}^{8}.\sum_{c=1}^{8}.\sum_{e=1}^{8}.\sum_{i=1}^{3}.\sum_{j=1}^{3}.\sum_{k=1}^{3}.\left((f^{abc}f^{ade})\frac{\hbar^2}{4\left(\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}\right)}\left[\ \left[\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{+d}_{j}\hat{D}^{+e}_{k}\right.\right.\right.$$
$$+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{+d}_{j}\hat{D}^{e}_{k}+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{d}_{j}\hat{D}^{+e}_{k}+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{d}_{j}\hat{D}^{e}_{k}+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{+d}_{j}\hat{D}^{+e}_{k}$$
$$+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{+d}_{j}\hat{D}^{e}_{k}+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{d}_{j}\hat{D}^{+e}_{k}+\hat{D}^{+b}_{i}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{d}_{j}\hat{D}^{e}_{k}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{+d}_{j}\hat{D}^{+e}_{k}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{+d}_{j}\hat{D}^{e}_{k}$$
$$+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{d}_{j}\hat{D}^{+e}_{k}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{d}_{j}\hat{D}^{e}_{k}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{+d}_{j}\hat{D}^{+e}_{k}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{+d}_{j}\hat{D}^{e}_{k}+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{d}_{j}\hat{D}^{+e}_{k}$$
$$\left.\left.\left.+\hat{D}^{b}_{i}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{d}_{j}\hat{D}^{e}_{k}\right]\right]\right)$$
$$+n_f f_3 d^{abc}\ \ \textstyle\sum_{a=1}^{8}.\sum_{b=1}^{8}.\sum_{c=1}^{8}.\sum_{i=1}^{3}.\sum_{j=1}^{3}.\sum_{k=1}^{3}.\frac{\hbar^{\frac{3}{2}}}{2\sqrt{2}\left(\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}\right)^{\frac{3}{4}}}\left[\ \left[\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}+\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}+\right.\right.$$
$$\left.\left.\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}+\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}+\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}+\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}+\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}+\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}\right]\right]+$$
$$n_f f_4 S^{abcd}\ \textstyle\sum_{a=1}^{8}.\sum_{b=1}^{8}.\sum_{c=1}^{8}.\sum_{d=1}^{8}.\sum_{i=1}^{3}.\sum_{j=1}^{3}.\sum_{k=1}^{3}.\sum_{m=1}^{3}.\frac{\hbar^2}{4\left(\frac{\tilde{\alpha}_1}{\tilde{\alpha}_0}\right)}\left[\ \left[\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{+d}_{m}+\right.\right.$$
$$\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{d}_{m}+\quad\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{+d}_{m}+\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}\ \hat{D}^{d}_{m}+\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{+d}_{m}+$$
$$\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{d}_{m}+\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{+d}_{m}+\hat{D}^{+a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}\ \hat{D}^{d}_{m}+\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{+d}_{m}+\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{d}_{m}+$$
$$\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{+d}_{m}+\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{+b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}\ \hat{D}^{d}_{m}+\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{+d}_{m}+\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{+c}_{k}\hat{D}^{d}_{m}+\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}\hat{D}^{+d}_{m}+$$
$$\left.\left.\hat{D}^{a}_{i}\hat{D}^{b}_{j}\hat{D}^{c}_{k}\ \hat{D}^{d}_{m}\right]\right]$$
(17)

