

Демонстрационный вариант

задания заключительного (очного) этапа

по направлению «**Лазерные, плазменные и радиационные технологии**»

Категория участия: «Магистратура/Специалитет»

(для поступающих в аспирантуру)

Задачи теоретического тура

(1-й этап заключительного этапа)

Максимальный балл за теоретический тур – 70

Раздел 1: Физика лазерных технологий

Задача 1 (4 балла)

Параллельный пучок монохроматического света длиной волны 532 нм падает нормально на зачерненную поверхность, производя давление 5 мкПа. Определить концентрацию фотонов в пучке. Результат запишите в системе СИ.

Ответ: $1,34 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$

Задача 2 (6 баллов)

Излучение лазера мощностью 500 Вт продолжалось 20 мс. Излученный свет попал на кусочек идеально отражающей фольги массой 2 мг, расположенный перпендикулярно направлению его распространения. Какую скорость приобретет фольга?

Ответ: $3,3 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$

Задача 3 (10 баллов)

Оценить величину уменьшения энергии δU атома калия в единичном акте поглощения излучения с длиной волны $\lambda = 1.06 \text{ мкм}$ при начальной температуре атомов в пучке $T = 150 \text{ К}$.

Указание: Величина уменьшения энергии выражается формулой $\delta U = h \frac{\nu}{\lambda}$,

где h – постоянная Планка, ν – скорость поступательного движения атомов.

Ответ: $\delta U \approx 10^{-18} \text{ эрг} \approx 6 \cdot 10^{-7} \text{ эВ}$.

Задача 4 (15 баллов)

Для устранения спекл-шума*, присущего когерентному излучению, используют вращающийся матовый рассеиватель, представляющий собой стеклянную пластину с неоднородным рельефом поверхности. Луч, проходящий через определенную точку рассеивателя, получает набег фазы, пропорциональный толщине рассеивателя в данной точке. Через некоторое время тот же луч будет проходить через другой участок рассеивателя и получит иной фазовый набег. В результате, при регистрации (или наблюдении) светового распределения сменится множество спекл-картин, что приведет к подавлению спекл-шума. С какой минимальной частотой (в оборотах в секунду, округлять до первой значащей цифры) нужно вращать матовый рассеиватель чтобы регистрируемое световое распределение не имело спекл-шума? Поперечный размер фазовых неоднородностей рассеивателя – 5 мкм, излучение проходит через рассеиватель на расстоянии 10 см от оси вращения, время регистрации составляет 1 мс. Считать, что смены 100 спекл-картин достаточно для подавления спекл-шума.

* Спекл-шум – это случайная интерференционная картина, которая образуется при взаимной интерференции когерентных волн, имеющих случайные сдвиги фаз и/или случайный набор интенсивностей.

Ответ: $\nu = 0,8$ оборотов в секунду.

Раздел 2: Физика плазменных и радиационных технологий

Задача 5 (4 балла)

Найти плотность тока электронов в плоском диоде при разности потенциалов между катодом и анодом $U = 10$ кВ и расстоянии между ними $d = 10$ мм.

Ответ: $j_e = 2,3$ А/см²

Задача 6 (6 баллов)

Коэффициент прозрачности барьера на границе металл — вакуум для молибдена $D = 0.19$, постоянная Ричардсона $A = 55$ А/(см²·К²), Найти для молибдена температурный коэффициент работы выхода α . Универсальная постоянная $A_0 = 120,4$ А/(см²·К²).

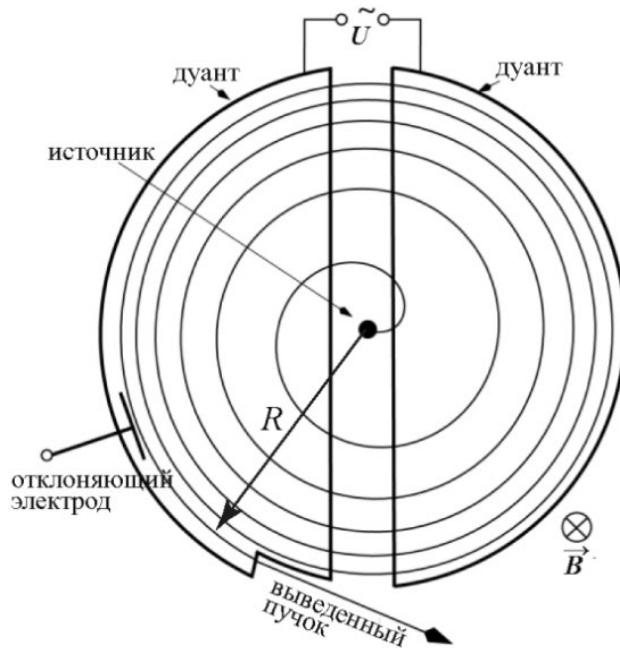
Ответ: $\alpha = -7,6 \cdot 10^{-5}$ эВ/К.

