Теорія.

1.    ***Недоліки нерелятивістської квантової механіки.  Рівняння Клейна-Гордона і його розв’язок при наявностізовнішнього поля в нерелятивістському наближенні.***

2.      ***Проблема побудови релятивістського гамільтоніану***

3.      ***МатриціПаулі та  Дірака, їх властивості.***

4.      ***Рівняння Клейна Гордона Задача Зомерфельда, спектр атому водню  в рамках такого підходу***

5.      ***Рівняння Дірака.***

6.      ***Струм в теорії Дірака.***

7.      ***g-матриці Дірака, їх властивості.***

8.      ***Релятивістська коваріантність рівняння Дірака.***

9.      ***Рівняння для функції, спряженої по Діраку. 4-вектор струму в теорії Дірака.***

10.  ***Закон перетворення спінора при перетворенні Лоренца (поворот у площині Х0Х1) і просторовому повороті***

11.  ***Різні представленні рівняння Дірака (представлення Дірака-Паулі, Вейля і Майорани).***

12.  ***Оператор кіральності, проективний  оператор, їх  властивості. Діраковський лагранжіан, діраковська маса***

13.  ***Момент кількості руху в теорії Дірака.***

14.  ***Гіпотеза спіну та її експериментальні передумови. Оператор спіну, його властивості. Релятивістська природа спіну електрона.***

15.  ***Розв’язок рівняння Дірака для вільної частинки, його інтерпретеція.***

16.  ***Оператор спіральності.Біспінори***

17.  ***Нерелятивістьке наближеннярівняння Дірака для додатньо- та від’ємно означеного спектру***

18.  ***Теорія позитрона. "Море Дірака".  Вакуум***

19.  ***Рівняння Дірака для частинки у зовнішньому полі.***

20.  ***Оператор зарядового спряження.***

21.  ***Квазірелятивістське наближення рівняння Дірака. ((1/с)^2 наближення)***

22.  ***Спін-орбітальна взаємодія.***

23.  ***Спектр атому водню в теорії Дірака.***

24.  ***Тонка та надтонка структури спектру атому водню.***

25.  ***Атом в постійному магнітному полі Нормалний  ефекти Зеемана.***

26.  ***Атом в постійному магнітному полі Аномальний   ефекти Зеемана. Наближення Рассела-Саундерса.***

27.  ***Рух вільних електронів  в постійному магнітному полі. Рівні Ландау.***

28.  ***Лембівський зсув спектру атому водню, його природа***

29.  ***Загальний аналіз спектру атому водню, релятивістські, радіаційні та***

***“recoil” поправок до спектру***

*Типові практичні завдання з релятивіської квантової механіки*

1. Означення та властивості матриць Паулі:

а)  Записати їхній явний вигляд і знайти:,,,. Переконатись у справедливості співвідношення:;

б)  Довести тотожності (a, b - довільні векторні оператори):

в)  Обчислити:,

2. Оператор спіну:

а)  Обчислити S2 , користуючись явним виглядом оператора спіну;

б)  Обчислити,,

3. Оператор. Обчислити: і   
3.1 Виразити власні значення операторачерез квантові числа j.

 3.2. Знайти:, ,  і  , де

4. Перевірити загальні властивості матриць Дірака

4.1 Знайти:,,,

4.2..Довести, що матриці Дірака є: - ермітова, - антиермітові.

4.3. Знайти:,,,.

.4.4. Спростити вирази:,

. 4.5. Властивості добутків матриць Дірака:

 4.6 Знайти матрицю, яка а) комутує зта антикомутує з  ; б) комутує з,  та антикомутує з

4.7 Спростити вирази:

4.8 Знайти матрицю, яка а) комутує з   та антикомутує з; б) комутує з усіма

5. Знайти закон перетворення хвильової функції при інверсії.

. 6. Знайти закон перетворення спряженого за Діраком спінора.

. 7. Довести, що виразє тривимірний вектор відносно просторових поворотів.

8. Рух електрона у постійному однорідному магнітному полі:

 А = (0,хН, 0).

  а)Знайти:   [Н,рy], [Н, pz].

 b) Відокремлення  рухувздовж поля,

 c) звести рівняння до осциляторного.

 d) Проаналізувати отриманий енергетичний спектр, залежність енергії від квантових чисел. (виродження)

9..  Розглянути випадок, коли рух у напрямі, перпендикулярному до магнітного поля, обмежений областю великих розмірів. Визначити число станів на рівні Ландау (кратність виродження) на одиницю площі.

 10. Записати енергію електрона (з урахуванням спіну) в постійному магнітному полі В, направленому підкутом *а*до осі OZ: а) для тривимірного руху; б) для двовимірного газу, рух якого обмежений площиною XY.

**11.**Розглянути рух електрона в однорідному магнітному полі у

випадку аксіальної калібровки векторного потенціала:

12.. Використовуючи рівняння Паулі, розглянути рух спіну S у змінному магнітному полі.

13. Розглянути  заряджений просторовий  гармонічний осцилятор у постійному однорідному магнітному полі. Проаналізувати залежність частоти від коефіцієнта жорсткості осцилятора к, зокрема при к<0.