ونحسب مصفوفة الهاملتوني على الشكل التالي:

$$LH_{n_i^a,m_i^a}=\left\langle n_i^a\middle|L\hat{H}\middle|m_i^a\right\rangle\ =\hbar\sqrt{\tilde{\alpha}_0\tilde{\alpha}_1}\left[\sum_{a=1}^{8}\sum_{i=1}^{3}\ m_i^a\delta_{n_i^a,m_i^a}+12\right]+\frac{1}{4}\left(\frac{1}{\mathrm{g}^2(L)}+\alpha_2+n_f f_2\right)$$

$$\sum_{a=1}^{8}.\sum_{b=1}^{8}.\sum_{c=1}^{8}.\sum_{i=1}^{3}.\sum_{j=1}^{3}(f^{abc})^2\frac{\hbar^2}{4\left(\frac{\widetilde{\alpha}_1}{\widetilde{\alpha}_0}\right)}.\left[\left[\sqrt{m_i^a+1}\sqrt{m_i^a+2}\sqrt{m_i^a+3}\sqrt{m_i^a+4}\quad \delta_{n_i^a,m_i^a+4}\,\delta_{i,j}\;\delta\right.\right.$$

$$+m_i^a\sqrt{m_i^a+1}\sqrt{m_i^a+2}\quad \delta_{n_i^a,m_i^a+2}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+(m_i^a+1)^{\frac{3}{2}}\sqrt{m_i^a+2}\,\delta_{n_i^a,m_i^a+2}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\delta^{ab}+m_i^a\quad(m_i^a-1)\quad\delta_{n_i^a,m_i^a}\quad\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+\sqrt{m_i^a+1}\quad(m_i^a+2)^{\frac{3}{2}}\;\delta_{n_i^a,m_i^a+2}\quad\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}+(m_i^a)^2\;\delta_{n_i^a,m_i^a}\quad\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+\quad(m_i^a)\,(m_i^a+1)\;\delta_{n_i^a,m_i^a}\;\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+\quad\sqrt{m_i^a}\;\sqrt{m_i^a-1}\,(m_i^a-2)\;\delta_{n_i^a,m_i^a-2}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+\sqrt{m_i^a+1}\;\sqrt{m_i^a+2}\;(m_i^a+3)\;\delta_{n_i^a,m_i^a+2}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+\quad m_i^a(m_i^a+1)\,\delta_{n_i^a,m_i^a}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}+(m_i^a+1)^2\;\delta_{n_i^a,m_i^a}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+\quad\sqrt{m_i^a}\,(m_i^a-1)^{\frac{3}{2}}\;\delta_{n_i^a,m_i^a-2}\quad\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}+\quad(m_i^a+1)(m_i^a+2)\;\delta_{n_i^a,m_i^a}\;\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+\quad\sqrt{m_i^a}\;\sqrt{m_i^a-1}\,(m_i^a+1)\delta_{n_i^a,m_i^a-2}\quad\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+\quad(m_i^a)^{\frac{3}{2}}(m_i^a-1)\;\delta_{n_i^a,m_i^a-2}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$\left.\left.+\sqrt{m_i^a}\;\sqrt{m_i^a-1}\;\sqrt{m_i^a-2}\,\sqrt{m_i^a-3}\,\delta_{n_i^a,m_i^a-4}\quad\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}\right]\right]$$

$$+n_f f_3\;\sum_{a=1}^{8}.\sum_{b=1}^{8}.\sum_{c=1}^{8}.\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}.\sum_{k=1}^{3}d^{abc}\,\frac{\hbar^{\frac{3}{2}}}{2\sqrt{2}\left(\frac{\widetilde{\alpha}_1}{\widetilde{\alpha}_0}\right)^{\frac{3}{4}}}$$

$$\left[\sqrt{m_i^a+1}\,\sqrt{m_i^a+2}\;\sqrt{m_i^a+3}\;\;\delta_{n_i^a,m_i^a+3}\quad\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}\right.$$

$$+m_i^a\sqrt{m_i^a+1}\quad\delta_{n_i^a,m_i^a+1}\;\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\delta^{ab}$$

$$+(m_i^a+1)^{\frac{3}{2}}\quad\delta_{n_i^a,m_i^a+1}\;\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+\sqrt{m_i^a}\quad(m_i^a-1)\quad\delta_{n_i^a,m_i^a-1}\;\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\delta^{ab}$$

