

Время выполнения заданий — 240 минут.

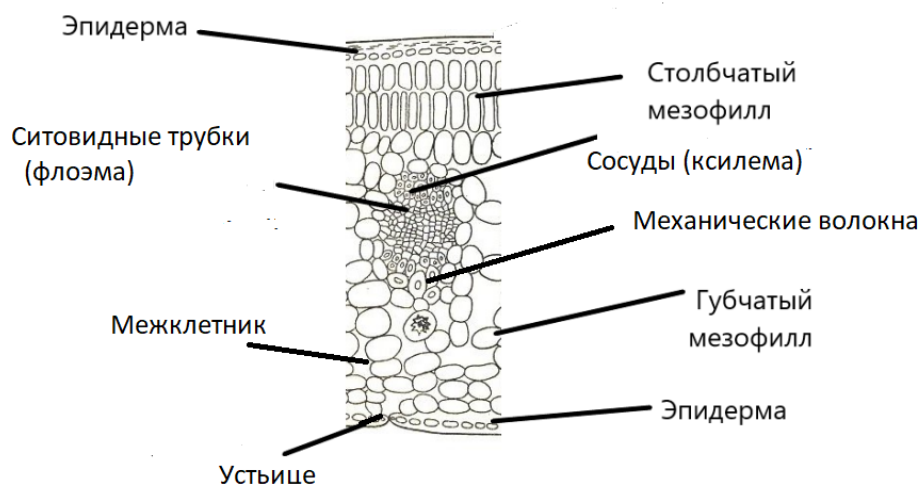
Пишите разборчиво. В работе не должно быть никаких пометок, не относящихся к ответам на вопросы. Если Вы не знаете ответа, ставьте прочерк.

Максимальное количество баллов — 100.

### Раздел №1.

**Задание 1 (6 баллов).** Нарисуйте поперечный срез листа покрытосеменного растения: не забудьте изобразить разные виды мезофилла и жилку. Подпишите структуры, изображенные Вами.

**Ответ.**



**Критерий оценки.** По 1 баллу за каждый верно нарисованный и подписанный элемент, но не более 6 баллов: устьице; эпидерма; столбчатый мезофилл; губчатый мезофилл; сосуды (ксилема); ситовидные трубки (флоэма); механические волокна; межклетник.

Допускаются синонимы названий: например, ксилема или сосуды, а также альтернативно, но правильно изображенные структуры: например, устьице может быть нарисовано на верхней стороне листа или с обеих сторон.

**Задание 2 (6 баллов).** Назовите как можно больше различий между хрящевыми и костными рыбами.

**Ответ.** Отличий существует довольно много, мы перечислим основные:

- хрящевой скелет у хрящевых рыб, костный - у костных;
- плавательный пузырь отсутствует у хрящевых рыб и характерен для костных;

- плакоидная чешуя у хрящевых рыб и костная чешуя у костных;
- основной продукт азотистого обмена хрящевых рыб - мочевины, костных - аммиак;
- для хрящевых рыб характерно внутреннее оплодотворение, для костных - наружное;
- у хрящевых жаберных крышек нет, а костные рыбы вентилируют жабры с помощью подвижных жаберных крышек;
- хрящевые рыбы откладывают яйца с плотной оболочкой либо живородящие. Костные рыбы откладывают икру с тонкой проницаемой оболочкой, живорождение встречается редко.

**Критерий оценки.** Каждое верно названное отличие (в том числе не указанное в ответе) оценивается в 1 балл. Всего не более 6 баллов.

**Задание №3 (6 баллов).** Опишите ход крови от подключичной вены до бедренной артерии. Укажите только камеры сердца и ближайшие к сердцу крупные сосуды.

**Ответ.** Подключичная вена; верхняя полая вена; сердце (правое предсердие, правый желудочек); лёгочные артерии; лёгочные вены, сердце (левое предсердие, левый желудочек), аорта; бедренная артерия

**Критерий.** По баллу за каждый верно названный и расположенный в правильном порядке сосуд. Предсердие и желудочек при правильно названной стороне (право/лево) - 1 б.

**Задание №4 (6 баллов).** Назовите все исходные вещества и продукты гликолиза, происходящего в клетках человека в аэробных условиях.

