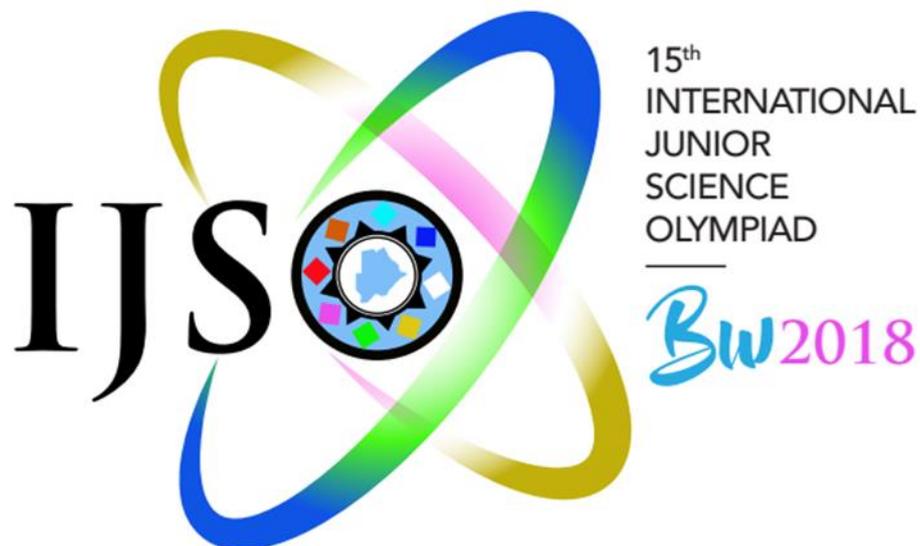


15^{ая} МЕЖДУНАРОДНАЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ ОЛИМПИАДА ЮНИОРОВ

IJSO-2018



Discovery, Innovation and Environment

Теоретический тур

6 декабря 2018

Задания

БИОЛОГИЯ

Q1. Дельта реки Окаванго – это крупнейшая в мире внутренняя дельта, получившая в 2014 году статус Объекта мирового наследия. В дельте обитает множество видов растений и животных, что делает эту область привлекательной для туристов. Болота Окаванго имеют глубину до 7 метров. На дно этих болот оседают останки растений и животных и разлагаются там с образованием биогаза. Биогаз затем поднимается к поверхности, образуя пузыри, которые туристы могут видеть во время путешествий на лодках.



Источник: <http://www.wafb.com>

а) **[0,3 балла]** Выберите два (2) газа из приведенного списка, которые являются основными компонентами газовой смеси в пузырьках. Запишите соответствующие буквы в таблицу на листе ответов.

- A. C₃H₈
- B. CH₄
- C. CO
- D. CO₂
- E. H₂
- F. O₂



Задания

b) **[0,3 балла]** Для чего человек может использовать биогаз? Выберите три (3) варианта использования, записав соответствующие им буквы в таблицу на листе ответов.

- A. обогрев зданий
- B. брожение
- C. приготовление пищи
- D. автомобильное топливо
- E. удобрение полей
- F. очистка отходов

c) **[0,4 балла]** Останки растений и животных разлагаются бактериями на дне болот. Определите, какие из следующих утверждений относительно этого процесса верны, а какие неверны, и поставьте крестики в соответствующие клетки таблицы на листе ответов.

- A. Разложение останков растений и животных на дне болота – это аэробный процесс.
- B. Газы, выделяющиеся при разложении, являются побочными продуктами метаболизма бактерий.
- C. Биохимические процессы разложения останков растений и животных не требуют участия воды.
- D. Бактерии, разлагающие останки растений и животных на дне болота получают больше энергии от процесса разложения, чем бактерии, разлагающие те же вещества на поверхности.

d) **[0,25 балла]** Бактерии, отвечающие за производство биогаза максимально активны при определенных значениях температуры, что отражается и на интенсивности выделения биогаза. Один из гидов обратил внимание, что выделение газа происходит интенсивнее всего в летние месяцы.

Ниже представлены несколько возможных объяснений этого явления. Определите, какие из них корректны, а какие ошибочны, и поставьте крестики в соответствующие клетки таблицы на листе ответов.

- A. При высоких температурах бактерии быстрее размножаются.
- B. Ферменты бактерий при летних температурах работают на своей оптимальной скорости.
- C. При летних температурах образуется больше фермент-субстратных комплексов, поэтому биогаза выделяется больше.



