



При выполнении заданий необходимо подробно комментировать свои решения и выделять ответы. Допускается использование черновиков, которые являются частью олимпиадной работы. Для расчетов можно использовать калькулятор.

1. Какое осмотическое давление имеет физиологический раствор (т.е. 0,86% раствор NaCl) при температуре 37 °С? Степень диссоциации молекул соли составляет 100%.

(10 баллов)

2. Может ли человек массы $m = 54$ кг прыгнуть босиком с высоты уступа $h = 1$ м без перелома лодыжки? Замедление при таком типе приземления происходит за счет сдавливания подушечек на подошвах наших ног. Считать, что подушечка ноги сдавливается при ударе на $\Delta x = 1$ см. В области лодыжки радиус большой берцовой кости примерно равен $r = 1$ см. При компрессии кости обычно ломаются, если они подвергаются воздействию давления выше ~ 170 МПа. Этот порог повреждения называется предельным напряжением сжатия.

(15 баллов)

3. Оценить, какое время полярник может поддерживать постоянную температуру тела, при температуре воздуха -40 °С, за счет энергии, полученной при усвоении одного стандартного пончика весом 57 граммов, состоящего из белков, жиров, углеводов и балластных веществ в пропорции 2:18:29:8 (балластные вещества не имеют энергетической ценности). Теплоизоляция полярного комбинезона $0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Считать, что комбинезон пропускает 10% инфракрасного излучения ($\epsilon=0,1$). Площадь поверхности тела полярника $1,8 \text{ м}^2$. Учесть все возможные каналы потерь энергии (в т.ч. при дыхании). Энергетическую ценность питательных веществ можно найти в справочных материалах.

(25 баллов)

4. Кролик массой 4 кг облучался электронами с энергией 6 МэВ. Поглощенная доза составила 0,24 Гр. Сколько электронов поглощено телом животного? Нужно ли при расчете учитывать радиационные потери, если большая часть энергии тормозного излучения выходит из тела. Как изменится доза, если увеличить энергию электронов в десять раз? При решении использовать графики зависимости радиационного выхода и пробега электронов в воде от энергии.

(15 баллов)

5. Рассчитайте значение S-фактора для щитовидной железы (средней дозы в щитовидной железе на единицу интегральной активности, в единицах рад/(мкКи*ч)), если при проведении радионуклидной терапии, после инъекции ^{131}I активностью 10 мКи, поглощенная доза в щитовидной железе пациента составила 180 Гр. Усвоение йода считать равным 60%, биологический период полувыведения 4 дня, период полураспада ^{131}I – 8 дней.

(15 баллов)

6. При радиоактивном распаде ^{99}Mo ($T_{1/2} = 66,02$ час) получается радионуклид $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ($T_{1/2} = 6,01$ час), который превращается в ^{99}Tc ($T_{1/2} = 2,1 \cdot 10^5$ лет). Напишите уравнения радиоактивного распада обоих радионуклидов. Определите время максимального накопления $^{99\text{m}}\text{Tc}$, максимальную активность дочернего радионуклида. Начальную активность дочернего радионуклида принять равной нулю, а материнского радионуклида – равной 50 ГБк.

(20 баллов)

Справочные материалы

Постоянная Стефана – Больцмана $5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²*К⁴)

Постоянная Авогадро – $6,022045 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹

Газовая постоянная – 0,0821 л*атм/(моль*К)

Теплоемкость воздуха – 1 кДж/(кг*К)

