

ЗАДАНИЯ

заключительного этапа Универсиады РУДН
по предметному направлению
«Нанотехнологии и микросистемная техника»

Заключительный этап универсиады проходит очно.

Задание заключительного этапа включает экзаменационный билет с тремя задачами, соответствующими предметному направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Участники, допущенные к заключительному этапу, последовательно вытягивают по одному билету и занимают свободные места в аудитории.

Для выполнения задания участнику предоставляются чистые листы бумаги формата А4, авторучка, калькулятор и справочные материалы в виде таблиц.

Общая продолжительность испытания составляет 60 минут.

Максимальное количество баллов за верные ответы и правильное решение по всем терем задачам – 100:

- первая верно решенная задача оценивается в 25 баллов;
- вторая верно решенная задача оценивается в 35 баллов;
- третья верно решенная задача оценивается в 40 баллов.

Критериями оценивания являются: правильное оформление задачи (что дано, что требуется найти, перечень используемых дополнительных констант для решения), наличие формул для расчета, символьное обозначение всех используемых величин, сокращение/преобразование единиц измерений. Решение должно быть логически понятным, а ответ верным.

Нарушение данных рекомендаций может привести к снижению итогового балла даже при наличии верного ответа.

Участник может набрать 100 баллов по итогам заключительного этапа (финал)..

Билет № 2

Задача 1: Каково сопротивление 1 метра медного провода диаметром жилы d равном 2 мм при температуре 20°C ? Удельную проводимость меди при этой температуре составляет 58 МСм/м.

Задача 2: Рассчитайте концентрацию электронов n в зоне проводимости кремния Si при температуре $T=300\text{K}$. Собственная концентрация $n_i=1,5\cdot 10^{10}\text{ см}^{-3}$, уровень Ферми $E_f=0,924\text{ эВ}$, постоянная Больцмана $k=8,6\cdot 10^{-5}\text{ эВ/К}$, $E_i=E_g/2$, ширина запрещенной зоны $E_g=1,12\text{ эВ}$.

Задача 3: Известно, что поглощение и испускание фотона между двумя энергетическими уровнями имеет место при соответствии энергии фотона разнице энергий E этих энергетических уровней. Докажите, что длина волны, заданная в нанометрах, равна отношению $1240/E$ при E , заданной в [эВ].

ЗАДАНИЯ

заключительного этапа Универсиады РУДН
по предметному направлению
«Нанотехнологии и микросистемная техника»

Заключительный этап универсиады проходит очно.

Задание заключительного этапа включает экзаменационный билет с тремя задачами, соответствующими предметному направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Участники, допущенные к заключительному этапу, последовательно вытягивают по одному билету и занимают свободные места в аудитории.

Для выполнения задания участнику предоставляются чистые листы бумаги формата А4, авторучка, калькулятор и справочные материалы в виде таблиц.

Общая продолжительность испытания составляет 60 минут.

Максимальное количество баллов за верные ответы и правильное решение по всем терем задачам – 100:

- первая верно решенная задача оценивается в 25 баллов;
- вторая верно решенная задача оценивается в 35 баллов;
- третья верно решенная задача оценивается в 40 баллов.

Критериями оценивания являются: правильное оформление задачи (что дано, что требуется найти, перечень используемых дополнительных констант для решения), наличие формул для расчета, символьное обозначение всех используемых величин, сокращение/преобразование единиц измерений. Решение должно быть логически понятным, а ответ верным.

Нарушение данных рекомендаций может привести к снижению итогового балла даже при наличии верного ответа.

Участник может набрать 100 баллов по итогам заключительного этапа (финал)..

Билет № 1

Задача 1: Как и на сколько изменится сопротивление медного провода если его температура увеличится с 25 до 70 °С? Температурный коэффициент сопротивления меди α в данном диапазоне температур считать равным 0,004 1/°С.

Задача 2: Рассчитайте концентрацию электронов n в зоне проводимости арсенида галлия GaAs при температуре $T=300\text{K}$. Собственная концентрация $n_i=2\cdot 10^6\text{ см}^{-3}$, уровень Ферми $E_f=1,41\text{ эВ}$, постоянная Больцмана $k=8,6\cdot 10^{-5}\text{ эВ/К}$, $E_i=E_g/2$, ширина запрещенной зоны $E_g=1,43\text{ эВ}$.

Задача 3: Какова энергия фотона CO₂ и Ar (аргонового) лазеров ($\lambda = 10,6\text{ мкм}$ и $\lambda = 0,488\text{ мкм}$ соответственно) в [Дж] и [эВ].

