الفصل الاول: معادلة شرودنغر التابع الموجي, الحزمة الموجية.

1. معادلة شرودنغر:

الشكل التفاضلي لمعادلة شرودنغر:

مبدأ دوبروي:

* كل ظاهرة موجية توصف بتابع موجية وتتبع معادلة انتشار الكلاسيكية:

نعلم أن:

نفرض حل من الشكل:

نعوض في الحل ثم نعوض الحل للمعادلة الموجية.

نحصل على بعد التعويض:

نعلم أن:

نعوض في العلاقة 3.

من علاقة الطاقة نستنتج ان:

نعوض في 3 أيضا.

نحصل على معادلة شرودنغر المستقل عن الزمن.

نفترض أنه يمكن انه يمكن نمذجة الموجة المادية بتابع أحادي الون.

نقوم بالتحويل:

نصل إلى علاقة نسميها 10. نتركها لعلاقة منستخدمها بعدين.

نأخذ علاقة مصونية الطاقة:

نضربها بتابع الموجة ومنحاول نحدد عبارتي الحدين يلي باليمين.

الهدف من الشي يلي ساوينا هلق مو كتير واضح بالنسبة لألي (فلازم إذا فهمت الهدف أرجع أشرح).

منشتق 10 بالنسبة للزمن منشتق منو بعدين شي منسمي قاعدة التكميم الأولى لشي سبب.

(إذا فهمتن بعدين لازم أرجع أشرح).

* نشتق بالنسبة لمركبات الفضاء.

هون نفس التعليق عالإشتقاق بالنسبة للزمن.

هون طريقة الإشتقاق ممكن تكون شوي بدها تركيز ولازم الواحد يشوفها قبل ما يبلش.

بنوصل بعد الإشتقاق بالنسبة لمركبات المسار للقاعدة الثانية بالتكميم:

نضرب طرفي العلاقة بكمية الحركة فنحصل على المعادلة:

نعوض قاعدة التكميم الثانية والعلاقة السابقة بمعادلة الطاقة التي استنتجناها فنحصل على:

*نسمي هذه المعادلة بمعادلة شرودنغر التابع للزمن.*

*الشكل المؤثري لمعادلة شرودنغر:*

*من قاعدة التكميم الثانية نستنتج أن(مؤثر الإندفاع):*

*من \* نستنتج ان:*

*من علاقة التكميم الأولى:*

يمكننا من هذا كتابة الشكل المؤثر لمعادلة شرودنغر:

خصائص التابع الموجي:

نعرف كثافة الاحتمال بالمعادلة التالية:

-يجب أن يكون التابع معرفاً ومستمراً في جميع نقاط الفضاء.

وله الخواص التالية:

1. خاصة التنظيم:
2. أن يكون وحيد القيمة:
3. لايقبل قيم لانهائية.
4. تابع مستمر.
5. تابع اشتقاقي.
6. ينعدم عند حدود المجال.
7. يجب ان يكون تكاملي تربيعي.

3- التفسير الاحتمالي للتابع الموجي ومفهوم التنظيم:

جسب ماكس برون احتمال وجود جسيم في مكان لامتناهي في الصغر في لحظة ما يعطى ب:

تنظيم التابع الموجي:

عندما يكون التبع الموجي لمعادلة شرودنغر مضرباً بثابت مجهول يمكن إيجاد الثابت المجهول بالعلاقة:

ملخص لطريقة حل سؤال إيجاد الثابت لتابع موجي:

* منكامل ضرب التابع بمرافقو على كامل الفضاء.
* بناخد A ومنعزلها .
* بيطلع A.

4- بعض خصائص معادلة شرودنغر:

1. معادلة خطية متجانسة.
2. معادلة شرودنغر تابعة للزمن فالحالة البدائية تحدد الجملة بعدها.

5- مفهوم الحالات المستقرة:

حالات لاتتبع من أجلها كثافة الاحتمال للزمن.