Плотность воздуха (при нормальных условиях) – 1,2 кг/м³

Плотность паров воды в выдыхаемом воздухе около 12 г/м³

Теплота парообразования воды – 2260 кДж/кг

1 ккал = 4,1868 кДж

Частота дыхания человека в спокойном состоянии 18 мин⁻¹

Средний объем выдоха 0,5 л

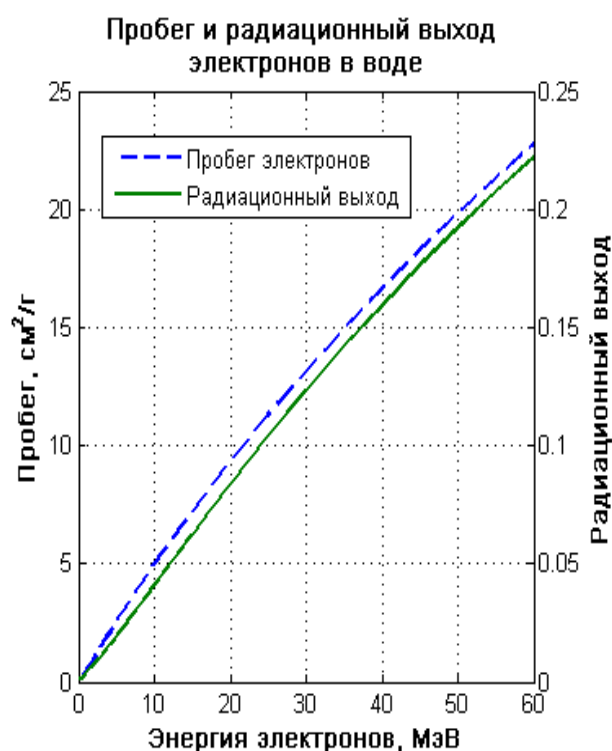
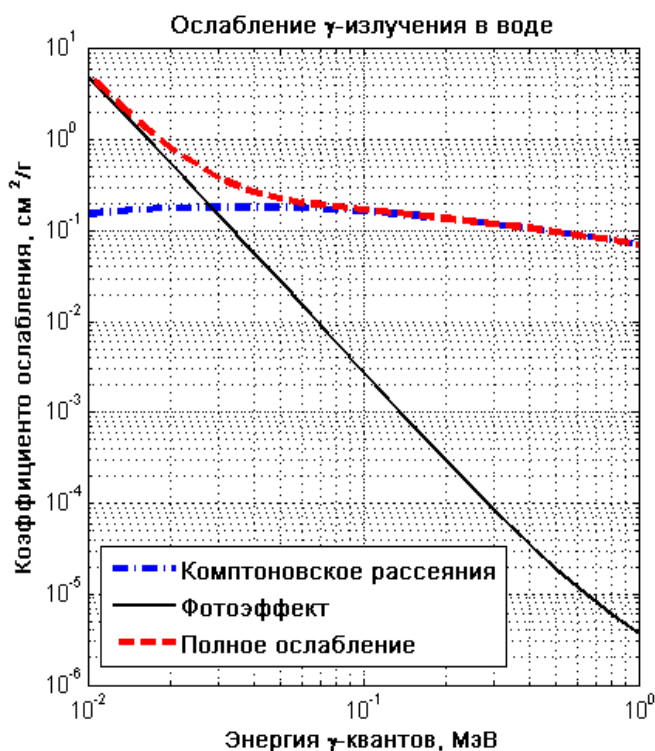
1 эВ = $1,602 \cdot 10^{-19}$ Дж