ЗАДАНИЯ

заключительного этапа Универсиады РУДН
по предметному направлению
«Нанотехнологии и микросистемная техника»

Заключительный этап универсиады проходит очно.

Задание заключительного этапа включает экзаменационный билет с тремя задачами, соответствующими предметному направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Участники, допущенные к заключительному этапу, последовательно вытягивают по одному билету и занимают свободные места в аудитории.

Для выполнения задания участнику предоставляются чистые листы бумаги формата А4, авторучка, калькулятор и справочные материалы в виде таблиц.

Общая продолжительность испытания составляет 60 минут.

Максимальное количество баллов за верные ответы и правильное решение по всем терем задачам – 100:

- первая верно решенная задача оценивается в 25 баллов;
- вторая верно решенная задача оценивается в 35 баллов;
- третья верно решенная задача оценивается в 40 баллов.

Критериями оценивания являются: правильное оформление задачи (что дано, что требуется найти, перечень используемых дополнительных констант для решения), наличие формул для расчета, символьное обозначение всех используемых величин, сокращение/преобразование единиц измерений. Решение должно быть логически понятным, а ответ верным.

Нарушение данных рекомендаций может привести к снижению итогового балла даже при наличии верного ответа.

Участник может набрать 100 баллов по итогам заключительного этапа (финал)..

Билет № 3

Задача 1: Как и на сколько нужно изменить температуру чистого кремния чтобы его электрическое сопротивление уменьшилось в 2 раза? Температурный коэффициент сопротивления α кремния в условии задачи считать постоянным и равным $-0,07$ 1/°C.

Задача 2: Рассчитайте концентрацию электронов n в зоне проводимости германия Ge при температуре $T=300$ К. Собственная концентрация $n_i= 2,4 \cdot 10^{13}$ см⁻³, уровень Ферми $E_f= 0,621$ эВ, постоянная Больцмана $k= 8,6 \cdot 10^{-5}$ эВ/К, $E_i=E_g/2$, ширина запрещенной зоны $E_g= 0,72$ эВ.

Задача 3: Определите коэффициент усиления для He-Ne лазера, если за один проход 50 см его активной среды излучение было усилено в 1,41 раз.

ЗАДАНИЯ

заключительного этапа Универсиады РУДН
по предметному направлению
«Нанотехнологии и микросистемная техника»

Заключительный этап универсиады проходит очно.

Задание заключительного этапа включает экзаменационный билет с тремя задачами, соответствующими предметному направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Участники, допущенные к заключительному этапу, последовательно вытягивают по одному билету и занимают свободные места в аудитории.

Для выполнения задания участнику предоставляются чистые листы бумаги формата А4, авторучка, калькулятор и справочные материалы в виде таблиц.

Общая продолжительность испытания составляет 60 минут.

Максимальное количество баллов за верные ответы и правильное решение по всем терем задачам – 100:

- первая верно решенная задача оценивается в 25 баллов;
- вторая верно решенная задача оценивается в 35 баллов;
- третья верно решенная задача оценивается в 40 баллов.

Критериями оценивания являются: правильное оформление задачи (что дано, что требуется найти, перечень используемых дополнительных констант для решения), наличие формул для расчета, символьное обозначение всех используемых величин, сокращение/преобразование единиц измерений. Решение должно быть логически понятным, а ответ верным.

Нарушение данных рекомендаций может привести к снижению итогового балла даже при наличии верного ответа.

Участник может набрать 100 баллов по итогам заключительного этапа (финал)..

№ 4

Задача 1: По модели атома Бора определить скорость электрона в атоме водорода на орбите с главным квантовым числом n равном 3. Необходимые для решения значения постоянных считать равными: постоянная Дирака $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; постоянная в законе Кулона $= 9 \cdot 10^9$; заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Задача 2: Рассчитайте концентрацию дырок p в валентной зоне арсенида галлия GaAs при температуре $T=300$ К. Собственная концентрация $n_i = 2 \cdot 10^6$ см⁻³, уровень Ферми $E_f = 0.038$ эВ, постоянная Больцмана $k = 8,6 \cdot 10^{-5}$ эВ/К, $E_i = E_g/2$, ширина запрещенной зоны $E_g = 1,43$ эВ.

Задача 3: После прохождения 10 см инверсно населенной среды лазера число фотонов увеличилось с 999 до 2700. Определите коэффициент усиления.