Задания

D. При летних температурах кинетическая энергия молекул фермента и субстрата понижается.

E. При летних температурах ферменты бактерий начали денатурировать.

e) **[0,25 балла]** Перекись водорода – это сильный окислитель, который может убить бактерии, если у них нет фермента, разрушающего перекись. Когда каплю речной воды, содержащей бактерии, которые могут разрушать останки растений и животных в отсутствие кислорода, поместили в каплю перекиси, образования пузырьков не происходило.

Какое объяснение этого явления наиболее правдоподобно? Запишите соответствующую букву в таблицу на листе ответов.

- A. У бактерий есть активный ген, кодирующий каталазу
- B. У бактерий нет активного гена, кодирующего каталазу
- C. Образование пузырьков не зависит от наличия каталазы

Q2. Генетическая структура популяции определяется частотами генотипов и аллелей в этой популяции.

В некоей популяции 350 представителей имеют генотип AA, 100 имеют генотип Aa и 150 имеют генотип aa.

a) Каковы частоты генотипов в этой популяции?

a-1) **[0,25 балла]** AA

a-2) **[0,25 балла]** Aa

a-3) **[0,25 балла]** aa

b) Каковы частоты аллелей в этой популяции?

b-1) **[0,5 балла]** A

b-2) **[0,5 балла]** a

c) Генетическое равновесие в популяции наблюдается в том случае, если частоты аллелей и генотипов остаются неизменными в течение длительного времени. Уравнение



Задания

Харди-Вайнберга ($p^2+2pq+q^2 = 1$; где, p – частота первого аллеля and q – частота второго аллеля) показывает соотношение генотипов в популяции, находящейся в состоянии генетического равновесия. При этом частоты гомозиготных генотипов будут соответствовать p^2 и q^2 , а частота гетерозиготного генотипа - $2pq$.

Какими будут частоты генотипов в описанной выше популяции в состоянии генетического равновесия?

с-1) [0,5 балла] AA

с-2) [0,5 балла] Aa

с-3) [0,5 балла] aa

Q3. [3,75 балла] В таблице приведены значения численности популяции африканских слонов (*Loxodonta africana*) в Национальном парке Чобе, в Ботсване, занимающем территорию в 11700 км², полученные в разные годы.

Год	1990	1995	2000	2005	2008	2010
Численность популяции	24500	26650	28650	29000	29500	31000

а-1) [1,0 балл] Используя эти данные, на предоставленной вам миллиметровой бумаге отложите точки, соответствующие численности популяции слонов в разные годы.

а-2) [0,5 балла] Проведите для этих точек линию тренда и запишите уравнение этой прямой.

а-3) [0,25 балла] Какова средняя скорость увеличения численности популяции слонов между 1990 и 2010 годами?

а-4) [0,5 балла] Какова, предположительно, должна быть численность популяции слонов в 2019 году?

б) [0,5 балла] Посчитайте разницу в плотности популяции слонов в Национальном парке Чобе в 1995 и 2010?



Задания

c) **[0,5 балла]** В районах, где обитают слоны, часто можно встретить большие мертвые деревья. Причина этого в том, что в сухие месяцы слоны питаются корой со стволов деревьев, а это иногда приводит к гибели всего дерева. Каждый слон съедает в среднем 200 кг/день, из которых 35% составляет ободранная с деревьев кора.

Посчитайте общее количество коры, которая была ободрана слонами в 1995 году?

d) **[0,5 балла]** Из 200 кг потребленной пищи примерно 136 кг возвращается в окружающую среду в виде отходов. С одной стороны, это хорошо с точки зрения круговорота веществ, с другой стороны, это увеличивает риск пожаров, в результате образования компактных скоплений мертвого вещества.

Посчитайте процент вещества, усваиваемого слоном в течение суток.

Q4. [1,5 балла] Клетки животных окружены клеточной мембраной. Молекулы в клеточной мембране располагаются и ориентированы строго определенным образом, в зависимости от их свойств и функций. Ниже представлен список структур, имеющих отношение к наружной клеточной мембране. Укажите, какие из них располагаются внутри мембраны (внутри бислоя), а какие – в ее поверхностных слоях, заполнив таблицу на листе ответов. Указанные структуры могут находиться, как только в глубинном или только в поверхностном, так и во всех слоях мембраны. Некоторые из них могут вообще не встречаться в составе мембраны. Заполните таблицу, поставив «+», если структура встречается в указанном слое, и «0», если не встречается.