1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк

1 Гр = 100 рад

Таблица энергетической ценности белков, жиров и углеводов

Продукт	Энергетическая ценность
жиры	9 ккал/г
углеводы	4 ккал/г
белки	4 ккал/г





ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ															
Период	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII							
I	(H)												He ² Гелий 4,0026	Li ³ Литий 6,939	Атомный номер 6,939
II	Li ³ Литий 6,939	Be ⁴ Бериллий 9,0122	B ⁵ Бор 10,811	C ⁶ Углерод 12,01115	N ⁷ Азот 14,0067	O ⁸ Кислород 15,9994	F ⁹ Фтор 18,9984	Ne ¹⁰ Неон 20,179	Ar ¹⁸ Аргон 39,948	Co ²⁷ Кобальт 58,9330	Ni ²⁸ Никель 58,71	Относительная атомная масса 58,71	Fe ²⁶ Железо 55,847	Ar ¹⁷ Хлор 35,453	
III	Na ¹¹ Натрий 22,9898	Mg ¹² Магний 24,305	Al ¹³ Алюминий 26,9815	Si ¹⁴ Кремний 28,086	P ¹⁵ Фосфор 30,9738	S ¹⁶ Сера 32,064	Cl ¹⁷ Хлор 35,453	Ar ¹⁸ Аргон 39,948	Ar ¹⁸ Аргон 39,948	Fe ²⁶ Железо 55,847	Ni ²⁸ Никель 58,71		Fe ²⁶ Железо 55,847	Ar ¹⁷ Хлор 35,453	
IV	K ¹⁹ Калий 39,102	Ca ²⁰ Кальций 40,08	Sc ²¹ Скандий 44,956	Ti ²² Титан 47,90	V ²³ Ванадий 50,942	Cr ²⁴ Хром 51,996	Mn ²⁵ Марганец 54,9380	Ar ¹⁸ Аргон 39,948	Ar ¹⁸ Аргон 39,948	Fe ²⁶ Железо 55,847	Ni ²⁸ Никель 58,71		Fe ²⁶ Железо 55,847	Ar ¹⁷ Хлор 35,453	
V	Cu ²⁹ Медь 63,546	Zn ³⁰ Цинк 65,37	Ga ³¹ Галлий 69,72	Ge ³² Германий 72,59	As ³³ Мышьяк 74,9216	Se ³⁴ Селен 78,96	Br ³⁵ Бром 79,904	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Fe ²⁶ Железо 55,847	Ni ²⁸ Никель 58,71		Fe ²⁶ Железо 55,847	Ar ¹⁷ Хлор 35,453	
VI	Rb ³⁷ Рубидий 85,47	Sr ³⁸ Стронций 87,62	Y ³⁹ Иттрий 88,905	Zr ⁴⁰ Цирконий 91,22	Nb ⁴¹ Ниобий 92,906	Mo ⁴² Молибден 95,94	Tc ⁴³ Технеций [99]	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Fe ²⁶ Железо 55,847	Ni ²⁸ Никель 58,71		Fe ²⁶ Железо 55,847	Ar ¹⁷ Хлор 35,453	
VII	Ag ⁴⁷ Серебро 107,868	Cd ⁴⁸ Кадмий 112,40	In ⁴⁹ Индий 114,82	Sn ⁵⁰ Олово 118,69	Sb ⁵¹ Сурьма 121,75	Te ⁵² Теллур 127,60	I ⁵³ Иод 126,9044	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Fe ²⁶ Железо 55,847	Ni ²⁸ Никель 58,71		Fe ²⁶ Железо 55,847	Ar ¹⁷ Хлор 35,453	
VIII	Cs ⁵⁵ Цезий 132,905	Ba ⁵⁶ Барий 137,34	La* ⁵⁷ Лантан 138,91	Hf ⁷² Гафний 178,49	Ta ⁷³ Тантал 180,948	W ⁷⁴ Вольфрам 183,85	Re ⁷⁵ Рений 186,2	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Fe ²⁶ Железо 55,847	Ni ²⁸ Никель 58,71		Fe ²⁶ Железо 55,847	Ar ¹⁷ Хлор 35,453	
IX	Au ⁷⁹ Золото 196,967	Hg ⁸⁰ Ртуть 200,59	Tl ⁸¹ Таллий 204,37	Pb ⁸² Свинец 207,19	Bi ⁸³ Висмут 208,980	Po ⁸⁴ Полоний [210]*	At ⁸⁵ Астат [210]	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Fe ²⁶ Железо 55,847	Ni ²⁸ Никель 58,71		Fe ²⁶ Железо 55,847	Ar ¹⁷ Хлор 35,453	
X	Fr ⁸⁷ Франций [223]	Ra ⁸⁸ Радий [226]	Ac** ⁸⁹ Актиний [227]	Rf ¹⁰⁴ Резерфордий [261]	Db ¹⁰⁵ Дубний [262]	Sg ¹⁰⁶ Сибгорий [263]	Bh ¹⁰⁷ Борий [262]	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Kr ³⁶ Криптон 83,80	Fe ²⁶ Железо 55,847	Ni ²⁸ Никель 58,71		Fe ²⁶ Железо 55,847	Ar ¹⁷ Хлор 35,453	
XI	Ce ⁵⁸ Церий 140,12	Nd ⁶¹ Неодим 144,24	Pm ⁶² Прометий [147]*	Eu ⁶³ Европий 151,96	Gd ⁶⁴ Гадолиний 157,25	Tb ⁶⁵ Тербий 158,924	Dy ⁶⁶ Диспрозий 162,50	Ho ⁶⁷ Гольмий 164,930	Er ⁶⁸ Эрбий 167,26	Tm ⁶⁹ Тулий 168,934	Yb ⁷⁰ Иттербий 173,04	Lu ⁷¹ Лютеций 174,97	Os ⁷⁶ Осмий 190,2	Ir ⁷⁷ Иридий 192,2	Pt ⁷⁸ Платина 195,09
XII	Th ⁹⁰ Торий 232,038	U ⁹² Уран 238,03	Np ⁹³ Нептуний [237]	Am ⁹⁵ Америций [243]	Cm ⁹⁶ Кюрий [247]	Bk ⁹⁷ Берклий [247]	Cf ⁹⁸ Калифорний [251]*	Es ⁹⁹ Эйнштейний [254]	Fm ¹⁰⁰ Фермий [257]	Md ¹⁰¹ Менделевий [257]	No ¹⁰² Нобелий [259]	Lr ¹⁰³ Лоренций [260]	Os ⁷⁶ Осмий 190,2	Ir ⁷⁷ Иридий 192,2	Pt ⁷⁸ Платина 195,09