ЗАДАНИЯ

заключительного этапа Универсиады РУДН
по предметному направлению
«Нанотехнологии и микросистемная техника»

Заключительный этап универсиады проходит очно.

Задание заключительного этапа включает экзаменационный билет с тремя задачами, соответствующими предметному направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Участники, допущенные к заключительному этапу, последовательно вытягивают по одному билету и занимают свободные места в аудитории.

Для выполнения задания участнику предоставляются чистые листы бумаги формата А4, авторучка, калькулятор и справочные материалы в виде таблиц.

Общая продолжительность испытания составляет 60 минут.

Максимальное количество баллов за верные ответы и правильное решение по всем терем задачам – 100:

- первая верно решенная задача оценивается в 25 баллов;
- вторая верно решенная задача оценивается в 35 баллов;
- третья верно решенная задача оценивается в 40 баллов.

Критериями оценивания являются: правильное оформление задачи (что дано, что требуется найти, перечень используемых дополнительных констант для решения), наличие формул для расчета, символьное обозначение всех используемых величин, сокращение/преобразование единиц измерений. Решение должно быть логически понятным, а ответ верным.

Нарушение данных рекомендаций может привести к снижению итогового балла даже при наличии верного ответа.

Участник может набрать 100 баллов по итогам заключительного этапа (финал)..

Билет № 5

Задача 1: Определить, как и на сколько изменилась энергия электрона ΔE в атоме водорода при испускании им фотона с длиной волны 486 нм? Ответ дать в эВ. Постоянную Планка h считать равной $4,136 \cdot 10^{-15}$ эВ·с; скорость света c считать равной $3 \cdot 10^8$ м/с.

Задача 2: Рассчитайте концентрацию дырок p в валентной зоне кремния Si при температуре $T=300$ К. Собственная концентрация $n_i=1,5 \cdot 10^{10}$ см⁻³, уровень Ферми $E_f=0,238$ эВ, постоянная Больцмана $k=8,6 \cdot 10^{-5}$ эВ/К, $E_i=E_g/2$, ширина запрещенной зоны $E_g=1,12$ эВ.

Задача 3: Какова энергия фотона N₂-лазера и Er:YAG-лазера, если их длина волны $\lambda=337,1$ нм и $\lambda=2,94$ мкм соответственно, в [Втс] и [эВ].

ЗАДАНИЯ

заключительного этапа Универсиады РУДН
по предметному направлению
«Нанотехнологии и микросистемная техника»

Заключительный этап универсиады проходит очно.

Задание заключительного этапа включает экзаменационный билет с тремя задачами, соответствующими предметному направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Участники, допущенные к заключительному этапу, последовательно вытягивают по одному билету и занимают свободные места в аудитории.

Для выполнения задания участнику предоставляются чистые листы бумаги формата А4, авторучка, калькулятор и справочные материалы в виде таблиц.

Общая продолжительность испытания составляет 60 минут.

Максимальное количество баллов за верные ответы и правильное решение по всем терем задачам – 100:

- первая верно решенная задача оценивается в 25 баллов;
- вторая верно решенная задача оценивается в 35 баллов;
- третья верно решенная задача оценивается в 40 баллов.

Критериями оценивания являются: правильное оформление задачи (что дано, что требуется найти, перечень используемых дополнительных констант для решения), наличие формул для расчета, символьное обозначение всех используемых величин, сокращение/преобразование единиц измерений. Решение должно быть логически понятным, а ответ верным.

Нарушение данных рекомендаций может привести к снижению итогового балла даже при наличии верного ответа.

Участник может набрать 100 баллов по итогам заключительного этапа (финал)..

Билет № 6

Задача 1: Определить длину волны де Бройля электрона, прошедшего разность потенциалов $U=1$ кВ при начальной нулевой скорости. Необходимые для решения постоянные: заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, масса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг; постоянная Планка $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ кг·м²·с⁻¹

Задача 2: Рассчитайте концентрацию дырок p в валентной зоне германия Ge при температуре $T=300$ К. Собственная концентрация $n_i = 2,4 \cdot 10^{13}$ см⁻³, уровень Ферми $E_f = 0,151$ эВ, постоянная Больцмана $k = 8,6 \cdot 10^{-5}$ эВ/К, $E_i = E_g/2$, ширина запрещенной зоны $E_g = 0,72$ эВ.

Задача 3: Лазер излучает на длине волны 750 нм с шириной полосы генерации 10 нм. Чему равна длина когерентности и время когерентности? Для какой длины волны длина когерентности удвоится при условии сохранения неизменной ширины полосы генерации.

