



Eesti loodusteaduste olümpiaad

piirkonnavoor

Комплект заданий

Введение

Важная информация

В региональном туре олимпиады Эстонии по естествознанию 2022/2023 нужно решить три больших задания. У каждого из них есть несколько подпунктов.

Перед тем, как ты приступишь к решению заданий, советуем кратко ознакомиться со всей работой, чтобы правильно распланировать время. Порядок решения заданий не важен. Пожалуйста, оформляй ответы как можно четко и корректно. В случае вопросов с множественным выбором следи, чтобы твои ответы были ясно отмечены!

- При решении задач нельзя использовать постороннюю помощь.
- Данный лист заданий будет выдан тебе в распечатанном виде на бумаге либо же его будут показывать на экране компьютера.
- Лист заданий предназначен исключительно для ознакомления с текстами заданий - решения следует записать в **тетрадь ответов**. Учти, что данный лист заданий не будет передан оценивающей комиссии.
- Ответы необходимо писать шариковой или чернильной ручкой.
- Лист с заданиями выдается соревнующимся в начале соревнования и этим моментом фиксируется начало соревнования.
- В заданиях с расчетами необходимо показать ход решения (запиши его в текстовый блок в тетради ответов), иначе твой ответ не будет засчитан!
- Все численные ответы должны быть предоставлены с подходящими единицами измерения!
- При оценке вопросов с множественным выбором мы будем учитывать соотношение верных и неверных ответов!

Для решения заданий у тебя есть 4 часа. Отсчет времени начинается с момента, когда комплект заданий показывают соревнующимся, и заканчивается моментом, когда соревнующиеся отдают свои комплекты решений.



1. Климат и тепловой баланс (51,5 б)

1.1. Атмосфера Земли и влияние парникового эффекта на климат (9,5 б)

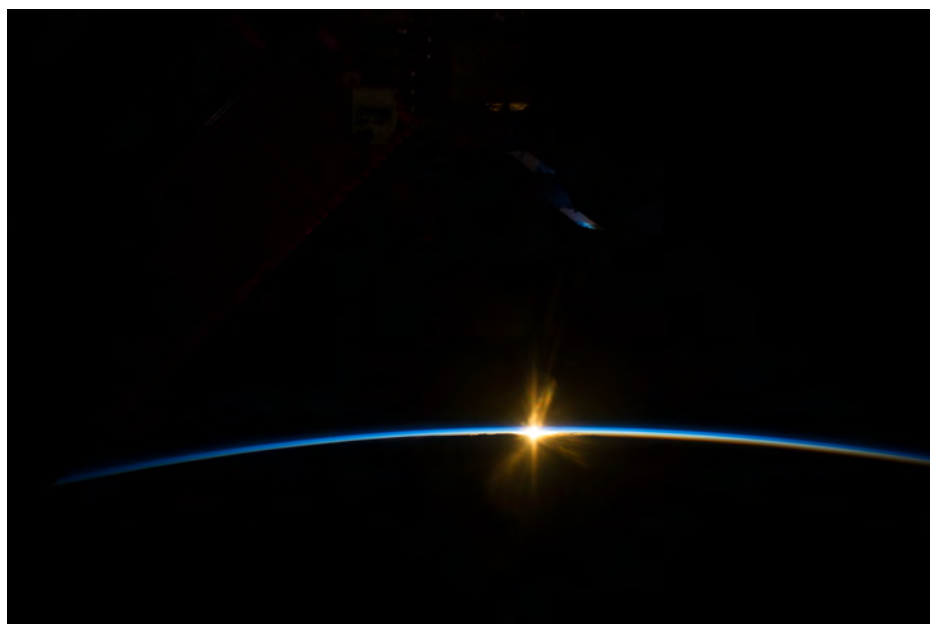


Рисунок 1: Вид из космической станции на восход Солнца через атмосферу Земли.

Земля преимущественно состоит из металлов и различных горных пород, однако над поверхностью планеты находится окружающая нас атмосфера, которая состоит из различных газов. Перед тем, как солнечный свет достигает поверхности Земли, он должен пройти сквозь атмосферу. Внутреннее тепловое излучение Земли, а также свет, отражающийся от поверхности Земли, тоже проходят через атмосферу, прежде чем отправиться в космос.

Атмосфера является важной частью окружающей нас среды. В этом задании мы рассмотрим состав и влияние атмосферы.

1.1.1. Соотнеси химическую формулу компонента Земной атмосферы с его наименованием и содержанием. (2 б)

A	O ₂		азот		0,9%
B	Ar		кислород		78,1%
C	N ₂		диоксид углерода		20,9%
D	CO ₂		аргон		0,04%



Кроме главных компонентов, в атмосфере содержится и небольшое, но важное с точки зрения климата количество парниковых газов. Парниковыми называют такие газы в атмосфере Земли, которые поглощают значительное количество излучаемого Землей тепла, препятствуя таким образом рассеиванию тепла в космос.

В таблице 1 приведены наиболее важные парниковые газы, их концентрация в атмосфере в единицах ppm (концентрация 1 ppm означает, что на миллион молекул в атмосфере есть 1 молекула такого парникового газа), а также приблизительный вклад каждого газа в парниковый эффект.

Таблица 1. Содержание парниковых газов в атмосфере Земли и их вклад в парниковый эффект.

