

Молекулярная биология

изучает механизмы хранения и передачи наследственной информации.

Задачи по молекулярной биологии встречаются в двух основных темах: **нуклеиновые кислоты,**
генетический код.

Типы задач

- Установление последовательности нуклеотидов в ДНК, иРНК, антикодонов тРНК, используя принцип комплементарности.
- Вычисление количества нуклеотидов, их процентное соотношение в цепи ДНК, иРНК.
- Вычисление количества водородных связей в цепи ДНК, иРНК.
- Определение длины, массы ДНК, иРНК.
- Определение последовательности аминокислот по таблице генетического кода.
- Определение массы ДНК, гена, белка, количества аминокислот, нуклеотидов.
- Комбинированные .

Требования к решению задач

- ход решения должен соответствовать последовательности процессов, протекающих в клетке
- решать задачи осознано, обосновывать каждое действие теоретически
- запись решения оформлять аккуратно, цепи ДНК, иРНК, тРНК прямые, символы нуклеотидов четкие, расположены на одной линии по горизонтали
- цепи ДНК, иРНК, тРНК размещать на одной строке без переноса
- ответы на все вопросы выписывать в конце решения

<p style="text-align: center;">ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота)</p> <p style="text-align: center;">две цепи в спирали</p>	<p style="text-align: center;">РНК (рибонуклеиновая кислота)</p> <p style="text-align: center;">одна цепь</p>
<p>состоят из нуклеотидов</p> <p>Строение нуклеотида</p>	
1 дезоксирибоза	1 рибоза
2 остаток фосфорной кислоты	2 остаток фосфорной кислоты
3 азотистое основание:	3 азотистое основание:
А- аденин	А- аденин
Г – гуанин	Г – гуанин
Ц – цитозин	Ц – цитозин
Т - тимин	У - урацил
А-Т, Г-Ц	<p>Принцип комплементарности</p> <p>А-У, Г-Ц</p>
<p>Между азотистыми основаниями водородные связи</p> <p>А = Т двойная , Г ≡ Ц тройная</p>	
<p>Правила Чаргаффа</p> <p>А=Т, Г=Ц А+Г = Т+Ц (100% в 2-х цепях)</p>	(100 % в 1-й цепи)
<p>*азотистые основания : 1. Пуриновые – А, Г 2. Пиримидиновые – Ц, Т, У</p>	
<p>Функция: хранение наследственной информации</p> <p>*Спираль ДНК:</p> <p>.Ширина 2 нм</p> <p>.Шаг спирали 10 пар нуклеотидов 3,4 нм</p> <p>.Длина нуклеотида 0,34 нм</p> <p>.Масса ДНК $6 \cdot 10^{-12}$</p>	<p>Виды РНК и их функции:</p> <p>1. иРНК или мРНК – 5%, считывает информацию с ДНК и переносит её к рибосоме</p> <p>2. тРНК – 10%, переносит аминокислоту</p> <p>3. рРНК – 85%, входит в состав рибосом</p>

Первый тип задач - задачи на установление последовательности нуклеотидов в ДНК, иРНК, антикодонах тРНК

- Участок правой цепи молекулы ДНК имеет последовательность нуклеотидов:
- А-Г-Т-Ц-Т-А-А-Ц-Т-Г-А-Г-Ц-А-Т. Запишите последовательность нуклеотидов левой цепи ДНК.
- **Дано:** ДНК А-Г-Т-Ц-Т-А-А-Ц-Т-Г-А-Г-Ц-А-Т
- **Решение:** (нуклеотиды левой цепи ДНК подбираем по принципу комплементарности А-Т, Г-Ц)
- ДНК А Г Т Ц Т А А Ц Т Г А Г Ц А Т
ДНК Т Ц А Г А Т Т Г А Ц Т Ц Г Т А
- **Ответ :** левая цепь ДНК имеет последовательность нуклеотидов Т-Ц-А-Г-А-Т-Т-Г-А-Ц-Т-Ц-Г-Т-А

Первый тип задач - задачи на установление
последовательности нуклеотидов в ДНК, иРНК,
антикодонов тРНК