Задача 7 (10 баллов)

Циклотрон – циклический резонансный ускоритель нерелятивистских тяжёлых заряженных частиц (протонов, ионов), в котором частота ускоряющего электрического поля и ведущее магнитное поле постоянны во времени. Ускорение частиц в циклотроне происходит между двумя полукруглыми полыми электродами (дуантами), в зазоре между

которыми действует переменное напряжение. Дуанты симметрично расположены внутри вакуумной камеры, помещенной между полюсами постоянного магнита, создающими однородное магнитное поле \mathbf{B} . Время изменения полярности напряжения (полупериод) на дуантах подбирается равным времени движения частиц по полуокружности внутри дуанта.

Пренебрегая зазором между дуантами, траектория частиц представляет собой спираль (см. рисунок). Оценить время, за которое, ускоряясь в циклотроне, нерелятивистский протон достигнет радиуса дуантов $R = 0,45$ м. Амплитуда действующего напряжения $U = 100$ кВ, частота генератора напряжения $f = 72$ МГц.



Траектория движения частиц в циклотроне

Ответ: $\tau \approx 15 \text{ мкс}$

Задача 8 (15 баллов)

Оценить угол рефракции dr/dz излучения при выходе из столба дуги в Ar при атмосферном давлении длиной $l = 10$ см, радиусом $r = 0.5$ см, температурой газа на оси $T = 5000$ К и плотностью электронов на оси $n_e = 10^{14} \text{ см}^{-3}$ при просвечивании столба в продольном направлении излучением He-Ne-лазера с длиной волны $\lambda = 0.63$ мкм. Считать, что плотность электронов на внешней границе дуги равна нулю, плотность газа на границе равна нормальной плотности $N_{\text{Ar}0} = 2.7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ и температура $T_0 = 300$ К. Давление газа везде одинаково.

Указание:

воспользоваться следующим выражением для показателя преломления аргоновой плазмы

$$n = 1 + 1.04 \cdot 10^{-23} (1 + 5.6 \cdot 10^{-11} \cdot \lambda^{-2} - 4.32 \cdot 10^9 \cdot \lambda^2 \cdot n_e / N_{\text{Ar}}) N_{\text{Ar}} \quad (1)$$

(здесь плотности электронов n_e и аргона N_{Ar} выражены в см^{-3} , а λ – в см) и уравнением светового луча

$$\frac{d}{dz} \left(n \frac{dr}{dz} \right) = \nabla n, \quad (2)$$

где z и r – соответственно продольная и поперечная координата.

Ответ: $\left| \frac{dr}{dz} \right| \approx 5.4 \cdot 10^{-3}$ рад.

Пример оценки и решения задач теоретического тура очного этапа

Задача на 4 балла

Параллельный пучок монохроматического света длиной волны 532 нм падает нормально на зачерненную поверхность, производя давление 5 мкПа. Определить концентрацию фотонов в пучке. Результат запишите в системе СИ.

Решение

$$p = \frac{W}{Stc} \text{ - давление света на черную поверхность}$$

$W = NE$ – энергия всех фотонов, находящихся в объеме V

N – число фотонов

$E = hc/\lambda$ – энергия одного фотона

$V = Stc$ – объем в котором распространяется энергия

$n = N/V$ – концентрация фотонов

$$p = \frac{Nh \frac{c}{\lambda}}{V} = nh \frac{c}{\lambda} \rightarrow \quad n = \frac{p\lambda}{hc} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 532 \cdot 10^{-6}}{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{-8}} = 1,34 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$$

Ответ: $1,34 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$

50% от максимального балла – записано верное выражение для плотности фотонов.
(2.0)

50% от максимального балла – получен верный численный ответ, указана размерность
(2.0)

Задача на 6 баллов

Оценить величину уменьшения энергии δU атома калия в единичном акте поглощения излучения с длиной волны $\lambda = 1.06$ мкм при начальной температуре атомов в пучке $T = 150$ К.