Парниковый газ	Содержание в атмосфере Земли (ppm)	Вклад в парниковый эффект (%)
Углекислый газ, CO ₂	415	26
Метан, CH ₄	2	5
Оксид диазота, N ₂ O	0,33	2
Озон, O ₃	0,01–0,02	8
Водяной пар, H ₂ O	0–30000 (неоднородное распределение)	60

1.1.2. Назови два природных процесса, в ходе которых в атмосферу выделяется углекислый газ. (1 б)

Озон образуется в атмосфере Земли естественным путем, когда молекулы кислорода реагируют между собой в верхних слоях атмосферы под воздействием УФ-излучения.

1.1.3. Напиши и уравни уравнение химической реакции возникновения озона. (1 б)

1.1.4. Если бы в атмосфере содержалось равное количество углекислого газа и метана, то вклад какого газа в парниковый эффект был бы выше? (1 б)

1.1.5. Больше половины от парникового эффекта Земли обусловлено водяным паром, однако в контексте потепления климата никто не упоминает необходимость уменьшить выброс водяного пара в атмосферу. Поясни, каким образом вода отличается от всех других приведенных выше парниковых газов. (2 б)



На **рисунке 2** показан теоретический спектр теплового излучения Земли, если бы атмосфера отсутствовала (желтый график), а также реальный измеренный в космосе спектр излучения (голубой график). “Шероховатости”, присутствующие в реальном спектре, обусловлены наличием парниковых газов, которые поглощают тепловое излучение Земли при характерных длинах волны. Каждый парниковый газ поглощает лишь то излучение, которое имеет определенную длину волны (**таблица 2**). Для описания длины волны здесь используется волновое число, единицей которого является см^{-1} (т.е. обратный сантиметр).

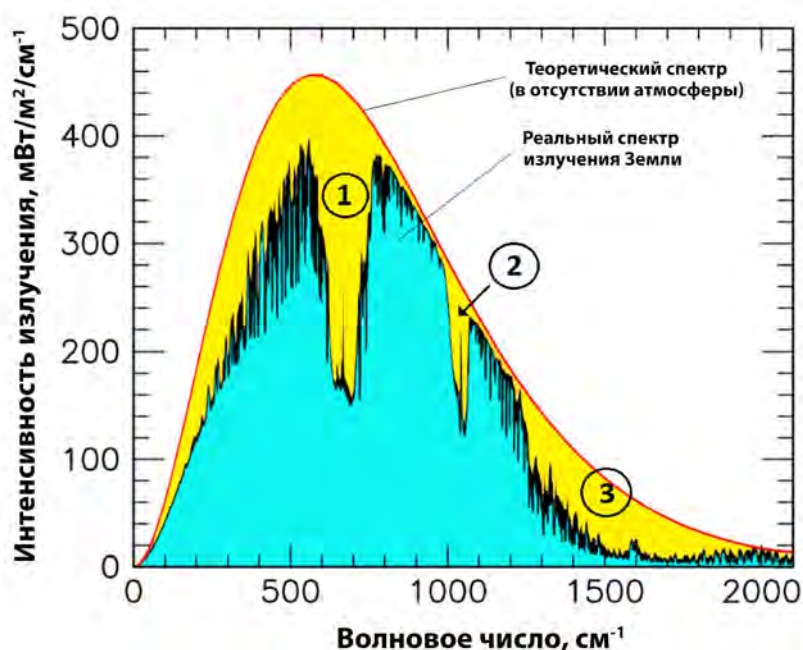


Рисунок 2. Тепловое излучение Земли с атмосферой и без неё. Источник: G.A. Schmidt, 2010: *Taking the Measure of the Greenhouse Effect*. NASA Science Briefs https://www.giss.nasa.gov/research/briefs/2010_schmidt_05/.

1.1.6. Используя приведенные в таблице 2 данные, реши, какой или какие парниковые газы поглощают в диапазонах, обозначенных на рисунке цифрами 1, 2 и 3. (2,5 б)

Таблица 2. Максимумы поглощения парниковых газов

Парниковый газ	CO ₂	O ₃	H ₂ O	CH ₄
Максимумы поглощения (волновое число, см^{-1})	670, 2330	701, 1040, 1103	1280–1900	1300, 1345



1.2. Температура Земли с атмосферой и без неё (10 б)

Всем известным живым организмам для существования требуется вода в жидком виде. Поэтому, как правило, пригодными для жизни считаются планеты, на поверхности которых вода может находиться в жидком агрегатном состоянии. Есть гипотетические исключения, при которых учитывается возможность существования жизни в глубине планеты либо под коркой льда, покрывающего планету, однако в данном задании мы ограничимся жизнью на поверхности планеты.

Если бы у Земли не было атмосферы, то среднюю температуру поверхности Земли можно было бы рассчитать по следующей формуле ($\sqrt[4]{\quad}$ обозначает корень четвертой степени, значение которого равно двум повторным квадратным корням: $\sqrt[4]{16} = 2$):

$$T = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{на Землю}}(1-\alpha)}{4\sigma S_{\text{сечение}}}},$$

где T - температура поверхности Земли в кельвинах, $P_{\text{на Землю}}$ - это вся энергия, поступающая на поверхность Земли в единицу времени, она же мощность поступающего на поверхность Земли излучения (измеряется в джоулях в секунду, Дж/с или же ваттах, Вт), σ - это постоянная Стефана-Больцмана со значением $\sigma = 5,670374419 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$, а α - это среднее альбедо со значением $\alpha = 0,3$. $S_{\text{сечение}}$ - это площадь поперечного сечения Земли.

