

## Часть Б

**Пожалуйста внимательно прочитайте все инструкции!**

**Отметьте все правильные ответы только в листах для ответов.**

**Жюри будет проверять только листы для ответов!**

### Биология клетки

**В 1.** В таблице представлены начальные скорости реакций в зависимости от концентрации субстрата для 3 различных ферментов (X, Y и Z):

**Концентрация субстрата**                      **Начальная скорость ( условные единицы )**

**(условные единицы)**

|     | <b>X</b> | <b>Y</b> | <b>Z</b> |
|-----|----------|----------|----------|
| 1   | 0,92     | 0,91     | 0,032    |
| 2   | 1,67     | 1,67     | 0,176    |
| 4   | 2,85     | 2,86     | 0,919    |
| 6   | 3,75     | 3,75     | 2,180    |
| 8   | 4,40     | 4,44     | 3,640    |
| 10  | 4,90     | 5,00     | 5,000    |
| 15  | 5,80     | 6,00     | 7,337    |
| 20  | 6,23     | 6,67     | 8,498    |
| 30  | 6,80     | 7,50     | 9,397    |
| 50  | 6,00     | 8,33     | 9,824    |
| 100 | 4,20     | 9,09     | 9,968    |

**1.** Начертите в листе для ответов график зависимости первоначальной скорости реакции от концентрации субстрата! **(1 балл)**

**2.** Определите какой из ферментов (X, Y или Z) является регуляторным ферментом с кооперативным свойствами! **(1 балл)**

**3.** Определите какой из ферментов (X, Y или Z) ингибируется своим собственным субстратом! **(1 балл)**

**В 2.** Для экспоненциально растущей культуры микроорганизмов, специфическая скорость роста  $\mu$  является параметром, показывающим сколько граммов клеточной биомассы синтезируется на грамм существующей клеточной биомассы в единицу времени (обычно в час). Эта величина ( $\mu$ ) обратно пропорциональна времени удвоения культуры  $t_d$ :  $\mu = \ln 2 / t_d = 0,693 / t_d \approx 0,7 / t_d$ . Отсюда, чем короче время удвоения клеток, тем выше специфическая скорость роста культуры.

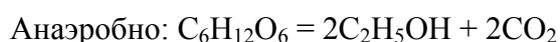
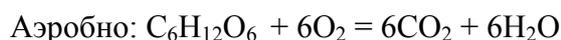
Два микроорганизма А и В были инокулированы в свежую среду роста так, чтобы начальная оптическая плотность (OD) каждой культуры была 0,1. Лаг-фаза продолжалась 1 час для обеих культур. Через 3 часа после инокуляции OD культуры А достигло 0,4, а OD культуры В достигло 1,6.

1. Определите специфическую скорость роста для культуры А.
2. Определите специфическую скорость роста для культуры В. **(2 балла)**

**В 3.** Подсчитайте внутриклеточную миллимолярную (мМ) концентрацию калия у *Escherichia coli*, если измеренное содержание калия равно 7,8 микрограммам на миллиграмм сухого веса клеток. Предположим, что все ионы калия находятся в цитозоле в свободной форме (не связаны с макромолекулами) и занимают внутриклеточный объем равный 2-ум микролитрам на миллиграмм сухого веса клеток. Атомный вес калия равен 39 Дальтон.

**(1 балл)**

**В 4.** Определенные грибы способны осуществлять диссимиляцию глюкозы и вырабатывать АТФ двумя путями.



Эти грибы культивировали в глюкозо-содержащей среде. Известно, что половина АТФ продуцируется анаэробным путем.

*(Продолжение на следующей странице)*

1. Как соотносятся скорости аэробного и анаэробного катаболизма глюкозы?
2. Каков ожидаемый расход кислорода (моли на моль потребляемой глюкозы)?
3. Каков ожидаемый выход CO<sub>2</sub> (моль на моль потребляемой глюкозы)?

Для расчетов предположим, что глюкоза ферментируется по обычному гликолитическому пути Эмбдена-Мейергофа-Парнаса и что процесс окислительного фосфорилирования протекает с максимальной эффективностью. **(3 балла)**

**В 5.** Было получено несколько ауксотрофных мутантов бактерии *Bacillus subtilis*, которые нуждались в добавлении аспартата, треонина или метионина к среде роста.

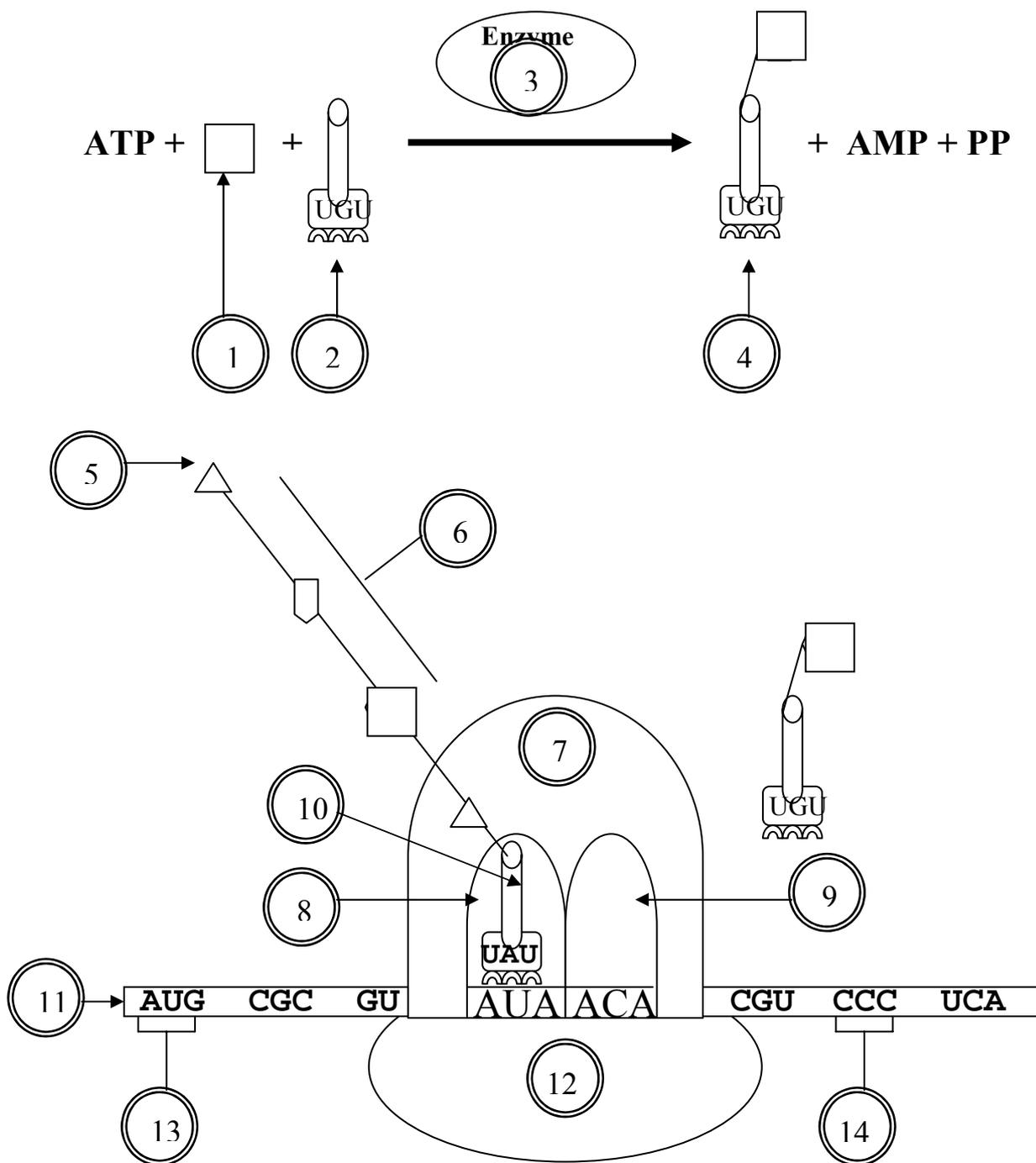
| Мутант | Промежуточный метаболит, не синтезируемый мутантом   | Аминокислота, необходимая для роста | Метаболиты, накапливаемые в среде |
|--------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| aspA   |  | 4. аспартат                         | 7. фумарат                        |
| metA   | 1. гомоцистеин                                       | 5. метионин                         | 3. гомосерин                      |
| metH   |  | 5. метионин                         | 1. гомоцистеин                    |
| thrC   |  | 6. треонин                          | 2. гомосеринфосфат                |
| thrB   | 2. гомосеринфосфат                                   | 6. треонин                          | 3. гомосерин                      |
| thrA   | 3. гомосерин<br>2. гомосеринфосфат<br>1. гомоцистеин | 6. треонин<br>5. метионин           | 4. аспартат                       |

1. Каков путь биосинтеза метионина?
2. Каков путь биосинтеза аспартата?
3. Каков путь биосинтеза треонина?

Укажите в листе для ответов путь биосинтеза для каждой аминокислоты посредством стрелок и цифр (1-7) из таблицы! **(3 балла)**

**В 6.** Перед началом лекции ассистент заметил, что комментарии к важной диаграмме потеряны. Он нашел множество терминов в учебнике, включая некоторые термины не относящиеся к этой диаграмме.

**1.** Пожалуйста помогите ассистенту выбрать подходящие термины для этой диаграммы и поставить к ним соответствующие цифровые обозначения **в листе для ответов**.



(Продолжение на следующей странице)

|            | Термин                              | Номер |            | Термин                               | Номер |
|------------|-------------------------------------|-------|------------|--------------------------------------|-------|
| <b>A-1</b> | Аминокислота                        |       | <b>A-2</b> | Растущий полипептид                  |       |
| <b>B-1</b> | Пентоза                             |       | <b>B-2</b> | Растущая нить ДНК                    |       |
| <b>C-1</b> | Жирная кислота                      |       | <b>C-2</b> | Растущая нить РНК                    |       |
| <b>D-1</b> | Маленькая субъединица<br>рибосомы   |       | <b>D-2</b> | Альфа- субъединица<br>РНК полимеразы |       |
| <b>E-1</b> | т-РНК                               |       | <b>E-2</b> | Ядерная пора                         |       |
| <b>F-1</b> | IgG                                 |       | <b>F-2</b> | P-сайт ( P-участок )                 |       |
| <b>G-1</b> | Рецептор                            |       | <b>G-2</b> | Центриоль                            |       |
| <b>H-1</b> | Аминоацил -тРНК -<br>синтетаза      |       | <b>H-2</b> | Большая субъединица<br>рибосомы      |       |
| <b>I-1</b> | Протеинкиназа                       |       | <b>I-2</b> | A-сайт ( A-участок )                 |       |
| <b>J-1</b> | Глюкокиназа                         |       | <b>J-2</b> | Z-сайт ( Z-участок )                 |       |
| <b>K-1</b> | Аминоацил -тРНК                     |       | <b>K-2</b> | Пептидил-тРНК                        |       |
| <b>L-1</b> | Индуктор                            |       | <b>L-2</b> | ДНК полимеразы                       |       |
| <b>M-1</b> | Оператор                            |       | <b>M-2</b> | сплайсосома                          |       |
| <b>N-1</b> | N-конец                             |       | <b>N-2</b> | Аденилатциклаза                      |       |
| <b>O-1</b> | C-конец                             |       | <b>O-2</b> | Капсомер                             |       |
| <b>P-1</b> | 5'-конец                            |       | <b>P-2</b> | Однонитевая ДНК                      |       |
| <b>R-1</b> | 3'-конец                            |       | <b>R-2</b> | Кодон                                |       |
| <b>S-1</b> | Нуклеотид                           |       | <b>S-2</b> | Иницирующий кодон                    |       |
| <b>T-1</b> | Лизосома                            |       | <b>T-2</b> | Ген                                  |       |
| <b>U-1</b> | сигма-субъединица<br>РНК полимеразы |       | <b>U-2</b> | Терминальная<br>трансфераза          |       |

(Продолжение на следующей странице)

2. Какой компонент (укажите номер) данной диаграммы обладает пептидил-трансферазной активностью?

5 баллов)

**В 7.** Изучался рост бактерий. На период только одного клеточного деления образец перенесли со среды, содержащей легкий изотоп азота ( $^{14}\text{N}$ ), на среду, содержащую изотоп тяжелого азота ( $^{15}\text{N}$ ). После этого образец снова переносили на среду с легким азотом на период двух клеточных делений.

1. Каков состав легких и тяжелых изотопов (в %) в двухнитчатой ДНК после эксперимента?

|                         |                       |                          |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| <b>А.</b> Только легкие | <b>В.</b> Оба изотопа | <b>С.</b> Только тяжелые |
|                         |                       |                          |

Из этих клеток были выделены два вида мРНК {м РНК (А) и мРНК (В)}

экспрессируемые соответственно двумя различными генами. Было найдено, что обе м-РНК содержат одинаковое число нуклеотидов. Установленный нуклеотидный состав каждой из м-РНК представлен в таблице.

| мРНК     | А % | С % | Г % | Т % | U % |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>А</b> | 17  | 28  | 32  | 0   | 23  |
| <b>В</b> | 27  | 13  | 27  | 0   | 33  |

2. Каков нуклеотидный состав двойной нити геномной ДНК в части кодирующей А и В гены соответственно.

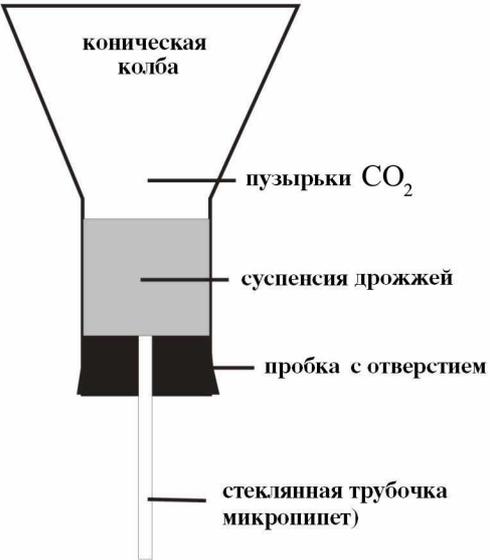
| днДНК    | А % | С % | Г % | Т % | U % |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>А</b> |     |     |     |     |     |
| <b>В</b> |     |     |     |     |     |

3. Какая из кривых представленных ниже представляет собой профиль температуры плавления ДНК кодирующей части генома А и В соответственно? Ось X – температура °C, ось ординат - % плавления



|          | Процесс  | Структура  |          |
|----------|--|--|----------|
| <b>A</b> | Синтез липидов выше                                | В мембране ядра панкреатической клетки                 | <b>1</b> |
| <b>B</b> | Протеолитическая активность выше                   | В частицах гликогена клеток печени                     | <b>2</b> |
| <b>C</b> | Липолитическая активность выше                     | В эндоплазматическом ретикулуме панкреатических клеток | <b>3</b> |
| <b>D</b> | Более активная протеино – секреторная деятельность | В митохондриях клеток печени                           | <b>4</b> |
| <b>E</b> | Активность синтеза АТФ выше                        | В эндоплазматическом ретикулуме клеток печени          | <b>5</b> |

(2 балла)



**В 9.** Рисунок показывает аппарат, изготовленный студентом для изучения влияния температуры на активность процесса образования этанола дрожжами

Коническая колба содержит 2,5г дрожжей, суспендированных в 2% растворе сахарозы. Во время ферментации мениск движется по стеклянной трубочке (5 мл микропипетка) вниз.