Указание:

Величина уменьшения энергии выражается формулой

$$\delta U = h \frac{v}{\lambda}, \quad (1)$$

где h – постоянная Планка, v – скорость поступательного движения атомов.

Решение

Считаем, что в охлажденном атомном пучке кинетическая энергия определяется одной степенью свободы

$$\frac{1}{2} M v^2 = \frac{1}{2} k T, \quad (2)$$

где $M = \mu A$ – масса атома, $\mu = 1.7 \cdot 10^{-24}$ г – атомная единица массы, A – атомный номер, k – постоянная Больцмана. Для скорости атома с учетом $A = 39$ для калия, из (2) находим

$$v = \sqrt{\frac{kT}{\mu A}} = 9 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{T}{A}}, \text{ см/с} = 1.8 \cdot 10^4 \text{ см/с}. \quad (3)$$

Подставляем найденное значение v в (1). Получаем

$$\delta U \approx 10^{-18} \text{ эрг} \approx 6 \cdot 10^{-7} \text{ эВ}.$$

Ответ: $\delta U \approx 6 \cdot 10^{-7}$ эВ

30% от максимального балла – записано верное выражение затухания для (2.0)

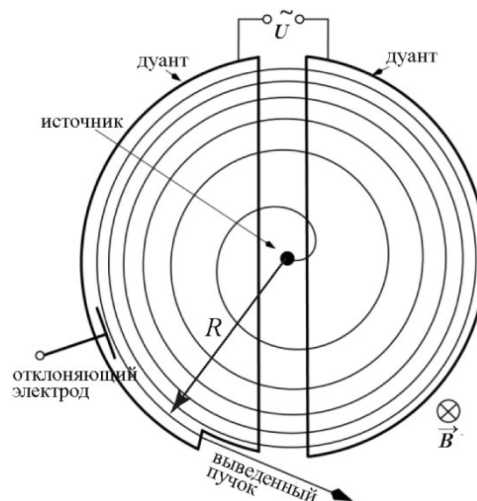
20% от максимального балла – записано верное выражение для ширины линии излучения (2.0)

40% от максимального балла – Получено верное выражение для добротности резонатора (4.0)

20% от максимального балла – получен верный численный ответ, указана размерность (2.0)

Задача на 10 баллов

Циклотрон – циклический резонансный ускоритель нерелятивистских тяжёлых заряженных частиц (протонов, ионов), в котором частота ускоряющего электрического поля и ведущее магнитное поле постоянны во времени. Ускорение частиц в циклотроне происходит между двумя полукруглыми полыми электродами (дуантами), в зазоре между которыми действует переменное напряжение. Дуанты симметрично расположены внутри вакуумной камеры, помещенной между полюсами постоянного магнита, создающими азимутально-симметричное магнитное поле \vec{B} . Время изменения полярности напряжения на дуантах подбирается равным времени движения частиц по полуокружности внутри дуанта. Пренебрегая зазором между дуантами, траектория частиц представляет собой спираль (см. рисунок). Оценить время, за которое ускоряясь в циклотроне протон достигнет радиуса R , если радиус дуантов равен $R = 0,45$ м, амплитуда действующего напряжения $U = 100$ кВ, частота генератора напряжения $f = 72$ МГц.



Решение.

Т.к. время изменения полярности напряжения на дуантах подбирается равным времени движения частиц по полуокружности внутри дуанта, то $\omega = 2\pi f$, ω – частота вращения частицы в постоянном магнитном поле. Мгновенный радиус частицы в постоянном магнитном поле перпендикулярном вектору скорости частицы есть $r = \frac{mv}{qB}$, где m – масса частицы, q – заряд частицы, v – скорость частицы. Частота вращения в постоянном магнитном поле B : $\omega = \frac{qB}{m}$. Полагая, что за каждый полный оборот частица приобретает кинетическую энергию $2qU$, найдем полное время τ , которое необходимо частице, чтобы достичь радиуса R , которое находится путем составления простой пропорции:

$$\tau = \frac{2\pi}{\omega} \frac{mv^2(R)/2}{2qU},$$

где $v(R) = qBR/m$ – скорость частицы на радиусе $r = R$.

