

# Вопросы к экзамену по теорполю

29 мая 2020 г.

## Содержание

	4
1 Преобразование Лоренца вдоль направления оси $x$ . Релятивистские $\gamma$ - и $\beta$ -факторы. . . . .	4
2 Световой конус и относительность одновременности. . . . .	4
3 Лоренцево сокращение длин. . . . .	4
4 Релятивистское сложение скоростей вдоль одного и того же направления. . . . .	5
5 Вычислить $\text{div } \vec{r}$ . . . . .	5
6 Вектор 4-скорости и 4-ускорения и их скалярное произведение. . . . .	5
7 Компоненты 4-импульса и связь энергии с трехмерным импульсом. . . . .	5
8 Преобразование Лоренца произвольного вектора при бусте вдоль оси $x$ . . . . .	5
9 Эффективная масса нескольких частиц. . . . .	5
10 Калибровочные преобразования потенциалов. . . . .	5
11 Калибровочные преобразования потенциалов в трехмерной форме. . . . .	5
12 Калибровочные преобразования потенциалов в четырехмерной форме. . . . .	5
13 Выражения для $E$ и $B$ через компоненты 4-потенциала. . .	6
14 Выражение для тензора электромагнитного поля через 4-вектор потенциал. . . . .	6
15 Сила Лоренца. . . . .	6
16 Скорость дрейфа в скрещенных электромагнитных полях. .	6
17 Магнитное зеркало. . . . .	6

18	Вычислить среднее $\langle (\vec{a}, \vec{n}) (\vec{b}, \vec{n}) \rangle$ по всем направлениям единичного вектора $\vec{n}$ при постоянных $\vec{a}, \vec{b}$ . . . . .	6
19	Вычислить среднее $\langle [\vec{a}, \vec{n}] (\vec{b}, \vec{n}) \rangle$ по всем направлениям единичного вектора $\vec{n}$ при постоянных $\vec{a}, \vec{b}$ . . . . .	6
20	Четыре-вектор тока и его компоненты. . . . .	6
21	Уравнение непрерывности в четырехмерной и трехмерной форме. . . . .	7
22	Плотность энергии электромагнитного поля. . . . .	7
23	Вектор Умова-Пойнтинга. . . . .	7
24	Вектор потенциал $A$ для плоской и монохроматической электромагнитной волны. . . . .	7
25	Поляризация плоской монохроматической электромагнит- ной волны. . . . .	7
26	Векторы $E, B$ и Умова-Пойнтинга в плоской и монохрома- тической электромагнитной волне. . . . .	7
27	Классический радиус электрона и как он возникает в вы- ражениях, описывающих рассеяние электромагнитных волн. . . . .	7
28	Аберрация света. . . . .	7
29	Собственное время. . . . .	8
30	Вычислить $\text{grad } \frac{1}{ \vec{r} }$ . . . . .	8
31	Вычислить $\text{grad } \frac{1}{(\vec{k}, \vec{r})}$ , где $\vec{k}$ — постоянный вектор. . . . .	8
32	Вычислить $\text{grad } e^{i(\vec{k}, \vec{r})}$ , где $\vec{k}$ — постоянный вектор. . . . .	8
33	Вычислить $\varepsilon_{ijk} x_i x_k$ . . . . .	8
34	Вычислить $\delta_{ij} \partial_i x_k$ . . . . .	8
35	Вычислить $\delta_{ij} \partial_i x_j$ . . . . .	8
36	Действие для свободной релятивистской частицы. . . . .	8
37	Вывести формулу для эффекта Доплера. . . . .	8
38	Может ли свободный электрон излучить фотон? Объяснение. . . . .	8
39	Действие для релятивистской частицы во внешнем элек- тромагнитном поле. . . . .	9
40	Уравнение движения для релятивистской частицы во внеш- нем электромагнитном поле в 4-мерной форме. . . . .	9
41	Обобщенный импульс и энергия. . . . .	9
42	Получите инварианты поля в четырехмерной (через тензор поля) исходя и тензора э-м поля. . . . .	9
43	Инварианты электромагнитного поля в трехмерной форме (через $E$ и $B$ ). . . . .	9

