

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные обозначения . . . . .	3
Введение . . . . .	5
<b>Глава 1. Аперiodические неустойчивости пучков . . . . .</b>	<b>14</b>
§ 1. Неустойчивость и предельный ток пучка частиц одного знака в вакууме . . . . .	14
§ 2. Неустойчивость и предельный ток квазинейтрального (компенсированного) электронного пучка — задача Пирса . . . . .	19
§ 3. Неустойчивость и предельный ток квазинейтрального ионного пучка . . . . .	21
§ 4. Неустойчивость и предельный ток релятивистского электронного пучка . . . . .	23
<b>Глава 2. Колебательные неустойчивости пучков . . . . .</b>	<b>26</b>
§ 5. Дисперсионное уравнение для пространственно-однородной системы пучок—плазма . . . . .	26
§ 6. Собственные колебания (волны) частиц плазмы и пучка . . . . .	32
6.1. Электронные колебания плазмы . . . . .	33
6.2. Ионные колебания и ионно-звуковые волны в плазме . . . . .	33
6.3. Волны пространственного заряда пучка . . . . .	34
§ 7. Общие свойства пучковой неустойчивости: наличие порога, раскачка, стабилизация разбросом частиц пучка по скоростям . . . . .	35
§ 8. Электрон-ионная (бунемановская) неустойчивость квазинейтрального пучка . . . . .	38
§ 9. Раскачка ионного звука и ионных ленгмюровских колебаний электронным пучком . . . . .	42
§ 10. Электрон-электронная неустойчивость . . . . .	44
§ 11. Ион-электронная неустойчивость . . . . .	48
§ 12. Раскачка ионного звука и ионных ленгмюровских колебаний ионным пучком . . . . .	49
§ 13. Ион-ионная неустойчивость . . . . .	50
§ 14. Пучково-дрейфовая неустойчивость пространственно-неоднородной системы пучок—плазма в продольном магнитном поле . . . . .	51
§ 15. Пороги неустойчивостей релятивистских пучков . . . . .	55
<b>Глава 3. Пучковые неустойчивости на языке концепции волн с отрицательной энергией . . . . .</b>	<b>57</b>
§ 16. Волны с положительной и отрицательной энергией в пучках заряженных частиц и плазме . . . . .	57
§ 17. Неустойчивость при взаимодействии волн с различными знаками энергии . . . . .	62
§ 18. Элементарные процессы, лежащие в основе пучковых неустойчивостей: излучение Вавилова — Черенкова, нормальный и аномальный эффекты Доплера . . . . .	67
§ 19. Аналогия между индуцированным аномальным эффектом Доплера и неустойчивостью волны с отрицательной энергией . . . . .	69
§ 20. Влияние столкновений на неустойчивость пучка в плазме . . . . .	73

<b>Глава 4. Электронные, ионные и плазменные пучки в лабораторной плазме</b>	<b>75</b>
§ 21. Нейтрализация пространственного заряда электронного пучка, квазинейтральный пучок, плазменный пучок . . . . .	75
§ 22. О температуре частиц в пучковой плазме . . . . .	78
§ 23. Разряд с накаленным катодом как средство создания плазменного пучка . . . . .	80
§ 24. Мощные импульсные ионные пучки . . . . .	85
§ 25. Измерение потенциала пространства, электрических полей, концентраций и энергий частиц в пучковой плазме . . . . .	86
25.1. Дифференциальный анод . . . . .	86
25.2. Метод задерживающего поля . . . . .	86
25.3. Зонд обратного тока — индикатор виртуального катода в электронном пучке и виртуального анода в ионном пучке . . . . .	88
25.4. Измерение потенциала пространства и электрических полей в ионных пучках методом измерения энергий вторичных ионов . . . . .	90
25.5. Анализ быстрых нейтральных атомов перезарядки . . . . .	92
25.6. Зондирование электрических полей пучками электронов и ионов . . . . .	93
25.7. Метод емкостного зонда . . . . .	94
25.8. Измерение электрических полей волн в пучковой плазме спектроскопическими методами . . . . .	95
25.9. Измерение электрических полей волн в пучковой плазме методом коллективного некогерентного рассеяния лазерного и микроволнового излучений . . . . .	95
25.10. Исследование поперечной структуры (пучковой) плазмы методом плазмоскопа . . . . .	96
<b>Глава 5. Экспериментальные данные по неустойчивостям и предельным токам электронных, ионных и плазменных пучков. Механизмы ограничения (срыва) тока в пучках</b>	<b>97</b>
§ 26. Предельный ток электронного пучка в отсутствие нейтрализации пространственного заряда . . . . .	97
§ 27. Предельный ток квазинейтрального электронного пучка . . . . .	102
§ 28. Неустойчивости, ответственные за ограничение (срыв) тока в квазинейтральных электронных пучках: пучково-дрейфовая и пирсовская . . . . .	113
§ 29. Электрон-ионная пучковая (бунемановская) неустойчивость . . . . .	121
§ 30. Электрон-электронная неустойчивость . . . . .	126
§ 31. Плазменная стабилизация (повышение порогов) электрон-ионных пучковых неустойчивостей и неустойчивости Пирса . . . . .	132
§ 32. Ионно-звуковые и ионные ленгмюровские колебания в электронных пучках . . . . .	135
§ 33. Ионные колебания в ионных пучках . . . . .	139
§ 34. Предельные токи ионных и релятивистских электронных пучков . . . . .	142
§ 35. О правомерности применения квазиклассического приближения в анализе крупномасштабных пучковых неустойчивостей . . . . .	143
§ 36. Неустойчивости плазменного пучка. Образование виртуального катода в плазменном пучке . . . . .	144
<b>Глава 6. Ускорение и нагрев ионов плазмы в режиме пучка, близком к предельному току</b>	<b>158</b>
§ 37. Нагрев ионов в неустойчивом плазменном пучке. Неустойчивый плазменный пучок как инжектор горячих ионов в ловушку с магнитными пробками . . . . .	158
§ 38. Ускорение ионов в плазменном пучке . . . . .	170
<b>Глава 7. Динамическая декомпенсация (денейтрализация) пространственного заряда интенсивного ионного пучка в магнитном поле</b>	<b>174</b>
§ 39. Содержание главы и краткая история вопроса . . . . .	174
§ 40. Механизм плазменных колебаний в разряде ионного источника . . . . .	178
§ 41. Механизм усиления колебаний в ионном пучке . . . . .	179
§ 42. Законы подобия для плазменных источников ионов . . . . .	185

§ 43. О механизме раскачки колебаний ионным пучком во вторичной электрон-ионной плазме . . . . .	187
§ 44. Методы радикального улучшения нейтрализации пространственного заряда ионных пучков . . . . .	188
<b>Глава 8. Ленгмюровские солитоны в электронных (плазменных) пучках</b>	<b>190</b>
§ 45. О месте солитонов в физике пучков . . . . .	190
§ 46. Физические представления о самосжатии (коллапсе) ленгмюровских волн . . . . .	193
§ 47. Ленгмюровские солитоны в плазме без магнитного поля . . . . .	205
§ 48. Ленгмюровские солитоны в замагниченной плазме . . . . .	210
§ 49. Сравнение теории с экспериментом . . . . .	228
§ 50. Косые ленгмюровские солитоны . . . . .	234
§ 51. Быстрый солитон в замагниченном плазменном волноводе . . . . .	241
Список литературы . . . . .	244