Рассчитай, возможна ли была бы жизнь на поверхности Земли без атмосферы.

- 1.2.1. **Рассчитай площадь поперечного сечения Земли в квадратных метрах. Радиус Земли равен 6385 км. (1,5 б)**
- 1.2.2. **Рассчитай общее количество солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли в секунду. Предположи, что величина поступающей на поверхность Земли энергии равна величине энергии, поступающей на поперечное сечение Земли. На один квадратный метр поперечного сечения Земли в секунду поступает 1360 Дж солнечной энергии. (1,5 б)**
- 1.2.3. **Рассчитай среднюю температуру поверхности Земли в отсутствие атмосферы. Подсказка: посмотри, какие данные из формулы расчета температуры уже известны. (4 б)**
 - a. В кельвинах (2 б)
 - b. В градусах Цельсия (1 б)
 - c. Была бы жизнь на поверхности Земли возможна без атмосферы? Ответ обоснуй. (1 б)



Согревающий эффект земной атмосферы можно описать с помощью коэффициента эмиссии $\epsilon = 0,61$. Он показывает, какое количество от излучаемой тепловой энергии Земли проходит через атмосферу Земли. С учетом атмосферы, среднюю температуру поверхности Земли можно рассчитать по формуле:

$$T = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{на Землю}}(1-\alpha)}{4\sigma\epsilon S_{\text{сечение}}}}$$

1.2.4. Рассчитай среднюю температуру поверхности Земли с учетом атмосферы - сначала в кельвинах, а затем в градусах Цельсия. (2 б)

1.2.5. Как ты считаешь, является ли парниковый эффект атмосферы Земли скорее нужным или же скорее мешающим фактором? Поясни выбор. (2 р)

1.3. Механизмы обратной связи (5 б)

При расчете температуры поверхности Земли равно также учитывать так называемые механизмы обратной связи в системе. Обратной связью называют явление, которое обусловлено каким-либо изменением в системе, причем такое явление либо усиливает, либо ослабляет эффект изначального изменения. Процессы, которые усиливают изначальный эффект, называют **положительной обратной связью**, а процессы, которые ослабляют изначальный эффект, называют **отрицательной обратной связью**. В случае положительной обратной связи, процесс усиливает ход самого себя, а в случае отрицательной обратной связи, процесс постепенно ослабляет ход самого себя.

Простым примером положительной обратной связи является разжигание костра. Изначально слабый огонь постоянно нагревает горючее вещество, которое в свою очередь воспламеняется и нагревает еще большее количество топлива. Затухание костра при недостатке топлива служит же примером отрицательной обратной связи: огонь сжигает горючее вещество, при этом горючего вещества становится еще меньше - пока огонь не потухнет из-за отсутствия топлива.

Примером более сложной обратной связи является сообщество, в котором обитают косули и рыси. Предположим, что в сообществе резко увеличивается число косуль - теперь у рысей, питающихся косулями, становится больше еды, и численность рысей тоже повышается. Однако увеличение числа рысей означает, что они начинают употреблять в качестве пищи все больше косуль, поэтому численность косуль начинает падать. В данном случае, рыси представляют собой тип отрицательной обратной связи для косуль, поскольку на изначальное изменение в системе (повышение численности косуль) отвечает процесс обратной связи (повышение численности рысей из-за увеличившегося количества пищи), который в конечном счете ослабляет эффект изначального изменения (большое число рысей съедает большое число косуль, поэтому численность косуль уменьшается).



1.3.1. Ниже приведены примеры процессов, к которым может привести потепление климата Земли. Классифицируй каждый процесс как пример положительной (т. е., процесс помогает дальнейшему потеплению климата) либо отрицательной (т. е., процесс препятствует дальнейшему потеплению климата) обратной связи. (5 б)

Процесс, обусловленный потеплением климата	Положительная обратная связь	Отрицательная обратная связь
Теплый воздух вмещает больше водяного пара, поэтому в атмосфере повышается концентрация водяного пара		
Из-за роста концентрации водяного пара повышается облачность		
Уменьшается площадь полярных льдов и снежного покрова		
На высоких широтах тает вечная мерзлота, выделяющиеся из которой органические вещества дают при разложении метан, который попадает в атмосферу		
Повышение температур ускоряет геохимические реакции между горными породами Земли и атмосферным CO_2 , которые можно описать общим уравнением $\text{CaSiO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{SiO}_2$		

1.4. Альбедо и его влияние на климат (8,5 б)

Альбедо (обозначают как α) показывает, какая часть от падающего солнечного излучения после достижения поверхности Земли отражается обратно в космос. Различные типы поверхностей имеют альбедо в промежутке от 0 до 1: если поверхность имеет $\alpha = 1$, то 100% от падающего на эту поверхность излучения отражается обратно в космос; если же $\alpha = 0$, то все излучение поглощается. Альбедо планеты играет важную роль в регуляции климата: высокое альбедо приводит к уменьшению поглощения излучения и, следовательно, более прохладному климату.



Рисунок 3. Различия альбедо на поверхности Земли. Более светлые участки (лед, облака) отражают большое количество солнечного света, а более темные участки поглощают свет. Фотография сделана камерой первого эстонского спутника ESTCube-1 (Henri Kuuste и др).

