Правило Чаргаффа и расчёты по ДНК

Кодификатор ЕГЭ: 2.2 · Линии ЕГЭ: 3 · kursteam.ru/teoriya/tsitologiya/pravilo-chargaffa

КОРОТКО

- Правило Чаргаффа: в двуцепочечной ДНК аденина столько же, сколько тимина (А = Т), а гуанина столько же, сколько цитозина (Г = Ц).
- Следствие: пуринов столько же, сколько пиримидинов (А + Г = Т + Ц), а доли всех четырёх нуклеотидов в сумме дают 100 %.
- Причина правила - комплементарность: напротив А всегда стоит Т (две водородные связи), напротив Г - Ц (три связи).
- Если известна доля одного нуклеотида, считаем так: его пара - столько же; оставшиеся проценты делим пополам между двумя другими.
- Шаг между соседними парами нуклеотидов - 0,34 нм: длина фрагмента ДНК = число пар × 0,34 нм.

Само правило

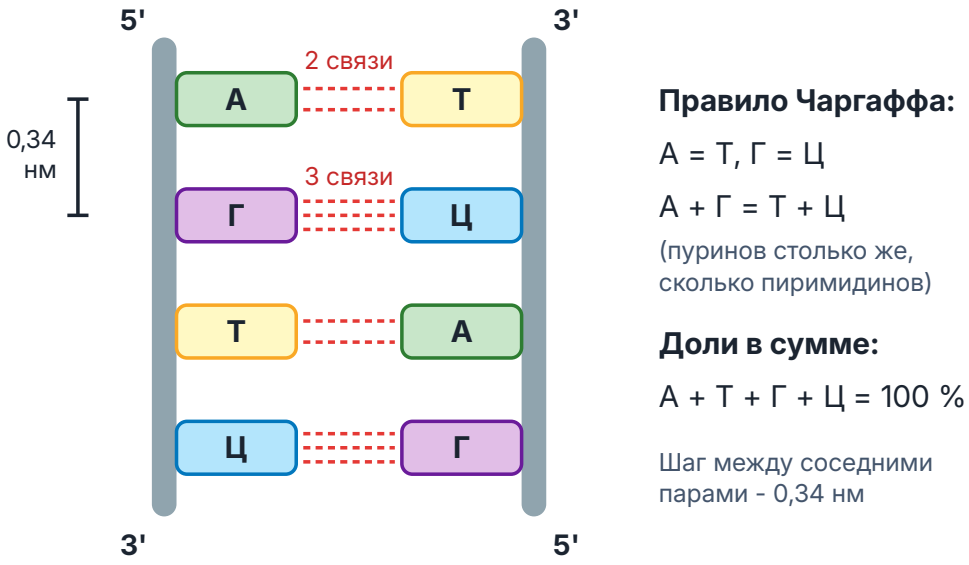
ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Правило Чаргаффа

В любой двуцепочечной ДНК количество аденина равно количеству тимина, а количество гуанина - количеству цитозина: А = Т, Г = Ц.

Э. Чаргафф установил это, сравнивая ДНК разных организмов, ещё до открытия двойной спирали - и именно его правило подсказало Уотсону и Крику идею комплементарных пар.

Причина простая: цепи ДНК комплементарны. Напротив каждого аденина одной цепи стоит тимин другой, напротив каждого гуанина - цитозин. Поэтому аденина и тимина в молекуле поровну - это одни и те же пары, посчитанные с двух сторон.



Комплементарные пары - причина правила Чаргаффа.

Следствия, которые нужны в задачах:

- **А = Т и Г = Ц** - главные равенства;
- **А + Г = Т + Ц**: пуриновых оснований столько же, сколько пиримидиновых;
- **А + Т + Г + Ц = 100 %** - все доли в сумме дают целое;
- доля пары А + Т и доля пары Г + Ц у разных видов разные - по соотношению можно сравнивать ДНК организмов.

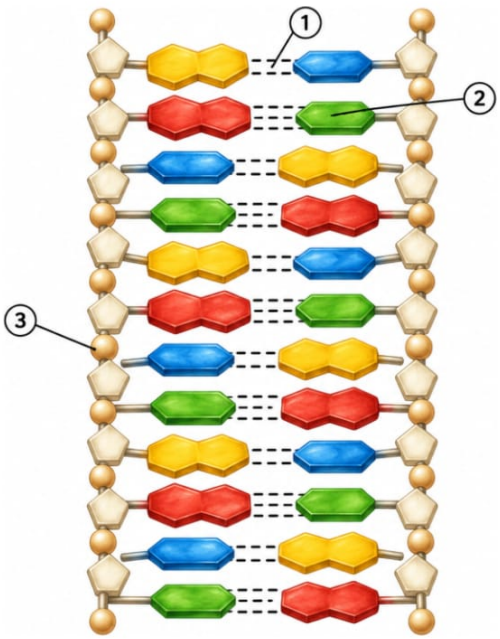
ЗАПОМНИ

Правило Чаргаффа работает только для **двуцепочечной ДНК**. В одной отдельной цепи или в РНК равенства А = Т и Г = Ц соблюдаться не обязаны.

