

Қазақстан Республикасының  
Жоғарғы білім және ғылым министрлігі

Министерство высшего образования и  
науки Республики Казахстан

«Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ» КЕАҚ

НАО «ВКТУ имени Д. Серикбаева»

УТВЕРЖДАЮ:

Председатель Ученого Совета  
Восточно-Казахстанского  
технического университета  
имени Д. Серикбаева

\_\_\_\_\_ С.Ж. Рахметуллина

\_\_\_\_\_ 2026 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
В ДОКТОРАНТУРУ PhD  
ПО ГРУППЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ  
D090 – «ФИЗИКА»**

D090 – «ФИЗИКА»  
БІЛІМ БЕРУ БАҒДАРЛАМАЛАРЫНЫҢ ТОБЫ БОЙЫНША  
**PhD ДОКТОРАНТУРАҒА ТҮСЕТІНДЕР ҮШІН ЕМТИХАН  
БАҒДАРЛАМАСЫ**

Усть-Каменогорск  
Өскемен  
2026

Программа разработана в школе международной школы инженерии на основании нормативных документов: Государственных общеобязательных стандартов высшего и послевузовского образования, утвержденных приказом Министра науки и высшего образования Республики Казахстан от 20 июля 2022 года № 2 (с изменениями и дополнениями от 20.02.2023 № 66), Правил организации учебного процесса по кредитной технологии обучения в организациях высшего и (или) послевузовского образования, утвержденных приказом Министра образования и науки Республики Казахстан от 20 апреля 2011 года № 152 (с изменениями и дополнениями от 29.04.2024 № 203), Квалификационных требований, предъявляемых к образовательной деятельности организаций, предоставляющих высшее и (или) послевузовское образование, и перечня документов, подтверждающих соответствие им, утвержденных приказом Министра науки и высшего образования Республики Казахстан от 5 января 2024 года № 4.

Разработали

Л.Б. Баятанова  
Г.К. Уазырханова  
Е.Е. Табиева

Одобрена и утверждена на заседании  
Ученого Совета факультета Международной школы инженерии

Председатель УС МШИ

Ж.С. Оналбаева

Секретарь УС МШИ  
Протокол № 8 от 23.04.2026 г.

Р.У. Мукашева

Ученый секретарь  
ВКТУ им. Д. Серикбаева  
Протокол № 15 от 04.05.2026 г.

Э.С. Нурекенова

## **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА**

Целью вступительного экзамена является выявление уровня теоретической подготовки поступающих в докторантуру и формирование персональной рекомендации по поступлению на основе конкурсного участия.

На вступительном экзамене поступающий в докторантуру должен показать глубину знаний по основным дисциплинам предшествующей подготовки, научно-исследовательский потенциал, которые являются достаточными и необходимыми для успешного освоения образовательной программы докторантской подготовки и защиты докторской диссертации по тематике специальности. Поступающий должен показать умение самостоятельной работы с современной литературой, продемонстрировать свои достижения в области физики в виде авторских публикаций, дипломов, сертификатов и пр.

В экзаменационный билет будут включены вопросы по дисциплинам по профилю группы образовательных программ и предложены темы эссе для определения уровня аналитических и творческих способностей, умения выстраивать собственную аргументацию на основе теоретических знаний и личного опыта.