В **таблице 4** указаны различные типы земных поверхностей, соответствующие им средние оценочные величины альбедо и приблизительные доли от общей площади планеты. На **рисунке 4** показан график, изображающий зависимость альбедо Земли от широты.

Таблица 4. Среднее альбедо и доли от площади поверхности Земли для различных типов поверхностей.

Тип поверхности	Среднее альбедо	Доля от площади Земли (%)
Свободное от льда море	0,05	60%
Покрытые льдом/снегом участки моря и суши	0,70	10%
Лес	0,15	10%
Пустыня	0,30	10%
Луга и поля	0,20	10%
Облака	0,50	-

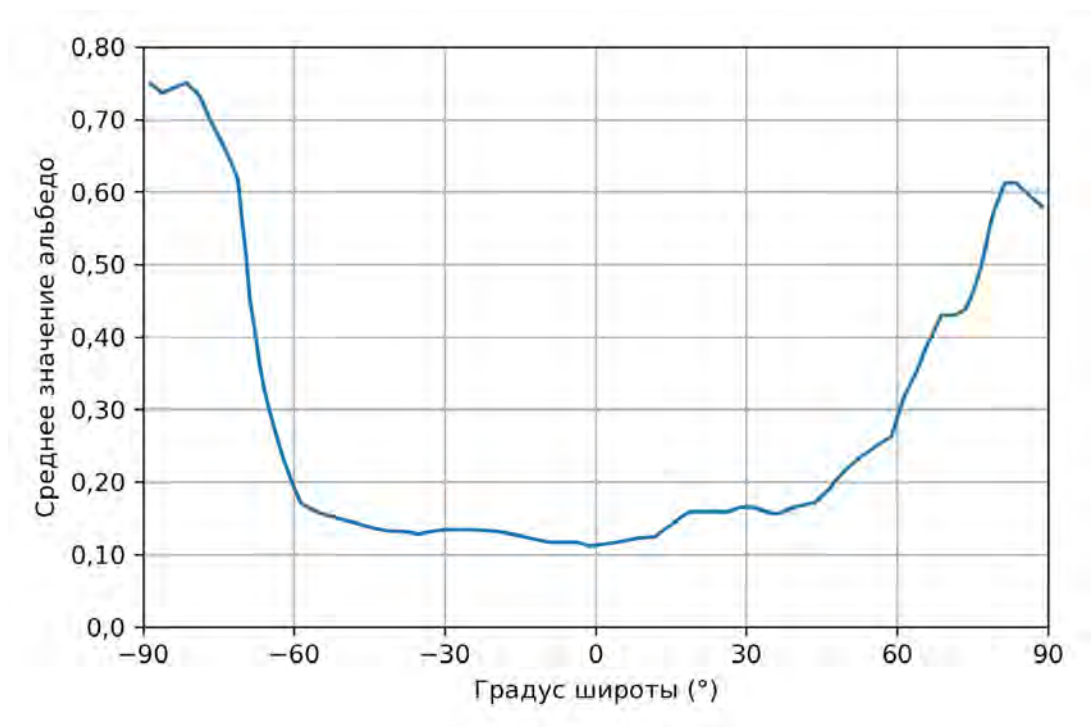


Рисунок 4. Зависимость величины альбедо Земли от градуса широты (угловое расстояние между экватором и местом нахождения). Северные широты обозначены положительными величинами.

- 1.4.1. **Поясни, почему альбедо полюсов отличается от альбедо экваториальных широт Земли. (1 б)**
- 1.4.2. **Используя данные из таблицы, рассчитай величину среднего альбедо планеты без облаков. (2 б)**
- 1.4.3. **Используя найденную в предыдущем подпункте величину среднего альбедо Земли, рассчитай новое значение альбедо, если 40% от поверхности Земли покрыто облаками. (1,5 б)**
- 1.4.4. **Каким образом наличие облачности влияет на климат планеты в целом? (1 б)**
- 1.4.5. **Рассчитай, во сколько раз увеличится или уменьшится альбедо Земли (без облаков), если все покрывающие сушу и море льды/снега растают. Предположи, что половина от изначально покрытых льдом поверхностей превратится в свободное от льда море, а половина - в пустыню. (2 б)**
- 1.4.6. **Будет ли таяние полярных льдов препятствовать либо помогать потеплению климата? Обоснуй свой ответ. (1 б)**



1.5. Эволюция и адаптации к жизни в полярных условиях (17,5 б)

Чтобы выжить, организмы должны адаптироваться к тем условиям, которые характерны из среде обитания. В каждом поколении наиболее успешно будут размножаться те индивиды, которые наиболее приспособлены к выживанию в окружающей их среде. Таким образом, в конечном случае в данной среде обитания будут преобладать наиболее приспособленные организмы. Это явление и называют обобщенно эволюцией.

В данном задании мы рассмотрим различные примеры проявления эволюции и их обусловленность средой обитания данных организмов.

Один из примеров наблюдаемой эволюции - схожесть живых организмов. При сравнении органов различных организмов, можно наблюдать следующие эволюционные связи:

- 1) Гомологичные органы — органы, сходные между собой по эволюционному происхождению и строению, но зачастую выполняющие разные функции;
- 2) Аналогичные органы — органы, сходные в известной мере по внешнему виду и выполняющие одинаковую функцию, но различные по строению и эволюционному происхождению.