**Ответ.** Исходные вещества: глюкоза; НАД<sup>+</sup>; (АДФ и Фн).

Продукты: пировиноградная кислота или пируват; (НАДН и Н<sup>+</sup>); (АТФ и Н<sub>2</sub>О).

**Критерий оценки.** По баллу за каждое вещество. Вещества, указанные в скобках, оцениваются в 1б. Всего 6 баллов.

## Раздел №2. Задачи.

**Вопрос №5 (11 баллов).** В городе Солнечнодаре, где живет 10 000 человек, однажды во время городского весеннего праздника решили подсчитать, сколько людей имеют веснушки. Оказалось, что людей с веснушками (а это доминантный моногенный признак) 5100 человек. Наша знакомая рыжая девушка, у которой нет веснушек, мечтает о том, чтобы все ее детишки были веснушчатыми. Посчитайте, какова вероятность того, что красивый парень, улыбнувшийся ей на улице городка в весенний праздник, будет именно таким, т.е. гомозиготным по гену веснушчатости. Ответ выразите в процентах.

**Решение.** Можно полагать, что к населению Солнечнодара применим закон Харди-Вайнберга: численность населения достаточно высока и нет ограничения к свободному выбору полового партнера (т.е. популяция панмиксная). Вообще, хотя идеальных популяций, о которых говорится в этом законе, в природе не существует, практика показывает, что для больших популяций человека он вполне работает.

Вспомним, как выглядит закон Харди - Вайнберга:  $p^2 + 2pq + q^2 = 1$

где  $p^2$  — доля гомозигот по одному из аллелей;  $p$  — частота этого аллеля;  $q^2$  — доля гомозигот по альтернативному аллелю;  $q$  — частота соответствующего аллеля;  $2pq$  — доля гетерозигот.

Введем обозначения:  $A$  – доминантный «веснушчатый» аллель с частотой  $p$ ,

$a$  – рецессивный «безвеснушковый» аллель, и его частота  $q$ .

Люди с генотипом  $Aa$  также имеют веснушки и их количество – это  $2pq$ .

Итак, из условия задачи доля веснушчатых людей ( $AA$  и  $Aa$ )  $0.51$ . Исходя из этого, мы можем посчитать долю гомозиготных людей без веснушек:  $1-0.51=0.49$ . То есть в этом городе  $49\%$  не имеют веснушек.

Поскольку что доля гомозигот равна  $q^2$  и в нашем случае это как раз  $0.49$ .

Отсюда мы можем посчитать  $q$ .

$$q = \text{корень квадратный из } 0.49 = 0.7$$

3. Мы знаем, что  $q+p=1$ . Итак,  $p=1 - q = 1 - 0.7 = 0.3$

4. Теперь нам можно посчитать долю гомозиготных по веснушкам людей, это  $p^2$ .

$$p^2 = 0.3 \times 0.3 = 0.09, \text{ если выразить в процентах, то } 9\%.$$

**Ответ.**  $9\%$ .

**Критерий оценки.** Идея применить закон Харди-Вайнберга - 3 б. Его правильная формулировка - 2б. Правильно определённые генотипы и доля людей с веснушками - 4б. Правильный подсчет частоты гомозигот с веснушками - 2 б.

**Задание № 6 (11 баллов).** Детям, больным фенилкетонурией, необходимо ограничивать количество естественных белков, т.е. не превышать суточную разрешенную дозу фенилаланина (1г естественного белка содержит 50 мг фенилаланина).

В результате получается недостаток белка, ведь из пищи его поступает очень мало, а аминокислоты необходимы для синтеза собственных белков. Суточную норму белков в питании восполняют специализированной сухой смесью, например, «МДмил ФКУ 1»

(100 г смеси содержит 20 г белка, в котором имеются все аминокислоты, кроме фенилаланина).

Рассчитайте необходимое количество смеси «МДмил ФКУ 1», которое нужно употреблять каждый день ребенку, больному фенилкетонурией. Ребенку 4 года, вес 16 кг. Из естественных источников он должен получать максимально возможное количество белка.

Справочные данные.

Таблица 1.

Максимально допустимые возрастные нормы фенилаланина для больных фенилкетонурией.

Возраст ребенка	Суточное количество фенилаланина (мг/кг массы тела)
До 2 мес.	60
2–3 мес.	60–55
3–6 мес.	55–45
6–12 мес.	45–35
1–1,5 года	35–30
1,5–3 года	30–25
3–6 лет	25–15
Старше 6 лет	15–10

Таблица 2.