Таблица показывает количество суспензии (мл), вдавленной в микропипетке благодаря выделению  $\text{CO}_2$  после регулярных интервалов времени.

| Время мин. | 4 <sup>0</sup> С | 10 <sup>0</sup> С | 20 <sup>0</sup> С | 35 <sup>0</sup> С | 55 <sup>0</sup> С |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>1</b>   | 0                | 0,2               | 0,4               | 0,7               | 0                 |
| <b>2</b>   | 0                | 1,0               | 1,3               | 1,2               | 0,1               |
| <b>3</b>   | 0,1              | 1,9               | 3,2               | 2,8               | 0,2               |
| <b>4</b>   | 0,2              | 3,1               | 4,3               | 4,4               | 0,3               |
| <b>5</b>   | 0,3              | 4,0               | Нет результата    | Нет результата    | 0,4               |

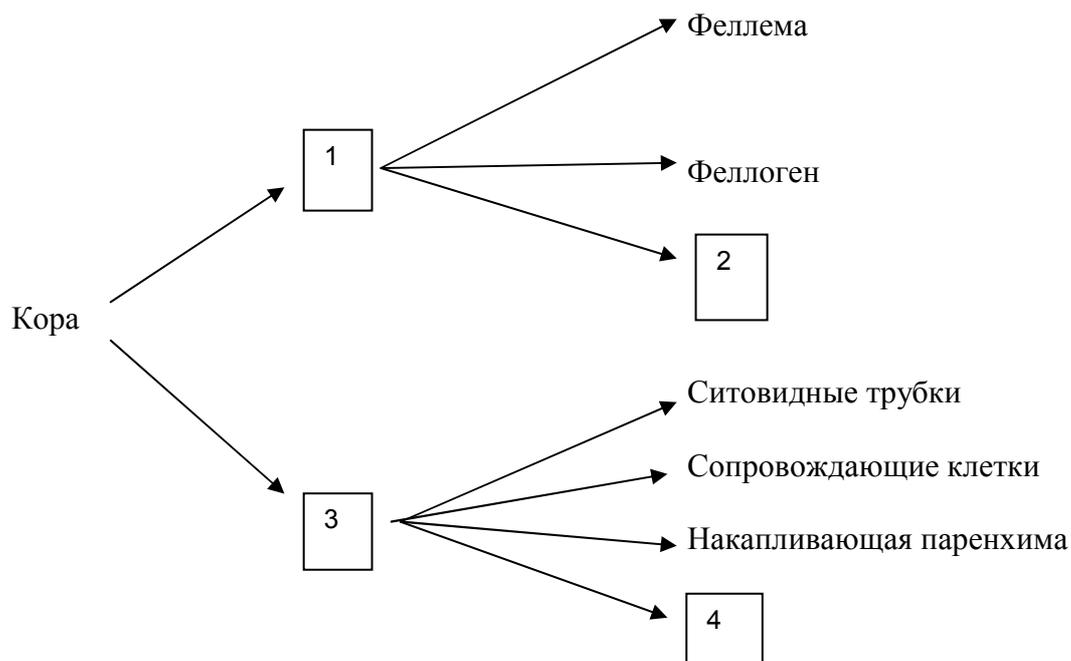
1. Нарисуйте график выделения  $\text{CO}_2$  при различных температурах.

2. Определите среднюю скорость выделения  $\text{CO}_2$  (мл  $\text{CO}_2$ /мин) при температуре  $20^\circ \text{C}$ , используя данные, полученные в промежуток времени между 2 и 4 минутами.
3. Определите специфическую скорость образования  $\text{CO}_2$  (милимоль  $\text{CO}_2$ /мин г) при  $20^\circ \text{C}$ .
4. Какова будет специфическая скорость аккумуляции этанола (милимоль этанола /мин г), если ферментация соответствует уравнению:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$  **(4 балла)**

## Анатомия и физиология растений

**В 10.** Впишите номера (каждое число может быть использовано только один раз)

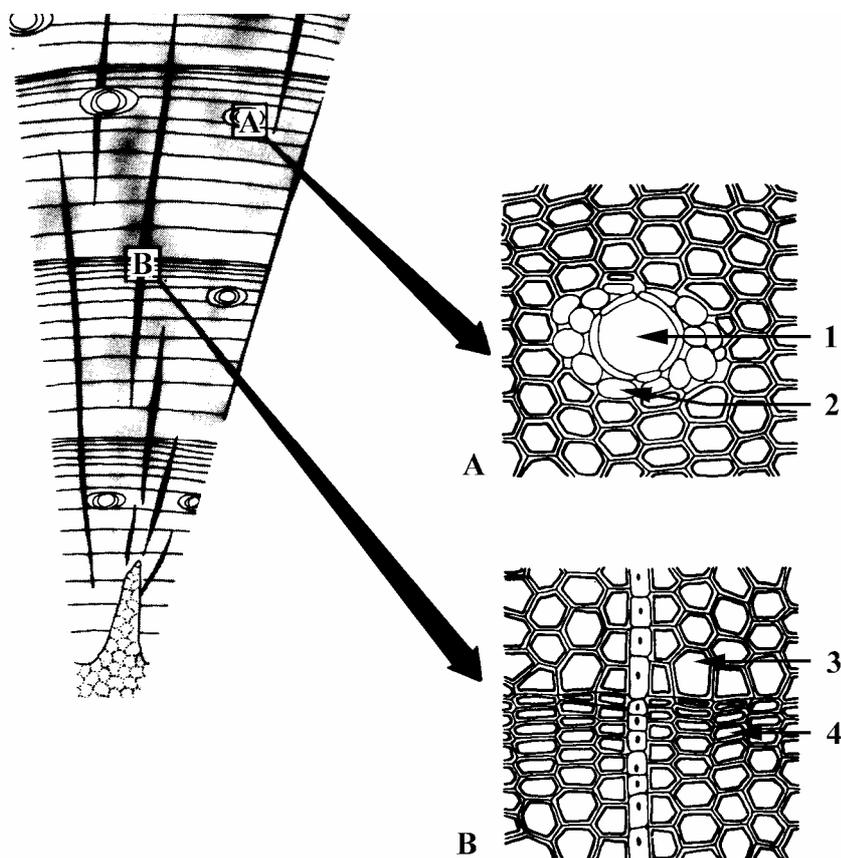
структур растений, неназванных на схеме, в соответствующие графы таблицы в листе для ответов!



|           | Структура        | Номер |
|-----------|------------------|-------|
| <b>А.</b> | Перидерма        |       |
| <b>В.</b> | Первичная флоэма |       |
| <b>С.</b> | Лубяные волокна  |       |
| <b>Д.</b> | Феллобласт       |       |
| <b>Е.</b> | Феллодерма       |       |
| <b>Ф.</b> | Вторичная флоэма |       |
| <b>Г.</b> | Трахеиды         |       |

(2 балла)

**В 11.** На рисунке показан поперечный разрез ксилемы стебля голосеянного древесного растения. Впишите в таблицу в листе для ответов номера (каждое число может быть использовано только один раз), указанные на рисунке, которые соответствуют структурам растений!



|           | Структура растений                  | Номер |
|-----------|-------------------------------------|-------|
| <b>A.</b> | Ранняя (весенне – летняя) древесина |       |
| <b>B.</b> | Ситовидная трубка                   |       |
| <b>C.</b> | Поздняя (осенняя) древесина         |       |
| <b>D.</b> | Смоляной ход                        |       |
| <b>E.</b> | Сопровождающая клетка               |       |
| <b>F.</b> | Ксилемная паренхима                 |       |

(2 балла)

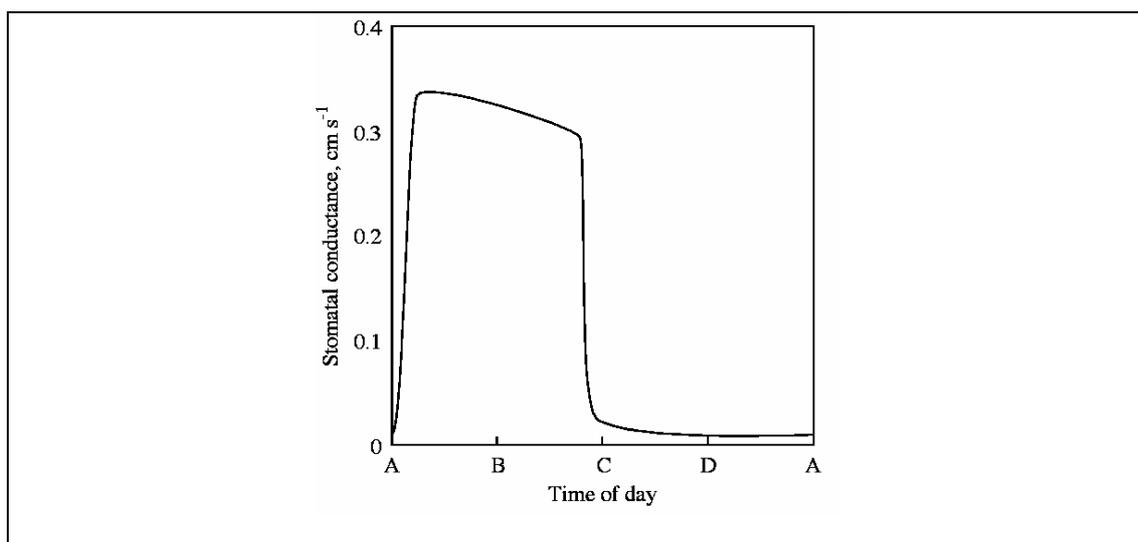
**В 12.** В данных предложениях содержится краткая информация о некоторых структурах растений и процессах, протекающих в них. Впишите в таблицу в листе для ответов номера (каждое число может быть использовано только один раз) тех предложений, которые соответствуют структурам растений!

1. Регулирует в корнях внутринаправленный поток минеральных веществ
2. Пластида, которая образуется в растении в темноте
3. Тип клеток, обеспечивающий основную механическую прочность древесины голосеменных древесных растений
4. Обеспечивает горизонтальное передвижение воды по стеблю

|           | Структура растений | Номер |
|-----------|--------------------|-------|
| <b>A.</b> | Трахеиды           |       |
| <b>B.</b> | Эпидерма           |       |
| <b>C.</b> | Эндодерма          |       |
| <b>D.</b> | Смоляной ход       |       |
| <b>E.</b> | Сердцевинный луч   |       |
| <b>F.</b> | Лейкопласт         |       |
| <b>G.</b> | Этиопласт          |       |

*(2 балла)*

**В 14.** Дневная кривая показывает открывание устьиц типичного С3 растения.



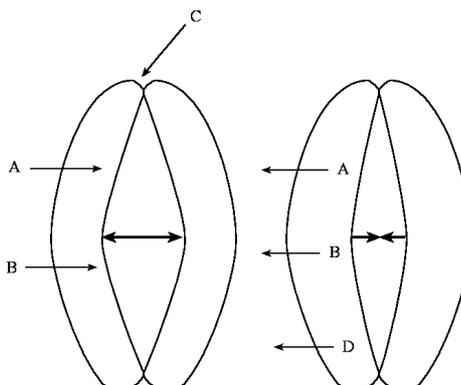
Устьичное проникновение является показателем диффузии через устьица и косвенным показателем открывания устьиц. Устьичное проникновение с величиной «ноль» показывает, что устьица являются закрытыми (т.е., нет транспирации).

1. Укажите на диаграмме соответствующее время дня и обозначьте их **в листе для ответов**, используя следующую кодировку:

1. Полночь    2. Полдень    3. 6 : 00 утра    4. 6 : 00 вечера (4)

|          |  |
|----------|--|
| <b>A</b> |  |
| <b>B</b> |  |
| <b>C</b> |  |
| <b>D</b> |  |

2.



Устьичное открывание/закрывание регулируется рядом внутренних и внешних факторов.

*(Продолжение на следующей странице)*

Укажите в листе для ответов, какой из перечисленных факторов относится к факторам, показанным на рисунке. Используйте следующую кодировку:

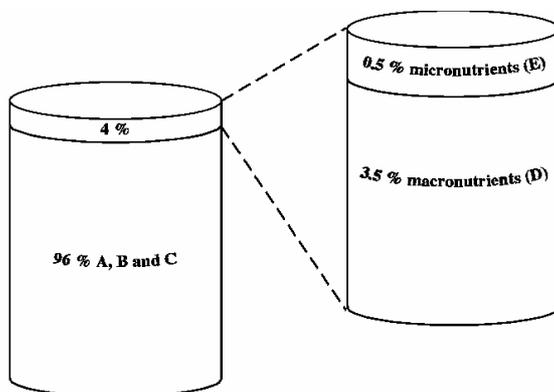
1. CO<sub>2</sub>   2. свет   3. Ca<sup>2+</sup>   4. абсцизовая кислота   5. K<sup>+</sup>   6. H<sub>2</sub>O

|              |  |
|--------------|--|
| <b>A и B</b> |  |
| <b>C</b>     |  |
| <b>D</b>     |  |

(4 балла)

**В 15.** Растениям необходимы 16 незаменимых элементов – бор (1), кальций (2), углерод (3), хлор (4), медь (5), водород (6), железо (7), магний (8), марганец (9), молибден (10), азот (11), кислород (12), фосфор (13), калий (14), сера (15), цинк (16).

Пропорциональное количество разных элементов в растениях показано на рисунке.



1. Впишите в листе для ответов номера элементов, соответственно их пропорциональному содержанию, указанному на рисунке.

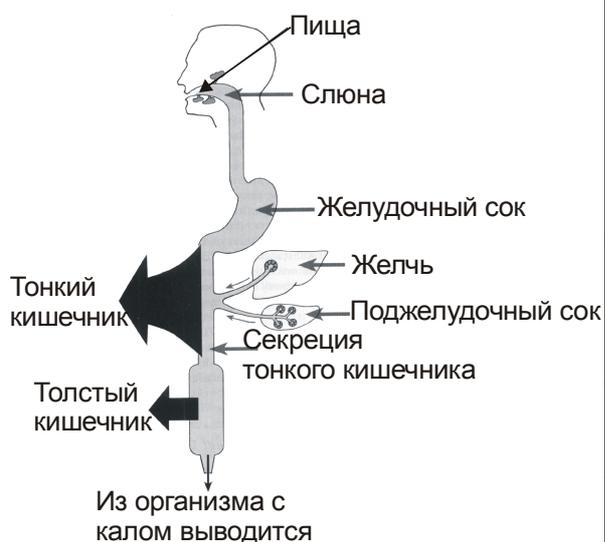
|                |  |
|----------------|--|
| <b>A, B, C</b> |  |
| <b>D</b>       |  |
| <b>E</b>       |  |

(3 балла)

## Анатомия и физиология животных

**В 16.** Рассчитайте три отсутствующие единицы объема жидкости (**X**, **Y** и **Z**) и впишите их в листе для ответов.

|   |
|---|
| Объем жидкости, который абсорбируется в пищеварительном тракте или выделяется из организма за сутки |
| Тонкий кишечник абсорбирует <b>X</b> мл   |
| Толстый кишечник абсорбирует <b>1000</b> мл   |
| Из организма с калом выводится <b>100</b> мл  |
| Вместе: <b>Y</b> мл   |

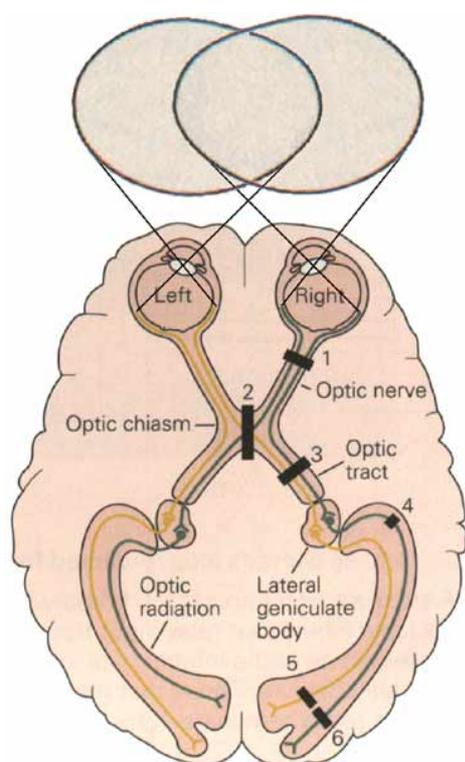


|  |
|--|
| Объем жидкости, который поступает в пищеварительный тракт за сутки |
| Пища <b>2000</b> мл  |
| Слюна <b>1500</b> мл   |
| Секреция желудка <b>2000</b> мл                                    |
| Желчь <b>500</b> мл  |
| Панкреатическая секреция <b>Z</b> ml                               |
| Секреция в тонкой кишке <b>1500</b> мл                             |
| Вместе: <b>9000</b> мл   |

(1 балл)

**В 17.** Различные повреждения проводящих путей зрительного анализатора вызывают выпадение отдельных участков в поле зрения. Характер выпадения зависит от места повреждения. В диаграмме коры цифрами отмечены дефектные места проводящих путей зрительного анализатора, а в таблице, справа, черный сегмент показывает выпавший участок в поле зрения.

Выберите для каждого повреждения проводящих путей соответствующее поле зрения и соответствующие номера впишите в листе для ответов.