## Вопросы по первому блоку (по физике конденсированного состояния)

1. Силы Ван-дер-Ваальса, их классификация.
2. Ионная, ковалентная и металлическая связи в твердых телах.
3. Кристаллическая решетка. Решетки Бравэ и с базисом. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристаллах (индексы Миллера).
4. Классификация тел по кристаллическим структурам.
5. Элементы симметрии в кристаллах, трансляционная симметрия, ячейка Вигнера-Зейтца. Явление полиморфизма.
6. Классификация твердых тел по кристаллографической симметрии. Явление полиморфизма.
7. Периодические функции для трансляционных векторов. Обратная решетка и ее свойства.
8. несовершенства и дефекты кристаллической решетки.
9. Способы описания состояний макроскопической системы.
10. Числа состояний для микрочастиц. Классическая и квантовая статистики, их особенности и условия применимости.
11. Невырожденные и вырожденные системы частиц. Критерий невырожденного идеального газа.
12. Функции распределения вырожденных газов фермионов и бозонов.
13. Снятие вырождения. Невырожденный электронный газ.
14. Правила статистического усреднения.
15. Энергетические уровни свободных атомов. Обобществление электронов в кристаллах.
16. Энергетический спектр электронов в кристалле. Зависимость энергии электронов от волнового вектора (закон дисперсии).
17. Энергия электронов в периодическом поле кристаллов.
18. Эффективная масса электрона.
19. Заполнение энергетических зон электронами.
20. Условия возникновения элементарных возбуждений в твердых телах. Время жизни элементарных возбуждений.
21. Импульс фонона. Неупругое рассеяние фотонов на акустических фононах.
22. Колебания в решетке, состоящей из одинаковых атомов, в приближении Борна-Кармана (БК-приближение).
23. Динамика решетки с двумя атомами в примитивной ячейке в приближении Борна-Кармана.
24. Нормальные колебания решетки кристалла.
25. Спектр нормальных колебаний решетки кристалла.
26. Функция распределения фононов по энергиям.
27. Теплоемкость твердого тела. Области низких и высоких температур.
28. Теплоемкость электронного газа. Ангармонические взаимодействия в кристаллах.

29. Уравнения теплопроводности. Тепловое сопротивление решетки кристалла, его связь с процессами переброса. N- и U- процессы передачи импульса в кристаллической решетке.
30. Теплопроводность диэлектриков в области высоких и низких температур.
31. Теплопроводность металлов. Области высоких и низких температур.
32. Тепловые свойства наночастиц в приближении Дебая.
33. Равновесное состояние электронного газа. Дрейф электронов под влиянием внешнего электрического поля.
34. Время релаксации и длина свободного пробега электронов.
35. Электропроводность невырожденного и вырожденного электронного газа. Связь тепловых и электрических свойств кристаллов. Закон Видемана-Франца-Лоренца.
36. Зависимость подвижности носителей зарядов от температуры.
37. Электропроводность чистых металлов и металлических сплавов.
38. Явление сверхпроводимости. Щели в энергетическом спектре сверхпроводника.
39. Образование электронных пар Купера. Теория Бардина-Купера-Шриффера сверхпроводимости в металлах и сплавах (БКШ теория).
40. Поведение сверхпроводника во внешнем электрическом и магнитном полях. Условие перехода от нормального к сверхпроводящему состоянию проводника.
41. Разрушение сверхпроводимости внешним полем.
42. Магнитное поле в магнетиках.
43. Магнитные свойства атомов. Классификация магнитных материалов. Полный магнитный момент атома.
44. Магнитная восприимчивость диамагнетиков. Диамагнетизм.
45. Термоэлектронная эмиссия. Понятие о других эмиссионных явлениях. Законы электролиза.
46. Классическая и квантовая модели парамагнетизма.
47. Электропроводность газов. Самостоятельный, несамостоятельный газовый разряд. Тлеющий разряд.
48. Квантовая природа ферромагнетизма. Обменное взаимодействие и возникновение ферромагнетизма. Температура Кюри и Нееля.
49. Классификация фотонных кристаллов. Особенности их поведения в микрорезонаторах и пленочных волноводах.
50. Модели наночастиц. Фрактальное представление теории Дебая для макро- и наноструктур.

#### Список литературы

1. Байков Ю.А., Кузнецов В.М. Физика конденсированного состояния. Изд.4-е,М.: -Бином. Лаборатория знаний. – 2015.

2. Детлаф А.А. и др. Курс физики: Механика. Основы молекулярной физики и термодинамики. Изд. 4-е, М.-Высшая школа.-1973.
3. Детлаф А.А. и др. Курс физики: Т. II. Электричество и магнетизм. Изд. 4-е, М.-Высшая школа.-1977.
4. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высш. шк., 2001. – 718с.
5. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высш. шк., 2001. – 542с.
6. Савельев И.В. Курс общей физики. Кн.1: Механика М.: Астрель, 2003. 336с.
7. Савельев И.В. Курс общей физики. Кн.2: Электричество и магнетизм. М.: Астрель, 2002.
8. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.3: Квантовая оптика. М.: Наука, 1982. - 304 с.