44	Вычислить среднее $\langle [\vec{a}, \vec{r}] \vec{r} \rangle$ по всем направлениям вектора $\vec{r}$ при постоянных $ \vec{r} $ , $\vec{a}$ , $\vec{b}$ . . . . .	9
45	Вычислить среднее $\langle [\vec{a}, \vec{n}] [\vec{b}, \vec{n}] \rangle$ по всем направлениям вектора $\vec{n}$ при постоянных $\vec{a}$ , $\vec{b}$ . . . . .	9
46	Первая и вторая пара уравнений Максвелла в четырехмерной форме. . . . .	9
47	Дипольный электрический момент и поле, создаваемое им. . . . .	10
48	Квадрупольный момент. . . . .	10
49	Энергия электрического диполя и квадрупольного поля во внешнем поле. . . . .	10
50	Потенциальная энергия взаимодействия диполя с диполем. . . . .	10
51	Закон Био-Савара – магнитное поле, создаваемое стационарным током. . . . .	10
52	Калибровка Лоренца и вторая пара уравнений Максвелла в ней. . . . .	10
53	Калибровка Кулона и уравнение на три-вектор потенциал $A$ в присутствии стационарного тока. . . . .	10
54	Дипольный магнитный момент и поле, создаваемое им. . . . .	10
55	Прецессия магнитного момента в магнитном поле. Частота Лармора. . . . .	11
56	Запаздывающие потенциалы. . . . .	11
57	Получить Потенциалы Лиенара-Вихерта в трехмерной и четырехмерной форме из запаздывающих потенциалов. . . . .	11
58	Волновая зона. Характер поведения полей $E$ и $B$ вблизи движущегося заряда. . . . .	11
59	Длина формирования излучения или длина когерентности. . . . .	11
60	Характер распределения по углам излучения в ультрарелятивистском случае. . . . .	11
61	Интенсивность излучения в дипольном приближении. . . . .	11
62	Характерная частота при синхротронном излучении. . . . .	11
63	Радиационная сила трения. Критерий применимости. . . . .	12
64	Лоренцева линия. Естественная ширина линии. . . . .	12
65	Формула Томсона для сечения рассеяния. . . . .	12
66	Тензор электромагнитного поля и связь его компонент с $E$ и $B$ . . . . .	12
67	Гамильтониан частицы в нерелятивистском приближении во внешнем электромагнитном поле. . . . .	12
68	Можно ли превысить скорость света при движении под действием постоянной силы? Объяснение. . . . .	12
69	Четыре-вектор тока для точечной частицы. . . . .	12

70	Первая и вторая пара уравнений Максвелла в трехмерной форме. . . . .	12
71	Тензор энергии-импульса для точечной частицы. . . . .	12
72	Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. . . . .	13
73	Закон сохранения тензора энергии-импульса. . . . .	13
74	Уравнение Пуассона и его решение. Потенциал Кулона. . .	13
75	Разложение электромагнитного поля на осцилляторы. Фурье разложение $A$ , $E$ и $B$ . . . . .	13
76	Действие для осцилляторов (собственных колебаний) электромагнитного поля. . . . .	13
77	Запаздывающая функция Грина для электромагнитного поля и ее свойства. . . . .	13
78	Получить запаздывающие потенциалы из запаздывающей функции Грина. . . . .	13
79	Характер зависимости поля произвольно движущегося заряда от расстояния. Сколько слагаемых в $E$ и $B$ ? Как они падают с расстоянием? Как зависят от ускорения? . . . . .	13
80	Мощность потерь на излучение в релятивистском случае и его связь с полной интенсивностью излучения. . . . .	14
81	Критерий применимости силы радиационного терия. . . . .	14
82	Критерий применимости нерелятивистского приближения для излучения. . . . .	14
83	Критерий применимости формулы Томсона для рассеяния. .	14

