

## **Розширені плани лекцій за курсом «Фізика пучків заряджених частинок»**

ТЕМА 1. Фізичні основи методів прискорення заряджених частинок. Основні поняття, принципи прискорення заряджених частинок.

Історія розвитку прискорювачів. Рівняння руху заряджених частинок в електромагнітних полях. Високовольтне прискорення. Індукційне прискорення. Резонансне прискорення: лінійні резонансні прискорювачі, циклічні резонансні прискорювачі. Автофазування. Прискорення рівноважної частинки, вираз для рівноважної фази: - у лінійних прискорювачах, у циклічних прискорювачах. Фазовий рух і автофазування в лінійних прискорювачах. Рівняння, що описує фазові коливання. Малі відхилення. Частота фазових коливань. Амплітуда фазових коливань, загасання фазових коливань. Великі фазові коливання: припустимий розкид по швидкості. Врахування релятивізму швидкості. Фазові траєкторії, їхня структура. Синхротронні коливання. Джерела пучків заряджених частинок. Транспортування заряджених частинок.

ТЕМА 2. Стійкість і фокусування пучків.

Стійкість ідеальних орбіт у циклічному прискорювачі. Аксіальна стійкість. Радіальна стійкість. Бетатронні коливання. Фокусування неоднорідним магнітним полем. Слабке фокусування, сильне (жорстке) фокусування. Опис системи частинок у фазовому просторі. Фазова площина, фазові траєкторії. Теорема Ліувілля. Емітанс пучка. Аксептанс каналу транспортування. Радіальна та поздовжня стійкість у вакуумних лінійних прискорювачах. Вплив прискорювального поля на фокусування. Фокусування за допомогою зовнішнього магнітного поля.

ТЕМА 3. Радіаційні ефекти в циклічних прискорювачах.

Випромінювання електронів у циклічних прискорювачах (синхротронне випромінювання). Властивості випромінювання: потужність випромінювання, спектр випромінювання. Радіаційне тертя. Некогерентні втрати енергії. Когерентні втрати. Вплив синхротронного випромінювання на динаміку руху електронів. Квантові флуктуації випромінювання і їхня дія на динаміку заряджених частинок. Зміна середньоквадратичного розкиду по енергії.

ТЕМА 4. Опис і конструкції прискорювачів.

Електростатичні прискорювачі. Індукційні прискорювачі. Бетатрони. Лінійні індукційні прискорювачі. Циклічні резонансні прискорювачі. Діагностика пучків заряджених частинок.

ТЕМА 5. Лінійні резонансні прискорювачі.

Основи електродинаміки. Поширення хвиль у періодичній структурі. Основні характеристики прискорювальних систем:- фазова швидкість, амплітуда прискорювальних гармонік, потік потужності й групова швидкість. Дисперсійні характеристики діафрагмованого хвилеводу. Динаміка релятивістських частинок у лінійних резонансних прискорювачах.

Поздовжній рух у полі хвилі з фазовою швидкістю близької до  $c$ . Фазові траєкторії. Зміна енергії й фази в процесі прискорення.

ТЕМА 6. Установки із зустрічними пучками.

Метод зустрічних пучків. Накопичення легких частинок. Накопичення важких частинок. Електронне охолодження. Стохастичне охолодження. Прискорювально-накопичувальні комплекси. Лінійні коллайдери. Світимість пучків.

ТЕМА 7. Нові методи прискорення заряджених частинок.

Основні ідеї колективних методів прискорення. Прискорення хвилями густини заряду в плазмі. Кільватерні хвилі у плазмі, що утворюються пучками заряджених частинок. Прискорення лазерним випромінюванням.

ТЕМА 8. Фізичні основи колективних взаємодій пучків заряджених частинок.

Черенковське збудження електромагнітних хвиль зарядженими частинками. Збудження поляризаційних коливань зарядженими частинками у плазмі. Аномальний і нормальний ефекти Доплера. Магнетрон. Мазер на циклотронному резонансі. Пучки заряджених частинок у зовнішніх періодичних полях. Розсіяння електромагнітних хвиль пучками заряджених частинок. Умови резонансу. Лазери на вільних електронах.

ТЕМА 9. Сильнострумові електронні й іонні пучки.

Сильнострумові діоди. Струм і напруга в плоскому діоді. Парапотенційний режим. Сильнострумовий діод з магнітною ізоляцією. Сильнострумовий іонний діод. Транспортування пучків. Електростатичний граничний струм. Інжекція сильнострумових пучків у плазму й газ.

ТЕМА 10. Застосування пучків заряджених частинок і прискорювачів. Фізика високих енергій. Пучковий керований термоядерний синтез. Одержання й використання синхротронного випромінювання, ондуляторного випромінювання, гальмівного випромінювання. Лазери на вільних електронах. Електронно-пучкове зварювання, імплантація іонів, дефектоскопія, радіаційна терапія, виробництво радіонуклідів, стерилізація.