### **Вопросы по второму блоку (задачи по всем разделам физики)**

1. В бочку заливается вода со скоростью  $200 \text{ см}^3/\text{с}$ . На дне бочки образовалось отверстие площадью поперечного сечения  $0,8 \text{ см}^2$ . Пренебрегая вязкостью воды, определить уровень воды в бочке.
2. Маховик начинает вращаться из состояния покоя с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon = 0,4 \text{ рад}/\text{с}^2$ . Определите кинетическую энергию маховика через время  $t_2 = 25 \text{ с}$  после начала движения, если через  $t = 10 \text{ с}$  после начала движения момент импульса  $L_1$  маховика составлял  $50 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$ .
3. Считая орбиту Земли круговой, определить линейную скорость  $v$  движения Земли вокруг Солнца.
4. Частота вращения  $n_0$  маховика, момент инерции  $J$  которого равен  $120 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , составляет  $240 \text{ об}/\text{мин}$ . После прекращения действия на него вращающего момента маховик под действием сил трения в подшипниках остановился за время  $t = \pi \text{ мин}$ . Считая трение в подшипниках постоянным, определите момент  $M$  сил трения.
5. Гирия массой  $m = 10 \text{ кг}$  падает с высоты  $h = 0,5 \text{ м}$  на подставку, скрепленную с пружиной жесткостью  $k = 30 \text{ Н}/\text{см}$ . Определить при этом смещение  $x$  пружины.
6. Материальная точка массой  $m = 20 \text{ г}$  движется по окружности радиусом  $R = 10 \text{ см}$  с постоянным тангенциальным ускорением. К концу пятого оборота после начала движения кинетическая энергия материальной точки оказалась равной  $6,3 \text{ мДж}$ . Определить тангенциальное ускорение.
7. Снаряд массой  $m = 5 \text{ кг}$ , вылетевший из орудия, верхней точке траектории имеет скорость  $v = 300 \text{ м}/\text{с}$ . В этой точке он разорвался на два осколка, причем больший осколок массой  $m_1$  полетел в обратном направлении со скоростью  $v_1 = 100 \text{ м}/\text{с}$ . Определить скорость  $v_2$  второго меньшего осколка.
8. Диск радиусом  $R = 10 \text{ см}$  вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободе диска, от времени задается уравнением  $v = At + Bt^2$  ( $A = 0,3 \text{ м}/\text{с}^2$ ;  $B = 0,1 \text{ м}/\text{с}^3$ ) Определить момент времени, для которого вектор полного ускорения  $a$  образует с радиусом колеса угол  $\varphi = 4$  градуса.

9. Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением  $\varphi = At^2$  ( $A = 0,5$  рад/с<sup>2</sup>). Определить к концу второй секунды после начала движения: 1) угловую скорость диска; 2) угловое ускорение диска; 3) для точки, находящейся на расстоянии 80 см от оси вращения, тангенциальное  $a_t$ , нормальное  $a_n$  и полное ускорение  $a$ .
10. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул водорода равна 2,5 см, если температура газа равна 67 °С? Диаметр молекулы водорода считать равным 0,28 нм.
11. Определить, какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы его скорость составила 90% скорости света.
12. Парашют ( $m_1 = 32$  кг) и пилот ( $m_2 = 65$  кг) в раскрытом состоянии имеет форму полусферы диаметром  $d = 12$  м, обладая коэффициентом сопротивления  $C_x = 1,3$ . Определить максимальную скорость, развиваемую пилотом, при плотности воздуха  $1,29$  кг/м<sup>3</sup>.
13. Стальной шарик (плотность  $\rho = 9$  г/см<sup>3</sup>) диаметром  $d = 0,8$  см падает с постоянной скоростью в касторовом масле (плотность  $\rho' = 0,96$  г/см<sup>3</sup>, динамическая вязкость  $\eta = 0,99$  Па\*с). Учитывая, что критическое значение числа Рейнольдса  $Re_{кр} = 0,5$ , определить характер движения масла, обусловленный падением в нем шарика.
14. Период обращения кометы Галлея вокруг Солнце  $T = 76$  лет. Минимальное расстояние, на котором она проходит от Солнца составляет 180 Гм. Определить максимальное расстояние, на которое комета Галлея удаляется от Солнца. Радиус орбиты Земли принять равным  $R_0 = 150$  Гм.
15. К ободу однородного сплошного диска массой  $m = 10$  кг, насаженного на ось, приложена постоянная касательная сила  $F = 30$  Н. Определить кинетическую энергию через время  $t = 4$  с после начала движения силы.
16. Тело массой  $m$  начинает двигаться под действием силы  $F = 2ti + 3t^2j$ , где  $i$  и  $j$  – соответственно единичные векторы координатных осей  $x$  и  $y$ . Определить мощность  $N(t)$ , развиваемую силой в момент времени  $t$ .
17. Система грузов массами  $m_1 = 0,5$  кг и  $m_2 = 0,6$  кг находятся в лифте, движущемся вверх с ускорением  $a = 4,9$  м/с<sup>2</sup>. Определить силу натяжения нити, если коэффициент трения между грузом массы  $m_1$  и опорой  $f = 0,1$ .
18. Два груза ( $m_1 = 500$  г и  $m_2 = 700$  г) связаны невесомой нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности. К грузу  $m_1$  приложена горизонтально направленная сила  $F = 6$  Н. Пренебрегая трением, определите 1) ускорение грузов; 2) силу натяжения нити.
19. Движение материальной точки в плоскости  $xu$  описывается законом  $x = At$ ,  $y = At(1 + Bt)$ , где  $A$  и  $B$  – положительные постоянные. Определите: 1) уравнение траектории материальной точки  $y(x)$ ; 2) радиус-вектор  $r$  точки в зависимости от времени; 3) скорость  $V$  точки в зависимости от времени; 4) ускорение  $a$  точки в зависимости от времени.
20. Определить энергию, которую необходимо затратить, чтобы разделить ядро дейтрона на протон нейтрон. Массу ядра дейтрона принять равной  $3,343 \cdot 10^{-26}$  кг. Ответ выразите в элетрон-вольтах.