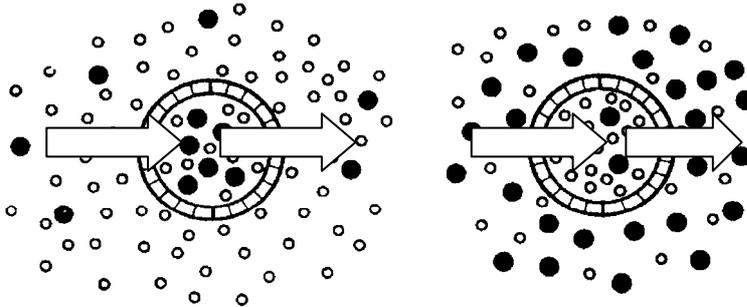
| Дефекты поля зрения |             | Номер поврежденного места |
|---------------------|-------------|---------------------------|
| Левый глаз          | Правый глаз |                           |
|                     |             | <b>A.</b>                 |
|                     |             | <b>B.</b>                 |
|                     |             | <b>C.</b>                 |
|                     |             | <b>D.</b>                 |
|                     |             | <b>E.</b>                 |
|                     |             | <b>F.</b>                 |

Названия в рисунке:

- зрительный нерв (*Optic nerve*)
- перекрест зрительного нерва (*Optic chiasm*)
- зрительный тракт (*Optic tract*)
- латеральное коленчатое тело (*Lateral geniculate body*)
- зрительная лучистость (*Optic radiation*)

(3 балла)

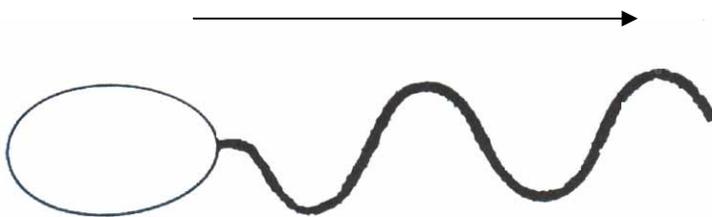
**В 18.** Закрасьте в листе для ответов стрелки, которые показывают направление потока воды через мембрану эритроцита! Белые кружки – молекулы воды, черные кружки – молекулы растворенного вещества.



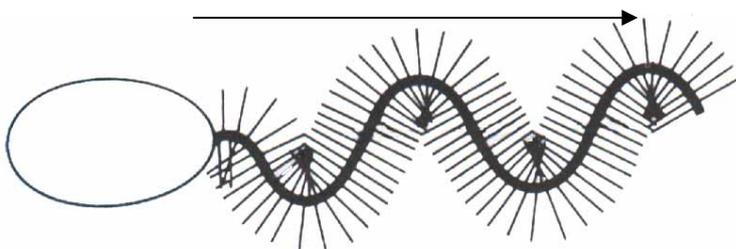
(1 балл)

**В 19.** Отметьте стрелками, в пустых прямоугольниках в листе для ответов, направление перемещения простейших (А) и (В)!

На рисунке стрелки указывают направление волны, образующейся от ударов жгутика.



А.



В.

(1 балл)

**В 20.** В листе для ответов отметьте крестиками локализацию процессов в нефроне, ,  
 которые соответствуют данным в таблице! Возможен больше чем один правильный  
 ответ на каждый процесс.

| Процессы   | 1.<br>Почечный<br>клубочек | 2.<br>Проксимальный<br>извитой каналец | 3.<br>Петля<br>Генле | 4.<br>Дистальный<br>извитой<br>каналец | 5.<br>Дистальный<br>каналец и<br>собирательная<br>трубка |
|--|----------------------------|--|----------------------|--|--|
| <b>А.</b> Фильтрация<br>жидкости, которая<br>изотонична<br>плазме крови  |                            |  |                      |  |  |
| <b>В.</b> Реабсорбция<br>воды, $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ ,<br>глюкозы,<br>аминокислот,<br>$\text{Cl}^-$ , $\text{HCO}_3^-$ , мочи |                            |  |                      |  |  |
| <b>С.</b> Реабсорбция<br>воды, $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Cl}^-$  |                            |  |                      |  |  |
| <b>Д.</b> Реабсорбция<br>воды, $\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$   |                            |  |                      |  |  |
| <b>Е.</b> Реабсорбция<br>воды $\text{Na}^+$ , $\text{HCO}_3^-$ и<br>мочи   |                            |  |                      |  |  |

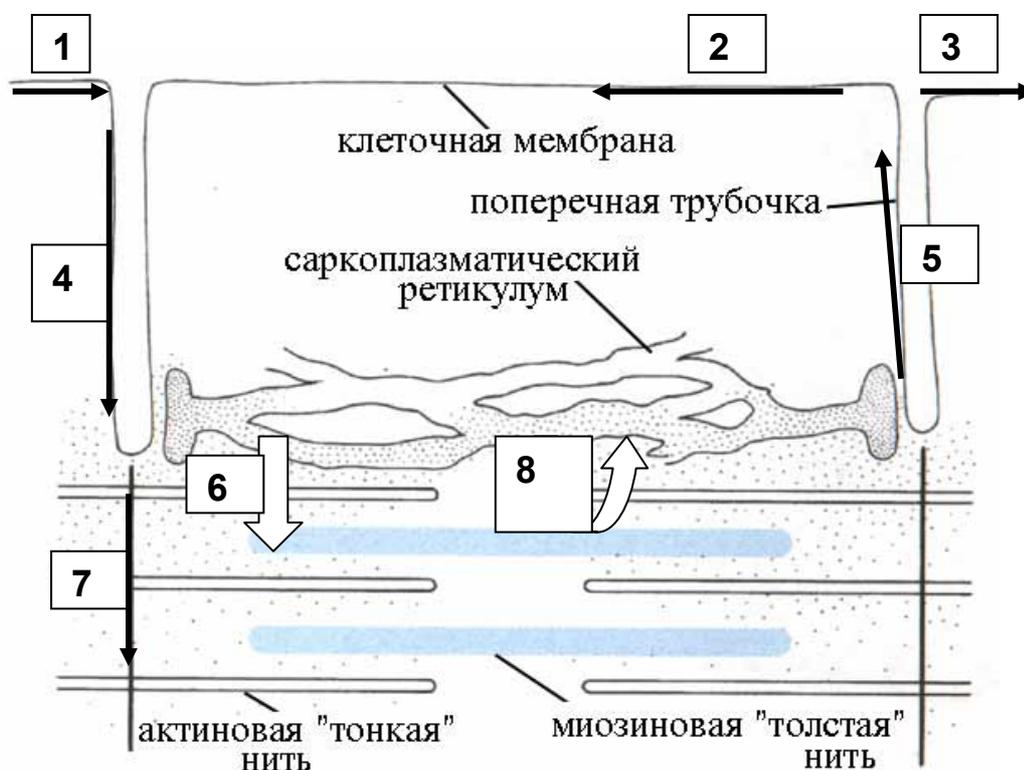
(Продолжение на следующей странице)

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| Ф. Секреция<br>$H^+$ , $K^+$                        |  |  |  |  |  |
| Г. Секреция $H^+$ ,<br>$NH_4$ , мочи,<br>креатинина |  |  |  |  |  |
| Н. Секреция мочи                                    |  |  |  |  |  |

(5 балла)

**В 22.** Расположите номера стрелок в последовательности, которая соответствует стимуляции мышечной мембраны, и приводит к сокращению мышцы. На рисунке – черные стрелки указывают направление проведения возбуждения (потенциала действия) в мембранах, а белые стрелки - направление перемещения ионов  $Ca^{2+}$  в саркоплазме в ответ на деполяризацию.

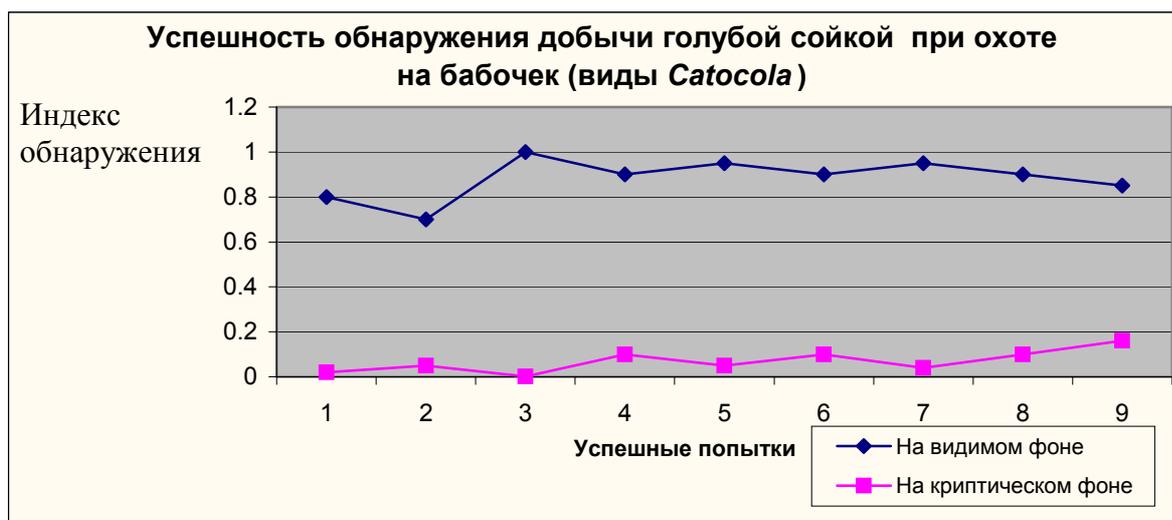
Стимуляция



(1 балл)

## Этология

**В 25.** Птица голубая сойка активно потребляет разных виды бабочек (моли *Catocala*), у которых задние крылья часто ярко окрашены в желтые, оранжевые, красные и другие цвета, а передние крылья имеют окраску, сходную с корой деревьев. Они прикрывают задние крылья, когда бабочка отдыхает, но могут неожиданно появиться, когда она взмахивает ими.



Какие из данных утверждений об окраске крыльев правильные? Отметьте их в листе для ответов крестиками!

- А.** Передние крылья окрашены так, чтобы уменьшить способность хищника распознать добычу
- Б.** Задние крылья окрашены ярко без какого-либо значения, это случайный признак
- С.** Окраска задних крыльев может отпугнуть птицу, поскольку, неожиданно увидев ярко окрашенные крылья, сойка замирает, а за это мгновение жертва успевает улететь
- Д.** Криптическая окраска передних крыльев не способна полностью защитить бабочек, т.к. сойки постепенно учатся распознавать молей на фоне криптического субстрата
- Е.** Ярко окрашенные крылья способствуют распознаванию полового партнера
- Ф.** Хищник не способен различать цвета

(3 балла)

## Генетика и эволюция

**В 26.** У плодовой мушки *Drosophila melanogaster* встречаются два доминантных гена: ( $b^+$ ), определяющий серую окраску тела и ( $c^+$ ), определяющий нормальные крылья. Рецессивные аллели этих генов ( $b$ ,  $c$ ) определяют черную окраску тела и кривые крылья.

Два студента Ада и Дональд произвели скрещивание дрозофил для определения расстояния между этими двумя генами. Были скрещены серые мушки с нормальными крыльями и черные мушки, у которых крылья были кривыми.

Фенотипы потомков и их численные отношения показаны в таблице.



|                         | Серое тело,<br>нормальные<br>крылья | Черное тело,<br>кривые<br>крылья | Серое тело,<br>кривые<br>крылья | Черное тело,<br>нормальные<br>крылья |
|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Эксперимент<br>Ады      | 236                                 | 253                              | 50                              | 61                                   |
| Эксперимент<br>Дональда | 55                                  | 56                               | 241                             | 248                                  |

1. Каково расстояние между этими генами? Отметьте в листе для ответов!
2. Какие были генотипы мух с доминантным фенотипом, которые использовались в экспериментах Ады (А.) и Дональда (В.)? Напишите генотипы и укажите фазу сцепления генов  $b$  и  $c$ !

А. (Мухи Ады)

В. (Мухи Дональда)

(3 балла)

**В 27.** Несколько мутаций (A, B, C, D) было найдено в кодирующей части гена .

|       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Кодон | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| Wt    | ATG  | TGC  | CCC  | CGA  | GTC  | GAG  | GAC  | CTG  | AGC  | CTG  | ACG  | AGC  |
| A.    | ---- | -C-  | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| B.    | ---- | ---- | ---- | A--  | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| C.    | ---- | ---- | ---- | ---- | A--  | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| D.    | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | *--  | ---- | ---- | ---- | ---- |

\* Делеция 1 нуклеотида

1. Переведите кодоны вариантов (Wt, A, B, C, D) данной последовательности в однобуквенные коды аминокислот. Используйте таблицу генетических кодов!

Ответы запишите в таблице в листе для ответов. **Заметка:** вместо STOP пишите ST!

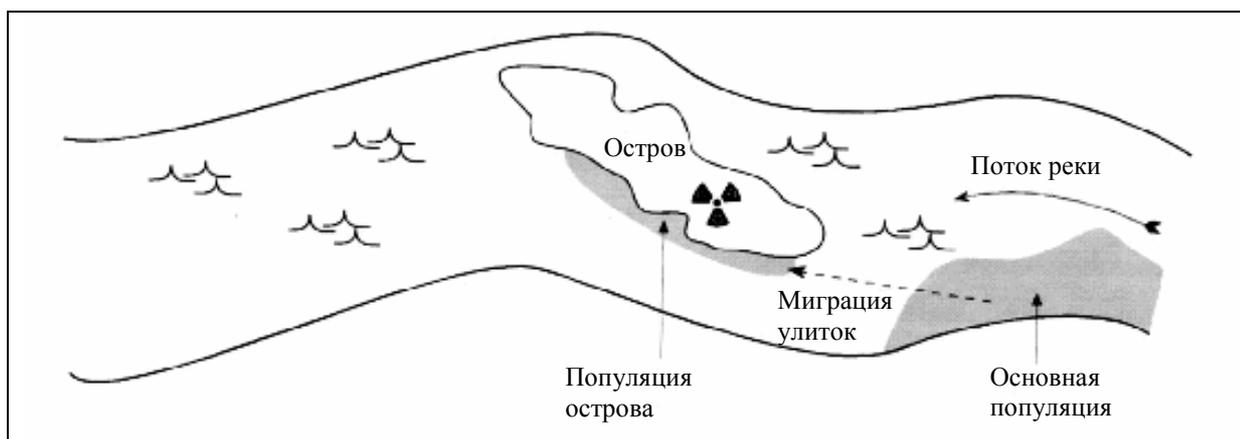
|    |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|    | Код |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Wt | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| A. |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| B. |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| C. |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| D. |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

|             |   |             |         |     |         |     |         |     |         |             |
|-------------|---|-------------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-------------|
|             |   | Вторая база |         |     |         |     |         |     |         |             |
|             |   | U           |         | C   |         | A   |         | G   |         |             |
| Первая база | U | UUU         | F (Phe) | UCU | S (Ser) | UAU | Y (Tyr) | UGU | C (Cys) | U           |
|             |   | UUC         | F (Phe) | UCC | S (Ser) | UAC | Y (Tyr) | UGC | C (Cys) | C           |
|             |   | UUA         | L (Leu) | UCA | S (Ser) | UAA | STOP    | UGA | STOP    | A           |
|             |   | UUG         | L (Leu) | UCG | S (Ser) | UAG | STOP    | UGG | W (Trp) | G           |
|             | C | CUU         | L (Leu) | CCU | P (Pro) | CAU | H (His) | CGU | R (Arg) | U           |
|             |   | CUC         | L (Leu) | CCC | P (Pro) | CAC | H (His) | CGC | R (Arg) | C           |
|             |   | CUA         | L (Leu) | CCA | P (Pro) | CAA | Q (Gln) | CGA | R (Arg) | A           |
|             |   | CUG         | L (Leu) | CCG | P (Pro) | CAG | Q (Gln) | CGG | R (Arg) | G           |
|             | A | AUU         | I (Ile) | ACU | T (Thr) | AAU | N (Asn) | AGU | S (Ser) | U           |
|             |   | AUC         | I (Ile) | ACC | T (Thr) | AAC | N (Asn) | AGC | S (Ser) | C           |
|             |   | AUA         | I (Ile) | ACA | T (Thr) | AAA | K (Lys) | AGA | R (Arg) | A           |
|             |   | AUG         | M (Met) | ACG | T (Thr) | AAG | K (Lys) | AGG | R (Arg) | G           |
|             | G | GUU         | V (Val) | GCU | A (Ala) | GAU | D (asp) | GGU | G (Gly) | U           |
|             |   | GUC         | V (Val) | GCC | A (Ala) | GAC | D (asp) | GGC | G (Gly) | C           |
|             |   | GUA         | V (Val) | GCA | A (Ala) | GAA | E (Glu) | GGA | G (Gly) | A           |
|             |   | GUG         | V (Val) | GCG | A (Ala) | GAG | E (Glu) | GGG | G (Gly) | G           |
|             |   |             |         |     |         |     |         |     |         | Третья база |

2. Расположите в листе для ответов мутации (A-D) в таком порядке, в котором видно их влияние на функционирование белка. Начните с наиболее вредной мутации!

(4 балла)

**В 28.** В реке обитают две популяции улиток: одна главная (основная) популяция недалеко от левого берега, другая - (намного меньше) около острова (популяция острова). Рассмотрите ген, имеющий два аллеля **G** и **g**. В популяции острова встречаются оба аллеля, а в главной популяции имеется только аллель **G**. Обозначим буквой  $p$  частоту аллеля **G** в популяции острова.



Из-за течения реки началась миграция главной популяции на остров. Предположим, что до миграции частота аллели **G** была 0.6 ( $p = 0.6$ ). В результате миграции 12 % особей в популяции острова было пополнено улитками из главной популяции.

1. Определите  $p$  после миграции!