$$+(m_i^a+2)\;\sqrt{m_i^a+1}\;\delta_{n_i^a,m_i^a+1}\;\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+(m_i^a)^{\frac{3}{2}}\quad\delta_{n_i^a,m_i^a-1}\;\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$+(m_i^a+1)\;\sqrt{m_i^a}\;\delta_{n_i^a,m_i^a-1}\;\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}$$

$$\left.+\quad\sqrt{m_i^a}\;\sqrt{m_i^a-1}\,\sqrt{m_i^a-2}\quad\delta_{n_i^a,m_i^a-3}\;\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\;\delta^{ac}\,\delta^{ab}\right]$$

$$+n_f f_4\;\sum_{a=1}^{8}.\sum_{b=1}^{8}.\sum_{c=1}^{8}.\sum_{d=1}^{8}.\sum_{i=1}^{3}.\sum_{j=1}^{3}.\sum_{k=1}^{3}.\sum_{m=1}^{3}S^{abcd}.\frac{\hbar^2}{4\left(\frac{\widetilde{\alpha}_1}{\widetilde{\alpha}_0}\right)}$$

$$\Big[\sqrt{m_i^a+1}\sqrt{m_i^a+2}\sqrt{m_i^a+3}\sqrt{m_i^a+4}\quad \delta_{n_i^a,m_i^a+4}\ \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$m_i^a\sqrt{m_i^a+1}\sqrt{m_i^a+2}\quad \delta_{n_i^a,m_i^a+2}\quad \delta_{i,m}\quad \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+(m_i^a+$$
$$1)^{\frac{3}{2}}\sqrt{m_i^a+2}\quad \delta_{n_i^a,m_i^a+2}\ \delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\delta^{ab}+$$
$$m_i^a\,(m_i^a-1)\quad \delta_{n_i^a,m_i^a}\quad \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$\sqrt{m_i^a+1}\quad (m_i^a+2)^{\frac{3}{2}}\ \delta_{n_i^a,m_i^a+2}\ \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$(m_i^a)^2\ \delta_{n_i^a,m_i^a}\quad \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$(m_i^a)\,(m_i^a+1)\ \delta_{n_i^a,m_i^a}\quad \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$\sqrt{m_i^a}\ \sqrt{m_i^a-1}\,(m_i^a-2)\ \delta_{n_i^a,m_i^a-2}\ \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$\sqrt{m_i^a+1}\,\sqrt{m_i^a+2}\ \ (m_i^a+3)\ \delta_{n_i^a,m_i^a+2}\ \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$m_i^a(m_i^a+1)\quad \delta_{n_i^a,m_i^a}\ \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$(m_i^a+1)^2\ \delta_{n_i^a,m_i^a}\ \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$\sqrt{m_i^a}\ \ (m_i^a-1)^{\frac{3}{2}}\ \delta_{n_i^a,m_i^a-2}\ \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+\ \ (m_i^a+1)\,(m_i^a+$$
$$2)\ \delta_{n_i^a,m_i^a}\ \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$\sqrt{m_i^a}\,\sqrt{m_i^a-1}\,(m_i^a+1)\delta_{n_i^a,m_i^a-2}\quad \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$(m_i^a)^{\frac{3}{2}}(m_i^a-1)\quad \delta_{n_i^a,m_i^a-2}\ \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}+$$
$$\sqrt{m_i^a}\,\sqrt{m_i^a-1}\,\sqrt{m_i^a-2}\,\sqrt{m_i^a-3}\quad \delta_{n_i^a,m_i^a-4}\ \delta_{i,m}\,\delta_{i,k}\,\delta_{i,j}\,\delta^{ad}\,\delta^{ac}\,\delta^{ab}\Big]$$
(18)

إن الحدود التي فيها المجموع : $\sum_{\mathbf{i\neq j}}$ تساوي الصفر لأنها تحوي $\delta_{i,j}$ ($\delta_{i,j}=\mathbf{0}$ عندما $\boldsymbol{i\neq j}$)