21. Две материальные точки массами  $m_1$  и  $m_2$  расположены друг от друга на расстоянии  $R$ . Определить угловую скорость вращения, с которой они должны вращаться вокруг общего центра масс, чтобы расстояние между ними осталось постоянным.
22. Два вагона (масса каждого  $m=15$  т) движутся навстречу друг другу со скоростью  $v=3$  м/с и сталкиваются между собой. Определить сжатие пружины буферов вагона, если известно, что сила пропорциональна деформации, и под действием силы  $F=50$ кН пружина сжимается на  $\Delta l = 1$ см.
23. Полый тонкостенный цилиндр массой  $m=0,5$  кг, катящийся без скольжения, ударяется о стену и откатывается от нее. Скорость цилиндра до удара о стену  $v_1$  после удара  $v_1'$ . Определить выделившееся при ударе количество теплоты.
24. Пренебрегая трением, определить наименьшую высоту  $h$ , с которой должна скатываться тележка с человеком по желобу, переходящему в петлю радиусом  $R=6$  м и не оторваться от него в верхней точке петли.
25. Автомобиль массой  $m=1,8$  т спускается при выключенном двигателе с постоянной скоростью  $v=54$  км/ч по уклону дороги (угол к горизонту  $\alpha = 3^\circ$ ). Определите, какой должна быть мощность двигателя автомобиля, чтобы он смог подниматься на такой же подъем с той же скоростью.
26. Диск радиусом  $R=10$  см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением  $\varphi = A + B * t^3$  ( $A=2$ рад;  $B=4$  рад/с<sup>3</sup>). Определить для точек на ободе колеса: 1) нормальное ускорение  $a$  в момент времени 2) тангенциальное ускорение для этого же момента времени; 3) угол поворота  $\varphi$ , при котором полное ускорение составляет с радиусом колеса угол  $\alpha = 45$  градусов.
27. Определите массу изотопа, если изменение массы при образовании ядра  $^{15}_7\text{N}$  составляет  $0,2058 * 10^{-27}$  кг.
28. Радиолокатор обнаружил в море подводную лодку, отраженный сигнал от которой дошел до него за  $t=6$ мкс. Учитывая, что диэлектрическая проницаемость воды  $\epsilon = 81$ , определите расстояние от локатора до подводной лодки.
29. В боровской модели атома водорода электрон движется по круговой орбите радиусом  $r = 52,8$  пм, в центре которой находится протон. Определить: 1) скорость электрона на орбите; 2) потенциальную энергию электрона в поле ядра, выразив её в электрон-вольтах.
30. Две ракеты движутся навстречу друг другу относительно неподвижного наблюдателя с одинаковой скоростью, равной  $0,5c$ . Определить скорость сближения ракет, исходя из закона сложения скоростей: 1) в классической механике; 2) в специальной теории относительности.
31. Определить период обращения вокруг Солнца искусственной планеты, если известно, что большая полуось ее эллиптической орбиты больше на  $10^7$  км большой полуоси земной орбиты.