После волны миграции, улитки популяции острова размножились. По неизвестной причине, скорость мутаций с **G**  $\rightarrow$  **g** намного возрасла на острове, включая эмигрантов, по сравнению с главной популяцией. Скорость мутаций **G**  $\rightarrow$  **g** на острове была 0.003. Обратных мутаций не наблюдалось, мутации в главной популяции очень редки и их можно не учитывать.

2. Определите  $p$  в следующем поколении у улиток острова?

(2 балла)

**В 29.** В некоторой популяции была установлена частота генотипов до и после отбора.

|  | $a_1 a_1$ | $a_1 a_2$ | $a_2 a_2$ |
|--|-----------|-----------|-----------|
| <b>Частота до отбора (поколение <math>F_0</math>)</b>    | 0.25      | 0.50      | 0.25      |
| <b>Частота после отбора (поколение <math>F_1</math>)</b> | 0.35      | 0.48      | 0.17      |

1. Рассчитайте коэффициент отбора каждого генотипа ( $a_1 a_1$ ,  $a_1 a_2$ ,  $a_2 a_2$ )!
2. Против какого генотипа отбор самый сильный? Впишите ответ в листе для ответов!

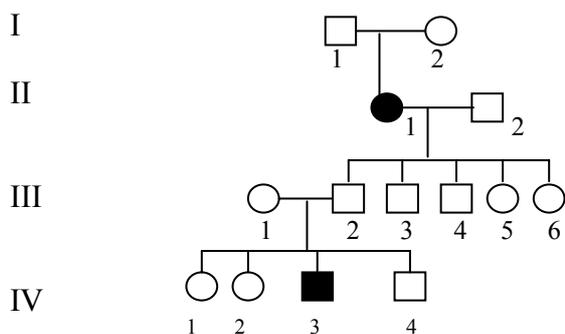
*(2 балла)*

**В 30.** Проявление некоторых аутосомных генов зависит от того, как наследуются эти гены: от отца или матери. Эти гены называются импринтированными генами.

Импринтинг этих генов происходит в сперматогенезе или в овогенезе, в результате чего, ген, полученный от одного из родителей, может быть неактивным.

*(Продолжение на следующей странице)*

**Проблема 1.** Импринтированные гены во многих случаях ответственны за неполную пенетрантность. Родословная показывает неполную пенетрантность аутосомно доминантного гена из-за импринтинга этого гена во время овогенеза. Женщина  $II_1$  гетерозиготна по этому мутантному гену. Анализ ДНК показал, что  $III_2$  и  $III_5$  получили мутантный ген от их матери.



1. Какова вероятность, что у  $II_1$  и  $II_2$  родится больной ребенок? Отметьте ответ в листе для ответов!

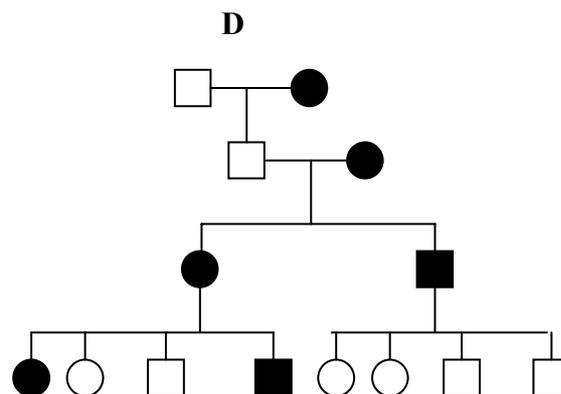
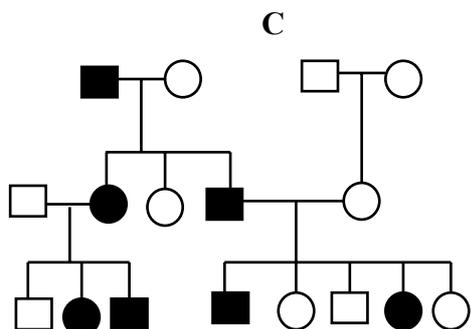
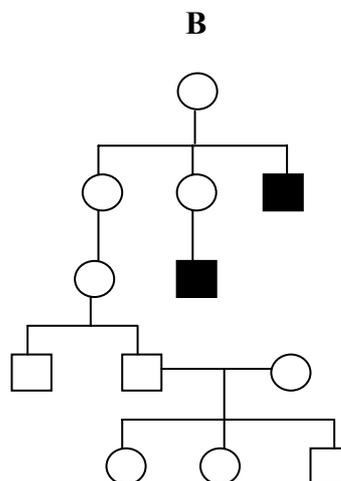
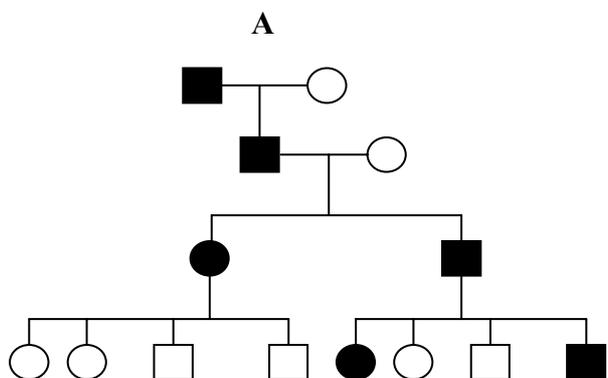
2. Какова вероятность, что у  $III_1$  и  $III_2$  родится больной ребенок? Отметьте ответ в листе для ответов!

3. Какова вероятность, что у  $III_4$  и  $III_5$  родится больной ребенок? Отметьте ответ в листе для ответов!

**Проблема 2.** Родительский импринтинг дает отклонение от Менделеевских типов наследования, потому что проявления тех самых аллелей зависит от того получены ли эти аллели от матери или от отца.

*(Продолжение на следующей странице)*

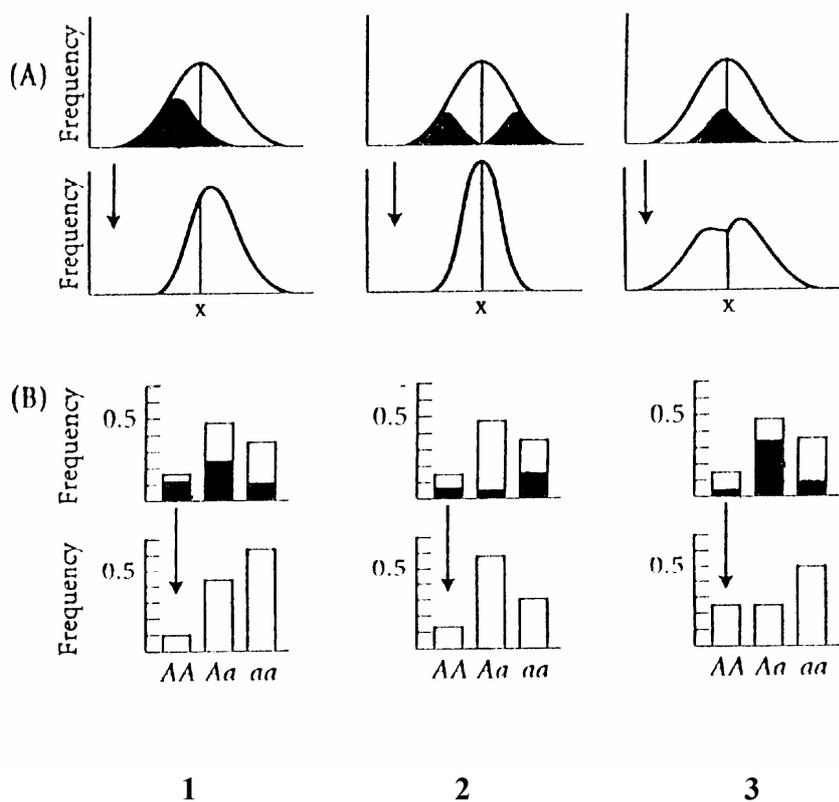
Установите, чья родословная проявляет материнский (1), и чья – отцовский (2) импринтинг. Выберите их из перечисленных родословных (A, B, C, D)! Внесите ответ в лист для ответов!



| 1. Материнский | 2. Отцовский |
|----------------|--------------|
|                |              |
|                |              |

(5 баллов)

**В 31.** На рисунке показаны виды отбора. На рисунке **У** для количественного признака, а на рисунке **З** для признака, обусловленного двумя аллелями одного локуса. В обоих случаях предполагается, что фенотип унаследуется адитивно, т.е., фенотип гетерозиготы промежуточный между доминантной и рецессивной гомозиготами. Предполагается также, что не наблюдается взаимодействие между локусами. На вертикальной оси изображена часть популяции с каждым фенотипом. Верхние ряды в рисунках **У** и **З** показывают распределение фенотипов в одном поколении, до отбора. Затемненная часть представляет особей с более низкой плодовитостью. Нижние ряды в рисунках **У** и **З** показывают распределение фенотипов в следующем поколении, после отбора. **X** обозначает среднюю величину количественного признака до отбора.



**А.** Движущий отбор не меняет среднюю величину признака, но может понизить изменчивость

**В.** Дисруптивный отбор редко симметричный и поэтому обычно меняет среднюю величину признака

С. Движущий отбор увеличивает число генотипов с более высокой величиной признака

Д. Стабилизирующий отбор маловероятно симметрический и поэтому меняет среднюю величину признака

Е. Стабилизирующий отбор не меняет среднюю величину признака, но может понизить изменчивость

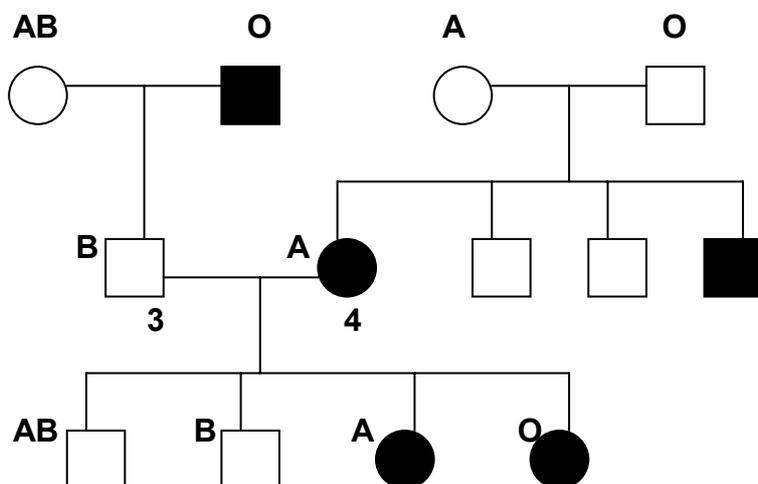
Отметьте напротив утверждений (А-Е) соответствующие схемы (1-3) в листе для ответов (не все строки могут быть заполнены)!

| Утверждение | Номер схемы |
|-------------|-------------|
| А           |             |
| В           |             |
| С           |             |
| Д           |             |
| Е           |             |

(3 балла)

**В 32.** Алкаптонурия является редким генетическим заболеванием. Ген, обуславливающий алкаптонурию является рецессивным (**alk**) и локализован в 9 хромосоме. Ген **alk** сцеплен с геном **I**, который определяет группы крови в системе АВО. Расстояние между этими двумя генами 11 единиц генетической карты.

Генеологическое древо семьи, в которой имелись случаи алкаптонурии, показано на рисунке. Затемненные символы – больные алкаптонурией. На рисунке, также, указаны группы крови членов этой семьи.



1. Каковы генотипы индивидуумов 3 и 4? Впишите ответы в листе для ответов!
2. Если индивидуумы 3 и 4 ожидают пятого ребенка, то какова вероятность что этот ребенок будет больным алкаптонурией, если по пренатальной диагностике у плода группа крови В? Впишите ответ в лист для ответов!

*(2 балла)*

**Экология**

**В 33.** В таблице отражён коммерческий вылов салаки в Рижском заливе в течение 1982 – 1985 г., и интенсивность рыболовства. Интенсивность рыболовства определялась общим временем нахождения рыболовных судов, занимавшихся ловлей салаки в заливе. Количество рыболовных снастей не менялось в течение всего лова.

| Годы | вылов (тонны) | интенсивность рыболовства<br>(относительные единицы) |
|------|---------------|--|
| 1982 | 100           | 2  |
| 1983 | 150           | 5  |
| 1984 | 100           | 5  |
| 1985 | 150           | 3  |

Оцените и впишите в листе для ответов относительную величину популяции салаки за эти четыре года, начиная с 1982, когда размер популяции был 10 относительных единиц.

**1982** = 10

**1983** = .....

**1984** = .....

**1985** = .....

**(3 балла)**

**В 34.** На рисунке 1 показано количество клеток фитопланктона (млн. Клеток./мл) и концентрация неорганического фосфора (P) (мкг/л) и азота (N) (мкг/л) в пробах воды, которые собраны на биостанциях вокруг рыбообрабатывающего завода, находящегося на берегу Атлантического океана. Концентрация азота оказалась очень низкой и близка к нулевой. Ближе всех к заводу – биостанция № 6. На рисунке 2 показан результат эксперимента по изучению влияния питательных веществ на рост фитопланктона. Собранные на станциях образцы воды фильтровались для сбора фитопланктона.

Далее к стандартным количествам фитопланктона добавлялся обогащенный азотом или фосфором или небогатенный раствор. Через некоторое время определили количество фитопланктона в каждом опыте. Результаты приведены на рисунке 2.

Рисунок 1

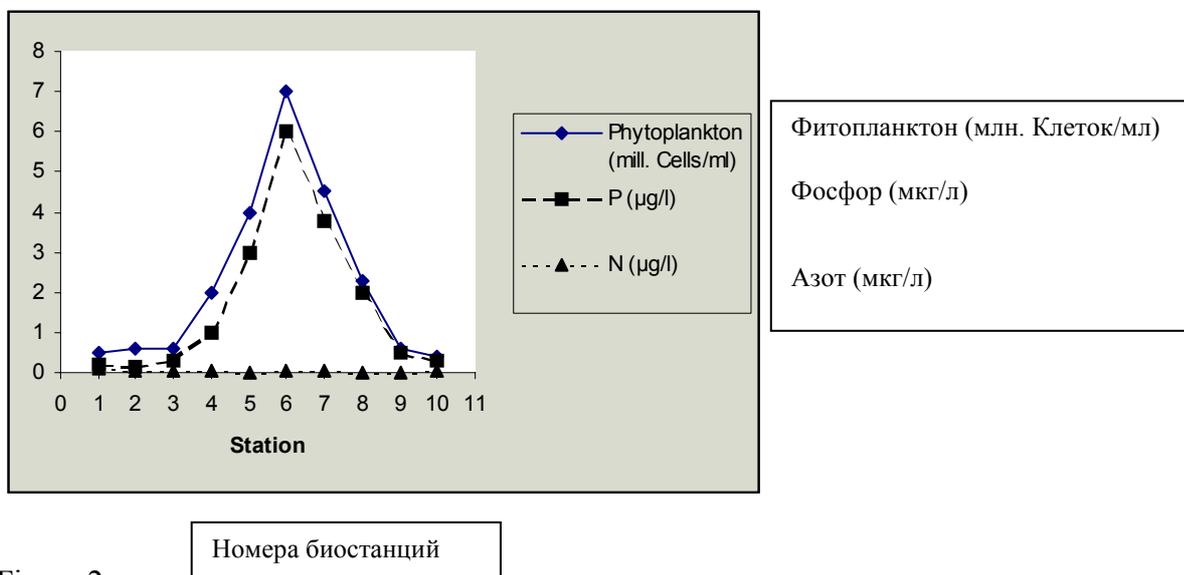
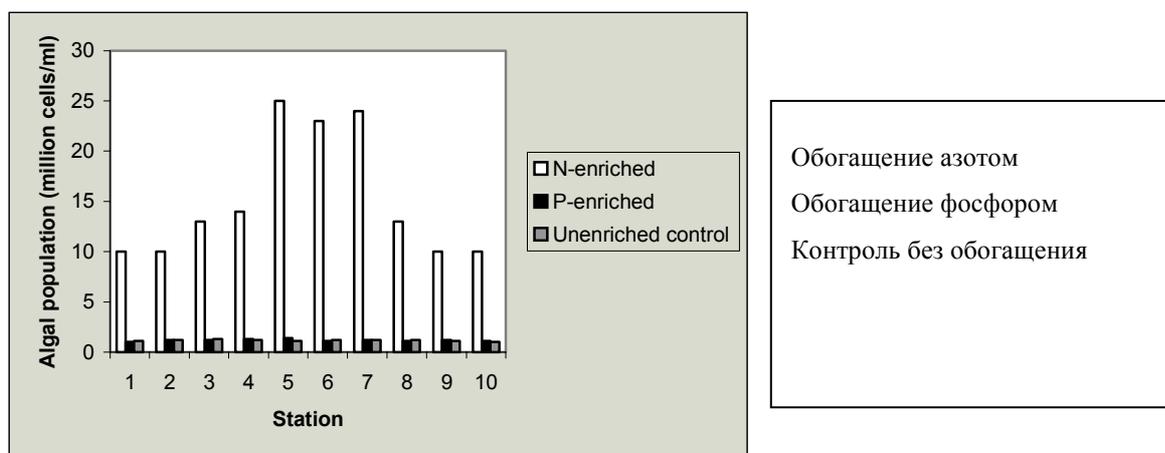


Figure 2



1. Какие вещества (вещество) выделяет завод? Ответ впишите в листе для ответов, используя следующие коды!