تحقق مصفوفة الطاقة المغناطيسية المعادلة :

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a=\frac{i}{\hbar}\left(\hat{H}(\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a)-(\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a)\hat{H}\right)$$
(19)

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\langle\ldots.n_i^a\ldots.|\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a|\ldots\ldots m_i^a\ldots..\rangle$$
$$=\frac{i}{\hbar}\big[\langle\ldots.n_i^a\ldots.|\hat{H}\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a|\ldots\ldots m_i^a\ldots..\rangle-\langle\ldots.n_i^a\ldots.|\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a\hat{H}|\ldots\ldots m_i^a\ldots..\rangle\big]$$
$$=\frac{i}{\hbar}\left[\sum_{\acute{n}_i^a}\big[\langle\ldots.n_i^a\ldots.|\hat{H}|\ldots\ldots\acute{m}_i^a\ldots..\rangle\langle\ldots.\acute{n}_i^a\ldots.|\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a|\ldots\ldots m_i^a\ldots..\rangle-\langle\ldots.n_i^a\ldots.|\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a|\ldots\ldots\acute{n}_i^a\ldots..\rangle\langle\ldots.\acute{n}_i^a\ldots.|\hat{H}|\ldots\ldots m_i^a\ldots..\rangle\big]\right]$$

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}(\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a)_{n_i^am_i^a}=\frac{i}{\hbar}\Big[\sum\nolimits_{\acute{n}_i^a}\Big[\ \langle H_{n_i^a\acute{m}_i^a}(\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a)_{\acute{n}_i^am_i^a}-(\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a)_{n_i^a\acute{n}_i^a}H_{\acute{n}_i^am_i^a}\rangle\quad\Big]\Big]\qquad(20)$$

نستطيع حساب تطور الزمن للقيمة المتوقعة للطاقة المغناطيسية من خلال حل هذه المعادلة التفاضلية عددياً بالحل المكرر وذلك بعد إعداد برنامج بلغة الفورتران لحساب المصفوفة $H_{n_i^am_i^a},(\hat{B}_i^a\hat{B}_i^a)_{n_i^am_i^a}$ عند بداية الزمن أو

باستخدام برنامج الماتلاب ،إن النتائج العملية لهذا العمل التحليلي سوف تضح بوضع برنامج بلغة الفورتران اوالماتلاب لحساب قيمة هذه المصفوفة وإخراج هذا الحل التحليلي إلى نتائج عملية وقد حسب ذلك عدديا من أجل نظرية المعايرة مع الزمرة su(2) [1 – 5] .

المراجع:

1-KOLLER,J.;VAN BAAL,P.-Arigorous non perturbative result for the glueball mass and electric flux energy in a finite volume Nucl. Phys .B North-Holland. Vol.273,N^0.2,1986,387-412.

2-KRIPFGANZ , J. and MICHAEL, C.-Fermionic Contributions to The Glueball Spectrum In a Small Volume Phys. Lett. B North-Holland vol. 209,N^0. 1, 1988.77-79.

3- Jeffrey KOLLER and Pierre van BAAL.A non-perturbative analysis in finite Volume gauge theory –Nuclear physics B302 (1988) 1-64,North-Holland,Amsterdam.

4-AL-CHATOURI, S.-Untersushungen zum realzeit-verhlten Quanten feld theoritischemodelle Dissertation, Leipzig uni.-1991 -, 101p.

5-Dr.AL-chatouri,salman-Evolutionof Real Times in the Problems of Non-equilibrium for Pure Gauge Theory with Group SU(2),Depending on the Creation and Annihilation Operators Tishreen University Journal-vol.(30)No.(1) 2008,23-45.

6-Van baal, p .the small volume expansion of gauge theories coupled to massless fermions Nuclear Physics B− North-Holland vol 307,1988,PP.274-290

7-forum.palmoon.net/topic-3884-102.html.

8-www.livesicence.com/22320-quark-gluon-plasma-big-bang-conditions.html.