1.5.1. К какой категории относятся приведенные ниже пары органов? (3,5 б)

Организм 1	Организм 2	Гомологичные (Г) или аналогичные (А)
 <p>ласт тюленя</p>	 <p>крыло воробья</p>	



лист мухоловки



лист кактуса



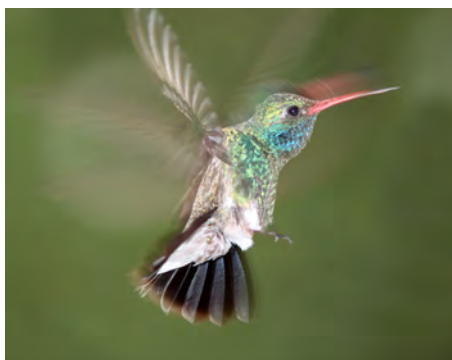
передняя лапа собаки



рука человека



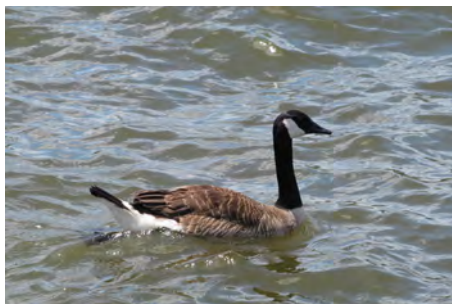
хоботок пчелы



клюв колибри



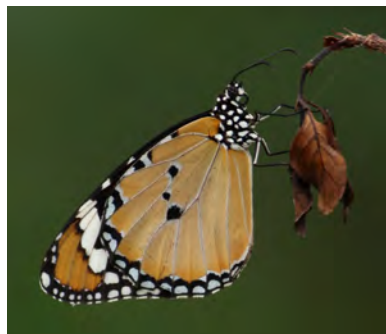
крыло мухи



крыло гуся



крыло летучей мыши



крыло бабочки



батат (сладкий картофель)



картофель



Доказательствами эволюции являются и т. н. рудиментарные (нефункциональные) органы и части организма, которые на каком-то этапе эволюции организма были важны, однако затем утратили свое значение.

1.5.2. Обозначь, какие из перечисленных ниже частей тела нефункциональны с точки зрения человеческого организма. Обведи правильный ответ или ответы кружком. (2 б)

- a. зубы мудрости
- b. голосовые связки
- c. легкие
- d. шерстный покров
- e. аппендикс
- f. позвоночник

В ходе эволюции организмы приспособились к жизни в различных регионах Земли. Наиболее явственно такие адаптации проявляются у живущих в полярных условиях растений и животных, которым приходится приспособляться к довольно суровым для выживания условиям.

1.5.3. Какая группа растений наиболее распространена в полярном климате? Обведи правильный ответ кружком. (1 б)

- a. Цветковые растения
- b. Мохообразные
- c. Папоротниковидные
- d. Голосеменные растения

Для адаптации к полярным условиям у растений развились некоторые особенные характеристики.

1.5.4. Соедини пример адаптации с подходящим условием окружающей среды, которое явилось причиной такой адаптации. (2 б)

- | | |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Маленькие листья | a. Средняя глубина снежного покрова |
| 2. Быстрое цветение | b. Вечная мерзлота |
| 3. Широкая, поверхностная корневая система | c. Короткий теплый период |
| 4. Низкий рост | d. Малая доступность влаги |

1.5.5. Почему в холодной среде обитания растениям может быть полезно быть покрытым снегом? (1 б)

Растения и животные, обитающие в полярных условиях, должны быть приспособлены к длительному периоду, когда пищу невозможно найти либо питательные вещества невозможно производить (в случае растений). Поэтому



за летние месяцы все полярные животные и растения должны накопить как можно больше энергии и сохранить её в резерве.

Для гетеротрофных организмов, которые не могут самостоятельно производить все необходимые химические вещества, главными питательными веществами являются углеводы, жиры и белки. Ниже мы сравним пищевую ценность различных соединений, а также поговорим о расходе энергии в живых организмах.

1.5.6. Какой тип веществ растения содержат больше всего? Обведи правильный ответ кружком. (1 б)

- a. углеводы
- b. жиры
- c. белки

Средняя энергетическая ценность жиров равна 37 кДж/г, а средняя энергетическая ценность углеводов и белков равна 17 кДж/г.

1.5.7. Сколько килограммов белков или углеводов надо употребить в пищу, чтобы получить столько же энергии, как при потреблении 1 килограмма жиров? (3 б)

Уровень базового обмена веществ организма показывает, сколько энергии организм потребляет в единицу времени для поддержания своих основных жизненных функций (т. е. процессов, минимально необходимых для краткосрочного поддержания жизни при оптимальной температуре в отсутствие пищи). Как правило, уровень обмена веществ в организме животного значительно выше базового.

1.5.8. Какие из перечисленных ниже функций являются причиной того, что реальное потребление энергии выше базового уровня? Обведи правильный ответ или ответы кружком. (1 б)

- a. Работа сердца
- b. Движение
- c. Поддержание температуры тела в холодной среде в случае теплокровных животных
- d. Дыхание
- e. Переваривание пищи

Предположим, что уровень базового обмена веществ среднего белого медведя равен 1000 кДж/ч, а уровень активного обмена веществ (например, когда медведь охотится) равен 4000 кДж/ч. Предположим, что белый медведь получает из одного тюленя 13,5 кг жиров и 2,5 кг белков. После каждой охоты медведь должен пару дней отдыхать (при этом во время отдыха реальный уровень обмена веществ равен базовому).