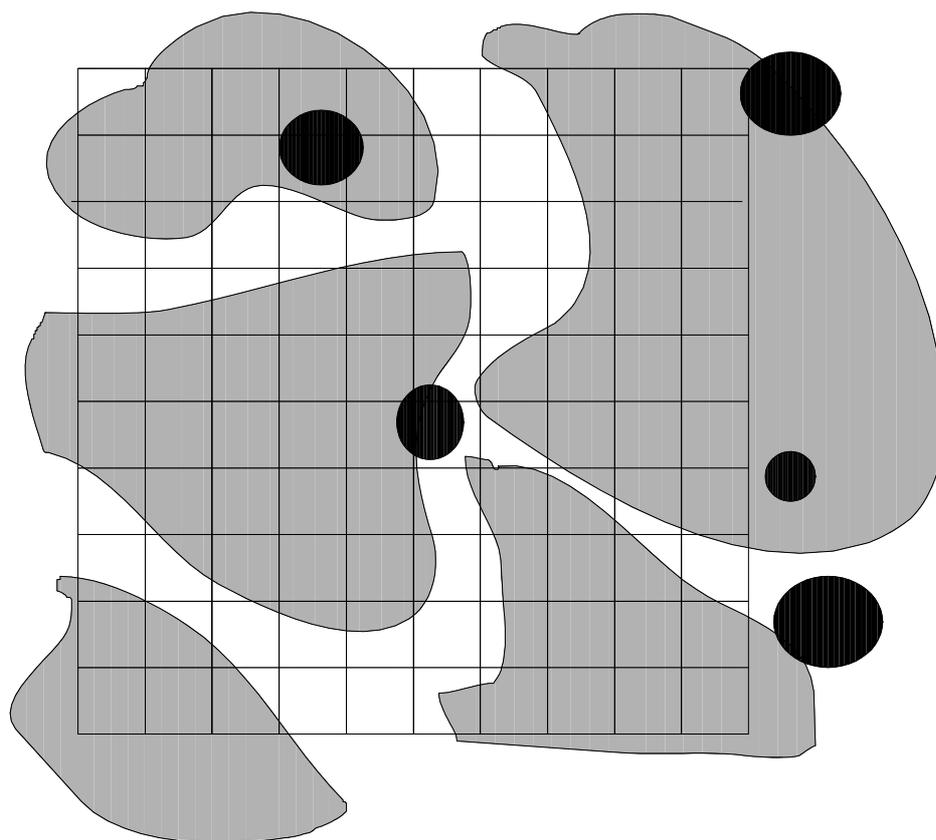
**Коды:**

**X.** Фитопланктон, **Y.** Зоопланктон, **Z.** Азот, **W.** Фосфор, **S.** Органические вещества

2. Какое питательное вещество (**A**) в основном ограничивает рост популяции? Какой другой фактор (**B**) ограничивает рост популяции?

(3 балла)

В 35.



На диаграмме изображен участок леса площадью 10м x 10 м. Лес состоит из двух видов деревьев. Участки с видом X на диаграмме закрашен серой краской, вид Y - черной.

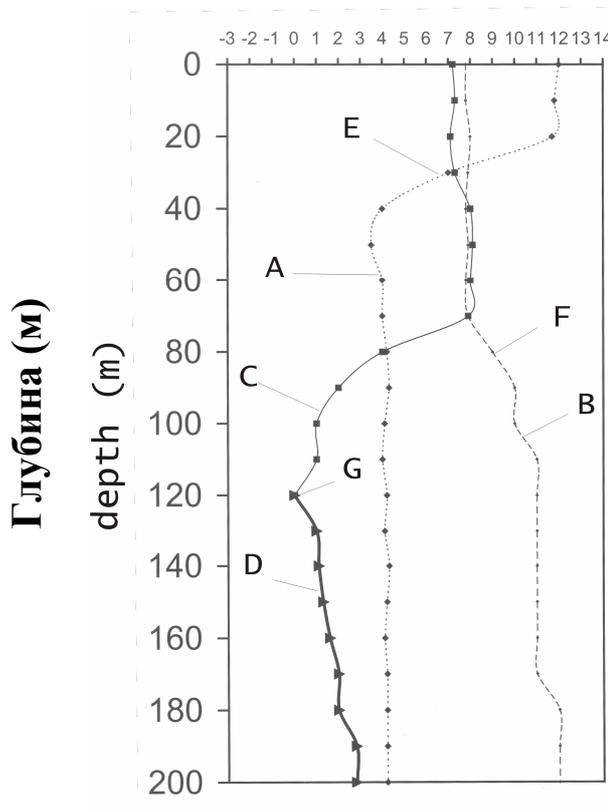
Координатная сетка на плане имеет шаг 1м.

1. Подсчитать процент встречаемости видов X и Y при использовании квадратов 2м x 2м! Впишите правильный ответ в листе для ответов!
2. Подсчитать процент встречаемости видов X и Y при использовании квадратов 5м x 5м! Впишите правильный ответ в листе для ответов!

|           |       | Квадрат в 2м x 2м | Квадрат в 5м x 5м |
|-----------|-------|-------------------|-------------------|
| <b>А.</b> | Вид X |                   |                   |
| <b>В.</b> | Вид Y |                   |                   |

(4 балла)

**В 36.** В Балтийском море вода умеренно соленая, при чем соленая вода в нее поступает из Северного моря, а пресная вода – из рек. Водообмен в нижних слоях намного выше, чем в верхних слоях. Летом характерно расслоение воды. В рисунке показан профиль глубины воды в июле – концентрация кислорода (мг/л), концентрация сероводорода (мг/л), соленость воды (промиле) и температура воды – в разных слоях воды.



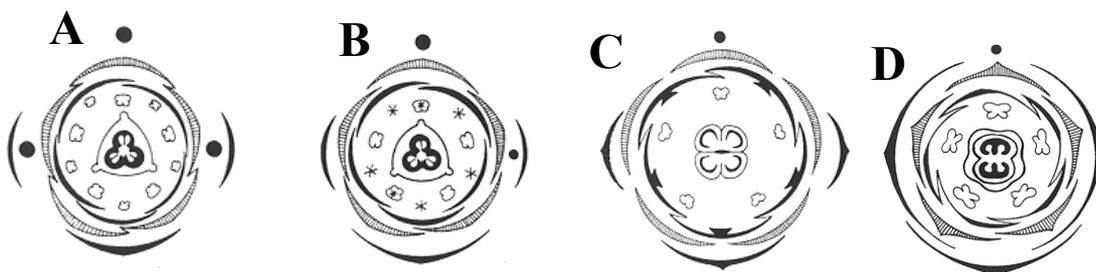
Впишите в таблицу в листе для ответов, какие из букв– А, В, С и D - обозначают концентрацию сероводорода, соленость воды и температуру воды, а какие - Е, F и G – обозначают галоклин, редоксиклин и термоклин!

|    |                           |  |
|----|---------------------------|--|
| 1. | концентрация кислорода    |  |
| 2. | концентрация сероводорода |  |
| 3. | соленость                 |  |
| 4. | температура               |  |
| 5. | галоклин                  |  |
| 6. | редоксиклин               |  |
| 7. | термоклин                 |  |

(7 баллов)

## Биосистематика

В 37. На рисунках показаны диаграммы цветков.



Какие формулы цветков соответствуют диаграммам. Запишите в листе для ответов буквы (A-D).

|   | Формулы цветков  | Буква |
|---|--|-------|
| 1 | $\oplus \text{♀ Ca}_{(5)} \text{Co}_5 \text{A}_{5+5} \text{G}_{(3)}$ |       |
| 2 | $\oplus \text{♂ Ca}_{(5)} \text{Co}_{(5)} \text{A}_{(5)}$            |       |
| 3 | $\oplus \text{♀ Ca}_5 \text{Co}_5 \text{A}_{0+5} \text{G}_{(3)}$     |       |
| 4 | $\oplus \text{♀ Ca}_5 \text{Co}_{(5)} \text{A}_5 \text{G}_{(2)}$     |       |
| 5 | $\oplus \text{♀ Ca}_5 \text{Co}_{(5)} \text{A}_5 \text{G}_{(4)}$     |       |

(2 балла)

В 38. На рисунке изображено семя (1) или плод (2). Определите, что изображено на рисунке и запишите в листе для ответов соответствующую цифру (1 или 2).



A. *Prunus*



B. *Ginkgo*



C. *Taxus*



D. *Quercus*

(2 балла)

**В 41.** Ниже представлены таксономические, морфологические и биологические признаки двух беспозвоночных. В листе для ответов запишите соответствующий номер кода!

**А. Простейшие**

Отсутствует жгутик или реснички

Сложный жизненный цикл

Внутриклеточный паразит

Имеется промежуточный хозяин

**В. Членистоногие**

Вторично редуцированные крылья

Развитие с неполным превращением

Эктопаразит млекопитающих

Промежуточный хозяин отсутствует

|       |
|-------|
| ..... |
|-------|

|       |
|-------|
| ..... |
|-------|

**Коды:** 1. *Plasmodium*

2. Дизентерийная амеба

3. *Paratmaecium*

4. *Trypanosoma*

5. Клещ

6. Блоха

7. Вошь

8. Паук

(2 балла)

**В 42.** Большинство птиц приступают к насиживанию, когда откладывание яиц завершено. Однако существуют виды, которые приступают к насиживанию уже после откладки первого яйца, поэтому птенцы вылупляются в разное время. К таким птицам принадлежат главным образом дневные и ночные хищные птицы (Falconiformes, Strigiformes).

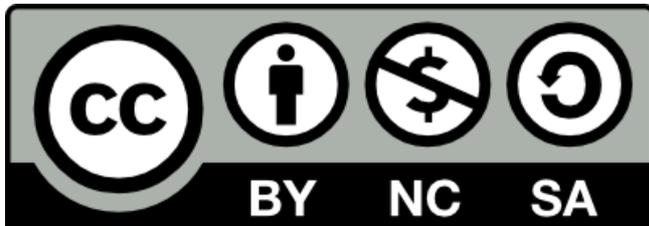
Отметьте крестиками в таблице в листе для ответов, какие из следующих утверждений соответствуют действительности!

|           |  |  |
|-----------|--|--|
| <b>А.</b> | Пищевые ресурсы хищных птиц, а также возможное количество выращенных птенцов в разные годы существенно различаются                           |  |
| <b>В.</b> | Младших птенцов в гнезде родители кормят чаще и они в процессе развития догоняют старших   |  |
| <b>С.</b> | Хищные птицы выкармливают столько птенцов из всего выводка, сколько позволяют пищевые ресурсы в данном сезоне гнездования                    |  |
| <b>Д.</b> | В годы с недостаточными пищевыми ресурсами корм получают главным образом старшие птенцы, в то время как младшие («запасные птенцы») погибают |  |
| <b>Е.</b> | Старшие птенцы помогают кормить младших  |  |
| <b>Ф.</b> | В гнезде не хватает места для нескольких взрослых птенцов одновременно, поэтому они растут и вылетают постепенно                             |  |
| <b>Г.</b> | Для существования вида один птенец, достигший репродуктивный возраст, важнее нескольких неполноценно развитых птенцов                        |  |
| <b>Н.</b> | Для существования вида значительнее всего количество вылетевших птенцов, а не их качество  |  |

(2 балла)



All IBO examination questions are published under the following Creative Commons license:



CC BY-NC-SA (Attribution-NonCommercial-ShareAlike) - <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

The exam papers can be used freely for educational purposes as long as IBO is credited and new creations are licensed under identical terms. No commercial use is allowed.

## Part B

Please read carefully all the instructions!

For questions with multiple correct answers, you will be penalised for additional incorrect responses.

Only the calculators which were provided with the Olympiad materials are permitted.

Mark all the correct answers in the answer sheet! **The jury will check only the answer sheet!**

### Cell Biology

**B 1.** The dependence of the initial reaction rate on substrate concentration for 3 different enzymes (**X, Y and Z**) is given in the table:

| Substrate concentration<br>(arbitrary units) | Initial rate (arbitrary units) |      |       |
|--|--------------------------------|------|-------|
|  | X                              | Y    | Z     |
| 1  | 0.92                           | 0.91 | 0.032 |
| 2  | 1.67                           | 1.67 | 0.176 |
| 4  | 2.85                           | 2.86 | 0.919 |
| 6  | 3.75                           | 3.75 | 2.180 |
| 8  | 4.40                           | 4.44 | 3.640 |
| 10   | 4.90                           | 5.00 | 5.000 |
| 15   | 5.80                           | 6.00 | 7.337 |
| 20   | 6.23                           | 6.67 | 8.498 |
| 30   | 6.80                           | 7.50 | 9.397 |
| 50   | 6.00                           | 8.33 | 9.824 |
| 100  | 4.20                           | 9.09 | 9.968 |

1. Plot the initial rates versus substrate concentrations on the answer sheet! (*1 point*)
2. Which enzyme (X, Y or Z) is a regulatory enzyme with a co-operative behaviour? (*1 point*)
3. Which of the enzymes (X, Y or Z) is inhibited by its own substrate? (*1 point*)

**13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B**

**B 2.** For an exponentially growing culture of microorganisms the specific growth rate ( $\mu$ ) is a parameter, that gives the cell biomass (g) synthesized per gram of existing cell biomass per unit of time (usually, per hour). This rate ( $\mu$ ) is inversely related to the doubling time of the culture,  $t_d$ :  $\mu = \ln 2/t_d \approx 0.7/t_d$ . Hence, the shorter the doubling time of cells, the higher is the specific growth rate of the culture.

Two microorganisms, A and B, were inoculated each in a fresh growth medium with an initial optical density (OD) of 0.1. A lag phase of 1 hr duration was observed for both cultures. Three hours after inoculation, the OD of culture A was 0.4, while that of the culture B was 1.6.

1. Estimate the specific growth rate for culture A
2. Estimate the specific growth rate for culture B *(2 points)*

**B 3.** Calculate the intracellular millimolar (mM) concentration of potassium in *Escherichia coli*, if the measured potassium content is 7.8 micrograms per milligram of dry cell mass.

Assume all potassium ions are free in the cytosol (not bound to macromolecules), and that the intracellular volume is 2 microlitres per milligram of dry cell mass. The atomic weight of potassium is 39 Daltons. *(1 point)*

**B 4.** A species of fungus can dissimilate glucose and produce ATP in two ways.

Aerobically:  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6 CO_2 + 6 H_2O$ ,

Anaerobically:  $C_6H_{12}O_6 = 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$

This fungus is cultivated in a glucose-containing medium. Half of the total ATP production is anaerobic.

1. What is the ratio between the rates of aerobic and anaerobic catabolism of glucose?

*(Continuation see on the next page)*

**13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B**

**2.** What is the expected oxygen consumption (moles per mole of consumed glucose)?

**3.** What is the expected CO<sub>2</sub> evolution (moles per mole of consumed glucose)?

For calculations, assume that glucose is fermented via the usual Embden-Meyerhof-Parnas glycolytic pathway, and that oxidative phosphorylation proceeds with maximum efficiency.