ЗАДАНИЯ

заключительного этапа Универсиады РУДН
по предметному направлению
«Нанотехнологии и микросистемная техника»

Заключительный этап универсиады проходит очно.

Задание заключительного этапа включает экзаменационный билет с тремя задачами, соответствующими предметному направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Участники, допущенные к заключительному этапу, последовательно вытягивают по одному билету и занимают свободные места в аудитории.

Для выполнения задания участнику предоставляются чистые листы бумаги формата А4, авторучка, калькулятор и справочные материалы в виде таблиц.

Общая продолжительность испытания составляет 60 минут.

Максимальное количество баллов за верные ответы и правильное решение по всем терем задачам – 100:

- первая верно решенная задача оценивается в 25 баллов;
- вторая верно решенная задача оценивается в 35 баллов;
- третья верно решенная задача оценивается в 40 баллов.

Критериями оценивания являются: правильное оформление задачи (что дано, что требуется найти, перечень используемых дополнительных констант для решения), наличие формул для расчета, символьное обозначение всех используемых величин, сокращение/преобразование единиц измерений. Решение должно быть логически понятным, а ответ верным.

Нарушение данных рекомендаций может привести к снижению итогового балла даже при наличии верного ответа.

Участник может набрать 100 баллов по итогам заключительного этапа (финал)..

Билет № 7

Задача 1: Найти среднее значение длины волны де Бройля атомов гелия при температуре 1000 К. Необходимые для решения постоянные: постоянная Больцмана $k = 1,380 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; универсальная газовая постоянная $R = 8,314$ Дж/(моль·К); атомная масса гелия $M = 4$ г/моль; число Авогадро $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ 1/моль; постоянная Планка $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

Задача 2: Рассчитайте удельную электропроводность σ кремния Si (См/м). Подвижность электронов и дырок $\mu_n = 0,13$ м²/(В·с), $\mu_p = 0,05$ м²/(В·с), собственная концентрация $n_i = 1,5 \cdot 10^{16}$ м⁻³, заряд электрона $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Задача 3: He-Ne лазер излучает на длине волны 633 нм с шириной полосы 0,002 нм. Определите длину когерентности. Как изменится длина когерентности, если тот же лазер будет стабилизирован по полосе частот 100 кГц.

ЗАДАНИЯ

заключительного этапа Универсиады РУДН
по предметному направлению
«Нанотехнологии и микросистемная техника»

Заключительный этап универсиады проходит очно.

Задание заключительного этапа включает экзаменационный билет с тремя задачами, соответствующими предметному направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Участники, допущенные к заключительному этапу, последовательно вытягивают по одному билету и занимают свободные места в аудитории.

Для выполнения задания участнику предоставляются чистые листы бумаги формата А4, авторучка, калькулятор и справочные материалы в виде таблиц.

Общая продолжительность испытания составляет 60 минут.

Максимальное количество баллов за верные ответы и правильное решение по всем терем задачам – 100:

- первая верно решенная задача оценивается в 25 баллов;
- вторая верно решенная задача оценивается в 35 баллов;
- третья верно решенная задача оценивается в 40 баллов.

Критериями оценивания являются: правильное оформление задачи (что дано, что требуется найти, перечень используемых дополнительных констант для решения), наличие формул для расчета, символьное обозначение всех используемых величин, сокращение/преобразование единиц измерений. Решение должно быть логически понятным, а ответ верным.

Нарушение данных рекомендаций может привести к снижению итогового балла даже при наличии верного ответа.

Участник может набрать 100 баллов по итогам заключительного этапа (финал)..

Билет № 8

Задача 1: Кристалл собственного германия (Ge) при нормальных условиях имеет удельное сопротивление (ρ) равна 0,46 Ом·м. Определить концентрацию носителей заряда в собственном германии. Подвижность электронов и дырок в германии μ_n и μ_p считать равными 0,36 м²/(В·с) и 0,16 м²/(В·с). Заряд электрона: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Задача 2: Рассчитайте удельную электропроводность σ германия Ge (См/м). Подвижность электронов и дырок $\mu_n = 0,39$ м²/(В·с), $\mu_p = 0,19$ м²/(В·с), собственная концентрация $n_i = 2,4 \cdot 10^{19}$ м⁻³, заряд электрона $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

Задача 3: Резонатор для He-Ne лазера, излучающего на длине волны 632,8 нм, имеет длину 50 см. Коэффициенты отражения зеркал 100 и 98%. Кроме потерь на вывод излучения из лазера, другими потерями излучения можно пренебречь. Выходная мощность лазера составляет порядка 10 Вт в одномодовом режиме. Рассчитайте, сколько фотонов распространяются по резонатору и сколько фотонов выходят из него наружу.