إذا كان الطرف الأول متغير بالنسبة للموضع يساوي شي تاني متغير بالنسبة للزمن فهاد بيعني انن التنين ثابتين؟؟

6- مبدأ التركيب:

الأسئلة يلي بتنطرح هون:

ما هو الجداء الداخلي لتابعين في فضاء هيلبرت؟

ما هو المعنى الفيزيائي للجداء الداخلي؟

متى يكون التابع منظم؟

متى يتعامد شعاعين في فضاء هلبرت؟

**الفضاء التابعي يعرف ب:**

وهو الجداء الداخلي لتابعين.

يسمح مبدا التراكيب ببناء حل عام لمعادلة شرودنغر بالشكل:

عندما t=0 يمكننا كتابت الحل كتركيب لعدة حلول بالشكل:

يمكننا بالمكاملة على كامل الفضاء أن نستنتج ان:

يمكن ان نستنتج ايضا أن أن الثابت c للتربيع هو احتمال ايجاد الجملة في حالة الطاقة .

7- طور التابع الموجي:

1. تعريف:

تابع موجي من الشكل:

1. الطور الاجمالي:

إذا كان الطور عبارة عن معامل ضرب.

1. الطور الموضعي:

التابع قابل على للنشر قاعدة مكونة من توابع منظمة ومتعامدة.

في الطور الموضعي ليس بالضرورة ان يمثل تابع الطور والتابع نفس الحالة.

(مابعرف شو بأثر هاد الشي) مابعرف حتى الفرق بين التابعين

1. التابع الموجي في فضاء كميات الحركة:

نشر فورييه وشو السبب يلي منستخدمو؟

بتذكر وقتها كنا فينا نلاقي قيمة لل الإندافاع برسمة تانية بس مدري ليش ألان أدمز قال أنو لاء مو صحيح ما منلاقي حل.

بعض خصائص المهمة لتحويلات فورييه:

مصونية التابع والمخافظة على الطويلة.

كلام أنا ماكتير استوعبت المغزى منو.

مبرهنة بارسفال تمن تنظيم التابع في فضاء كمية الحركة إذا كان منظماً في فضاء الاحداثيات:

مبرهنة بارسفال محيرتني بعلاقتها بتحويل فورريه وتحويل فورييه ملبكتي بمعناه الدقيق.

عندما يطلب إيجاد التابع الموجي في فضاء كميات الحركة منكامل التابع عالفضاء كلو.

الناتج هو الحل.

1. معادلة انحفاظ الاحتمال:

نعرفه على أنه كثافة الاحتمال: حكينا عليها من قبل.

نبحث عن التغير الزمني لكثافة الاحتمال:

منجيب علاقة اشتقاق التابع الموجي بالنسبة للزمن من قواعد التكميم الي عرفناهن قاعدة التكميم الأولى

ونعوض (\*) فيها ثم نعوضها.

نقوم بالتبسيط بعدين بالضرب ب .

مناخد المرافق العقدي.

ومنجمعن مع بعض المرافق والأصلية.

نعتمد ان مؤثر الطاقة ليس تفاضلي.

منعرف العلاقة يلي طلعت(بعد التبسيط) معنا بشعاع كثافة الاحتمال.

منكامل علاقة انحفاظ كثافة الاحتمال, ومابعرف شو معناها الدقيق لهي…

بس بنكامل وطرف رمز الكثافة بنستعمل في مبرهنة غريين.

منصيغ بعدين كثافة الاحتمال بدلالة كمية الحركة.

منكتب كثافة الاحتمال بشكل تاني فيها بساي شي ضرب مرافق بساي وبنطرحو من واحد تاني.

منعوض v يلي هو كمية الحركة مقسم عليها الكتلة.

مناخد القسم الحقيقي والتخيلي لكل حد وبعدين منطرحن وبشنوف النتيجة وبنعوضها.

بيطلع معنا:

لما بنساوي معادلة الاستمرار مستقلة عن الزمن الحد الثاني بروح.

عبارة دبروي لمعادلة الأستمرار منعوض الحل تبع بساي الأسي .