- Участок цепи молекулы ДНК имеет последовательность нуклеотидов: Ц-Т-А-А-Ц-Ц-А-Т-А-Г-Т-Т-Г-А-Г.
Запишите последовательность нуклеотидов иРНК.
- **Дано:** ДНК Ц-Т-А-А-Ц-Ц-А-Т-А-Г-Т-Т-Г-А-Г
- **Решение:** (нуклеотиды иРНК подбираем по принципу комплементарности к ДНК : А-У, Г-Ц)
-
- ДНК Ц Т А А Ц Ц А Т А Г Т Т Г А Г
- иРНК Г А У У Г Г У А У Ц А А Ц У Ц
-
- **Ответ :** иРНК имеет последовательность нуклеотидов Г-А-У-У-Г-Г-У-А-У-Ц-А-А-Ц-У-Ц

* Определите последовательность нуклеотидов иРНК, антикодоны молекул тРНК, если фрагмент ДНК имеет последовательность нуклеотидов

Г-Ц-Ц-Т-А-Ц-Т-А-А-Г-Т-Ц

Дано: ДНК Г-Ц-Ц-Т-А-Ц-Т-А-А-Г-Т-Ц

Решение: (нуклеотиды подбираем по принципу комплементарности А-У, Г-Ц под ДНК сначала строим иРНК, затем тРНК)



ДНК Г Ц Ц Т А Ц Т А А Г Т Ц

иРНК Ц Г Г А У Г А У У Ц А Г

тРНК Г Ц Ц У А Ц У А А Г У Ц

Ответ: иРНК имеет последовательность нуклеотидов Ц Г Г А У Г А У У Ц А Г

антикодоны тРНК Г Ц Ц У А Ц У А А Г У Ц

Второй тип задач - на вычисление количества нуклеотидов, их процентное соотношение в цепи ДНК, иРНК.

- В одной молекуле ДНК нуклеотидов с тимином Т -22% . Определите процентное содержание нуклеотидов с А, Г, Ц по отдельности в этой молекуле ДНК.
- **Дано:** Т -22%
- **Найти:** % А, Г, Ц
- **Решение 1:**
- согласно правилу Чаргаффа $A+Г = Т+Ц$, все нуклеотиды в ДНК составляют 100%.
- Так как тимин комплементарен аденину, то $A=22\%$.
- $22+22=44\%$ (А+Т)
- $100- 44 =56\%$ (Г+Ц)
- Так как гуанин комплементарен цитозину, то их количество тоже равно, поэтому
- $56 : 2 =28\%$ (Г, Ц)

- **Решение 2:**
- согласно правилу Чаргаффа $A+Г = Т+Ц$, все нуклеотиды в ДНК составляют 100% или А+Г и Т+Ц по 50 %
- Так как тимин комплементарен аденину, то $A=22\%$.
- следовательно $50 - 22=28\%$ (Г, Ц, т.к. они комплементарны)
- **Ответ :** А=22%, Г=28%, Ц=28%

● Сколько содержится нуклеотидов А, Т, Г, во фрагменте молекулы ДНК, если в нем обнаружено 1500 нуклеотидов Ц, что составляет 30% от общего количества нуклеотидов в этом фрагменте ДНК?

● **Дано:** Ц- 30% =1500 нуклеотидов

● **Найти:** количество нуклеотидов А, Т, Г

● **Решение:**

● Так как Ц комплементарен Г и их количество равно, то Г =30%,

● что составляет 1500 нуклеотидов.

● согласно правилу Чаргаффа $A+G = T+C$, все нуклеотиды в ДНК составляют 100%

● А+Г и Т+Ц по 50 % следовательно $50-30=20\%$ (А, Т). Составим пропорцию

30% - 1500
20% - ?

● $20 \times 1500 : 30 = 1000$ нуклеотидов (А, Т)

Ответ: во фрагменте молекулы ДНК содержится:

● Г=1500 нуклеотидов, А=1000 нуклеотидов, Т=1000 нуклеотидов.

- * Участок молекулы ДНК (одна цепочка) содержит:
- 150 нуклеотидов – А, 50 нуклеотидов – Т,
- 300 нуклеотидов – Ц, 100 нуклеотидов - Г.
- Определите : количество нуклеотидов во второй цепи с А, Т, Г, Ц и общее количество нуклеотидов с А, Т, Ц, Г в двух цепях ДНК.
- **Дано:** нуклеотидов в 1-й цепи ДНК: А-150, Т-50, Ц-300, Г-100.
- **Найти:** А, Т, Ц, Г в двух цепях ДНК.
- **Решение:**
- $A=T, G=C$, так как они комплементарны, поэтому во второй цепи Т-150, А-50, Г-300, Ц-100
- Всего нуклеотидов: $A(150+50)+T(50+150)+G(300+100)+C(100+300)=1200$
- Ответ: нуклеотидов во второй цепи Т-150, А-50, Г-300, Ц-100;
- 1200 нуклеотидов в двух цепях.

