Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра прикладной и теоретической физики

Паспорт экзамена

по дисциплине «Теория электромагнитного поля», 5 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет состоит из 2 вопросов и задачи и формируется по следующему правилу:

- первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-12;
- второй вопрос из диапазона вопросов 13-25;
- третий вопрос – задача (примеры задач приведены в п.5).

Таким образом, проверяются результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

На экзамене преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФТФ

Билет № _____
к экзамену по дисциплине «Теория электромагнитного поля»

---

1. Релятивистское обобщение закона динамики Ньютона. Тензор электромагнитного поля и преобразования Лоренца для полей B и E и их использование.
2. Уравнения электростатики. Уравнения Лапласа и Пуассона, свойства их решений. Применения уравнений Лапласа и Пуассона к вычислению электростатических полей.
3. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой ____ _____ должность, ФИО
(подпись)
(дата)

2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент проводит сравнительный комплексный анализ материала, выявляет проблемы, предлагает механизмы их решения, представляет количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Уста-

новленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 35 до 40 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, способен представить количественные и качественные характеристики процессов, не допускает существенных ошибок при решении задачи. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 34 до 27 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 26 до 20 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным** (ниже порогового уровня), если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее 20 баллов.*

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 20 до 40 баллов включительно. Сумма менее 20 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория электромагнитного поля»

1. Сравните преобразования Галилея и Лоренца. Что такое трехвекторы и четырехвекторы, в чем состоит различие между ними?
2. Приведите примеры скалярных и векторных величин в механике Ньютона и механике специальной теории относительности.
3. Каков закон преобразования величин: а) элемента объема dV , б) интервала времени dt , их произведения dV/dt при преобразованиях Лоренца?
4. Как вводится четырехвектор плотности электрического тока? Каков закон преобразования его компонент?
5. Покажите, как осуществляется релятивистское обобщение второго закона Ньютона. В чем смысл различных компонент этого закона?
6. Покажите, что в случае локального взаимодействия частиц сохраняется их полный четырехимпульс. Как срабатывает при этом предположение о локальности взаимодействия?
7. Что такое сила Лоренца? Как экспериментально измеряются поля B и E ?
8. Покажите, как с помощью основного уравнения динамики заряженной частицы во внешнем электромагнитном поле вводится тензор электромагнитного поля.
9. Дайте определения скалярной, векторной и тензорной величин в специальной теории относительности. Как преобразуются компоненты тензора F^{ik} электромагнитного поля?

10. Получите закон преобразования полей *B* и *E* при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой.
11. Получите, используя уравнения Максвелла, выражения для плотностей энергии и потока энергии электромагнитного поля.
12. Получите, используя уравнения Максвелла, выражения для плотностей импульса и потока импульса электромагнитного поля.
13.Получите, используя уравнения Максвелла, волновое уравнение для электромагнитного поля в вакууме.
14. Покажите, как из уравнений Максвелла в дифференциальной/интегральной форме получаются уравнения Максвелла в интегральной/дифференциальной форме.
15. Что такое уравнения Лапласа и Пуассона? В каких ситуациях при вычислении электростатических полей используются эти уравнения?
16. Что такое мультипольное разложение электростатического потенциала, как его получить? Чему равно отношение двух соседних членов этого разложения?
17. Что такое мультипольное разложение векторного потенциала магнитного поля, как его получить? Чему равно отношение двух соседних членов этого разложения?
18. Получите формулу для силы, действующей на электрический диполь во внешнем неоднородном электрическом поле.
19. Получите формулу для силы, действующей на магнитный диполь во внешнем магнитном поле.
20. Что такое калибровочные преобразования электромагнитных потенциалов и калибровочная свобода? Приведите примеры известных вам дополнительных условий на потенциалы, использующиеся при описании электромагнитных явлений.
21. В чем состоит условие излучения Зоммерфельда и как оно используется при описании излучения системы заряженных частиц?
22. Охарактеризуйте простейшие состояния поляризации плоских монохроматических электромагнитных волн.
23. Что такое дипольное и магнито-дипольное излучения?
24. Что такое квадрупольное и магнито-квадрупольное излучения?
25. В каких случаях может излучать равномерно движущийся электрический заряд?

5. Примеры задач к экзамену по дисциплине «Теория электромагнитного поля»

1. Используя закон преобразования для компонент F^{ik} тензора электромагнитного поля, получите формулы преобразований Лоренца для полей $\vec{B}$ и $\vec{E}$.
2. Используя преобразования Лоренца для полей $\vec{B}$ и $\vec{E}$, докажите, что величины $\vec{B}\cdot\vec{E}$ и $\frac{\vec{E}^2}{c^2}-\vec{B}^2$ являются инвариантами.
3. В покоящейся системе отсчета заданы векторы $\vec{B}$ и $\vec{E}$ однородного электромагнитного поля, причем $\vec{B}\cdot\vec{E}>0$. Определите скорости тех инерциальных систем отсчета, в которых векторы электрического $\vec{E}$ и магнитного $\vec{B}$ полей параллельны.
4. В покоящейся системе отсчета поля $\vec{B}$ и $\vec{E}$ ортогональны. Определите скорости тех инерциальных систем отсчета, в которых имеются: а) только электрическое поле $\vec{E}\neq 0$, б) только магнитное поле $\vec{B}\neq 0$.
5. Используя закон преобразования компонент волнового четырехвектора, опишите продольный и поперечный эффекты Доплера.
6. Опишите отражение света от движущегося со скоростью $\vec{V}$ зеркала. Свет с частотой ω_i падает в лабораторной системе на движущееся зеркало под углом θ_i. Вычислите частоту

отраженного света ω_r и угол отражения θ_r света от зеркала.