**(3 points)**

**B 5.** For the bacteria *Bacillus subtilis*, several auxotrophic mutants have been obtained which need addition of aspartate, threonine or methionine to the growth medium.

| Mutant | Amino acid precursors that are not synthesized by the mutant                   | Amino acid needed for growth                | Metabolite, accumulating in the medium |
|--------|--|---|--|
| aspA   |  | <b>4.</b> Aspartate                         | <b>7.</b> Fumarate                     |
| metA   | <b>1.</b> Homocystein  | <b>5.</b> Methionine                        | <b>3.</b> Homoserine                   |
| metH   |  | <b>5.</b> Methionine                        | <b>1.</b> Homocystein                  |
| thrC   |  | <b>6.</b> Threonine                         | <b>2.</b> Homoserinephosphate          |
| thrB   | <b>2.</b> Homoserinephosphate  | <b>6.</b> Threonine                         | <b>3.</b> Homoserine                   |
| thrA   | <b>3.</b> Homoserine<br><b>2.</b> Homoserinephosphate<br><b>1.</b> Homocystein | <b>6.</b> Threonine<br><b>5.</b> Methionine | <b>4.</b> Aspartate                    |

**1.** What is the biosynthetic pathway for methionine biosynthesis?

**2.** What is the biosynthetic pathway for aspartate biosynthesis?

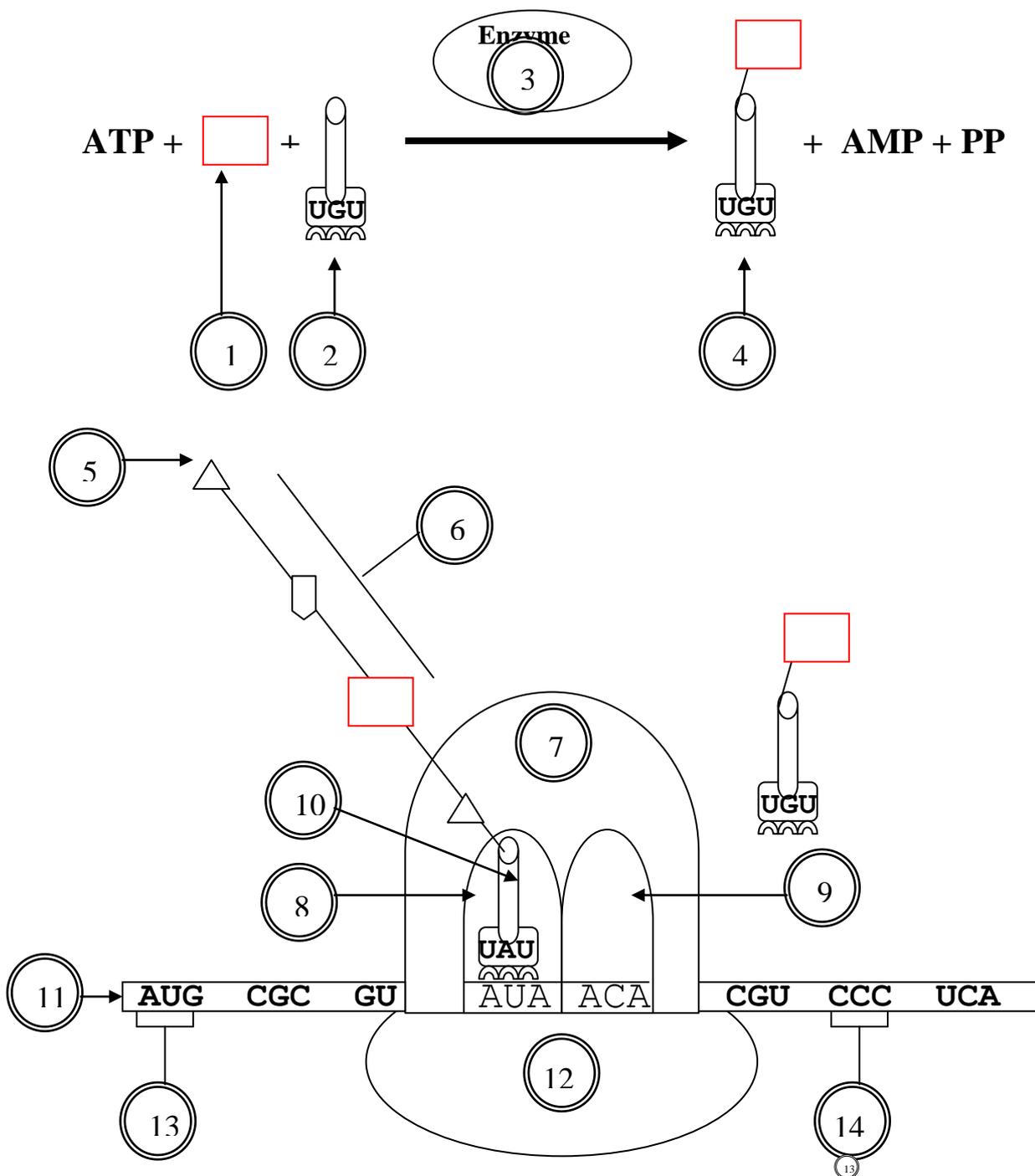
**3.** What is the biosynthetic pathway for threonine biosynthesis?

Indicate the pathway with appropriate numbers from the table (1-7) and arrows in the answer sheet!

**(3 points)**

**B6.** Before a lecture, an assistant noticed that comments on an important diagram are lost. He found many of terms in a textbook, including some which were unrelated to this diagram.

1. Please help the assistant to locate the correct terms for this diagram and to place the appropriate numeric labels in the table in the answer sheet.



(Continuation see on the next page)

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

|            | <b>Term</b>                     | <b>Number</b> |            | <b>Term</b>                     | <b>Number</b> |
|------------|---------------------------------|---------------|------------|---------------------------------|---------------|
| <b>A-1</b> | Amino acid                      |               | <b>A-2</b> | Growing polypeptide             |               |
| <b>B-1</b> | Pentose                         |               | <b>B-2</b> | Growing DNA strand              |               |
| <b>C-1</b> | Fatty acid                      |               | <b>C-2</b> | Growing RNA strand              |               |
| <b>D-1</b> | Small ribosomal subunit         |               | <b>D-2</b> | Alpha subunit of RNA polymerase |               |
| <b>E-1</b> | tRNA                            |               | <b>E-2</b> | Nuclear pore                    |               |
| <b>F-1</b> | IgG                             |               | <b>F-2</b> | P site                          |               |
| <b>G-1</b> | Receptor                        |               | <b>G-2</b> | Centriole                       |               |
| <b>H-1</b> | Aminoacyl-tRNA synthetase       |               | <b>H-2</b> | Large ribosomal subunit         |               |
| <b>I-1</b> | Protein kinase                  |               | <b>I-2</b> | A-site                          |               |
| <b>J-1</b> | Glucokinase                     |               | <b>J-2</b> | Z-site                          |               |
| <b>K-1</b> | Aminoacyl-tRNA                  |               | <b>K-2</b> | Peptidyl-tRNA                   |               |
| <b>L-1</b> | Inductor                        |               | <b>L-2</b> | DNA polymerase                  |               |
| <b>M-1</b> | Operator                        |               | <b>M-2</b> | Spliceosome                     |               |
| <b>N-1</b> | N - end                         |               | <b>N-2</b> | Adenylate cyclase               |               |
| <b>O-1</b> | C - end                         |               | <b>O-2</b> | Capsomer                        |               |
| <b>P-1</b> | 5` - end                        |               | <b>P-2</b> | Single stranded DNA             |               |
| <b>R-1</b> | 3` - end                        |               | <b>R-2</b> | Codon                           |               |
| <b>S-1</b> | Nucleotide                      |               | <b>S-2</b> | Initiation codon                |               |
| <b>T-1</b> | Lysosome                        |               | <b>T-2</b> | Gene                            |               |
| <b>U-1</b> | Sigma subunit of RNA polymerase |               | <b>U-2</b> | Terminal transferase            |               |

(Continuation see on the next page)

2. Which component of this diagram has (give the number) peptidyl transferase activity?

( 5 points)

**B 7.** The growth of bacteria is studied. For a period of exactly one duplication, the sample is moved from an environment with a light nitrogen isotope ( $^{14}\text{N}$ ) to an environment with heavy nitrogen isotope ( $^{15}\text{N}$ ). After this the sample is again transferred to the environment with light nitrogen for a period of two duplications.

1. What is the composition of double-stranded DNA (in %) of light and heavy nitrogen isotopes after the experiment?

| A. Only light | B. In between | C. Only heavy |
|---------------|---------------|---------------|
|               |               |               |

From these cells two types of mRNA {mRNA (A) and mRNA (B), respectively, expressed from two different genes} were isolated. Both mRNAs were found to contain an identical number of nucleotides. The nucleotide composition of each mRNA was estimated as (see the table).

| mRNA     | A % | C % | G % | T % | U % |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>A</b> | 17  | 28  | 32  | 0   | 23  |
| <b>B</b> | 27  | 13  | 27  | 0   | 33  |

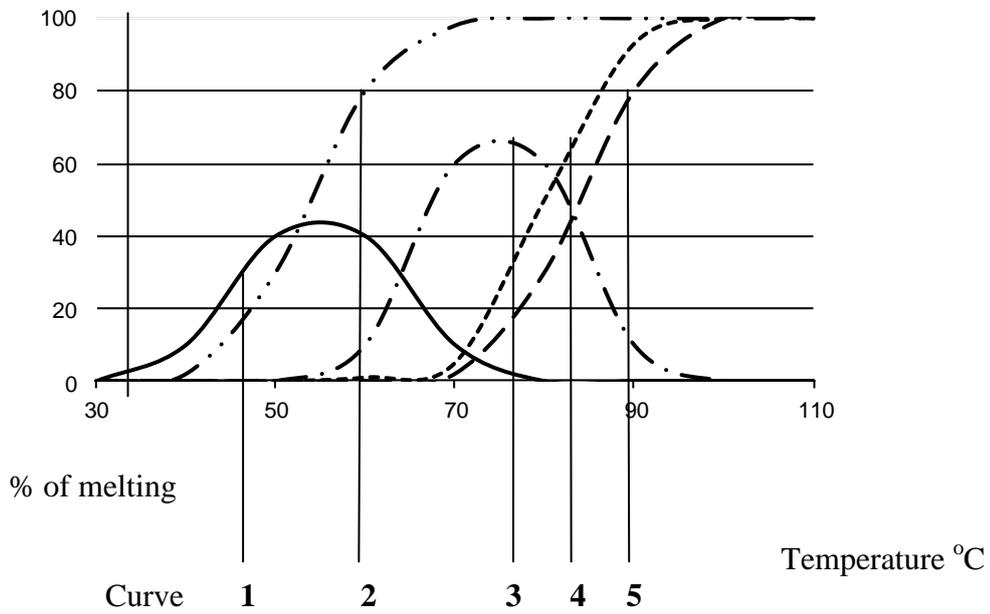
(Continuation see on the next page)

2. What is the nucleotide composition of double-stranded genomic DNA in the coding part of the genes A and B, respectively.

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

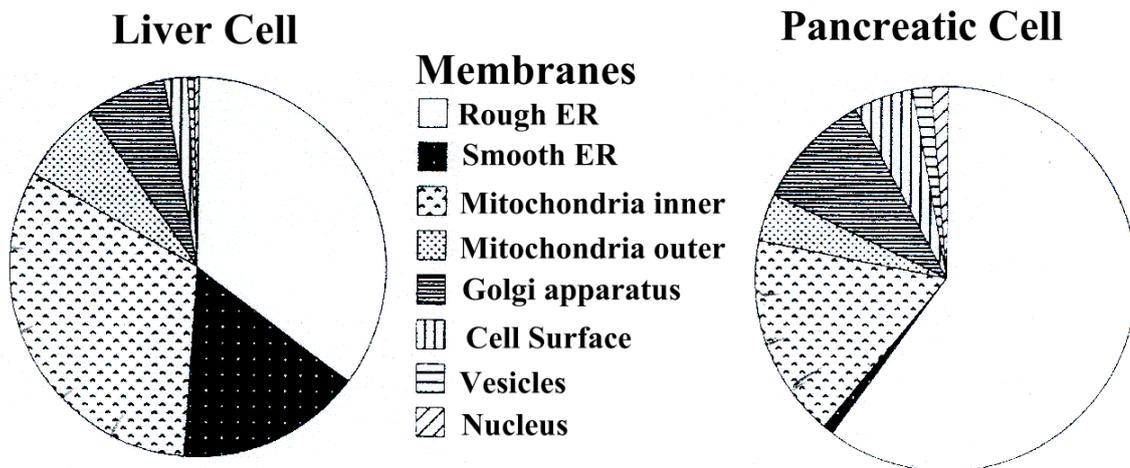
| dsDNA    | A % | C % | G % | T % | U % |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>A</b> |     |     |     |     |     |
| <b>B</b> |     |     |     |     |     |

3. What curve in the plot below represents the DNA melting profile of the coding part of genes A and B, respectively?



(3 points)

**B 8.**



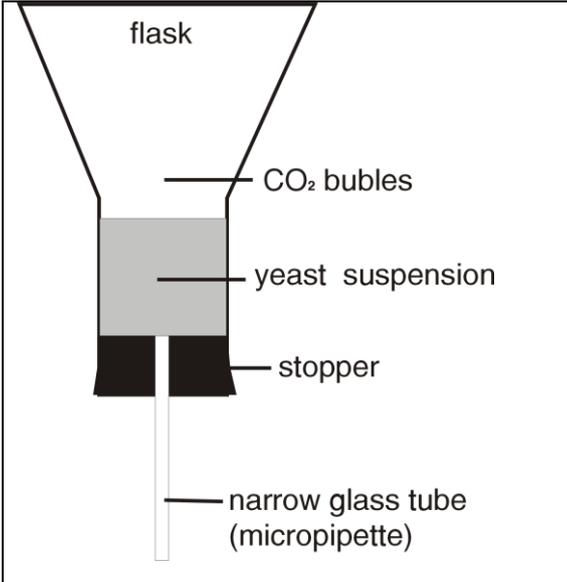
[Source: B. Alberts *et al.*, *The Cell* (1989)]

The pie charts show the relative amounts of types of membrane found in two types of cells.

Suggest, why liver cells (answer **1**) possess significantly more smooth ER, while pancreatic cells (answer **2**) have more rough ER. Chose the correct statements (**A to E**) from the left column and pair them with the appropriate numbers (**1 to 5**) from the right column.

|           | Process                           | Structure                                    | Number   |
|-----------|-----------------------------------|--|----------|
| <b>A.</b> | Higher synthesis of lipids        | In nuclear membrane of pancreatic cells      | <b>1</b> |
| <b>B.</b> | Higher proteolytic activity       | In glycogen particles of liver cells         | <b>2</b> |
| <b>C.</b> | Higher lipolytic activity         | In endoplasmic reticulum of pancreatic cells | <b>3</b> |
| <b>D.</b> | Higher protein-secretory activity | In mitochondria of liver cells               | <b>4</b> |
| <b>E.</b> | Higher ATP-synthesizing activity  | In endoplasmic reticulum of liver cells      | <b>5</b> |

(2 points)



**B9.** The diagram shows an apparatus made by a student to investigate the effect of temperature on the activity of ethanol fermentation of yeast. The conical flask contains 2.5 g yeast suspended in 2% sucrose solution. The meniscus moves down the glass tube (5ml micropipette) during fermentation.

The table shows the amount of suspension (ml) pushed in the glass tube due to CO<sub>2</sub> accumulation at regular time intervals.

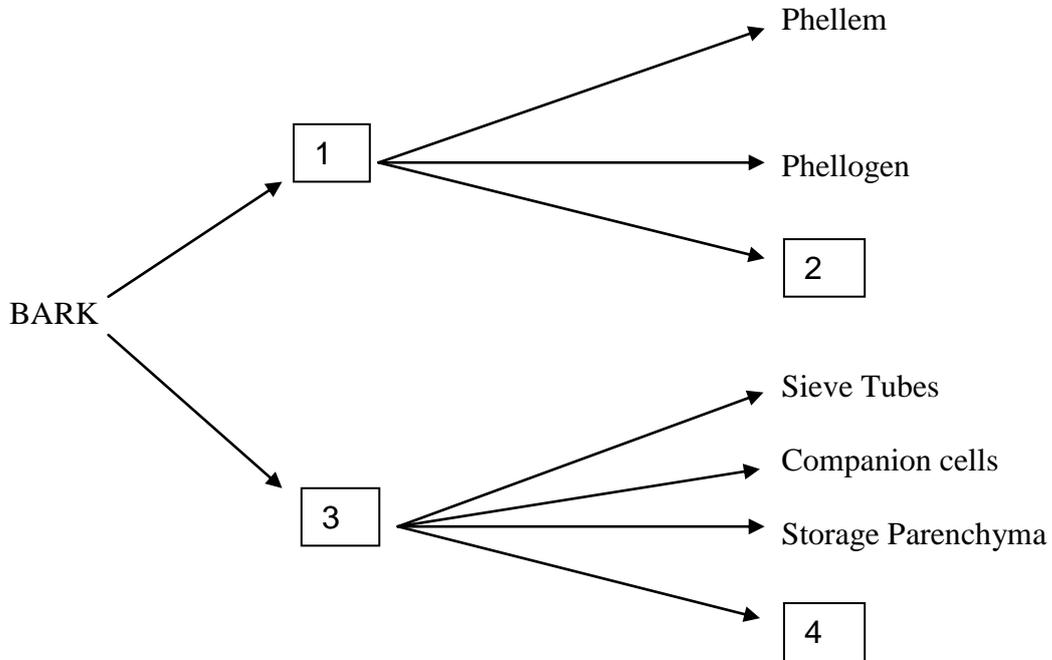
| Time (min.) | 4 <sup>o</sup> C | 10 <sup>o</sup> C | 20 <sup>o</sup> C | 35 <sup>o</sup> C | 55 <sup>o</sup> C |
|-------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1           | 0                | 0.2               | 0.4               | 0.7               | 0                 |
| 2           | 0                | 1.0               | 1.3               | 1.2               | 0.1               |
| 3           | 0.1              | 1.9               | 2.2               | 2.8               | 0.2               |
| 4           | 0.2              | 3.1               | 3.3               | 4.4               | 0.3               |
| 5           | 0.3              | 4.0               | NO RESULT         | NO RESULT         | 0.4               |

- Plot the data on CO<sub>2</sub> accumulation at different temperatures.
- Estimate the average rate of CO<sub>2</sub> production (ml CO<sub>2</sub>/min) for the yeast suspension at 20<sup>o</sup> C using the values obtained in the period between 2 and 4 minutes.
- Estimate the specific rate of CO<sub>2</sub> generation (millimoles CO<sub>2</sub>/(min g)) at 20<sup>o</sup> C.
- What would be the specific rate of ethanol accumulation (millimoles ethanol / (min g)), if the fermentation follows the equation?  $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

**(4 points)**

## Plant Anatomy and Physiology

**B 10.** Write the numbers (each number can be used only once) of the unnamed structures in the appropriate boxes in the table in the answer sheet.