Водородные связи и прочность ДНК

Пара А - Т скреплена **двумя** водородными связями, пара Г - Ц - **тремя**. Отсюда два вывода:

- участки ДНК, богатые парами Г - Ц, прочнее и расплетаются труднее;
- число водородных связей во фрагменте = (число пар А - Т) × 2 + (число пар Г - Ц) × 3.



1 - Пара А - Т: две водородные связи
2 - Пара Г - Ц: три водородные связи
3 - Сахаро-фосфатный остов

Напротив каждого основания стоит комплементарное: пара с двумя связями - А - Т, с тремя - Г - Ц. Поэтому в двуцепочечной ДНК А = Т и Г = Ц.

Длина фрагмента ДНК

Расстояние между соседними парами нуклеотидов вдоль оси спирали - **0,34 нм**. Значит:

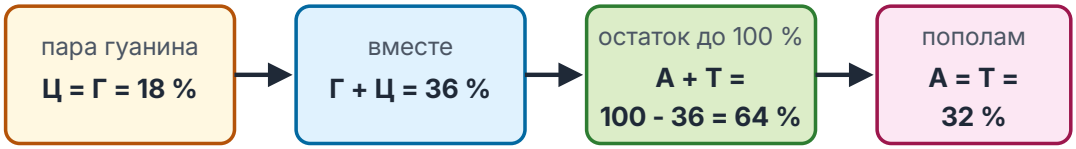
Длина фрагмента ДНК = число пар нуклеотидов × 0,34 нм

Если в условии дано общее число нуклеотидов в двуцепочечном фрагменте, сначала подели его на 2 - получишь число пар, а уже его умножай на 0,34 нм.

Алгоритм расчёта процентов

1. Запиши, что дано, и реши, о чём речь: о **всей молекуле** (двуцепочечной) или об **одной цепи**.
2. Для всей молекулы применяй А = Т и Г = Ц.
3. Найди долю известной пары: если дан А, то пара А + Т занимает 2 × А процентов.
4. Остаток до 100 % - это вторая пара; подели его пополам между её нуклеотидами.
5. Проверь: все четыре доли в сумме должны дать 100 %.

Дано: в ДНК гуанина 18 %. Сколько тимина?



Проверка: 18 + 18 + 32 + 32 = 100 %

пополам делится только остаток - между нуклеотидами второй пары

Алгоритм на примере: Г = 18 %. Пополам делится только остаток до 100 %.

Разобранные примеры

Пример 1. В ДНК доля цитозина - 34 %. Сколько гуанина?

Г = Ц = **34 %**. Одно равенство - и ответ готов.

Пример 2. В ДНК доля гуанина - 18 %. Сколько тимина?

1. Г = Ц = 18 %, вместе пара Г + Ц занимает 36 %.
2. На пару А + Т остаётся 100 - 36 = 64 %.
3. А = Т = 64 : 2 = **32 %**.

Пример 3. На пару Г + Ц в сумме приходится 28 %. Сколько тимина?

1. На пару А + Т остаётся 100 - 28 = 72 %.
2. А = Т = 72 : 2 = **36 %**.

Пример 4. В двуцепочечном фрагменте ДНК 1500 нуклеотидов, из них 450 - с аденином. Сколько нуклеотидов с гуанином?

1. Т = А = 450. На А + Т приходится 900 нуклеотидов.

2. На Г + Ц остаётся 1500 - 900 = 600.
3. Г = Ц = **300 нуклеотидов**.

Пример 5. Во фрагменте ДНК 120 пар нуклеотидов, из них 50 пар - Г - Ц. Найди число водородных связей и длину фрагмента.

1. Пар А - Т: 120 - 50 = 70. Связей: 70 × 2 = 140.
2. Пар Г - Ц: 50. Связей: 50 × 3 = 150.
3. Всего 140 + 150 = **290 водородных связей**.
4. Длина: 120 × 0,34 = **40,8 нм**.

Одна цепь, матрица и РНК

Часть задач линии 3 - про **одну цепь** ДНК и синтезированную на ней РНК. Здесь правило Чаргаффа не нужно - работает чистая комплементарность, по одной паре на каждый нуклеотид:

На матричной цепи ДНК	В РНК
А	У
Т	А
Г	Ц
Ц	Г

Доли при этом переходят один в один: сколько процентов аденина на матричной цепи - столько же процентов урацила в РНК, и наоборот.