## 1 Преобразование Лоренца вдоль направления оси $x$ . Релятивистские $\gamma$ - и $\beta$ -факторы.

**Определение.** Здесь может быть *определение* чего-нибудь.

**Теорема** (Кого-нибудь о чём-нибудь). *Здесь может быть теорема.*

## 2 Световой конус и относительность одновременности.

hi

## 3 Лоренцево сокращение длин.

hi

- 4 Релятивистское сложение скоростей вдоль одного и того же направления.  
hi
- 5 Вычислить  $\operatorname{div} \vec{r}$   
hi
- 6 Вектор 4-скорости и 4-ускорения и их скалярное произведение.  
hi
- 7 Компоненты 4-импульса и связь энергии с трехмерным импульсом.  
hi
- 8 Преобразование Лоренца произвольного вектора при бусте вдоль оси  $x$ .  
hi
- 9 Эффективная масса нескольких частиц.  
hi
- 10 Калибровочные преобразования потенциалов.  
hi
- 11 Калибровочные преобразования потенциалов в трехмерной форме.  
hi
- 12 Калибровочные преобразования потенциалов в четырехмерной форме.  
hi

13 Выражения для  $E$  и  $B$  через компоненты 4-потенциала.

hi

14 Выражение для тензора электромагнитного поля через 4-вектор потенциал.

hi

15 Сила Лоренца.

hi

16 Скорость дрейфа в скрещенных электромагнитных полях.

hi

17 Магнитное зеркало.

hi

18 Вычислить среднее  $\left\langle (\vec{a}, \vec{n}) (\vec{b}, \vec{n}) \right\rangle$  по всем направлениям единичного вектора  $\vec{n}$  при постоянных  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$

hi

19 Вычислить среднее  $\left\langle [\vec{a}, \vec{n}] (\vec{b}, \vec{n}) \right\rangle$  по всем направлениям единичного вектора  $\vec{n}$  при постоянных  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$

hi

20 Четыре-вектор тока и его компоненты.

hi

**21** Уравнение непрерывности в четырехмерной и трехмерной форме.

hi

**22** Плотность энергии электромагнитного поля.

hi

**23** Вектор Умова-Пойнтинга.

hi

**24** Вектор потенциал  $A$  для плоской и монохроматической электромагнитной волны.

hi

**25** Поляризация плоской монохроматической электромагнитной волны.

hi

**26** Векторы  $E$ ,  $B$  и Умова-Пойнтинга в плоской и монохроматической электромагнитной волне.

hi

**27** Классический радиус электрона и как он возникает в выражениях, описывающих рассеяние электромагнитных волн.

hi

**28** Абберация света.

hi

**29 Собственное время.**

hi

**30 Вычислить  $\text{grad } \frac{1}{|\vec{r}|}$**

hi

**31 Вычислить  $\text{grad } \frac{1}{(\vec{k}, \vec{r})}$ , где  $\vec{k}$  — постоянный вектор.**

hi

**32 Вычислить  $\text{grad } e^{i(\vec{k}, \vec{r})}$ , где  $\vec{k}$  — постоянный вектор.**

hi

**33 Вычислить  $\varepsilon_{ijk} x_i x_k$ .**

hi

**34 Вычислить  $\delta_{ij} \partial_i x_k$ .**

hi

**35 Вычислить  $\delta_{ij} \partial_i x_j$ .**

hi

**36 Действие для свободной релятивистской частицы.**

hi

**37 Вывести формулу для эффекта Доплера.**

hi

**38 Может ли свободный электрон излучить фотон?  
Объяснение.**

hi



39 Действие для релятивистской частицы во внешнем электромагнитном поле.

hi

40 Уравнение движения для релятивистской частицы во внешнем электромагнитном поле в 4-мерной форме.