- *В состав иРНК входят нуклеотиды: аденина 28%, гуанина 16%, урацила 24%. Определите процентный состав нуклеотидов в двуцепочечной молекулы ДНК, информация с которой «переписана» на иРНК
- **Дано:** нуклеотидов в иРНК: А-28%, У-24%, Г-16%.
- **Найти:** % А, Т, Ц, Г в ДНК.
- **Решение:**
- Определяем процентное содержание цитозина в иРНК, учитывая, что сумма всех нуклеотидов иРНК составляет 100%:
- $100 - (24 + 28 + 16) = 32\%$ (Ц)
- Учитывая принцип комплементарности (А=Т, У=А, Г=Ц, Ц=Г), вычисляем процентный состав нуклеотидов цепи ДНК, с которой была списана информация на иРНК. Сумма всех нуклеотидов в двух цепях ДНК составляет 100%:
- $T = 28 : 2 = 14\%$, $G = 32 : 2 = 16\%$, $A = 24 : 2 = 12\%$, $C = 16 : 2 = 8\%$
- Вторая цепочка ДНК является комплементарной первой, следовательно, в ней процентный состав нуклеотидов следующий:
- А=14%, Ц=16%, Т=12%, Г=8%
- В двуцепочечной ДНК процентное содержание нуклеотидов будет таким:
- $A = 12 + 14 = 26\%$, $T = 14 + 12 = 26\%$, $G = 16 + 8 = 24\%$, $C = 8 + 16 = 24\%$
- **Ответ:** в двух цепях ДНК % состав нуклеотидов: Т -26%, А-26%,
- Г-24%, Ц-24%

*Третий тип задач на вычисление количества водородных связей.

- Две цепи ДНК удерживаются водородными связями. Определите число водородных связей в этой цепи ДНК, если известно, что нуклеотидов с аденином 12, с гуанином 20.
- **Дано:** А-12, Г-20
- **Найти:** водородных связей в ДНК
- **Решение:**
- А=Т, Г=Ц, так как они комплементарны
- Между А и Т двойная водородная связь, поэтому $12 \times 2 = 24$ связи
- Между Г и Ц тройная водородная связь, поэтому $20 \times 3 = 60$ связей
- $24 + 60 = 84$ водородных связей всего
- **Ответ:** 84 водородных связей.

*Четвертый тип задач определение длины, ДНК, и РНК

- Участок молекулы ДНК состоит из 60 пар нуклеотидов. Определите длину этого участка (расстояние между нуклеотидами в ДНК составляет 0,34 нм)
- **Дано:** 60 пар нуклеотидов
- **Найти:** длину участка
- **Решение:** длина нуклеотида 0,34 нм
- $60 \times 0,34 = 20,4$ нм
- **Ответ:** 20,4 нм
-
- Длина участка молекулы ДНК составляет 510 нм. Определите число пар нуклеотидов в этом участке.
- **Дано:** длина участка ДНК 510 нм
- **Найти:** Определите число пар нуклеотидов
- **Решение:** длина нуклеотида 0,34 нм
- $510 : 0,34 = 1500$ нуклеотидов
- **Ответ:** 1500 нуклеотидов
-

- Число нуклеотидов в цепи ДНК равно 100. Определите длину этого участка
- **Дано:** 100 нуклеотидов
- **Найти:** длину участка
- **Решение:** длина нуклеотида 0,34 нм, ДНК состоит из 2-х цепей значит 50 пар нуклеотидов.
- $50 \times 0,34 = 17 \text{ нм}$
- **Ответ:** 17 нм
-
- Число нуклеотидов в цепи и-РНК равно 100. Определите длину этого участка
- **Дано:** 100 нуклеотидов
- **Найти:** длину участка
- **Решение:** длина нуклеотида 0,34 нм, и-РНК состоит из одной цепи
- $100 \times 0,34 = 34 \text{ нм}$
- **Ответ:** 34 нм

« Биосинтез белка, генетический код»

- на участке ДНК строится иРНК
- иРНК переходит в цитоплазму
- иРНК соединяется с рибосомой (2 триплета)
- тРНК несет аминокислоту в рибосому
- кодон иРНК комплементарен антикодону тРНК
- в рибосоме из аминокислот образуется белок
- ДНК- РНК- белок
- 20 аминокислот - 64 триплета
- ДНК - иРНК - тРНК
- 3 нуклеотида = 1 триплет = 1 аминокислота = 1 тРНК

Пятый тип задач - определение последовательности аминокислот по таблице генетического кода.