Пример 6. На матричной цепи ДНК доля аденина - 15 %. Какова доля урацила в тРНК, синтезированной с этой цепи?

Напротив каждого А матрицы в РНК встаёт У, значит урацила ровно **15 %**. Обрати внимание: это верно для любой РНК - иРНК, тРНК и рРНК синтезируются на ДНК одинаково, по комплементарности.

Пример 7. В иРНК доля урацила - 24 %. Какова доля аденина на матричной цепи ДНК?

Каждый У в иРНК стоит напротив А матрицы: аденина на матричной цепи **24 %**.

ЗАПОМНИ

В паре «матрица - РНК» доли просто «отражаются»: А матрицы ↔ У РНК, Т матрицы ↔ А РНК, Г ↔ Ц. Число не меняется - меняется только буква.

Как это спрашивают на ЕГЭ

Тема живёт в **линии 3** - расчётная задача с ответом-числом (в ответ пишут только число, без знака %). Типовые формулировки:

- «В молекуле ДНК на долю цитозина приходится N %. Определите долю гуанина (аденина, тимина)» - правило Чаргаффа, примеры 1-3.
- «На долю гуанина и цитозина в сумме приходится N %» - сначала найди долю второй пары, потом подели пополам.

- «В молекуле иРНК доля урацила N %. Определите долю аденина на матричной цепи ДНК» - перенос долей по комплементарности, примеры 6-7.
- «Фрагмент содержит N пар нуклеотидов, из них M пар Г - Ц. Сколько водородных связей (какова длина фрагмента)?» - 2 связи у А - Т, 3 у Г - Ц, шаг 0,34 нм.

Слова-маркеры: «эукариотического организма», «в молекуле ДНК» - речь о двуцепочечной молекуле; «на матричной (одной) цепи», «в иРНК» - считаем по комплементарности цепь к цепи.

Ловушки

ЛОВУШКА ЕГЭ

«В молекуле ДНК» и «на одной цепи» - разные задачи. Правило Чаргаффа (А = Т, Г = Ц) применяй только ко всей двуцепочечной молекуле. Для одной цепи и РНК переноси доли по комплементарности: А ↔ У (Т), Г ↔ Ц.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Не дели долю пары пополам раньше времени. Если дан один нуклеотид (например, Г = 18 %), его пара - столько же (Ц = 18 %). Пополам делится только **остаток до 100 %** между нуклеотидами второй пары.

ЛОВУШКА ЕГЭ

В РНК нет тимина. Напротив аденина матричной цепи ДНК в РНК встаёт урацил. Если спрашивают про урацил - ищи аденин на матрице, и наоборот.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Длина считается по парам, а не по всем нуклеотидам. 0,34 нм - шаг между соседними парами. Если дано общее число нуклеотидов двуцепочечного фрагмента, сначала подели на 2.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Число водородных связей зависит от состава. Нельзя умножить все пары на одно число: у А - Т две связи, у Г - Ц три - считай группы отдельно и складывай.

Проверь себя

1. В ДНК 23 % тимина. Сколько в ней гуанина?

Ответ: А = Т = 23 %, значит на Г + Ц остаётся 100 - 46 = 54 %, и Г = Ц = 27 %.

2. Почему в двуцепочечной ДНК аденина всегда столько же, сколько тимина?

Ответ: Из-за комплементарности: напротив каждого аденина одной цепи стоит тимин другой. Сколько А - столько и Т.

3. Во фрагменте ДНК 100 пар нуклеотидов, из них 40 пар Г - Ц. Сколько в нём водородных связей?

Ответ: 60 пар А - Т дают 60 × 2 = 120 связей, 40 пар Г - Ц дают 40 × 3 = 120. Всего 240 водородных связей.

4. Какова длина фрагмента ДНК из 200 пар нуклеотидов?

Ответ: 200 × 0,34 нм = 68 нм.

5. На матричной цепи ДНК 20 % аденина. Сколько урацила в иРНК, синтезированной с этой цепи?

Ответ: 20 %: напротив каждого аденина матрицы в РНК встаёт урацил.

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ

Тестовая часть, развёрнутые задания и все задания по теме - на сайте, с проверкой и разбором: kursteam.ru/teoriya/tsitologiya/pravilo-chargaffa

© 2026 Мустафаев Р. И. (Kursteam). Материал принадлежит автору и охраняется авторским правом. Копирование, перепечатка и распространение без письменного разрешения автора запрещены; при цитировании обязательна ссылка на kursteam.ru.