9-GRAHAMP.COLLINS.- The Discovery Machine. Scientific American. Number 6/7/2008.

10-EBOLI,O.;JACKIW,R.;SO-YOUNG,PI.-Quantum fields out of thermal equilibrium phys.Rev.D,U.S.A.vol.37,N^0.12,1988,3557-3581.

11-VAN BAAL,P.;AVERBACH,A.AnAnolysis of transverse fluctuations in multidimensional tunneling. Nucl.phys.B.North-Holland vol.275,N^0.17,1986,93-120

12-ILGENFRITZ,EM.;KRIPFGANZ,J.-Quantum liouville equation and nonequilibrium processes in quantum field theory phys.Lett.A.North-Hollandvol.108,N^0.3,1985,133-136.

13-KRIPFGANZ, J.;ILGENFRITZ, EM.Reheating after in flation class. Quantum Grav.U.K.vol.3,N^0.5,1986,811-815.

14-KRIPFGANZ, J.; PERLT,H.Approach to non-equilibrium behavior in quantum field theory. Ann. Of phys.U.S.A.vol.191,N^0.2,1989,241-257.

15-RING WALD,A.-Evolution equation for the expectations value of a scalar field in spatially flat RW universes.Ann.phys.U.S.A.vol.177,N^0.1,1987,129-166.

16-KRIPFGANZ,J.RING WALD,A.-Electron weak baryon number violation at finite temperature. Z.phys.C-particles and Fields. Germany.vol.44,1989,213-225.

17-THOOFT,G.-Computation of the quantum effects due to a four-dimensional pseudoparticle.phys.Rev.D.U.S.A.vol.14,N^0.12,1976,3432-3450..

19-ADLER,S.Axial-vector vertex in spinorElectrodnamics.phys.Rev.U.S.A.vol. 177, N^0.5,1969,2426-2438.

20-SEMENOFF,G.;NATTAN,W.-Feynman rules for finite-temperature Greens functions in an expanding universe phys.rev.D.U.S.A.vol.31,N^0.4,1985,689-698.