С учетом равенства

$$B = \frac{m\omega}{q} = \frac{2\pi mf}{q},$$

имеем:

$$\tau = \frac{\pi^2 mfR^2}{qU}.$$

Для параметров задачи находим $\tau = \frac{\pi^2 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 72 \cdot 10^6 \cdot 0,2025}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^5} \approx 15 \text{ мкс}.$

Ответ: 15 мс

25% от максимального балла – правильно написаны исходные формулы для решения задачи (2.5)

40% от максимального балла – записано верное выражение для времени достижения частицей радиуса R (4.0)

35% от максимального балла – получен верный численный ответ, указана размерность (3.5)

Задача на 15 баллов

Оценить угол рефракции dr/dz излучения при выходе из столба дуги в Ar при атмосферном давлении длиной $l = 10 \text{ см}$, радиусом $r = 0.5 \text{ см}$, температурой газа на оси $T = 5000 \text{ К}$ и плотностью электронов на оси $n_e = 10^{14} \text{ см}^{-3}$ при просвечивании столба в продольном направлении излучением He-Ne-лазера с длиной волны $\lambda = 0.63 \text{ мкм}$. Считать, что плотность электронов на внешней границе дуги равна нулю, плотность газа на границе равна нормальной плотности $N_{\text{Ar } 0} = 2.7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ и температура $T_0 = 300 \text{ К}$. Давление газа везде одинаково.

Указание:

воспользоваться следующим выражением для показателя преломления аргоновой плазмы

$$n = 1 + 1.04 \cdot 10^{-23} (1 + 5.6 \cdot 10^{-11} \cdot \lambda^{-2} - 4.32 \cdot 10^9 \cdot \lambda^2 \cdot n_e / N_{\text{Ar}}) N_{\text{Ar}} \quad (1)$$

(здесь плотности электронов n_e и аргона N_{Ar} выражены в см^{-3} , а λ – в см) и уравнением светового луча

$$\frac{d}{dz} \left(n \frac{dr}{dz} \right) = \nabla n, \quad (2)$$

где z и r – соответственно продольная и поперечная координата.

Решение

Пренебрегаем зависимостью n от z , интегрируем (2), и для угла рефракции dr/dz имеем

$$\frac{dr}{dz} = \frac{1}{n} \int_0^l \nabla_r dz \approx \frac{1}{n} \frac{\delta n}{\delta r} l, \quad (3)$$

где $\delta r \approx r = 0.5$ см, а выражение для δn имеет вид

$$\delta n = 1.04 \cdot 10^{-23} [(1 + 5.6 \cdot 10^{-11} \cdot \lambda^{-2}) \delta N_{Ar} - 4.32 \cdot 10^9 \cdot \lambda^2 \cdot \delta n_e]. \quad (4)$$

Считаем, что плотность электронов на внешней границе дуги равна нулю, поэтому изменение плотности вдоль радиуса $\delta n_e = n_e = 10^{14} \text{ см}^{-3}$. Считаем также, что плотность газа на границе равна нормальной плотности $N_{Ar0} = 2.7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, поэтому радиальное изменение плотности составляет

$$\delta N_{Ar} = N_{Ar} - N_{Ar0} = N_{Ar0}(T_0/T - 1) = -2.54 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3},$$

где $T_0 = 300$ К. Подставляем приведенные численные значения в (4), а полученный результат – в правую часть (3), и для угла рефракции находим

$$\left| \frac{dr}{dz} \right| \approx 5.4 \cdot 10^{-3} \text{ рад.}$$

Ответ: $\left| \frac{dr}{dz} \right| \approx 5.4 \cdot 10^{-3} \text{ рад.}$

40% от максимального балла – записано верное выражение для dr/dz выраженное через δn (8.0)

35% от максимального балла – записано верное выражение для δn (7.0)

25% от максимального балла – получен верный численный ответ, указана размерность (5.0)

Практический (проектный) тур **(2-й этап заключительного этапа)**

Максимальный балл за практический тур – 30 баллов.