7. Используя тензор натяжений Максвелла $T_{\alpha\beta}^{(e)}$ для электрического поля, вычислите силу, разрывающую на две половины равномерно заряженную с зарядом Q и радиусом R тонкую сферическую оболочку.

8. Используя тензор натяжений максвелла $T_{\alpha\beta}^{(e)}$ для электрического поля, вычислите силу, разрывающую на две равные половины равномерно заряженный с плотностью $\rho(Кл/м^3)$ шар радиуса R.

9. Используя тензор натяжений Максвелла $T_{\alpha\beta}^{(e)}$ для электрического поля, вычислите силу взаимодействия а) двух одноименных зарядов, б) двух разноименных зарядов.

10. Используя тензор натяжений Максвелла $T_{\alpha\beta}^{(m)}$ для магнитного поля, вычислите давление магнитного поля на стенку длинного соленоида с индукцией поля $\vec{B}$.

11. Вычислите тензор квадрупольного момента $Q_{\alpha\beta}$ системы зарядов $(q,-2q,q)$, расположенных на оси z на равных расстояниях a друг от друга. Вычислите потенциал поля, создаваемого указанной системой зарядов на большом расстоянии от системы.

12. Вычислите компоненты тензора квадрупольного момента $Q_{\alpha\beta}$ однородно заряженного эллипсоида вращения с полуосями a и b.

13. Исходя из выражения для потенциала $\varphi = k\dfrac{\vec{p}_e \cdot \vec{r}}{r^3}$ поля электрического диполя, вычислите напряженность $\vec{E}$ электрического поля диполя и ее составляющие (E_r, E_θ) в полярной системе координат.

14. Исходя из выражения для потенциала $\vec{A} = \mu_0 \dfrac{[\vec{p}_m \times \vec{r}]}{4\pi r^3}$ поля магнитного диполя, вычислите напряженность $\vec{B}$ магнитного поля диполя и ее составляющие (B_r, B_θ) в полярной системе координат.

15. Вычислите магнитный момент $\vec{p}_m$, вращающегося вокруг оси симметрии с угловой скоростью $\vec{\omega}$ равномерно заряженного с плотностью $\sigma(Кл/м^2)$ тонкого диска радиуса R.

16. Вычислите магнитный момент $\vec{p}_m$ соленоида радиуса R с током I, имеющего N плотно прилегающих друг к другу витков.

17. Важным средством для вычисления электростатичесикх полей является уравнение Лапласа $\Delta\phi = 0$. Получите общее решение уравнения Лапласа в случаях:

а) потенциал ϕ в декартовой системе координат зависит только от координаты z;

б) потенциал ϕ в сферической системе координат (r,θ,φ) зависит только от координаты r;

в) потенциал ϕ в сферической системе координат (r,θ,φ) зависит только от координаты θ;

в) потенциал ϕ в цилиндрической системе координат (ρ,φ,z) зависит только от координаты ρ;

г) потенциал ϕ в цилиндрической системе координат (ρ,φ,z) зависит только от координаты φ.

18. Вычислите потенциал электростатического поля между двумя изолированными друг от друга бесконечными плоскостями с углом Ф между плоскостями и потенциалами $\phi(\varphi = 0) = 0$ и $\phi(\varphi = \Phi) = V$.

19. Вычислите потенциал электростатического поля между двумя изолированными друг от друга бесконечными коническими поверхностями с общей вершиной и общей осью

симметрии, вложенными друг в друга, с углами θ_1 и θ_2 при вершинах. Потенциалы конусов равны соответственно: $\phi(\theta = \theta_1) = V_1$ и $\phi(\theta = \theta_2) = V_2$.

20. Вычислите электростатическое поле $\vec{E}$ в пространстве вокруг бесконечного цилиндра радиуса a, помещенного в однородное поле, перпендикулярное оси симметрии цилиндра.

21. Докажите, что у замкнутой системы заряженных частиц с одинаковым отношением заряда к массе дипольное излучение отсутствует.

22. Докажите, что в отсутствие внешнего поля, интенсивность магнито-дипольного излучения взаимодействующих между собой заряженных частиц равна нулю в системе координат, начало которой совпадает с центром инерции системы.

23. Замкнутая система состоит из частиц с одинаковым отношением заряда к массе. Докажите, что магнито-дипольное излучение у такой системы отсутствует.

24. Простейшая рамочная антенна представляет собой прямоугольную рамку с током $I = I_0 \cos \omega t$ со сторонами a и b. Вычислите интенсивность длинноволнового излучения антенны в среднем по времени за период колебаний тока.

25. Электрон с массой m и зарядом q движется во внешнем постоянном однородном электрическом поле с напряженностью $\vec{E}$. Представьте интенсивность магнито-дипольного излучения электрона, как функцию скорости $\vec{V}$ электрона и напряженности $\vec{E}$ поля.