-**برهن باستخدام معادلة المصونية(معادلة الاستمرارية) على أن E تنتمي ل :R**

منكتب روو بالشكل:

في الحالات المستقرة يكون:

منعوض هي ب معادلة الاستمرار يلي حدها الأول هو:

بيطلع معنا:

منعوض بحدها الثاني:

**هون لازم أكتب نقص حطيتو بمكتب جرمانا**

**2-الموجة المستوية أحادية الون:**

عندما يأخذ من اجل أي لحظة tالتابع نفس القيمة من جل كل نقاط مستوي عمودي على اتجاه انتشار الموجة نقول الموجة مستوية, واحادية الون إذا كانت الموجة تابع دوري نقول إن الموجة أحادية اللون.

3**- الجسيم الحر:**

نقول عن الجسيم أنه حر إذا كانت طاقته الكامنة معدومة أو تساوي كمية ثابتة عند كل نقطة من نقاط الفضاء.

لايخضع الجسيم لأي قوة في هذه الحالة.

تكتب معادلة شرودنغر في هذه الحالة:

يمكنن بعد تعويض بساي بموجة احادية الون ان نستنتج أن:

وبالإشتقاق بالنسبة ل نستنتج:

بالتعويض والاختصار نتستنتج علاقة التبعثر:

حتى نعلم إذا كان الحل السابق مقبولاً نبحث في خصائصه وواحدة منها هي أن يكون تربيعي الجمع:

* نستنتج من خاصية تربيعي الجمع أن كثافة الاحتمال ثابتة على كامل الفضاء.
* الطاقة ليس منتهية في هذه الحالة.

1. **حزمة الأمواج:**

تعتبر طريقة التراكيب واحدة من أبسط الطرق لحل معادلة خطية.

شكل الحل:

تعريف حزمة الأمواج:

كل تركيب خطي لامواج مستوية أحادية الون تحقق معادلة شرودنغر.

**تعريف علاقة بارسفال:**

يمكن الحصول على التابع باستخدام تحويلة فورييه:

حيث العبارة الممثلة لحزمة الأمواج هي:

البرهان:

نكتب بساي وبساي للقوة نجمة وناكمله على كامل الفضاء.

نشكل روو بضربن.

نكامل طرفي العلاقة.

وبالعمل على العلاقة نستنتج أن بارسفال صحيحة.

تدل علاقة بالرسفال أنه من الممكن ترميم نقاط الضعف الموجة المستوية أحادية اللون من خلال بناء حزمة موجية باستخدام توابع مناسبة.

مسألة:

نعبر عن التابع والمميز بحزمة امواج مربعة شبه احادية اللون بالعلاقة الرياضية التالية:

عندما يكون :

او:

*الحل:*

* *نكامل على كامل الفضاء بيطلع الجواب.*

*نلاحظ بعد رسم التابع التالي:*

* *توزع الامواج يكون متوضعاً بجوار ال*
* *بالرغم من ان التابع الموجي عدد لانهائي من القمم التي تمثل النهاية الحدية العظمى والدنيا,ولكن تبقى هذه النهايات ضعيفة الشدة بالمقارنة مع النهاية العظمى الأساسية.*

*سؤال اضافي: شو قصدو هون الدكتور بنهاية ضعيفة وشو الفرق عنها عن النهية القوية؟*

*يمكن من الخط البياني ان نستنتج ان:*

*نحسب :*

*نلاحظ من هذه العبارة التالي:*

* *كثافة الاحتمال لم تعد ثابتة عند كل نقاط الفضاء كما كان عليها الحال من اجل موجة مستوية احادية اللون.*
* *الجملة شبه احادية الون مقبولة فيزيائياً من وجة نظر كثافة الاحتمال.*

*نحسب الطاقة المنقولة بمكاملة مربع كثافة الاحتمال على كامل الفضاء من قبل حزمة الامواج فيكون الناتج:*

***5-2: شكل حزمة الأمواج عند لحظة ما:***

**شغلات ساويها لأرفع مستوا النوطة:**

1. دور عنظرية بارسفال وضمن شرح أفضل لألها.
2. دور عتحويل فورريه ومعناه الفيزيائي الدقيق هون.