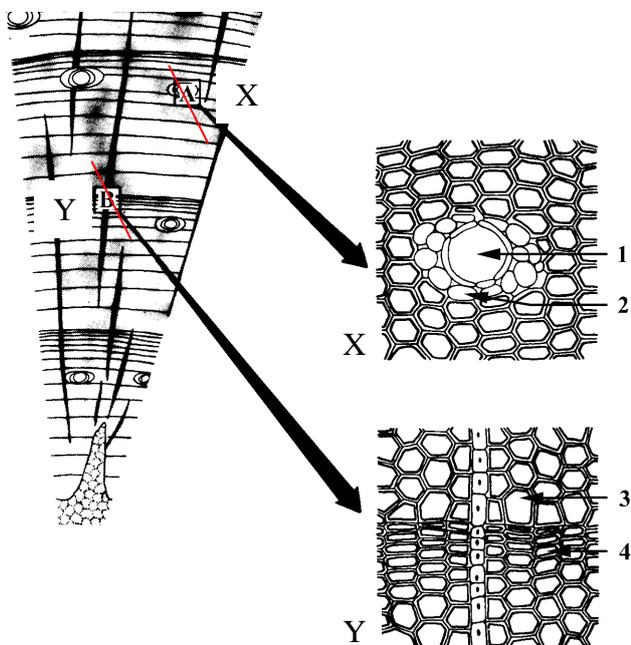


|           | Structures       | Number |
|-----------|------------------|--------|
| <b>A.</b> | Periderm         |        |
| <b>B.</b> | Primary phloem   |        |
| <b>C.</b> | Phloem fibers    |        |
| <b>D.</b> | Phelloblast      |        |
| <b>E.</b> | Phelloderm       |        |
| <b>F.</b> | Secondary phloem |        |
| <b>G.</b> | Tracheids        |        |

( 2 points)

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

**B 11.** The figure shows a cross section of gymnosperm stem wood. Write in the table in the answer sheet the appropriate numbers (each number can be used only once) of corresponding plant structures.



|           | Plant structure  | Number |
|-----------|------------------|--------|
| <b>A.</b> | Early wood       | 3      |
| <b>B.</b> | Sieve tube       |        |
| <b>C.</b> | Latewood         | 4      |
| <b>D.</b> | Resin duct       | 1      |
| <b>E.</b> | Companion cell   |        |
| <b>F.</b> | Xylem parenchyma | 2      |

(2 points)

**13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B**

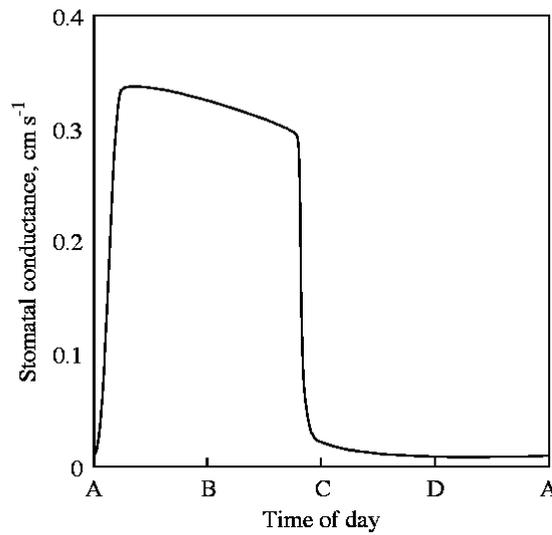
**B 12.** The following features pertain to specific structures and processes in plants. Write the number that corresponds to appropriate structure in the table in the answer sheet!

1. Regulates the inward flow of ions into the roots
2. A plastid which develops in a plant when it is kept in the dark
3. A cell type which provides the main support in gymnosperm wood
4. Provides water movement horizontally across the stem

|           | <b>Plant structure</b> | <b>Number</b> |
|-----------|------------------------|---------------|
| <b>A.</b> | Tracheids              |               |
| <b>B.</b> | Epidermis              |               |
| <b>C.</b> | Endodermis             |               |
| <b>D.</b> | Resin duct             |               |
| <b>E.</b> | Rays                   |               |
| <b>F.</b> | Leucoplast             |               |
| <b>G.</b> | Etioplast              |               |

*(2 points)*

**B 14.** The diurnal curve indicates the stomatal opening for a typical C3 plant.

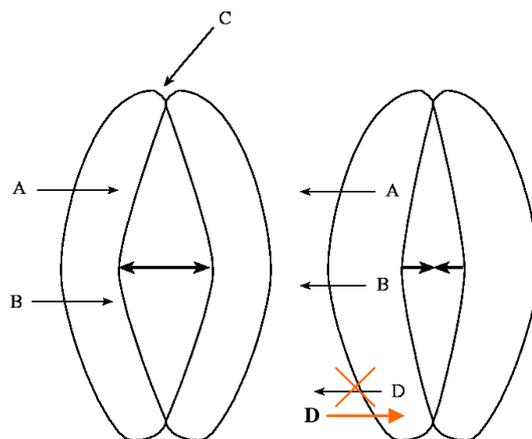


Stomatal conductance is an indication of the capacity for diffusion through stomata and an indirect measurement of stomatal opening. A stomatal conductance of zero indicates that stomata are closed (i.e., there is no transpiration).

1. Indicate the times of day in the diagram and mark them on the answer sheet, using the codes:.

1. Midnight    2. Noon    3. 6:00 a.m.    4. 6:00 p.m

|   |  |
|---|--|
| A |  |
| B |  |
| C |  |
| D |  |



Stomatal opening vs. closure is regulated through several internal and external factors.

*(Continuation see on the next page)*

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

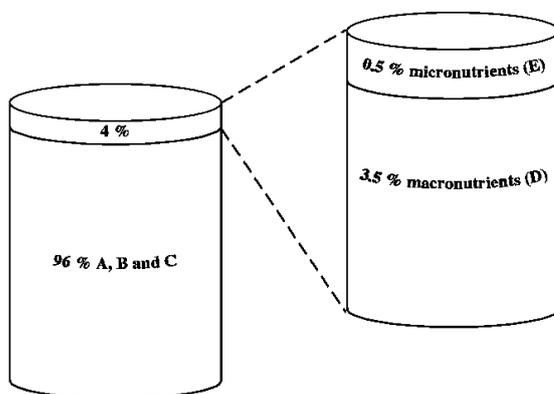
2. Indicate and mark in the answer sheet, which of the following corresponds to the factors depicted in the picture. Use the given code:

1. CO<sub>2</sub>      2. Light      3. Ca<sup>2+</sup>      4. Abscisic acid      5. K<sup>+</sup>      6. H<sub>2</sub>O

|                |  |
|----------------|--|
| <b>A and B</b> |  |
| <b>C</b>       |  |
| <b>D</b>       |  |

(4 points)

**B 15.** Plants require 16 essential elements - boron (1), calcium (2), carbon (3), chlorine (4), copper (5), hydrogen (6), iron (7), magnesium (8), manganese (9), molybdenum (10), nitrogen (11), oxygen (12), phosphorus (13), potassium (14), sulfur (15), zinc (16). The proportional masses of various elements in plants are shown.



1. Indicate the numbers in the answer sheet, corresponding to each element in the table.

|                |  |
|----------------|--|
| <b>A, B, C</b> |  |
| <b>D</b>       |  |
| <b>E</b>       |  |

( 3 points)

## Animal Anatomy and Physiology

**B 16.** The Figure shows the overall fluid balance in the human gastrointestinal tract.

Calculate three volumes (**X**, **Y** and **Z**) and write them in the answer sheet.

**Volume of fluids absorbed in the gastrointestinal tract or excreted during 24 hours.**

.....

Small intestine absorbs **X ml**

.....

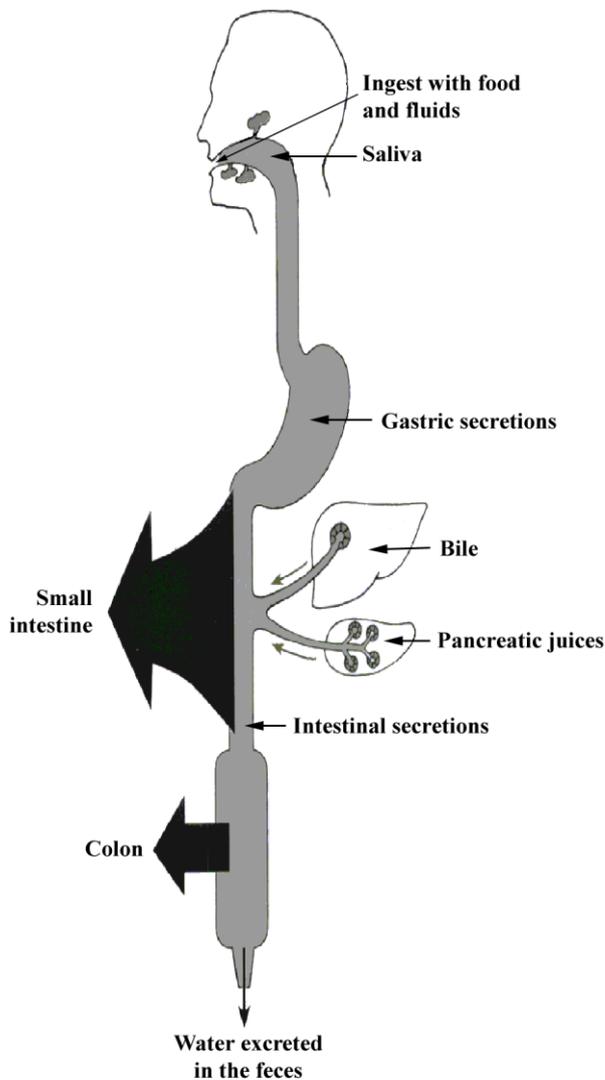
Colon absorbs **1 000 ml**

.....

Water excretion in the faeces **100 ml**

.....

Sum: **Y ml**



**Volume of fluids entering the gastrointestinal tract during 24 hours.**

.....

Ingested with food and fluids **2 000 ml**

.....

Saliva **1 500 ml**

.....

Gastric secretion **2 000 ml**

.....

Bile **500 ml**

.....

Pancreatic juice **Z ml**

.....

Intestinal secretion **1 500 ml**

.....

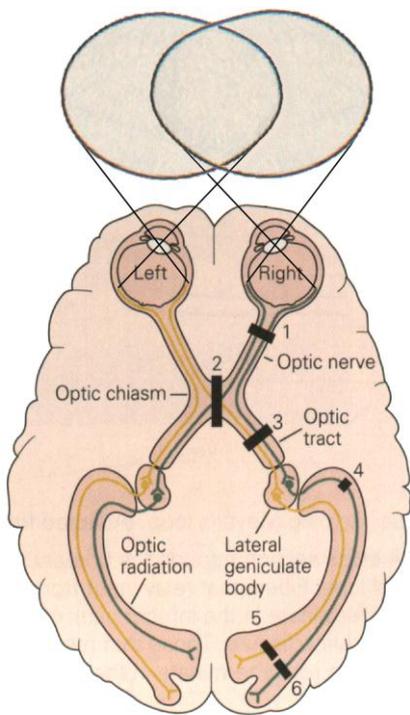
Sum: **9 000 ml**

(1 point)

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

**B 17.** Lesions in various points in the visual pathway produce deficits at the visual field. The level of a lesion can be determined by the specific deficit in the visual field. In the diagram of the cortex the numbers along the visual pathway indicate the sites of lesions. The deficits that result from lesions are shown as black areas in the visual field maps on the right.

Choose the corresponding deficits that result from lesions at each site and write the numbers of the lesion sites in table in the answer sheet!

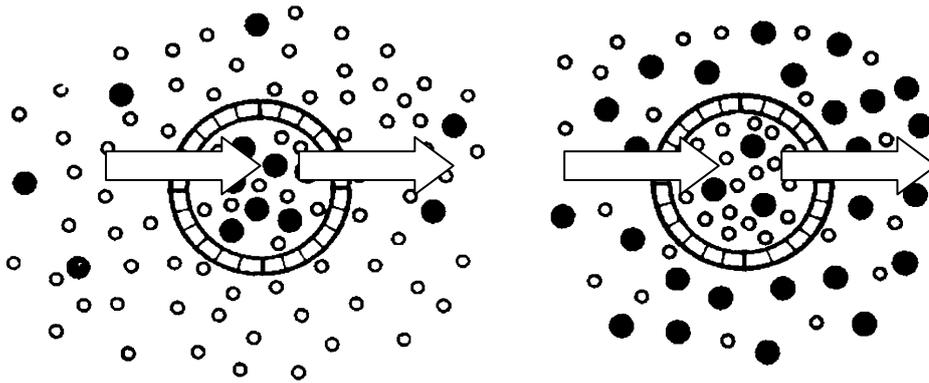


| Defects in visual field of |           |           | Number of lesion site |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------------------|
| Left eye                   | Right eye |           |                       |
|                            |           | <b>A.</b> |                       |
|                            |           |           |                       |
|                            |           |           |                       |
|                            |           | <b>D.</b> |                       |
|                            |           | <b>E.</b> |                       |
|                            |           |           |                       |

(3 points)

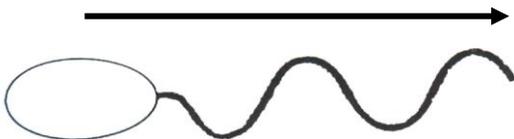
13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

**B 18.** Please color the arrows in the answer sheet that indicate the direction of the water flow through the cell membrane of an erythrocyte. Light circles in the figure show the water molecules, dark circles show the molecules of the dissolved substances.

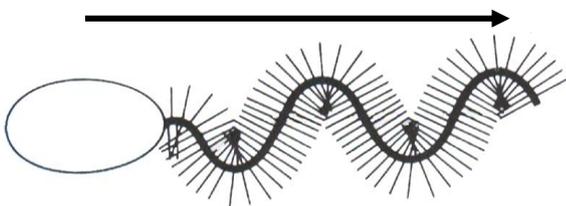


*(1 point)*

**B 19.** Please indicate the direction of the locomotion of protozoan (A) and (B) by arrows in the boxes in the answer sheet. Arrows in the figure indicate the direction of wave caused by ciliary's movement.



A.



B.