	Внутренний слой	Внешние слои
Гидрофобные группы		
Гидрофильные группы		
Хвосты жирных кислот		
Рибосомы		
Ионные каналы		
Олигосахариды		

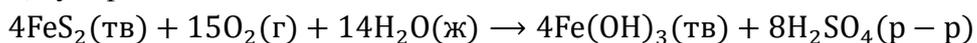


Задания

ХИМИЯ

Кислотные шахтные воды и загрязнение воздуха при добыче никеля

Q5 [8 баллов] Образование кислотных шахтных вод (КШВ) признано одной из важнейших экологических проблем, возникающих в результате горной добычи. Минералы, отвечающие за образование КШВ, представляют собой сульфиды железа (пириты) – стабильные и нерастворимые вещества, пока они не находятся в контакте с водой и атмосферным кислородом. Когда богатые пиритом отвалы породы взаимодействуют с кислородом и водой в присутствии бактерии *Thiobacillus ferrooxidans*, то в результате окисления пиритов образуются КШВ, содержащие высокие концентрации кислоты, сульфатов и металла:



Медно-никелевое месторождение в Ботсване, принадлежащее BCL Limited, добывает 450 тонн/день руды и испытывает трудности с КШВ. В ходе процесса концентрирования на производстве образуются твердые отходы, содержащие 5,00% (по массе) пирита. В связи с этим, у BCL возникали следующие проблемы:

- Вода после нейтрализации сбрасывалась в канализацию со скоростью 300 м³/ч. При этом сточные воды не соответствовали разрешенному уровню сульфатов 500 мг/л.
- Стоимость нейтрализации была крайне высокой, поскольку известняк является импортируемым сырьем.
- Утечки кислот привели к разрушению почвы вокруг шахты.

Для борьбы с этими проблемами, BCL построили новую установку химической нейтрализации КШВ с пропускной способностью 50 м³/час, в которой осуществляются следующие стадии:

- Нейтрализация кислоты известняком:
$$\text{CaCO}_3(\text{тв}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{р} - \text{р}) \rightarrow \text{CaSO}_4(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$$
- Осаждение железа (III) в соответствии с уравнением реакции:
$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{р} - \text{р}) + 3\text{CaCO}_3(\text{тв}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$$
$$\rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{тв}) + 3\text{CaSO}_4(\text{тв}) + 3\text{CO}_2(\text{г})$$

При вводе установки в эксплуатацию (при скорости потока 50,0 м³/час) в качестве источника воды использовалась вода из озера с низкой концентрацией железа (II) 100 мг/л. При этом наблюдалось:

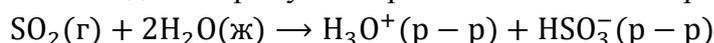
- Кислотность (в пересчете на реакцию с CaCO₃) уменьшилась с 1100 мг/л до 50,0 мг/л



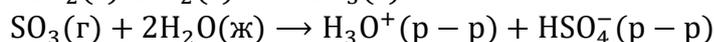
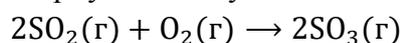
Задания

- Значение pH увеличилось с 1,9 до 6,0

Сообщалось, что плавильные печи BCL выбрасывают напрямую и косвенно в атмосферу 534 000 тонн диоксида серы и 330 000 тонн диоксида углерода ежегодно. Диоксид серы может соединиться с водой напрямую с образованием слабой сернистой кислоты:



Помимо этого, в присутствии взвешенных твердых частиц и аэрозолей диоксид серы может реагировать с атмосферным кислородом с образованием триоксида серы, который в воде образует серную кислоту:



Серная кислота является сильной и особенно разрушительной для почв, поскольку вызывает вымывание ионов кальция. Большинство почв содержит частицы глины, поверхность которых окружена слоями ионов, в том числе Ca^{2+} . Однако, ионы кальция под действием серной кислоты могут быть замещены на ионы водорода..

[Вопросы]

- 5a. [0,5 балла]** Напишите уравнения реакций нейтрализации и осаждения, если вместо известняка будет использован гидроксид кальция.
- 5b. [1,75 балла]** Если на BCL образуется 1,00 тонна твердых отходов в ходе переработки руды, то какая масса $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в килограммах образуется в результате окисления пирита?
- 5с. [0,5 балла]** Рассчитайте массу (в граммах) железа (II), растворенного в озерной воде, которая подавалась на установку химической нейтрализации в течение 2 часов с указанной скоростью.
- 5d. [1,0 балл]** В ходе химической нейтрализации КШВ наблюдалось увеличение значения pH с 1,9 до 6,0. Сколько моль ионов H^+ при этом было нейтрализовано в одном литре раствора?
- 5e.** Было показано, что скорость биологического окисления железа (II) описывается уравнением

$$\text{скорость} = -\frac{d[\text{Fe}^{2+}]}{dt} = kA[\text{Fe}^{2+}][\text{O}_2]^{0,5}$$

где k – константа скорости реакции, A – площадь поверхности реактора, $[\text{Fe}^{2+}]$ – концентрация железа (II) и $[\text{O}_2]$ – концентрация кислорода, соответственно.