Проектное задание представляет собой задание работу с симулятором формирования наноструктурированных материалов с использованием плазменных технологий.

Все участники во второй половине дня заключительного этапа получают инструктаж работы с симулятором.

Далее им выдается рабочее задание по моделированию **наноструктурированных материалов с помощью плазменных технологий методом кластерного осаждения**.

Ниже приводится пример конкурсного проектного задания.

Пример проекта «Формирование наноструктурированных материалов с помощью плазменных технологий методом кластерного осаждения»

Введение. Лазерные, плазменные и радиационные технологии используются в получении покрытий, как в промышленных масштабах, так и создания покрытий для проведения различных экспериментов на стадии научных исследования и разработки новых технологий.

В качестве проекта участникам предлагается задание по формированию наноструктурированных материалов с заданными свойствами методом кластерного осаждения с помощью разработанного компьютерного симулятора.

Симулятор позволяет управлять:

- блоком питания магнетронного источника (плазменный источник);
- подачей газов в зону агрегации нанокластерного источника;
- масс-спектрометром;
- отвечает за управление длиной зоны агрегации нанокластерного источника.

Диапазон управляемых параметров симулятора:

- используемые материалы для формирования нанокластеров: металлы
- диапазон размеров формируемых нанокластеров $1 \div 15$ нм с дисперсией $\pm 15\%$
- диапазон анализируемых масс-спектрометром масс $2 \div 1\,000\,000$ а.е.м., разрешение $\pm 2\%$
- метод формирования нанокластеров: магнетронное распыление мишени, зародышеобразование и рост кластеров в потоке буферного инертного газа
- метод анализа кластеров по размерам: измерение масс-спектра заряженных кластеров с помощью квадрупольного масс-спектрометра
- используемые буферные газы: аргон, гелий
- температура в зоне агрегации: 9°C при водяном охлаждении
- давление в камере: $\sim 10^{-2} \div 10^{-4}$ мбар при включенном турбомолекулярном насосе
- контроль плазмы в зоне агрегации: оптический спектрометр в диапазоне длин волн $200 \div 850$ нм

Задание: Сформировать нанокластеры Та (тантала) размером 10 нм, подобрав следующие параметры работы установки на симуляторе:

- питание магнетронного источника (плазменный источник);

- подачу газов в зону агрегации нанокластерного источника;
- систему диагностики масс-спектрометром;
- длину зоны агрегации нанокластерного источника.

Продемонстрировать выбранный рабочий режим на симуляторе.

В качестве отчета нужно предоставить – журнал эксперимента, с фиксированием параметров рассматриваемых режимов, обоснование шагов изменений параметров и выводы к проделанной работе.

**Спецификация для заключительного (очного) этапа
Олимпиады «Я – профессионал»**

Название направления	Лазерные, плазменные и радиационные технологии
Указание уровня подготовки	Категория «Магистратура/Специалитет»
Описание целевой аудитории	<p>Данный комплект заданий подготовлен в рамках олимпиады «Я – профессионал» и предназначен для оценки знаний и навыков студентов магистратуры и специалитета, обучающихся в первую очередь по направлениям:</p> <ul style="list-style-type: none"> • «Прикладные математика и физика»; • «Высокотехнологические плазменные и энергетические установки»; • «Лазерная техника и лазерные технологии»; • «Фотоника и оптоинформатика» <p>а также студентов других направлений подготовки, интересующихся исследованиями и разработками в лазерных, плазменных и радиационных технологиях</p>
Максимальное количество баллов за задание	100 баллов
Время на выполнение	<p>Теоретический тур - 180 минут</p> <p>Практический (проектный) тур – 180 минут (включая инструктаж)</p>
Список ресурсов для самостоятельной подготовки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. 2. Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения, в 2-х т. Изд.: Интеллект; 2012. – 759 с. 3. Гудмен Дж. Введение в фурье-оптику. — Москва: Мир, 1970. — 364 с. 4. Евтихийев Н.Н., Евтихьева О.А., Компанец И.Н. и др. Информационная оптика. М.: Изд-во МЭИ, 2000. - 612 с. 5. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Изд-во «Наука», 1973. - 713 с. 6. Звелто О. Принципы лазеров. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Мир, 1990. — 560 с. 7. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М.: Изд-во «Наука», 1988. — 336 с. 8. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. 9. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т. III