- Фрагмент цепи ДНК имеет последовательность нуклеотидов: ТГГАГТГАГТТА. Определите последовательность нуклеотидов на иРНК, антикодоны тРНК и аминокислотную последовательность фрагмента молекулы белка.
- **Дано:** ДНК Т-Г-Г-А-Г-Т-Г-А-Г-Т-Т-А
- **Найти:** иРНК, тРНК и аминокислотную последовательность белка
- **Решение:** на участке ДНК по принципу комплементарности (А-У, Г-Ц) построим иРНК, затем по цепи иРНК построим тРНК по принципу комплементарности (А-У, Г-Ц)
- ДНК Т- Г- Г- А- Г- Т- Г- А- Г- Т- Т- А
- иРНК А-Ц-Ц-У- Ц- А- Ц- У- Ц- А- А- У
- тРНК У- Г- Г- А -Г- У- Г -А- Г- У- У-А
- иРНК разделим на триплеты и по таблице генетического кода определим аминокислотную последовательность белка:
- А-Ц-Ц **тре**, У-Ц-А **сер**, Ц-У-Ц **лей**, А- А-У **асн**.
- **Ответ :** иРНК А-Ц- Ц-У- Ц- А-Ц-У-Ц-А- А-У
- тРНК У- Г -Г- А- Г-У- Г-А-Г- У- У-А
- аминокислотную последовательность белка :тре, сер, лей, асн

- *Участок молекулы ДНК имеет следующее строение:
- ГГА -АЦЦ-АТА-ГТЦ-ЦАА
- Определите последовательность нуклеотидов соответствующего участка иРНК. Определите последовательность аминокислот в полипептиде, синтезируемом по иРНК. Как изменится последовательность аминокислот в полипептиде, если в результате мутации пятый нуклеотид в ДНК будет заменён на аденин? Ответ объясните.

- **Дано:** ДНК ГГА -АЦЦ-АТА-ГТЦ-ЦАА
- **Найти:** аминокислотную последовательность исходного белка, мутированного
- **Решение:** определим иРНК по принципу комплементарности
- ДНК ГГА -АЦЦ-АТА-ГТЦ- ЦАА
- иРНК ЦЦУ- УГГ-УАУ-ЦАГ-ГУУ
- По таблице генетического кода определим аминокислотную последовательность белка: **про, три, тир, глн, вал**
- В результате мутации ДНК изменится , т.к. пятый нуклеотид в ДНК будет заменён на аденин
- ДНК ГГА - ААЦ-АТА-ГТЦ- ЦАА
- иРНК ЦЦУ- УУГ-УАУ-ЦАГ-ГУУ
- По таблице генетического кода определим аминокислотную последовательность измененного белка: **про, лей, тир, глн, вал,**
- **Ответ:** про, три, тир, глн, вал; про, лей, тир, глн, вал, так как изменился нуклеотид в ДНК, то изменился нуклеотид иРНК, изменилась аминокислота и структура белка.

* Известно, что все виды РНК синтезируются на ДНК- матрице. Фрагмент молекулы ДНК, на котором синтезируется участок центральной петли тРНК, имеет следующую последовательность нуклеотидов АТАГЦТГААЦГГАЦТ. Установите нуклеотидную последовательность участка тРНК, который синтезируется на данном фрагменте, и аминокислоту, которую будет переносить эта тРНК в процессе биосинтеза белка, если третий триплет соответствует антикодону тРНК.

● **Дано:** ДНК АТАГЦТГААЦГГАЦТ

● **Найти:**

● нуклеотидную последовательность участка тРНК

● аминокислоту, которую будет переносить тРНК

● **Решение :**

● Так как тРНК синтезируются на ДНК, то построим тРНК по принципу комплементарности (А-У, Г-Ц)

● ДНК А Т А Г Ц Т Г А А Ц Г Г А Ц Т

● тРНК У А У Ц Г А Ц У У Г Ц Ц У Г А

● Третий триплет (антикодон тРНК) ЦУУ , соответствует кодону на иРНК ГАА (по принципу комплементарности), по таблице генетического кода этому кодону соответствует аминокислота ГЛУ, которую переносить данная тРНК.