21-BENDER,M.;FRED,C.JAMESE.O DELLS,J.and SIMMONS,L.M.-Quantum Tunneling using Discrete-Time operator Difference Equations. phys. Rev. Lett.U.S.A.vol.55.N^0.9.1985,901-903.
22-KEIL,W.;RAND,K.Mass and wave Function Renormalization at finite Temperature. physics A,U.S.A.vol.158.N^0.1,1989-47-57.
23-NIEMI,J.;GORDON,W.and SEMENOFF,G.-Theromdynamic calculations in relativistic finite-temperature quantum field Theories-Nucl.phys.B North-Holland.vol.230,N^0.2,1984,181-221.
24-BERGES,J.;BORSANYI,SZ.;SEXTY,D.and STAMATESCU,I.-O.-Lattice simulations of real-time quantum fields phys.Rev.D.U.S.A.vol.75,045007,2007
25-VAN BAAL,P.;KOLLER,J.-Finite-Size Results for SU(3) Gauge Theory. Phys.Rev.Lett.U.S.A.vol.57,N^0.22,1986,2783-2786.
26-KOLLER,J.;VAN BAAL,P.-Arigorousnonperturbative result for the glueball mass and electric flux energy in a finite volume Nncl.phys.B North-Holland. Vol.273,N^0.2,1986,387-412.
27-KRIPFGANZ,J.;MICHEL,C.-Glueballs with dynamical fermions in a small volume Nucl.phys.B North-Holland.vol.314,N^0.1,1989,25-29.
28- LUSCHER, M.Mass Spectrum of YM Gauge Theories On a Torus. Nucl . Physics B North-Holland vol. 219,N^0 . 1, 1983,pp. 233-261.
29- LUSCHER, M. and MUNSTER, G.Weak-coupling expansion of the low-lying Energy values in the SU(2) gauge theory on a torus.Nucl .Phys. B
North-Holland Vol. 232,N^0.3, 1984,PP. 445-472.
30- KOLLER,J. and VANBAAL, P.-SU(2) Spectroscopy Intermediate Volumes Phys. Rev Lett. U.S.A. vol. 58,N^0.24, 1987,PP. 2511-2514.
31- VAN BAAL, P .and KOLLER, J.QCD on a Torus, and Electric Flux Energies From Tunneling Ann. Phys . U.S.A. VOL. 174,N^0.2,1987 ,299-371.
32-KRIPFGANZ , J. and MICHAEL, C.-Fermionic Contributions to The Glueball Spectrum In a Small Volume Phys. Lett.B North-Holland vol. 209,N^0. 1, 1988. 77-79.
33-FRAGA , E.S ; KODAMA , T. ; KREIN , G. ; MIZHER , J. and PALHARES , L.F.-Dissipotion and Memory Effects in Pure Glue deconfinement. Nuclear Physics.A-North Holland vol. 785,N^0.1-2, 2007, 138-141.
34- ALEXEI BAZAVOV , A. ; BERND BERG, and VERLYTSKY ,A-Non-equilibrium Signals of The SU(3) Deconfining Phase Transition Pos U.S.A. vol 127.2006, 1-7.
FRAMPTON, P, H. Gauge Field Theories 1976. 35-
36- JACKIW,R.Mean Field Theory For Non-equilibrium Quantum Fields. Physics A U.S.A vol. 158,N^0.1 ,1989,PP.269-290.
37- BERGES, J. and BORSANYI, SZ.-Progress In Non-equilibrium Quantum Field Theory III Nuclear Physics A , North-Holland vol. 785,N^0.1-2,2007, 58-67.
38- Jeffrey KOLLER and Pierre van BAAL.A non-perturbative analysis in finite
Volume gauge theory –Nuclear physics B302 (1988) 1-64,North-Holland,Amsterdam
39-AL-CHATOURI, S.-Untersushungenzumrealzeit-verhlten Quantenfeldtheoritischemodelle Dissertation, Leipzig uni.-1991 -, 101p.
40-د.الشاتوري،سلمان-تطور الأزمنة الحقيقية في مسائل عدم التوازن من أجل نظرية المعايرة الصافية مع الزمرة SU(2) بالاعتماد على مؤثري البناء و الهدم مجلة جامعة تشرين-المجلد(30) العدد(1),2008

41-د.الشاتوري،سلمان-تطور الأزمنة الحقيقية في مسائل عدم التوازن من أجل نظرية المعايرة الصافية مع الزمرة SU(3) بالاعتماد على مؤثري البناء و الهدم مجلة جامعة تشرين-المجلد(30) العدد(3)،61-200841.

42-د.الشاتوري، سلمان؛ د. نظام، محي الدين؛ أحمد، عدنان؛ دراسة تحليلية لتطور الزمن الحقيقي في نظرية المعايرة. مجلة جامعة تشرين-المجلد(30) العدد(4)2008 , 173-183 .

43- د.الشاتوري، سلمان؛ د. نظام، محي الدين؛ بشير، علي؛ دراسة تحليلية لتطور الأزمنة الحقيقة في ميكانيك الكم الإحصائي لنظرية المعايرة لبلازما الكواركات و الغليونات قبل للنشر برقم /849/ ص م.ح تاريخ 2013./8/5.

44-Van Baal ,P. the small volume expansion of gauge theories coupled to Massless fermions. Nuclear Physics B-North-Holland Vol 307,1988,274-290.

45-GREINER,W.and MÜLLER,B.Band5:Quantentenmechanik II. Auffage, verlagHarri Deutsch,1984.

46-بشير، علي.تطور الأزمنة الحقيقة في ميكانيك الكم الإحصائي لنظرية المعايرة لبلازما الكواركات والغليونات، اطروحة ماجستير، جامعة تشرين.