Нормы физиологической потребности в основных пищевых веществах и энергии для детей старше года.

Возраст	Энергия, ккал	Белок, г/день	Жиры, г/день	Углеводы, г/день
от 1 года до 2 лет	1200	36	40	174
от 2 лет до 3 лет	1400	42	47	203
от 3 лет до 7 лет	1800	54	60	261
от 7 лет до 11 лет	2100	63	70	305

от 11 лет до 14 лет мальчики	2500	75	83	363
от 11 лет до 14 лет девочки	2300	69	77	334
от 14 лет до 18 лет юноши	2900	87	97	421
от 14 лет до 18 лет девушки	2500	76	83	363

**Ответ.**

1. Оцениваем допустимое для этого ребенка суточное количество фенилаланина в таблице 1. Выбираем максимальную допустимую дозу, чтобы дать ребенку возможно больше естественного белка. Для ребенка 4 лет – это 25 мг на 1 кг веса ребенка.

Вес ребенка 16 кг, значит, ему можно употребить  $16 \text{ кг} \times 25 \text{ мг/кг} = 400 \text{ мг}$  фенилаланина в сутки.

2. Рассчитываем массу обычного белка, которую этот ребенок может съесть за день, не выходя за рамки максимально разрешенного ему количества фенилаланина. В условии задачи сказано, что 1г естественного белка содержит 50 мг фенилаланина.

Значит, 400 мг фенилаланина будут содержаться в  $400:50=8 \text{ г}$ .

Этому ребенку можно съесть в сутки только 8 г естественных белков! Это один большой стакан молока...или много фруктов.

3. Оставшееся количество необходимого белка ребенку нужно будет дополучить смесью «МДмил ФКУ 1». Оцениваем суточное количество белка для ребенка 4х лет по таблице 2. Это 54 г в сутки. При этом ребенку можно съесть 8 г естественного белка.

Таким образом, дополнительно ему нужно  $54-8=46 \text{ г}$  белка, который нужно получить из белковой смеси.

4. Считаем массу смеси, которую ребенку нужно будет съесть в сутки. По условию известен состав смеси «МДмил ФКУ 1»: 100 г смеси содержит 20 г белка.

Всего ребенку нужно 46 г дополнительного белка в сутки, значит, необходимая масса смеси будет составлять  $46:20 \times 100 = 230 \text{ г}$ .

**Ответ:** суточная доза для ребенка ( 4 года, 16 кг), больного фенилкетонурией - 230 г смеси «МДмил ФКУ 1» .

**Критерий оценки.** За правильно выполненное первой действие 2б., за каждое последующее 3 б. Всего 11 б.

### Раздел №3. Научные и творческие задачи.

**Задание №7 (18 баллов).** В результате мутации в последовательности белка произошла замена одной аминокислоты. Как вы думаете, какие изменения в структуре белка это может вызвать и к каким последствиям для его функции в клетке может привести? Приведите как можно больше вариантов ответа с примерами.

**Ответ.** Перечислим основные возможности.

Изменения в структуре белка, приводящие к серьёзным последствиям могут быть следующими:

- изменение формы участка узнавания субстрата или низкомолекулярного регулятора фермента. Или участка взаимодействия с другим белком. Для функционирования таких участков часто критически важны всего несколько аминокислот
- нарушение формирования цистеиновых мостиков: исчезновение или появление нового. Это может изменить третичную и/или четвертичную структуру белка.

Для клетки это может привести к :

- потере или изменении активности фермента. Результат может быть плачевным, приводя к нарушению метаболизма.
- нарушению регуляторных взаимодействий в цепи передачи сигнала. Таких взаимодействий в клетке тысячи. Например, может нарушиться цепочка передачи гормонального сигнала, что при худшем развитии событий может привести к злокачественному перерождению клетки.

Существуют белки, которые способны самостоятельно вырезать фрагмент своей последовательности - интеины. Такое вырезание происходит лишь в определенных местах, и если такая последовательность нарушится, то интеин потеряет активность.

Примером важности точковой мутации может служить серповидно-клеточная анемия, когда замена всего одной аминокислоты в гемоглобине приводит к тяжелым последствиям. Однако при ответе на этот вопрос важно понимать следующее. Белки обычно имеют длину несколько сотен аминокислот. Критически важных для функционирования белка среди них немного. Например, для функционирования активного центра фермента критически важны только несколько аминокислот. Поэтому в подавляющем большинстве случаев замена одной аминокислоты не повлияет на функционирование белка.