32. Определить момент инерции  $J$  тонкого однородного стержня длиной  $l = 50$  см и массой  $m = 360$  г относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через: 1) конец стержня; 2) точку, отстоящую от конца стержня на  $1/6$  его длины.
33. Воспользовавшись тем, что интервал является инвариантной величиной по отношению к преобразованиям координат, определить расстояние, которое пролетел  $\pi$ -мезон с момента рождения до распада, если время его жизни в этой системе отсчета  $\Delta t = 4,4$  мкс, а собственное время жизни  $\Delta t_0 = 2,2$  мкс.
34. Собственное время жизни частицы отличается на 1% от времени жизни по неподвижным часам. Определить  $\beta = ?$
35. Две нестабильные частицы движутся в системе отсчета  $K$  в одном направлении вдоль одной прямой с одинаковой скоростью  $v = 0,6m/c$ . Расстояние между частицами в системе  $K$  равно 64 м. Обе частицы распались одновременно в системе  $K$ , которая связана с ними. Определить промежуток времени между распадом частиц в системе  $K$ .
36. Период обращения искусственного спутника Земли составляет 3 ч. Считая его орбиту круглой, определить, на какой высоте от поверхности Земли находится спутник.
37. Автомашина массой  $m = 1,8$  т движется в гору, уклон которой составляет 3 м на каждые 100 м пути. Определить: 1) работу, совершаемую двигателем автомашины на пути 5 км, если коэффициент трения равен 0,1; 2) развиваемую двигателем мощность, если известно, что этот путь был преодолен за 5 мин.
38. Тело  $A$  массой  $M = 2$  кг находится на горизонтальном столе и соединено нитями посредством блоков с телами  $B$  ( $m_1 = 5$  кг) и  $C$  ( $m_2 = 0,3$  кг) Считая нити и блоки невесомыми и пренебрегая силами трения, определить: 1) ускорение, у которым будет двигаться эти тела; 2) разность сил натяжения нитей.
39. В опыте Дэвиссона и Джермера, обнаруживших дифракционную картину при отражении пучка электронов от естественной дифракционной решетки — монокристалла никеля, оказалось, что в направлении, составляющем угол  $\alpha = 55^\circ$  с направлением падающих электронов, наблюдается максимум отражения четвертого порядка при кинетической энергии электронов  $T = 180$  эВ. Определите расстояние между кристаллографическими плоскостями никеля.
40. Используя соотношение неопределенностей в форме  $\Delta x \Delta p_x \geq h$ , оцените минимально возможную полную энергию электрона в атоме водорода. Примите неопределенность координаты равной радиусу атома. Сравните полученный результат с теорией Бора.
41. В Боровской модели атома водорода электрон движется по круговой орбите радиусом  $r = 56,8$  пм, в центре которой находится протон. Определить: 1) скорость электрона на орбите; 2) потенциальную энергию электрона в поле ядра, выразив её в электрон-вольтах.

42. Определите порядковый номер элемента в периодической системе элементов Д. И. Менделеева, если длина волны  $\lambda$  линии  $K_\alpha$  характеристического рентгеновского излучения составляет 72 пм.

43. Определите длины волн, соответствующие: 1) границе серии Лаймана; 2) границе серии Бальмера; 3) границе серии Пашена. Проанализируйте результаты.

44. Известно, что в углеродно-азотном, или углеродном, цикле число ядер углерода остается неизменным. В результате этого цикла четыре ядра водорода  ${}^1_1H$  (протона) превращаются в ядро гелия  ${}^4_2He$ , а также образуются три  $\gamma$ -кванта, два позитрона и два нейтрино. Записав эту реакцию, определите выделяющуюся в этом процессе энергию.

45. Двояковыпуклая линза из стекла ( $n = 1,5$ ) обладает оптической силой  $\Phi = 4$  дптр. При ее погружении в жидкость ( $n_1 = 1,7$ ) линза действует как рассеивающая. Определите: 1) оптическую силу линзы в жидкости; 2) фокусное расстояние линзы в жидкости; 3) положение изображения точки, находящейся на главной оптической оси на расстоянии трех фокусов от линзы ( $a = 3f$ ) для собирающей линзы и рассеивающей линзы. Постройте изображение точки для обоих случаев.

