

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

Биотехнологии

1. Кодировка информации в ДНК (10 баллов)

Молекула ДНК содержит 4 вида нуклеотидов: аденин, тимин, гуанин, цитозин. Сколько нуклеотидных пар потребуется для записи сообщения из 100 символов, каждый из которых кодируется 2 байтами?

2. Динамика популяции бактерий (15 баллов)

В условиях неограниченного питания колония микроорганизмов растет со скоростью, пропорциональной ее численности. За первый час их число выросло с 1 до 1000. Через время $T_0 = 1,5$ часа микроорганизмы начинают гибнуть с постоянной скоростью $V=60 \text{ с}^{-1}$. Определить, какова будет численность микроорганизмов через 0,5 часа и через 1 час после начала гибели.

3. Нано-био-технологии (25 баллов)

В пробирку, содержащую $M=3 \cdot 10^9$ клеток, добавили N наночастиц и тщательно перемешали. Скорость попадания наночастицы из межклеточного пространства внутрь клетки равна $\lambda_{\text{in}}=3 \text{ мин}^{-1}$. Скорость выхода наночастицы из клетки $\lambda_{\text{out}}=1 \text{ мин}^{-1}$. Определить, какое количество наночастиц N нужно добавить, чтобы через время $T=1$ час в половине клеток была хотя бы одна наночастица.

Технологии медицинской диагностики и терапии

4. Рентгенография (10 баллов)

Для достижения хорошего контраста при рентгенографии достаточно разности интенсивностей прошедшего излучения в 10%. Оценить концентрацию ионов йода (в г/л) в крови, необходимую для проведения ангиографии. Для оценки считать, что массовый коэффициент ослабления рентгеновского излучения пропорционален кубу атомного номера вещества. Диаметр сосудов – 1 мм. Средний атомный номер мягких тканей – 7. Эффективная энергия рентгеновских квантов 100 кэВ.



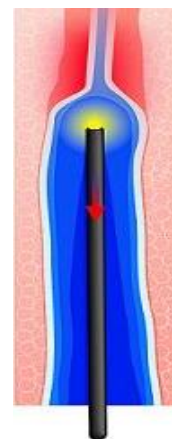
Спектральная зависимость коэффициента ослабления для биотканей.

5. Допплерография (15 баллов)

Ударный объем сердца (количество крови, выбрасываемой сердцем в аорту за одну систолу) составляет 50 мл. Продолжительность систолы желудочков (время быстрого изгнания крови из сердца в сердечном цикле) – 0,2 с. Диаметр аорты – 2,5 см. Оценить среднее значение доплеровского сдвига частоты при УЗ-доплерографии для сигналов, пришедших от артериальной крови в систоле и от венозной крови в диастоле, предполагая, что суммарная площадь сечения полых вен, входящих в предсердие, равна площади сечения аорты. Частота исходного сигнала УЗ-датчика 4 МГц. Пульс человека 80 уд/мин. Скорость звука в мягких тканях 1540 м/с.

6. Лазерная медицина (25 баллов)

Для лечения варикозных вен применяется эндовенозная лазерная коагуляция, когда излучение лазера подается внутрь вены через световод. При термическом воздействии энергии лазерного излучения на внутреннюю поверхность вены происходит коагуляция белков в венозной стенке. Лазерный луч воздействует на стенку вены опосредовано, нагревая кровь в просвете сосуда. Оцените минимальную энергию лазерного излучения, необходимую для коагуляции стенок вены импульсом Ho:YAG-лазера при подведении излучения внутрь вены через световод диаметром 0,5 мм. Оптическая глубина проникновения света $x_{opt} = 0,4$ мм. Диаметр вены $d = 6$ мм. Теплоемкость крови и стенок вены $C_v = 4$ Дж/(г*°С). Температура коагуляции 70°C . Считать, что диссипация энергии из области нагрева происходит изотропно. Теплообменом вены с окружающими тканями пренебречь.



Технологии ядерной медицины и лучевой терапии

7. Радиоактивный распад (10 баллов)

В природной смеси изотопов содержится 0,0117 % атомов ^{40}K ($T_{1/2} = 1,277$ млрд. лет). В организме взрослого человека содержится около 200 г калия. Рассчитайте радиоактивность человека, обусловленную калием-40.

8. Выведение радионуклида из организма (15 баллов)

При двухизотопном ОФЭКТ-исследовании миокарда сначала вводится радиофармпрепарат ^{201}Tl с периодом полураспада 73 часа и активностью 10 мКи, а затем через час радиофармпрепарат, содержащий изотоп ^{99m}Tc с периодом полураспада 6 часов и активностью 30 мКи. Определить, когда активность ^{201}Tl станет в 3 раза выше активности ^{99m}Tc . Период биологического полувыведения ^{201}Tl считать равным 6 дней, препарата с ^{99m}Tc – 10 часов.

9. Лучевая терапия (25 баллов)

В гамма-ноже 200 источников ^{60}Co . Какой должна быть активность каждого источника, чтобы за 1 час в изоцентре* накапливалась доза 50 Гр. Энергия гамма-квантов ^{60}Co , вылетающих при каждом распаде, 1,17 МэВ и 1,33 МэВ. Расстояние от источников до изоцентра 50 см. Ослабление излучения по пути к мишени эквивалентно ослаблению на 10 см вещества с массовым коэффициентом ослабления гамма-излучения $\mu \approx 6,29 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{г}$. Массовый коэффициент поглощения энергии для головного мозга считать равным $\mu_{en} \approx 2,95 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{г}$.

*изоцентр – точка в которой пересекаются все лучи.