● **Ответ:** тРНК УАУЦГАЦУУГЦЦУГА

● аминокислота ГЛУ

Шестой тип задач - определение массы белка, количества аминокислот, нуклеотидов.

- 1. Фрагмент молекулы ДНК содержит 1230 нуклеотидных остатков. Сколько аминокислот будет входить в состав белка?
- **Дано:** 1230 нуклеотидов
- **Найти:** количество аминокислот
- **Решение:**
- Одной аминокислоте соответствует 3 нуклеотида, поэтому $1230:3=410$ аминокислот.
- **Ответ:** 410 аминокислот.

- 2. Сколько нуклеотидов содержит ген, кодирующий белок из 210 аминокислот?
- **Дано:** 210 аминокислот
- **Найти:** количество нуклеотидов
- **Решение:**
- Одной аминокислоте соответствует 3 нуклеотида, поэтому $210 \times 3 = 630$ нуклеотидов
- **Ответ:** 630 нуклеотидов
-

- *Определите число аминокислот , входящих в состав белка, число триплетов и число нуклеотидов в гене, который кодирует этот белок, если в процессе трансляции участвовало 30 молекул тРНК.
- **Дано:** 30 тРНК
- **Найти:** число аминокислот, триплетов, нуклеотидов в гене
- **Решение:**
- 1 тРНК = 1 аминокислоте, поэтому аминокислот 30
- 1 аминокислоте = 1 триплету, поэтому триплетов 30
- 1 триплет = 3 нуклеотида, поэтому $30 \times 3 = 90$ нуклеотидов.
- **Ответ:** аминокислот 30, триплетов 30, 90 нуклеотидов

- * Молекулярная масса полипептида составляет 40000. Определите длину кодирующего его гена, если молекулярная масса одной аминокислоты в среднем равна 100, а расстояние между соседними нуклеотидами в цепи ДНК составляет 0,34 нм.
- **Дано:** масса белка - 40000
масса аминокислоты - 100
расстояние между нуклеотидами 0,34 нм
- **Найти:** длину гена
- **Решение:**
Так как белок (полипептид) состоит из аминокислот, найдем количество аминокислот $40000:100=400$
1 аминокислота=3 нуклеотида, $400 \times 3=1200$ нуклеотидов
Ген состоит из нуклеотидов. Длина гена $1200 \times 0,34=408$ нм
Ответ: длина гена 408 нм

Комбинированные задачи

- * Белок состоит из 100 аминокислот. Установите, во сколько раз молекулярная масса участка гена, кодирующего данный белок, превышает молекулярную массу белка, если средняя молекулярная масса аминокислоты - 110, а нуклеотида - 300.
- **Дано:**
100 аминокислот,
молекулярная масса аминокислоты - 110,
молекулярная масса нуклеотида - 300.
- **Найти :** во сколько раз масса гена превышает массу белка.
- **Решение:**
Так как ген - это участок ДНК, состоящий из нуклеотидов, то определим их количество: одну аминокислоту кодируют 3 нуклеотида , то $100 \times 3 = 300$ нуклеотидов.
- Молекулярная масса белка $100 \times 110 = 11000$,
- Молекулярная масса гена $300 \times 300 = 90000$
- Молекулярная масса участка гена, кодирующего данный белок, превышает молекулярную массу белка: $90000 : 11000 = 8$ раз
- **Ответ :** в 8 раз
-

- Какую длину имеет участок молекулы ДНК, в котором закодирована первичная структура инсулина, если молекула инсулина содержит 51 аминокислоту, а один нуклеотид занимает 0,34 нм в цепи ДНК? Какое число молекул тРНК необходимо для переноса этого количества аминокислот к месту синтеза? (Следует учитывать, что одна тРНК доставляет к рибосоме одну аминокислоту.) Ответ поясните.
- **Дано:** 51 аминокислота, 1 нуклеотид 0,34 нм
Найти: длину ДНК, число тРНК
- 1) для кодирования одной аминокислоты необходимо 3 нуклеотида, $51 \times 3 = 153$ нуклеотида;
- 2) участок ДНК имеет длину $0,34 \times 153 = 52$ нм
- 3) одна тРНК переносит одну аминокислоту, поэтому тРНК 51 молекула
- **Ответ:** длина ДНК 52 нм, число тРНК - 51