46. Определите, как изменится длина волны де Бройля электрона в атоме водорода при переходе его с четвертой боровской орбиты на вторую.

47. На плоскопараллельную пленку с показателем преломления  $n = 1,33$  под углом  $i = 45^\circ$  падает параллельный пучок белого света. Определите, при какой наименьшей толщине пленки зеркально отраженный свет наиболее сильно окрасится в желтый цвет ( $\lambda = 0,6$  мкм).

48. Рассмотрите суперпозицию двух плоских монохроматических электромагнитных волн с одинаковыми амплитудами  $E_0$  и  $H_0$ , распространяющихся вдоль оси  $x$  в противоположных направлениях. Начальную фазу прямой и обратной волн примите равной нулю. Определите координаты пучностей и узлов для: 1) электрического вектора  $E$ ; 2) магнитного вектора  $H$  стоячей волны.

49. В результате нагревания черного тела длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости, сместилась с  $\lambda_1 = 2,7$  мкм до  $\lambda_2 = 0,9$  мкм. Определите, во сколько раз увеличилась: 1) энергетическая светимость тела; 2) максимальная спектральная плотность энергетической светимости тела. Максимальная спектральная плотность энергетической светимости черного тела возрастает по закону  $(r_{\lambda,T})_{\max} = CT^5$ , где  $C = 1,3 \cdot 10^{-5}$  Вт/(м<sup>3</sup>·К<sup>5</sup>).

50. Давление  $P$  монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 600$  нм на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, составляет 0,1 мкПа. Определите: 1) концентрацию  $n$  фотонов в световом пучке; 2) число  $N$  фотонов, падающих каждую секунду на 1 м<sup>2</sup> поверхности.

51. Определите скорость электрона на 2-й орбите атома водорода. ( $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг;  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  ф/м;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл)

52. Каков радиус 1-й орбиты Бора атома водорода? ( $h=6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с;  $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$  кг;  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  ф/м;  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл )
53. Какова энергия фотона, излучаемого при переходе электрона с 3-го энергетического уровня атома водорода на 1-й? ( $h=6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с;  $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$  кг;  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  ф/м;  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл )
54. Определите длину волны в соответствии с 3-й спектральной линией в серии Бальмера. ( $R= 3,29 \cdot 10^{15}$  с<sup>-1</sup>)
55. Какова максимальная энергия фотона в серии Лаймана? ( $R= 3,29 \cdot 10^{15}$  с<sup>-1</sup>)
56. Какова наибольшая длина волны в первой инфракрасной (серия Пашен) серии спектра водорода? ( $R= 3,29 \cdot 10^{15}$  с<sup>-1</sup>)
57. Скорость электрона  $v = 1$  Мм / с. Вычислите его длину волны де Бройля ( $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$  кг)
58. Скорость электрона  $v = 500$  км / с. Вычислите его длину волны де Бройля. ( $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$  кг)
59. Какова скорость электрона, если длина волны Де-Бройля равна 0,388 нм? ( $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$  кг)
60. Продолжительность нахождения атома водорода в возбужденном состоянии около  $\Delta t = 10^{-7}$  С. Какова неопределенность энергии в этом состоянии?
61. Выходная работа фотоэлектронов для железа 4,7 эВ. Какова красная граница фотоэффекта? ( $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с)
62. Максимум спектральной плотности излучательной способности абсолютно черного тела соответствует длине волны  $\lambda_0=110$  нм. Какова ее температура ? ( $b=2,898 \cdot 10^{-3}$  м·К)
63. Дифракционная картина контролируется на расстоянии 1 м от монохроматического точечного источника света с длиной волны  $\lambda =0,55$  мкм. В центре экрана и источника света находится диафрагма с круглым отверстием. При каком минимальном значении радиуса зазора центр дифракционной картины затемняется?
64. В практике Юнга отверстия, расположенные на расстоянии 0,6 мм друг от друга, освещаются монохроматическими лучами  $\lambda=0,6$  мкм. Какова ширина интерференционных полос на экране, если расстояние между отверстиями и экраном составляет 1 м?
65. Чему равен интервал фокусировки объектива с радиусами кривизны  $R_1=20$  см,  $R_2=30$  см двойного выпуклого стекла ( $n=1,5$ )?