**Критерий оценки.** 3 б. за каждый вариант ответа (допускаются иные формулировки и примеры, кроме приведенных здесь). 3 б. за понятие о том, что вставка в большинстве случаев не скажется на функционировании белка. Максимальная оценка 18 б.

**Задание №8 (18 баллов).** Как по одному листу, оказавшемуся у Вас в руках, можно предположить, в каких условиях обитает растение?

**Ответ.** По признакам листа действительно можно предположить, в каких условиях произрастает растение:

Если растение обитает в засушливых условиях, то:

- лист покрыт толстым слоем кутикулы и воска для снижения испарения воды
- уменьшено число устьиц на поверхности листа.
- устьица расположены в бороздках или углублениях для снижения испарения воды
- лист свернут или его края подогнуты для снижения испарения воды
- лист преобразован в колючку для снижения испарения
- лист утолщен и накапливает воду в крупных вакуолях водозапасающей паренхимы (у листовых суккулентов)
- лист покрыт волосками - это может снижать испарение

Если растение произрастает на ярком свету:

- лист покрыт блестящим слоем воска для отражения солнечных лучей
- лист покрыт опушением, чтобы избыточный свет не достигал поверхности листа

Если растение обитает в сезонном климате (с холодной зимой или периодом засухи):

- лист может иметь характерную для осенних листьев наших деревьев окраску, в черешке можно обнаружить пробковый отделительный слой

Во влажном климате:

- на листе обнаруживаются специальные структуры для выделения излишков воды, похожие на устьица - гидатоды
- лист сильно рассечен, что позволяет ему не обламываться в климате с большим количеством осадков

В условиях водоема:

- воздушные полости и ходы для обеспечения плавучести и газообмена в подводных частях листа

Об обитании в условиях недостатка минерального питания (обычно на верховых болотах) свидетельствуют признаки насекомоядности: волоски с клейкими капельками, или лист может захлопывать севшее насекомое, или содержит ёмкость-ловушку.

**Критерий оценки.** По 2 б. за каждую версию, в том числе за не указанные в ответе.

**Задание №9 (18 баллов).** Вы хотите выяснить, насколько умственные способности человека обусловлены генетически. Какие исследования Вы будете проводить, чтобы это выяснить? Постарайтесь придумать как можно больше экспериментов. Какие трудности могут у Вас возникнуть? Опишите их.

**Ответ.** Список возможных экспериментов достаточно велик. Приведем некоторые из них:

- сравнить вариабельность способностей решать ту или иную задачу внутри одной семьи (учитываются родственники) и между семьями.
- сравнить способности у однойцевых близнецов (условно одинаковое влияние среды). Контроль - однойцевые близнецы, усыновленные разными семьями.
- сравнить частоту встречаемости людей с выдающимися способностями внутри одного семейного древа и между разными
- провести исследования не на человеке, а на человекообразных обезьянах или других подходящих животных (крысах и т.д.)

При исследованиях на человеке всегда возникает определенный набор трудностей. Прежде всего, на человеке невозможно ставить опыты по скрещиванию. В данном случае прибавляются трудности этического характера: например, семьи могут отказаться отвечать на поставленные вопросы (не все захотят, чтобы изучали умственные способности семьи, хотя бы потому, что для этого их придется сначала оценить).

Еще одной сложностью является отсутствие общепринятого определения умственных способностей: хотя в таких случаях часто используют стандартные тесты IQ, вопрос о том, насколько их результаты можно считать показателем интеллекта и - шире - ума, остается открытым.

Трудно учесть все возможные влияния среды даже на близнецах внутри одной семьи. Оно может как отличаться даже для близнецов, так и, напротив, накладывать отпечаток единообразия на детей.

Еще один трудно учитываемый фактор - культурные различия в воспитании полов, хотя в настоящее время в развитых странах его значение нивелируется.

Также могут вносить искажения различия в образовательной системе между странами (от культурных влияний до уровня жизни). Поэтому необходима большая однородная выборка, либо выборка, учитывающая индивидуальные и региональные особенности

**Критерий оценки.** По 3 б. за каждый вариант исследования и по 3 б. за описание каждой трудности.