hi

41 Обобщенный импульс и энергия.

hi

42 Получите инварианты поля в четырехмерной (через тензор поля) исходя из тензора э-м поля.

hi

43 Инварианты электромагнитного поля в трехмерной форме (через  $E$  и  $B$ ).

hi

44 Вычислить среднее  $\langle [\vec{a}, \vec{r}] \vec{r} \rangle$  по всем направлениям вектора  $\vec{r}$  при постоянных  $|\vec{r}|$ ,  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ .

hi

45 Вычислить среднее  $\langle [\vec{a}, \vec{n}] [\vec{b}, \vec{n}] \rangle$  по всем направлениям вектора  $\vec{n}$  при постоянных  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ .

hi

46 Первая и вторая пара уравнений Максвелла в четырехмерной форме.

hi

47 Дипольный электрический момент и поле, создаваемое им.

hi

48 Квадрупольный момент.

hi

49 Энергия электрического диполя и квадрупольного во внешнем поле.

hi

50 Потенциальная энергия взаимодействия диполя с диполем.

hi

51 Закон Био-Савара – магнитное поле, создаваемое стационарным током.

hi

52 Калибровка Лоренца и вторая пара уравнений Максвелла в ней.

hi

53 Калибровка Кулона и уравнение на три-вектор потенциал  $A$  в присутствии стационарного тока.

hi

54 Дипольный магнитный момент и поле, создаваемое им.

hi

55 Прецессия магнитного момента в магнитном поле.  
Частота Лармора.

hi

56 Запаздывающие потенциалы.

hi

57 Получить Потенциалы Лиенара-Вихерта в трех-  
мерной и четырехмерной форме из запаздываю-  
щих потенциалов.

hi

58 Волновая зона. Характер поведения полей  $E$  и  $B$   
вблизи движущегося заряда.

hi

59 Длина формирования излучения или длина коге-  
рентности.

hi

60 Характер распределения по углам излучения в  
ультрарелятивистском случае.

hi

61 Интенсивность излучения в дипольном прибли-  
жении.

hi

62 Характерная частота при синхротронном излуче-  
нии.

hi

63 Радиационная сила трения. Критерий применимости.

hi

64 Лоренцева линия. Естественная ширина линии.

hi

65 Формула Томсона для сечения рассеяния.

hi

66 Тензор электромагнитного поля и связь его компонент с  $E$  и  $B$ .

hi

67 Гамильтониан частицы в нерелятивистском приближении во внешнем электромагнитном поле.

hi

68 Можно ли превысить скорость света при движении под действием постоянной силы? Объяснение.

hi

69 Четыре-вектор тока для точечной частицы.

hi

70 Первая и вторая пара уравнений Максвелла в трехмерной форме.

hi

71 Тензор энергии-импульса для точечной частицы.

hi

**72** Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.

hi

**73** Закон сохранения тензора энергии-импульса.

hi

**74** Уравнение Пуассона и его решение. Потенциал Кулона.

hi

**75** Разложение электромагнитного поля на осцилляторы. Фурье разложение  $A$ ,  $E$  и  $B$ .

hi

**76** Действие для осцилляторов (собственных колебаний) электромагнитного поля.

hi

**77** Запаздывающая функция Грина для электромагнитного поля и ее свойства.

hi

**78** Получить запаздывающие потенциалы из запаздывающей функции Грина.

hi

**79** Характер зависимости поля произвольно движущегося заряда от расстояния. Сколько слагаемых в  $E$  и  $B$ ? Как они падают с расстоянием? Как зависят от ускорения?

hi

80 Мощность потерь на излучение в релятивистском случае и его связь с полной интенсивностью излучения.

hi

81 Критерий применимости силы радиационного те-  
рия.

hi

82 Критерий применимости нерелятивистского при-  
ближения для излучения.

hi

83 Критерий применимости формулы Томсона для  
рассеяния.

hi