ЗАДАНИЯ

заключительного этапа Универсиады РУДН
по предметному направлению
«Нанотехнологии и микросистемная техника»

Заключительный этап универсиады проходит очно.

Задание заключительного этапа включает экзаменационный билет с тремя задачами, соответствующими предметному направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Участники, допущенные к заключительному этапу, последовательно вытягивают по одному билету и занимают свободные места в аудитории.

Для выполнения задания участнику предоставляются чистые листы бумаги формата А4, авторучка, калькулятор и справочные материалы в виде таблиц.

Общая продолжительность испытания составляет 60 минут.

Максимальное количество баллов за верные ответы и правильное решение по всем терем задачам – 100:

- первая верно решенная задача оценивается в 25 баллов;
- вторая верно решенная задача оценивается в 35 баллов;
- третья верно решенная задача оценивается в 40 баллов.

Критериями оценивания являются: правильное оформление задачи (что дано, что требуется найти, перечень используемых дополнительных констант для решения), наличие формул для расчета, символьное обозначение всех используемых величин, сокращение/преобразование единиц измерений. Решение должно быть логически понятным, а ответ верным.

Нарушение данных рекомендаций может привести к снижению итогового балла даже при наличии верного ответа.

Участник может набрать 100 баллов по итогам заключительного этапа (финал)..

Билет № 9

Задача 1: При падении рентгеновских лучей с длиной волны $\lambda=1,5406 \text{ \AA}$ на монокристалл наблюдается дифракционный максимум 1го порядка при угле падения $\theta=8,2$ градусов. Определить межплоскостное расстояние d в исследуемом кристалле при заданной ориентации кристалла.

Задача 2: Рассчитайте удельную электропроводность σ арсенида галлия GaAs (См/м). Подвижность электронов и дырок $\mu_n= 1 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, $\mu_p=0,04 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, собственная концентрация $n_i= 2\cdot 10^{12} \text{ м}^{-3}$, заряд электрона $q=1,6\cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

Задача 3: Определите, является ли устойчивым резонатор длиной 1 м и с радиусами зеркал 30 и 45 см.

ЗАДАНИЯ

заключительного этапа Универсиады РУДН
по предметному направлению
«Нанотехнологии и микросистемная техника»

Заключительный этап универсиады проходит очно.

Задание заключительного этапа включает экзаменационный билет с тремя задачами, соответствующими предметному направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Участники, допущенные к заключительному этапу, последовательно вытягивают по одному билету и занимают свободные места в аудитории.

Для выполнения задания участнику предоставляются чистые листы бумаги формата А4, авторучка, калькулятор и справочные материалы в виде таблиц.

Общая продолжительность испытания составляет 60 минут.

Максимальное количество баллов за верные ответы и правильное решение по всем терем задачам – 100:

- первая верно решенная задача оценивается в 25 баллов;
- вторая верно решенная задача оценивается в 35 баллов;
- третья верно решенная задача оценивается в 40 баллов.

Критериями оценивания являются: правильное оформление задачи (что дано, что требуется найти, перечень используемых дополнительных констант для решения), наличие формул для расчета, символьное обозначение всех используемых величин, сокращение/преобразование единиц измерений. Решение должно быть логически понятным, а ответ верным.

Нарушение данных рекомендаций может привести к снижению итогового балла даже при наличии верного ответа.

Участник может набрать 100 баллов по итогам заключительного этапа (финал)..

Билет № 10

Задача 1: На поверхность кристалла лития, ориентированной в направлении (100), падает рентгеновское излучение с длиной волны $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$. Определить угол падения излучения, под которым будет наблюдаться первый дифракционный максимум, если Li имеет кубическую структуру с параметром решетки равной $3,5021 \text{ \AA}$.

Задача 2: В полупроводниковом кристалле под действием света образуется равномерно распределенная избыточная концентрация носителей заряда Δn . Определите значение Δn через $t = 0,2 \text{ мс}$ после выключения источника света. Начальная концентрация $\Delta n_0 = 8 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, $\tau_n = 50 \text{ мкс}$.

Задача 3: Полная расходимость излучения He-Ne-лазера на расстоянии 100 км составляет 1 мрад . Определите размер пятна.