	<ol style="list-style-type: none"> 10. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т.V. часть 2 11. Ильгисонис В.И., Кирко Д.Л., Курнаев В.А., Прохорович Д.Е., Сковорода А.А., Фетисов И.К., Цветков И.В. Сборник задач по физической электронике и физике плазмы (2008) 12. В. А. Курнаев. Плазма - XXI век, Москва: МИФИ, 2008 13. М. Бертолотти. История лазера. Долгопрудный: Интеллект, 2011 14. Малышев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию 15. Вовченко Е.Д., Кузнецов А.П., Савёлов А.С. Лазерные методы диагностики плазмы 16. Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы 17. Жданов С.К., Курнаев В.А., Романовский М.К, Цветков И.В. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках 18. Лукьянов С.Ю. Горячая плазма и управляемый термоядерный синтез <p>Массовые открытые онлайн курсы:</p> <p>Coursera Физика в опытах. Часть 4. Волны и оптика? https://www.coursera.org/learn/fizika-volny-optika Введение в лазерные технологии https://www.coursera.org/learn/vvedenie-v-lasernie-tehnologii</p> <p>EdX Surface Science: Methods of Surface Analysis https://www.edx.org/course/surface-science-methods-of-surface-analysis</p> <p>Открытое образование (opened.ru) Физические основы лазерных технологий https://openedu.ru/course/mephi/mephi_006_lasers/ Физика в опытах. Часть 3. Электричество и магнетизм https://openedu.ru/course/mephi/mephi_012_fvo3/</p>
<p>Формат состязаний. Требования к содержанию и оформлению заданий.</p>	<p>Очный этап проводится в два тура, один из которых посвящен заданиям фундаментального характера, а второй – практическим заданиям. И фундаментальные, и практические задания разрабатываются совместно с работодателями.</p> <p>Обеспечивается проживание участников заключительного этапа в общежитии НИЯУ МИФИ.</p> <p>Задания состоят из двух явных блоков (фундаментальные знания и проектное задание, разработанное с работодателями). При этом общие 100 баллов делятся на две части: фундаментальные знания – 70 баллов, практическое (проектное задание) - 30 баллов.</p> <p>Продолжительность очного тура - 1 день.</p> <p>Первый этап состязания. Проводится индивидуальный конкурс. Задания очного тура состоит из восьми заданий,</p>

	<p>разделённых на 4 блока заданий различной трудности:</p> <p>Второй этап состязания. Проводится работа на симуляторе по управлению симулятором формирования наноструктурированных покрытий. Моделирование осуществляется на компьютере с помощью совместно разработанного с работодателем программного обеспечения.</p> <p>Проведение проектного конкурса возможно как в индивидуальном режиме, так и в командном. Во втором случае разработка проекта осуществляется в составе команды, которая формируется случайным образом из участников первого тура состязания.</p> <p>Перед проведением проектного конкурса участники проходят обучение возможностям и применению предлагаемого к использованию программного обеспечения</p> <p>Итоговый результат каждого участника определяется в результате сложения результатов первого и второго тура проведения состязания.</p>
Дополнительная информация/инструкции для участников, которые не вошли в Регламент по направлению	<p>Очный этап проводится в два тура, один из которых посвящен заданиям фундаментального характера, а второй – практическим заданиям.</p> <p>Продолжительность очного тура - 1 день.</p>
Краткое описание структуры задания и его основные характеристики. Система оценивания заданий.	<p>Задания 1-го тура очного этапа разделены на два блока:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Физика лазерных технологий 2. Физика плазменных и радиационных технологий <p>Первый раздел «Физика лазерных технологий» состоит из 4 заданий различной трудности по тематикам: Распространение оптического излучения в приближении геометрической оптики; Дифракция света; Колебания и волны; Классическое описание электромагнитного поля; Временная и пространственная когерентность излучения; Когерентное сложение двух волн; Основы физики лазеров; Представление света в виде волн и в виде частиц.</p> <p>Каждое задание требует написания развернутой схемы решения и получения численного ответа. Сложность заданий 4, 6, 10 и 15 баллов. Максимальное количество баллов за раздел составляет 35 баллов</p> <p>Второй раздел «Физика плазменных и радиационных технологий» состоит из 4 заданий различной трудности по тематикам: Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях; Электронная оптика;</p>