Энергетический обмен

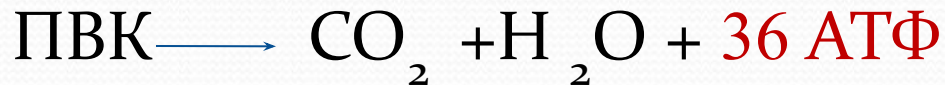
- 1. Подготовительный (в пищеварительном канале, лизосомах)



- 2. Бескислородный « гликолиз » (в цитоплазме)



- 3 . Кислородный «дыхание» (в митохондриях)



1 глюкоза = 38 АТФ

- В процессе гликолиза образовалось 42 молекулы пировиноградной кислоты. Какое количество молекул глюкозы подверглось расщеплению и сколько молекул АТФ образуется при полном окислении?
- **Дано:** 42 ПВК
- **Найти:** кол-во глюкозы, кол-во АТФ при полном окислении.
- **Решение:**
- 1) при гликолизе одна молекула глюкозы расщепляется с образованием 2-х молекул пировиноградной кислоты (ПВК), следовательно, гликолизу подверглось: $42 : 2 = 21$ молекула глюкозы;
- 2) при полном окислении одной молекулы глюкозы (бескислородный 2АТФ и кислородный этапы 36 АТФ) образуется 38 молекул АТФ;
- 3) при окислении 21 молекулы образуется: $21 \times 38 = 798$ молекул АТФ.
- **Ответ:** 21 молекула глюкозы, 798 молекул АТФ

Деление клетки


МИТОЗ

Интерфаза	2n2c - 2n4c	6 · 10 ⁻⁹ мГ 12 · 10 ⁻⁹ мГ
Профаза	2n4c	12 · 10 ⁻⁹ мГ
Метафаза	2n4c	12 · 10 ⁻⁹ мГ
Анафаза	2n2c	6 · 10 ⁻⁹ мГ
Телофаза	2n2c	6 · 10 ⁻⁹ мГ

мейоз

Интерфаза	2n2c - 2n4c	6 · 10 ⁻⁹ мГ 12 · 10 ⁻⁹ мГ
Профаза 1	2n4c	12 · 10 ⁻⁹ мГ
Метафаза 1	2n4c	12 · 10 ⁻⁹ мГ
Анафаза 1	n2c	6 · 10 ⁻⁹ мГ
Телофаза 1	n2c	6 · 10 ⁻⁹ мГ
Профаза 2	n2c	6 · 10 ⁻⁹ мГ
Метафаза 2	n2c	6 · 10 ⁻⁹ мГ
Анафаза 2	n c	3 · 10 ⁻⁹ мГ
Телофаза 2	n c	3 · 10 ⁻⁹ мГ

- Общая масса всех молекул ДНК в 46 хромосомах одной соматической клетки человека составляет около $6 \cdot 10^{-9}$ мг. Определите, чему равна масса всех молекул ДНК в ядре при овогенезе перед началом деления, в конце телофазы мейоза I и мейоза II. Объясните полученные результаты.
- **Дано:** 46 хромосом = масса $6 \cdot 10^{-9}$ мг
- **Найти:** массу ДНК: перед началом деления, в конце телофазы мейоза I и мейоза II.
- **Решение:**
- 1) перед началом деления в процессе репликации число ДНК удваивается и масса ДНК равна $2 \cdot 6 \cdot 10^{-9} = 12 \cdot 10^{-9}$ мг;
- 2) первое деление мейоза редукционное, число хромосом становится в 2 раза меньше, но каждая хромосома состоит из двух молекул ДНК (сестринских хроматид), поэтому в телофазе мейоза I масса ДНК равна $12 \cdot 10^{-9} : 2 = 6 \cdot 10^{-9}$ мг;
- 3) после мейоза II каждое ядро в клетке содержит однохроматидные хромосомы гаплоидного набора, поэтому в телофазе мейоза II масса ДНК равна $6 \cdot 10^{-9} : 2 = 3 \cdot 10^{-9}$ мг.
- **Ответ:** масса ДНК перед началом деления $12 \cdot 10^{-9}$ мг, в конце телофазы мейоза I - $6 \cdot 10^{-9}$ мг, в конце телофазы мейоза II - $3 \cdot 10^{-9}$ мг



Список использованной литературы