1.5.9. Максимально сколько времени может медведь потратить на охоту за одним тюленем, чтобы выжить? (3 б)



2. Загрязнение (19,5 б)

В ходе геологических процессов и жизнедеятельности организмов (в том числе, человека) в атмосферу попадают различные соединения. Некоторые из них могут повреждать жизненную среду на поверхности Земли. В этом задании мы рассмотрим загрязняющие вещества и их влияние.

Если в атмосферу попадают кислотные оксиды, то при реакции с каплями воды они образуют кислоты, которые в избыточных количествах приводят к кислотным осадкам. Например, причиной кислотных осадков может быть триоксид серы (SO_3), который при реакции с водой в атмосфере образует серную кислоту (H_2SO_4).

2.1. Напиши уравновешенное уравнение реакции возникновения кислотного дождя. (3 б)

_ + _ -> _

Кислотные дожди вредны для растений и живущих в воде организмов. К тому же, кислотные дожди приводят к разложению пород, реагирующих с кислотами. Одной из таких пород является известняк, который образует значительную часть от Северо-Эстонского клифа. Известняк преимущественно состоит из карбоната кальция (CaCO_3).

2.2. Напиши уравновешенное уравнение реакции карбоната кальция с серной кислотой. продуктами реакции являются углекислый газ, вода и сульфат кальция (CaSO_4). (3 б)

_ + _ -> _ + _ + _

Как правило, химические реакции проводят с гораздо большим количеством вещества, чем пара атомов или молекул. Например, в 18 граммах воды содержится примерно $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул H_2O . Чтобы проводить расчеты было удобнее, для счета частиц вещества стали использовать понятие количества вещества (обозначение: n , единица измерения: моль). 1 моль - это такое количество вещества, которое содержит $6,02 \cdot 10^{23}$ частицы (молекул, атомов, ионов и т.п.). Т.е., 18 г воды - это примерно 1 моль воды.

Чтобы рассчитать количество вещества в молях, надо учесть, что каждый элемент имеет характерную атомную массу, а каждая молекула - молярную массу (обозначение: M ; единица: г/моль). Чтобы найти молярную массу целой молекулы, надо суммировать атомные массы всех входящих в её состав атомов. Например, триоксид серы (SO_3) состоит из одного атома серы ($M = 32$ г/моль) и трех атомов кислорода ($M = 16$ г/моль), поэтому его молярная масса равна $1 \cdot 32$ г/моль + $3 \cdot 16$ г/моль = 80 г/моль.

В таблице 5 приведены атомные массы некоторых химических элементов.

Таблица 5. Атомные массы некоторых химических элементов.



Элемент	Атомная масса М (г/моль)
Водород (H)	1
Сера (S)	32
Кислород (O)	16
Кальций (Ca)	40
Углерод (C)	12

2.3. Каковы молярные массы серной кислоты, карбоната кальция и сульфата кальция? (4,5 б)

Если на берегу рядом с клифом идет кислотный дождь, то при реакции с известняком он может за много лет серьезно повредить клиф. При умеренно сильном дожде на один квадратный метр берега попадает 6 литров осадков в час. Просочившись через почву, все эти осадки соприкасаются с известняком. Предположим, что один литр кислотных осадков, образовавшихся из триоксида серы, содержит $5 \cdot 10^{-5}$ молей серной кислоты.

2.4. Сколько молей серной кислоты падает за час на квадратный метр берега при таком дожде? (1,5 б)

2.5. Сколько молей карбоната кальция, содержащегося в известняке, прореагирует с количеством серной кислоты, рассчитанном в подпункте 2.4? (1,5 б)

Молярная масса вещества (M), количество вещества в молях (n) и масса (m) связаны между собой формулой $n = m/M$.

2.6. Сколько граммов карбоната кальция прореагирует с количеством серной кислоты, рассчитанном в подпункте 2.5? (1,5 б)

2.7. Сколько молей CaSO_4 получится? (1,5 б)

2.8. Сколько граммов CaSO_4 получится? (1,5 б)

Предположим, что весь образовавшийся при разложении известняка CaSO_4 попадает в морскую воду. Растворимость CaSO_4 в воде при температуре в море равна 2 г/л.

2.9. Сколько миллилитров воды нужно для полного растворения образовавшегося CaSO_4 ? (1,5 б)



3. Возобновляемая энергетика (23,5 б)

Энергетика, основанная на ископаемых топливах, является источником многих загрязняющих веществ, в т. ч. и парниковых газов. Это одна из причин, почему развитие возобновляемой энергетики очень актуально. Наибольший недостаток солнечной и ветроэнергетики - сезонная и суточная переменчивость. Например, солнечную энергию можно в Эстонии использовать с марта по октябрь, но и в этот период необходимо решить проблему потребления энергии в темное время суток.

3.1. Планирование парка солнечных панелей (12 б)

Хутор хочет построить парк солнечных панелей для самообеспечения дешевой и независимой энергией в летнее время. Помогите хозяину хутора спланировать такой парк!

Солнечные панели производят энергию только в дневное время, когда солнце находится достаточно высоко и облаков мало. Чтобы обеспечить энергетические нужды и в ночное время, необходимо сохранить часть от произведенной днем энергии, чтобы в темное время суток её можно было использовать.