	<p>Эмиссионная электроника; Элементарные процессы в газе; Электрический ток в газах; Колебания и волны; Ускорители частиц и СВЧ устройства</p> <p>Каждое задание требует написания развернутой схемы решения и получения численного ответа. Сложность заданий 4, 6, 10 и 15 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов за раздел составляет 35 баллов</p> <p>Критерии оценки для каждой задачи определяются ее содержанием и, как правило, 20-40% от максимального балла дается за правильную формулировку исходных соотношений и формул для ее решения, 50-80% за частично правильные результаты расчета, 100% за полностью правильные результаты решения.</p> <p>Максимальное количество баллов за 1-й этап – 70 баллов.</p> <p>Второй тур очного этапа. Проводится конкурс на разработку проектного задания.</p> <p>Разработка осуществляется на компьютере с помощью программного обеспечения разработанного совместно с работодателем.</p> <p>Перед проведением проектного конкурса участники проходят обучение возможностям и применению предлагаемого к использованию программного обеспечения.</p> <p>В процессе проектного задания участникам необходимо определить время достижения заданных параметров устройства в требуемых пространственных точках. Эти результаты приводятся участниками на листе ответа. Кроме этого оформляется отчет в электронном виде по требуемой форме с описанием исследуемых процессов и использованных моделей, который должен содержать следующие разделы: введение, описание модели, решение заданий.</p> <p>За правильные результаты в листе ответа, в зависимости от их количества, начисляется до 20 баллов. За правильно оформленный отчет дается до 10 баллов.</p> <p>Максимальных количество баллов за 2-й этап – 30 баллов.</p>
Информация об элементах практикоориентированности в заданиях (участие работодателей в составлении заданий)	<p>Задачи теоретического тура составлены с участием или согласованы с представителями следующих предприятий и организаций работодателей, представляющих генерального партнера ГК «Росатом»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ФГУП РФЯЦ ВНИИЭФ; • ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина»; • ГНЦ РФ ТРИНИТИ, <p>и других партнеров в лице организаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт"; • ГНЦ РФ ТРИНИТИ; • ООО НТО «ИРЭ-Полюс»;

	<ul style="list-style-type: none"> • ЗАО "СуперОкс"; • Институт общей физики имени А.М. Прохорова; • Физический институт имени П.Н. Лебедева; • NSG Pilkington Glass Russia&CIS <p>Задачи практического тура составлены представителями работодателя - Физический институт имени П.Н. Лебедева и ГК «Росатом»</p> <p>Задания теоретического и практического туров, составленные с участием работодателей, оценивают следующие специфические для высокотехнологических отраслей знания и умения: основные положения лазерной физики, плазменных и радиационных технологий, умения разбираться в протекающих физических процессах, описанных в условии; умения использовать расчетные справочные рекомендации, с учетом анализа границ их применимости; умения использовать базы данных (таблицы) для получения данных о физических величинах.</p>
Критерии оценивания	<p>Критерии оценки для каждой задачи теоретического тура определяются ее содержанием и, как правило, 20-40% от максимального балла дается за правильную формулировку исходных соотношений и формул для ее решения, 50-80% за частично правильные результаты расчета, 100% за полностью правильные результаты решения.</p> <p>В процессе проектного задания (2-й тур) участникам необходимо определить время достижения заданных параметров устройства в требуемых пространственных точках. Эти результаты приводятся участниками на листе ответа. Кроме этого оформляется отчет в электронном виде по требуемой форме с описанием исследуемых процессов и использованных моделей, который должен содержать следующие разделы: введение, описание модели, решение заданий.</p> <p>За правильные результаты в листе ответа, в зависимости от их количества, начисляется до 20 баллов. За правильно оформленный отчет дается до 10 баллов..</p>