#### Список литературы

- 1.Фирсов А.В., Трофимова Т.И. Курс физики: Сборник задач.М.-Издательский центр «Академия» - 2012.
2. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике: Учебное пособие / И.Е. Иродов. - СПб.: Лань, 2007. - 416 с.

3. Кондратьев, А.С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории / А.С. Кондратьев. - М.: Физматлит, 2007. - 256 с.

**Вопросы по третьему блоку (по разделам физики твердого тела, основы статистической физики, атомная и ядерная физика)**

1. Экстенсивные и интенсивные термодинамические параметры. Их специфика в применении к макроскопическим системам.
2. Основные типы термодинамических систем по характеру взаимодействия с внешним окружением.
3. Изотермические системы, находящиеся в контакте с термостатом. Аксиомы термодинамики.
4. Постулат о существовании термодинамического равновесия. Постулат об аддитивности.
5. Постулат о существовании температуры. Постулат Нернста.
6. Суть третьего начала термодинамики. Аксиомы термодинамики.
7. Закон сохранения энергии. Первое начало термодинамики.
8. Второе начало термодинамики. Постулат Клаузиуса. Понятие энтропии.
9. Основное дифференциальное соотношение термодинамики для неравновесных процессов. Закон возрастания энтропии.
10. Метод потенциалов Гиббса. Внутренняя энергия и свободная энергия Гельмгольца для макроскопической системы. Дифференциалы внутренней и свободной энергии.
11. Температура, давление, энтропия, их связь с внутренней и свободной энергией. Потенциалы Гиббса в термодинамике. Свободная энергия Гельмгольца и свободная энергия Гиббса.
12. Дифференциалы свободной энергии. Энтропия, давление и объем как производные от свободной энергии. Потенциалы Гиббса в термодинамике.
13. Внутренняя энергия и энтальпия для макроскопической системы. Дифференциалы внутренней энергии и энтальпии. Температура и объем в функции энтальпии. Понятие химического потенциала, его связь со свободной энергией Гиббса.
14. Теория вероятностей, как основа математического аппарата статистической физики.
15. Мгновенные и усредненные значения физических параметров. Случайные величины. Статистические средние дискретных случайных величин. Неравенство Чебышева.
16. Распределение Максвелла для идеального однокомпонентного газа на примере  $N$  материальных точек. Классическая микроскопическая модель материальных тел на примере  $N$  материальных точек.
17. Уравнения движения консервативной системы – уравнения Лагранжа, функция Лагранжа, уравнения движения в форме Гамильтона. Уравнения Гамильтона.

18. Понятие фазового пространства, фазовой точки системы. Фазовая траектория. Непересекаемость фазовых траекторий.
19. Фазовая плоскость, как пример фазового пространства для одномерного движения гармонического осциллятора. Виды фазовой траектории для одномерного осциллятора.
20. Статистическое описание механической системы через микроскопические состояния и канонические переменные. Макроскопические и микроскопические параметры.
21. Средняя плотность числа частиц в шестимерном пространстве и распределение Максвелла-Больцмана в функции координат и импульсов.
22. Средняя плотность числа частиц в шестимерном пространстве и распределение Максвелла-Больцмана в функции координат и скоростей.
23. Средняя плотность числа частиц и распределение Больцмана в функции координат. Средняя плотность числа частиц и распределение Максвелла в функции абсолютного значения скорости, после перехода к сферическим координатам.
24. Распределение Максвелла и выражение для плотности вероятности заданного значения импульса произвольной частицы при интегрировании канонического распределения. Средняя кинетическая энергия данной степени свободы.
25. Реальный газ. Его описание с помощью уравнения Ван-дер-Ваальса, описание с помощью разложения в ряд по степеням обратного удельного объема.
26. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы, как частный случай общей теоремы статистической физики.
27. Многоэлектронные атомы. Векторная модель электронной оболочки атома. Моменты количества движения и их проекции на выделенное направление.
28. Спиновый механический и спиновый магнитный моменты электрона. Опыты Штерна и Герлаха.
29. Магнито-механические эффекты. Опыты Эйнштейна и де-Гааза.
30. Вектор полного момента количества движения. Различные типы связей. Спектральные обозначения. Тонкая структура спектральных линий.
31. Схема уровней энергии атомов с двумя валентными электронами. Правила отбора. Квантовые числа.
32. Принцип Паули. Распределение электронов по электронным оболочкам. Рентгеновские характеристические спектры.
33. Закон Мозли. Поглощение рентгеновских лучей. Спектры поглощения. Схема рентгеновских уровней энергии атома.
34. Эффект Оже. Интенсивность спектральных линий. Средняя продолжительность жизни атома в возбужденном состоянии. Вероятности электронных переходов.
35. Вынужденное излучение и его свойства. Ширина спектральных линий. Естественная ширина. Доплеровская ширина.