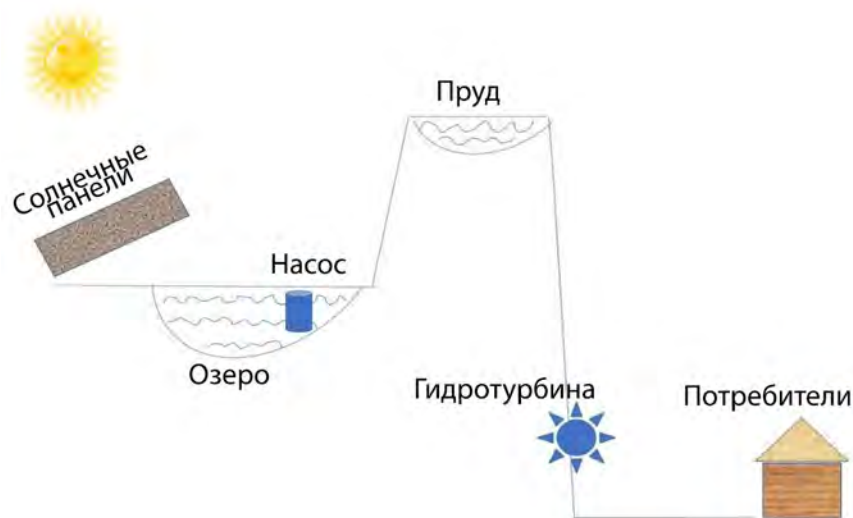


Рисунок 5. Сохранение полученной с помощью солнечных панелей электроэнергии путем перекачки воды на высоту.

Изначально хозяин хутора предположил, что сохранять энергию лучше путем перекачки воды на высоту, поскольку хутор находится в местности с подходящим ландшафтом. Часть производимой днем энергии можно сохранить, перекачивая воду из озера в небольшой искусственный пруд, находящийся на холме. В ночное время воду можно будет выпустить с высокого обрыва на другом конце пруда и направить массу воды на гидротурбину, которая производит из энергии падающей воды снова электроэнергию. Для оценки реализуемости плана необходимо прояснить несколько вопросов.



- 3.1.1. На рисунке 5 показана схема сохранения энергии путем перекачки воды на высоту. Покажи, между какими частями схемы или в каких устройствах происходят перечисленные ниже видоизменения энергии. Напиши числа в правильных местах на картинке! (2 б)

1 - кинетическая энергия в электроэнергию	2 - потенциальная энергия в кинетическую энергию	3 - солнечная энергия в электроэнергию	4 - электроэнергия в потенциальную энергию
-------------------------------------------	--------------------------------------------------	----------------------------------------	--------------------------------------------

Изучив прошлые электрические счета хутора, хозяин пришел к выводу, что среднее общее потребление энергии за 12 часов темного времени суток летом равно примерно 48 кВт·ч.

- 3.1.2. Какова должна быть средняя мощность, производимая в темное время из энергии перекачанной на высоту воды, чтобы обеспечить потребление как прежде? (0,5 б)
- 3.1.3. Сколько литров воды в секунду должно поступать на турбину, чтобы турбина работала с такой мощностью? Турбина находится 70 м ниже уровня перекачанной на высоту воды, а коэффициент полезного действия турбины равен 80%. Плотность воды можно считать равной 1000 кг/м^3 и $g = 9,8 \text{ м/с}^2$. (3 б)
- 3.1.4. Какой объем воды необходим для того, чтобы турбина работала с постоянной мощностью в течение 12 часов, т. е. в течение всего времени суток, когда парк солнечных панелей не производит энергию? (1 б)
- 3.1.5. Рассчитанную в предыдущем подпункте массу воды действительно необходимо перекачать на высоту, чтобы сохранить энергию, которая после запуска турбины сможет обеспечить энергетическую потребность хутора в темное время суток. На сколько кВт·ч повышается энергия воды при перекачке из озера в пруд, если разница уровней воды в них равна 40 м? Сколько кВт·ч энергии потребуется для перекачки воды, если коэффициент полезного действия насоса равен 80%? (2 б)
- 3.1.6. Сравни энергию, которую необходимо потратить для перекачивания воды, и получаемую с помощью гидротурбины энергию. Поясни, почему они не равны, используя рисунок 5! (1 б)
- 3.1.7. Какова должна быть суточная продукция электроэнергии в запланированном парке солнечных панелей, если учесть, что часть энергии будет потрачена сразу же днем, а остальную энергию надо сохранить для получения энергии в темное время суток? Общее потребление энергии в темное время суток составляет $2/5$ от общего суточного потребления. (1 б)
- 3.1.8. В парке солнечных панелей, который обеспечивает необходимую продукцию, площадь солнечных панелей должна быть по меньшей мере 900 м^2 (учитывая среднее количество солнечных дней, а также коэффициент полезного действия наиболее распространенных сейчас панелей). С помощью графика и формулы, приведенных на рисунке 6, рассчитай, какова максимальная годовая продукция данного парка солнечных панелей в мегаватт-часах! (1,5 б)