5e-1. [0,15 балла] Каков порядок реакции по железу (II)? Ответ выразите числом.

5e-2. [0,25 балла] На BCL было установлено, что максимальная скорость окисления железа (II) составляет $16,1 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$. Какова будет скорость реакции, если

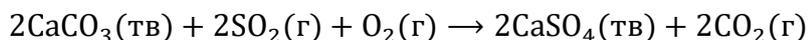


Задания

площадь поверхности реактора будет увеличена вдвое при неизменном объеме?

5e-3. [0,5 балла] Какой станет максимальная скорость реакции при увеличении давления кислорода в два раза?

5f. [2,0 балла] Для очистки выбросов сжигающих уголь предприятий от SO_2 , выбросы пропускают через влажную взвесь карбоната кальция, где происходит следующая реакция:



BCL использует для этих целей порошок карбоната кальция, побочного продукта бумажной промышленности. Он содержит 35,0% примесей (по массе). Какая масса карбоната кальция (в тоннах) требуется для связывания 1,00 тонны диоксида серы, если эффективность этого процесса составляет 90,0%?

Отдельным исследованием студент изучает разложение карбоната кальция. Он помещает образец порошка CaCO_3 массой 50,0 г в жесткий контейнер объемом 1,00 л. Далее студент герметично закрывает контейнер, откачивает из него весь воздух, после чего нагревает контейнер в печи до температуры 1100 К. По достижении заданной температуры, студент фиксирует изменение давления газообразного CO_2 во времени. Давление монотонно возрастает и достигает максимального значения 1,04 атм через 12 минут. При дальнейшем нагревании давление остается постоянным.

Студент повторяет эксперимент, но на этот раз использует 100,0 г образца порошка CaCO_3 . В результате этого эксперимента конечное давление в контейнере оказывается 1,04 атм, что составляет ровно ту же величину, что и в первом опыте.

5g. [0,6 балла] Рассчитайте количество вещества газообразного CO_2 , которое находится в контейнере через 20 минут нагревания.

5h. Через 20 минут в контейнер вводят дополнительное количество газообразного CO_2 , что приводит к первоначальному увеличению давления до 1,5 атм при неизменной температуре.

5h-1. [0,25 балла] Каким станет конечное давление внутри контейнера?

Отметьте верный ответ:

Меньше чем 1,04 атм	
Больше чем 1,04 атм	
Равным 1,04 атм	



Задания

5h-2. [0,25 балла] В какую сторону смещается равновесие в системе в соответствии с уравнением реакции



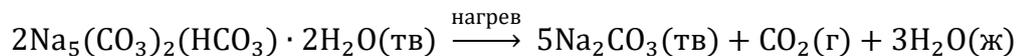
Отметьте верный ответ:

Вправо (в сторону продуктов)	<input type="checkbox"/>
Влево (в сторону реагентов)	<input type="checkbox"/>
Не смещается	<input type="checkbox"/>

5i. [0,25 балла] Константа равновесия может быть выражена через парциальные давления (K_p) тем же образом, что и через концентрации (K_c). Рассчитайте значение константы равновесия K_p для процесса разложения CaCO_3 при 1100 К.



Q6. [1,5 балла] Минерал трона является источником карбоната натрия в соответствии с уравнением реакции:



Какая масса карбоната натрия (в килограммах) может быть получена из 0,850 тонн троны?

Q7. [0,5 балла] Угольная кислота в дождевой воде образуется в результате растворения в воде атмосферного диоксида углерода.

Парциальное давление CO_2 в воздухе, насыщенном водяными парами, при 25 °С составляет $3,04 \times 10^{-4}$ атм, константа Генри для CO_2 в воде равна $2,3 \times 10^{-2}$ моль·л⁻¹·атм⁻¹. Чему равна концентрация угольной кислоты в дождевой воде при 25 °С?

Задания

ФИЗИКА

Q8. [1,40 балла] Звук сирены машины скорой помощи имеет частоту 300,0 Гц. Скорая помощь движется по направлению к неподвижному наблюдателю со скоростью 90,0 км/ч. Температура воздуха 38,0°C, а скорость звука можно найти по формуле

$$v_s = 331,3 + 0,606 T,$$

где v_s скорость в м/с, T – температура в °C. Вычислите частоту звука, который будет слышать наблюдатель, когда скорая помощь будет приближаться к нему.