36. Энергетический спектр электронов в кристалле. Зависимость энергии электронов от волнового вектора (закон дисперсии).
37. Энергия электронов в периодическом поле кристаллов.
38. Эффективная масса электрона.
39. Заполнение энергетических зон электронами.
40. Условия возникновения элементарных возбуждений в твердых телах. Время жизни элементарных возбуждений.
41. Импульс фонона. Неупругое рассеяния фотонов на акустических фононах.
42. Колебания в решетке, состоящей из одинаковых атомов, в приближении Борна-Кармана (БК-приближение).
43. Динамика решетки с двумя атомами в примитивной ячейке в приближении Борна-Кармана.
44. Нормальные колебания решетки кристалла.
45. Спектр нормальных колебаний решетки кристалла.
46. Функция распределения фононов по энергиям.
47. Теплоемкость твердого тела. Области низких и высоких температур.
48. Теплоемкость электронного газа. Ангармонические взаимодействия в кристаллах.
49. Уравнения теплопроводности. Тепловое сопротивление решетки кристалла, его связь с процессами переброса. N- и U- процессы передачи импульса в кристаллической решетке.
50. Теплопроводность диэлектриков в области высоких и низких температур.

#### Список литературы

1. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики; Лань - Москва, 2007.
2. Жирифалько Л. Статистическая физика твердого тела. - М.: Мир, 1975.
3. Киттель Ч. «Введение в физику твердого тела» (перевод с американского издания) М. Наука, 1978 г.
4. Карманов, М.В. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела Т.3. В 4-х тт Т: 3 / М.В. Карманов. - М.: КноРус, 2012. - 384 с.

#### **Темы эссе для поступающих в докторантуру ОП «Техническая физика» (проблемно-тематическое)**

- 1 Законы физики в повседневной жизни
- 2 Исследование энергии атомных ядер
- 3 Физика-фундаментальная основа естественных наук
- 4 Фундаментальная и прикладная физика
- 5 Проблемы воспроизводимости экспериментальных работ
- 6 Актуальные вопросы физики твердого тела

- 7 Разработка и создание «умных материалов»
- 8 Новый взгляд на экспериментальную физику
- 9 Современные проблемы технической физики
- 10 Обеспечение безопасности при использовании ядерных технологий

## **Критерии оценивания эссе и экзаменационных вопросов**

### **1. Глубина раскрытия темы**

- проблема раскрыта на теоретическом уровне, с корректным использованием научных терминов и понятий;
- представлена собственная точка зрения (позиция, отношение) при раскрытии проблемы;
- использована информация из различных источников.

### **2. Аргументация, доказательная база**

- наличие аргументов из научной литературы и источников, соответствующих теме эссе;
- выявление причинно-следственных связей;
- наличие фактов и доказательств из исторического, социального и личного опыта.

### **3. Композиционная цельность и логика изложения**

- наличие композиционной цельности, структурные компоненты эссе логически связаны;
- наличие внутренней логики, умение идти от частного к общему, от общего к частному;
- наличие выводов и обобщений.

### **4. Речевая культура**

- демонстрация высокого уровня академического письма (лексика, знание научной терминологии, грамматика, стилистика)

## **Экзаменационные вопросы**

### **1 БЛОК**

- демонстрирует знание основных процессов изучаемой предметной области, глубина и полнота раскрытия вопросов;

- логично и последовательно выражает собственное мнение по обсуждаемой проблеме;

- владеет понятийно-категориальным аппаратом, научной терминологией.

## **2 БЛОК**

- применяет методы, техники, технологии для решения проблем предметной области;

- аргументирует, сравнивает, классифицирует явления, события, процессы, делает выводы и обобщения на основе практических навыков;

- анализирует информацию из различных источников.

## **3 БЛОК**

- критически анализирует и оценивает теоретические и практические разработки, научные концепции и современные тенденции развития науки;

- выявляет причинно-следственные связи при анализе процессов явлений.