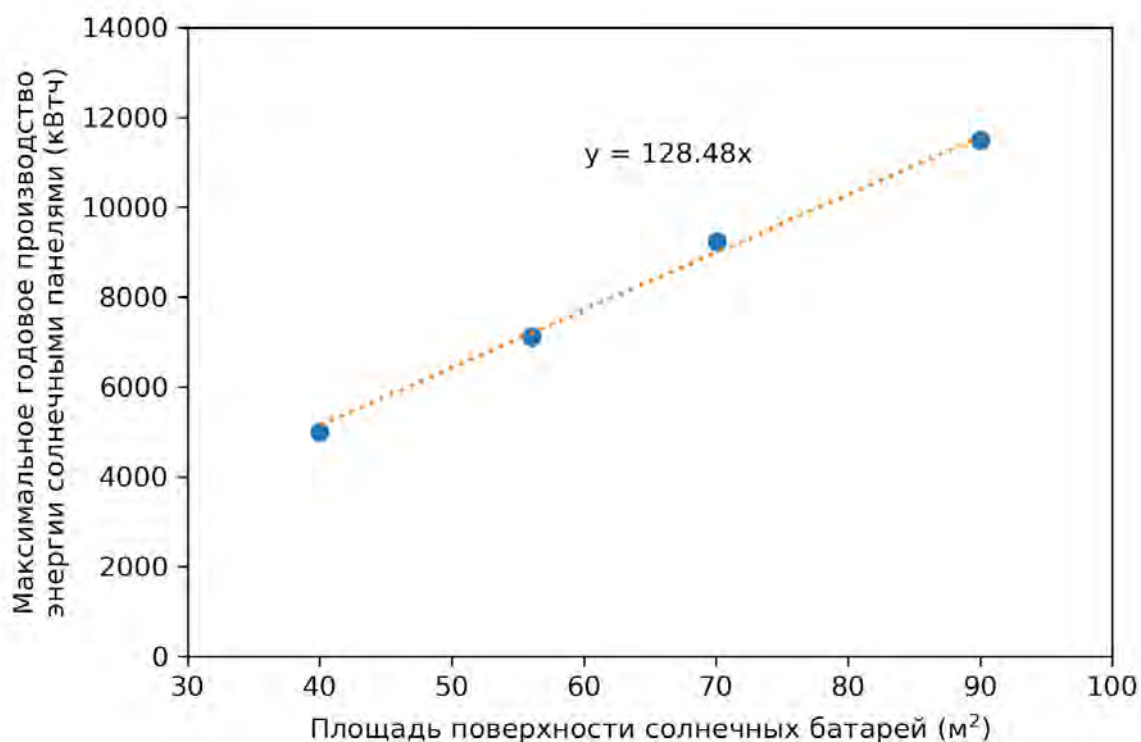


Рисунок 6. Зависимость максимальной годовой продукции энергии солнечными панелями от площади панелей. Относительно площади, продукция увеличивается линейно в соответствии с формулой $y = 128,48x$.

3.2. Сохранение энергии путем нагревания воды (4,5 б)

Часть произведенной за день энергии можно сохранить и в виде тепла, как часть внутренней энергии воды. Хорошо изолированный бак держит тепло воды как в вечернее, так и в ночное время. Полного бака 70-градусной воды хватает в летнее время для всех хлопот на хуторе.

- 3.2.1. На хуторе есть цилиндрический бак с диаметром дна 0,5 м и высотой 1,6 м. Сколько кВт·ч энергии требуется для подогрева полного бака воды с начальной температуры 15 °С до температуры 70 °С? *Необходимое для подогрева воды количество тепла Q можно рассчитать по формуле $Q = c m \Delta T$, где m - масса воды, ΔT - изменение температуры и c - удельная теплоемкость воды, $c = 4,19$ кДж/(кг·°С).* (3,5 б)
- 3.2.2. Сколько процентов от потребления энергии в светлое дневное время будет потрачено на подогрев воды в баке? (1 б)



3.3. Энергия биомассы, потерянной при постройке парка солнечных панелей (7 б)

Хозяин хутора хочет построить парк солнечных панелей на месте сенокоса, где ежегодный урожай сена до сих пор составлял 7,8 тонн с гектара. Под панели попадает очень мало солнечного света, поэтому фотосинтез не может проходить эффективно. Следовательно, хутор останется без энергии биомассы, сохраненной в виде сена, ежегодно собираемого с участка площадью 900 м². Если сено использовать в качестве топлива, то его топливная ценность равна 4,1 МВт·ч/т.

- 3.3.1. Какова величина энергии биомассы (в МВт·ч), которую хутор не будет получать с участка после постройки парка солнечных панелей? (1,5 б)
- 3.3.2. Сравни величину энергии биомассы, которую хутор перестанет ежегодно получать, с величиной произведенной парком солнечных панелей электроэнергии! Какая величина больше и во сколько раз? (1 б)
- 3.3.3. Почему нельзя использовать большое количество посевных площадей (полей и т. п.) для производства электричества из солнечной энергии? (1 б)
- 3.3.4. Нарисуй схему, которая показывает движение веществ и энергии при фотосинтезе. Помести приведенные ниже компоненты процесса в правильную часть схемы и используй знаки “+” и “=”, чтобы показать, какие вещества являются исходными, а какие получаются в ходе фотосинтеза. Затем обведи кружком те части процесса, которые связаны с добавлением энергии либо ее сохранением. (3,5 б)

Содержащийся в воздухе углекислый газ	Кислород	Вода	Кванты солнечного света	Органические вещества (сахара в зеленом растении)
---------------------------------------	----------	------	-------------------------	---------------------------------------------------