Q9 [1,55 балла] Водитель автомобиля, движущегося по прямой дороге с проекцией скорости 33,2 м/с, замечает корову, переходящую дорогу на расстоянии 60,0 м от него. Время реакции водителя равно 0,20 с. Считая ускорение автомобиля постоянным, найдите его проекцию, если машина остановилась прямо перед удивленной коровой.

Q10 [2,55 балла] Фермер в местечке Мохембо перекачивает воду из реки Окаванго на свою ферму через трубу, диаметр которой уменьшается от 0,35 м до 0,25 м (см. рис.). Ферма располагается на высоте 960,0 м, а река на высоте 940,0 м над уровнем моря. Насос создает избыточное давление на входе трубы 670,0 кПа. Давление P , скорость v , плотность воды ρ (1000 кг/м³) и высота y связаны уравнением Бернулли:

$$\frac{P}{\rho} + \frac{1}{2}v^2 + gy = const.$$

Расход Q воды через трубу определяется уравнением неразрывности

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2,$$

где A_1 и A_2 - площади поперечного сечения трубы.

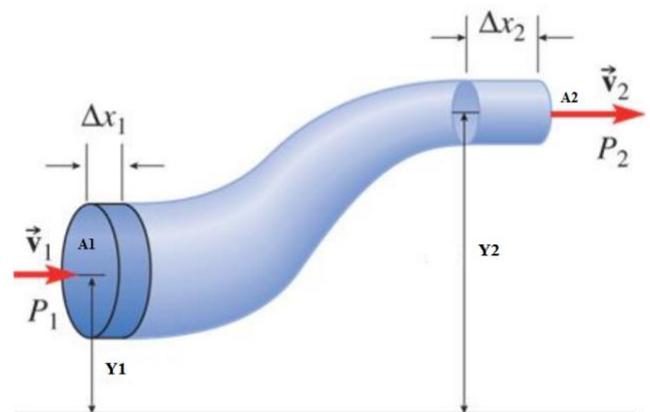
Считайте воду несжимаемой, а ее течение ламинарным. Считайте, что $g = 9,80 \text{ м/с}^2$.

Если скорость воды на входе в трубу у реки 1,30 м/с,

а) [0,85 балла] Вычислите скорость воды в трубе на ферме

б) [0,9 балла] Вычислите избыточное давление воды в трубе на ферме

с) [0,8 балла] Вычислите время необходимое для того, чтобы заполнить, находящийся на ферме резервуар объемом 50 000 л

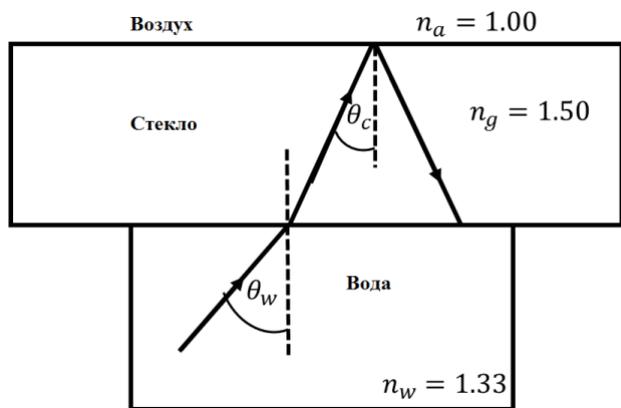


Задания

Q11. [1,9 балла] В некоторой игре мяч А массой 60,0 г испытал такой центральный удар о мяч В массой 20,0 г, покоящийся на краю стола высотой 1,225 м, что после столкновения мяч А упал на пол на расстоянии 1,0 м по горизонтали от стола, а мяч В на расстоянии 2,0 м по горизонтали от стола. Вычислите скорость мяча А непосредственно перед ударом о мяч В (считайте, что ускорение свободного падения $g = 9,80 \text{ м/с}^2$).

Q12. [2,6 балла]

а) [1,1 балла] Школьник расположил источник света под водой и направил луч на стеклянную пластинку так, как показано на рисунке. Он заметил, что при изменении угла θ_w , свет или проходит сквозь пластину, или испытывает полное отражение. Чему равно минимальное значение угла θ_w , при котором свет будет испытывать полное отражение на границе стекло-воздух?



б) [1,5 балла] Когда свет из воздуха падает на стеклянную плоскопараллельную пластинку толщиной t под углом θ_1 , угол преломления равен θ_2 .

б-1) [0,6 балла] Изобразите на рисунке путь луча через пластину и обозначьте углы θ_1 и θ_2 .

б-2) [0,9 балла] Получите выражение для расстояния s между продолжением падающего луча и лучом вышедшим из пластинки. Выразите это расстояние через θ_1 , θ_2 и t .