*(1 point)*

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

**B 20.** Please mark with crosses in the table in the answer sheet the locations where filtration, reabsorption and secretion take place in the mammal nephron (more than one correct answer per process possible)!

| Process   | 1. Renal corpuscle | 2. Proximal convoluted tubule | 3. Henle loop | 4. Distal convoluted tubule | 5. Late distal tubule and collecting duct |
|---|--------------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------|---|
| A. Filtration of fluid that is isotonic to blood  |                    |                               |               |                             |   |
| B. Reabsorption of water, Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , glucose, amino acids, Cl <sup>-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , urea |                    |                               |               |                             |   |
| C. Reabsorption of water, Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> and Cl <sup>-</sup>  |                    |                               |               |                             |   |
| D. Reabsorption of water, Na <sup>+</sup> and Cl <sup>-</sup>   |                    |                               |               |                             |   |
| E. Reabsorption of water, Na <sup>+</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> and urea  |                    |                               |               |                             |   |

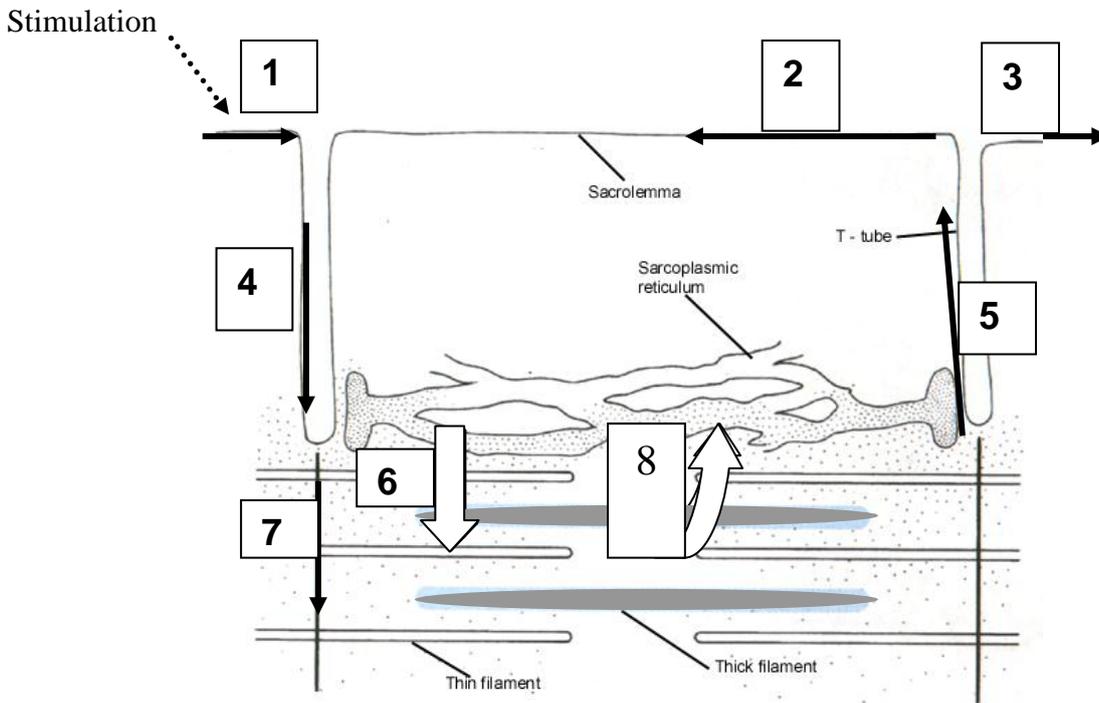
*(Continuation see on the next page)*

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| F. Secretion<br>of H <sup>+</sup> and K <sup>+</sup>  |  |  |  |  |  |
| G. Secretion<br>of H <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ,<br>urea, and<br>creatinine |  |  |  |  |  |
| H. Secretion<br>of urea   |  |  |  |  |  |

*(5 points)*

**B 22.** Arrange in the answer sheet in the correct sequence the arrows (choose from 1-8) that characterize the sequence of events in stimulation and contraction of muscle. The black arrows indicate propagation of excitation (action potential) in the membranes; the white arrows – depolarization - induced  $\text{Ca}^{2+}$  propagation in the sarcoplasm.



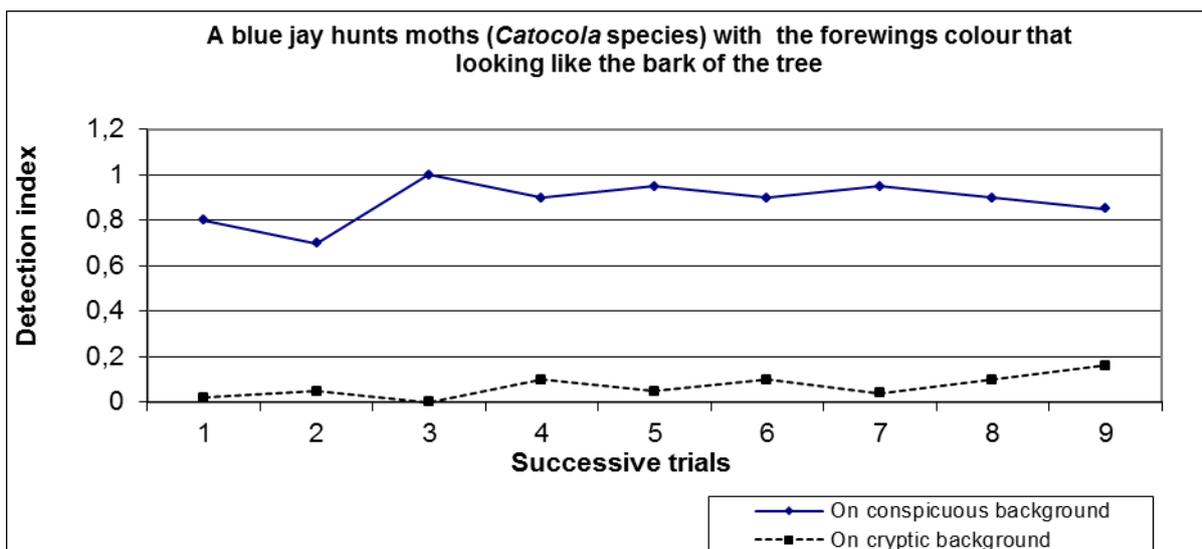
(1 point)

## **Ethology**

**B 25.** A blue jay actively hunts on different moths (*Catocala*). The hindwings of the moths are often strikingly coloured yellow, orange, red or other color, but the forewings of the moths appear cryptic, looking very much like the bark of the trees on which the moths rest. In other words moths on a cryptic background appears like background. The forewings cover the hindwings, but when they are disturbed, the hindwings are suddenly exposed. On a uniform background the moths are easily seen.

The detection index estimates the ability to spot a moth.

(Continuation see on the next page)



Which statements regarding wing coloration are true? Mark them with crosses in the answer sheet.

**A.** The forewings are coloured to decrease detection of moths by a predator

**13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B**

- B.** The hindwings are brightly coloured without any significance, it is a random feature
- C.** The hindwings' colour may have a "startle" effect on a bird, causing the bird to stop momentarily and thus giving the moth time to escape
- D.** The forewings' cryptic colour does not defend moths completely, because jays learn to see moths on a cryptic background
- E.** Brightly coloured hindwings promote sexual partner recognition
- F.** A predator does not discriminate colours

*(3 points)*

## Genetics and evolution

**B 26.** In fruit fly *Drosophila melanogaster*, there is a dominant gene (**b+**) for grey body colour and another dominant gene (**c+**) for normal wings. The recessive alleles (**b**, **c**) of these two genes result in black body colour and curved wings respectively.

Two students Ada and Donald made crosses to determine the distance between these two genes. Flies with a grey body and normal wings were crossed with flies that had black bodies and curved wings. The results obtained in Ada's and Donald's experiments are shown in the table.



|                                | Grey body,<br>normal wings | Black body,<br>curved wings | Grey body,<br>curved wings | Black body,<br>normal wings |
|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| <b>Ada's<br/>experiment</b>    | 236                        | 253                         | 50                         | 61                          |
| <b>Donald's<br/>experiment</b> | 55                         | 56                          | 241                        | 248                         |

1. What is the distance (in map units) between these two loci? Mark in the answer sheet.

2. What was the genotype of flies with a dominant phenotype in Ada's (**A.**) and Donald's (**B.**) experiment? Give the genotypes and show the linkage phase of genes **b** and **c** in the answer sheet!

A. (Adas's flies)

B. (Donald's flies)

**(3 points)**

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

**B 27.** Several mutations (A, B, C, D) have been found in the coding sequence of a gene.

| Codon | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Wt    | ATG | TGC | CCC | CGA | GTC | GAG | GAC | CTG | AGC | CTG | ACG | AGC |
| A.    | --- | -C- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| B.    | --- | --- | --- | A-- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C.    | --- | --- | --- | --- | A-- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| D.    | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | *-- | --- | --- | --- | --- |

\* Deletion of 1 nucleotide

1. Please translate codons of variants of the given sequence (Wt, A, B, C, D) in one letter codes of amino acids (use table of genetic codes) and place the answers in the table in the answer sheet. **Note:** write ST instead of STOP

|    | Codon |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Wt | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| A. |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| B. |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| C. |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| D. |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

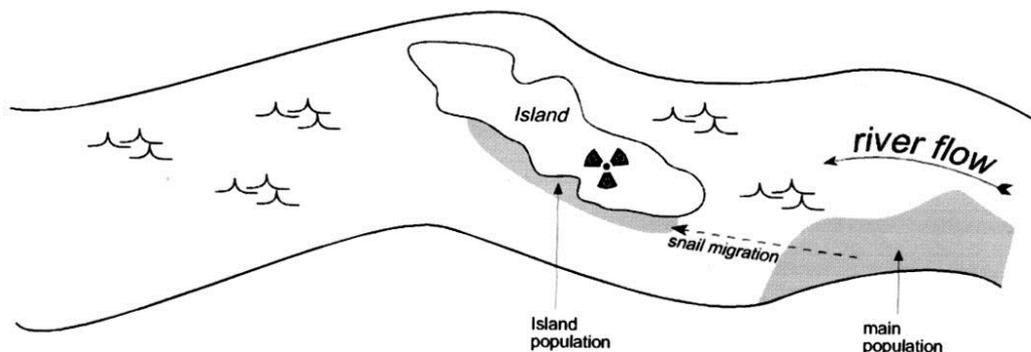
|            |   | Second base |         |     |         |     |         |     |         |   |  |
|------------|---|-------------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|---|--|
|            |   | U           |         | C   |         | A   |         | G   |         |   |  |
| First base | U | UUU         | F (Phe) | UCU | S (Ser) | UAU | Y (Tyr) | UGU | C (Cys) | U |  |
|            |   | UUC         | F (Phe) | UCC | S (Ser) | UAC | Y (Tyr) | UGC | C (Cys) | C |  |
|            |   | UUA         | L (Leu) | UCA | S (Ser) | UAA | STOP    | UGA | STOP    | A |  |
|            |   | UUG         | L (Leu) | UCG | S (Ser) | UAG | STOP    | UGG | W (Trp) | G |  |
|            | C | CUU         | L (Leu) | CCU | P (Pro) | CAU | H (His) | CGU | R (Arg) | U |  |
|            |   | CUC         | L (Leu) | CCC | P (Pro) | CAC | H (His) | CGC | R (Arg) | C |  |
|            |   | CUA         | L (Leu) | CCA | P (Pro) | CAA | Q (Gln) | CGA | R (Arg) | A |  |
|            |   | CUG         | L (Leu) | CCG | P (Pro) | CAG | Q (Gln) | CGG | R (Arg) | G |  |
|            | A | AUU         | I (Ile) | ACU | T (Thr) | AAU | N (Asn) | AGU | S (Ser) | U |  |
|            |   | AUC         | I (Ile) | ACC | T (Thr) | AAC | N (Asn) | AGC | S (Ser) | C |  |
|            |   | AUA         | I (Ile) | ACA | T (Thr) | AAA | K (Lys) | AGA | R (Arg) | A |  |
|            |   | AUG         | M (Met) | ACG | T (Thr) | AAG | K (Lys) | AGG | R (Arg) | G |  |
|            | G | GUU         | V (Val) | GCU | A (Ala) | GAU | D (asp) | GGU | G (Gly) | U |  |
|            |   | GUC         | V (Val) | GCC | A (Ala) | GAC | D (asp) | GGC | G (Gly) | C |  |
|            |   | GUA         | V (Val) | GCA | A (Ala) | GAA | E (Glu) | GGA | G (Gly) | A |  |
|            |   | GUG         | V (Val) | GCG | A (Ala) | GAG | E (Glu) | GGG | G (Gly) | G |  |

2. Please arrange in the answer sheet the mutations (A-D) in an order, which shows their influence on protein functions starting from the most deleterious mutation.

(4 points)

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

**B 28.** A river has two populations of snails; a large population just off the left bank (main population), and a much smaller one downstream near an island (island population). Consider a locus that has two alleles, **G** and **g**, in the island population, but is fixed for the **G** allele in the main population. Let  $p$  be the frequency of the **G** allele in the island population.



Because of river flow, migration occurs from the large population to the island, but not the reverse. Assume  $p = 0.6$  before migration. After migration 12% of the island's snails originated from the main population.

1. Calculate  $p$  after the migration!

Following the wave of migration, the island snails reproduce. For some reason, the island snails, including the new immigrants, have a much higher mutation rate than the main population. The mutation rate of **G**  $\rightarrow$  **g** in the island population is 0.003, and there is essentially no reverse mutation (mutation in the main population is rare, and can also be ignored).

2. Calculate  $p$  in the next generation of island snails?

(2 points)

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

**B 29.** In a specific population, genotype frequencies have been estimated before and after selection.

|  | <b>a<sub>1</sub>a<sub>1</sub></b> | <b>a<sub>1</sub>a<sub>2</sub></b> | <b>a<sub>2</sub>a<sub>2</sub></b> |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Frequency before selection (generation F<sub>0</sub>)</b> | 0.25                              | 0.50                              | 0.25                              |
| <b>Frequency after selection (generation F<sub>1</sub>)</b>  | 0.35                              | 0.48                              | 0.17                              |

1. Calculate the selection coefficient of each genotype (a<sub>1</sub>a<sub>1</sub>, a<sub>1</sub>a<sub>2</sub>, a<sub>2</sub>a<sub>2</sub>) and write the answer in the answer sheet!

2. Against which genotype is selection the strongest? Write the answer in the answer sheet!

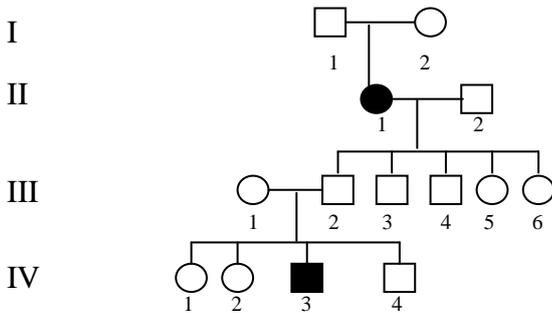
**(2 points)**

**B 30.** Expression of some autosomal genes depends on whether that gene came from male or female parent. These are so called imprinted genes (imprinted genes are expressed in a parent-specific manner). Imprinting of these genes happens during spermatogenesis or oogenesis, and may silence the allele coming from one parent.

*(Continuation see on the next page)*

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

**Problem 1.** Imprinted genes can account for many cases of incomplete penetrance. The pedigree shows the incomplete penetrance of an autosomal dominant gene resulting from imprinting during oogenesis. A woman II<sub>1</sub> is heterozygote for this gene. Analysis of DNA reveals that III<sub>2</sub> and III<sub>5</sub> have received the mutant gene from their mother.



1. What is the probability of II<sub>1</sub> and II<sub>2</sub> having an affected child? Mark the answer in the answer sheet!
2. What is the probability of III<sub>1</sub> and III<sub>2</sub> having an affected child? Mark the answer in the answer sheet!
3. What is the probability of III<sub>4</sub> and III<sub>5</sub> having an affected child? Mark the answer in the answer sheet!

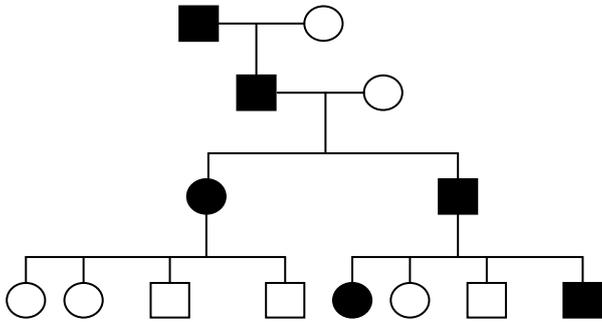
**Problem 2.** Parental imprinting gives a deviation from Mendelian patterns of inheritance, because the same allele may be differently expressed depending on whether it is inherited from the mother or the father.

*(Continuation see on the next page)*

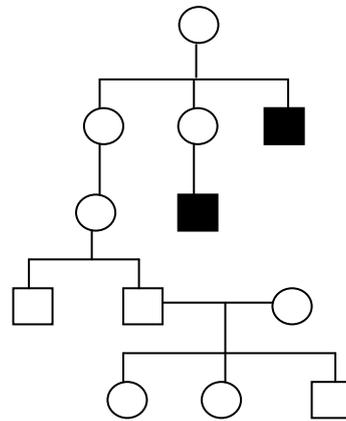
13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

Determine which pedigree show maternal (1) and which paternal (2) imprinting (choose from pedigrees A,B,C,D).

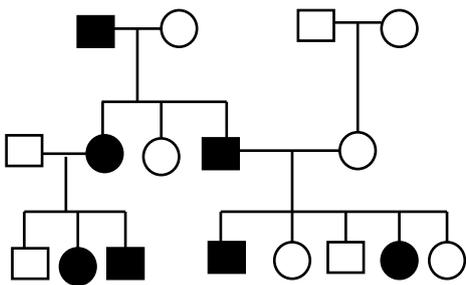
**A**



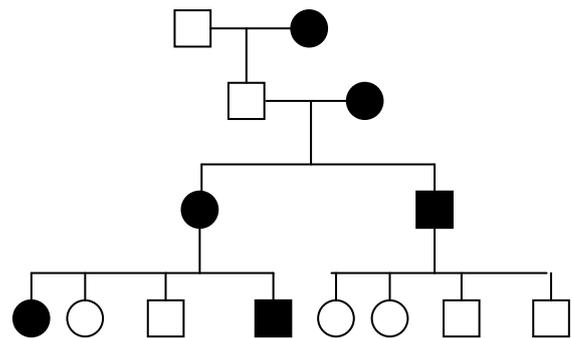
**B**



**C**



**D**



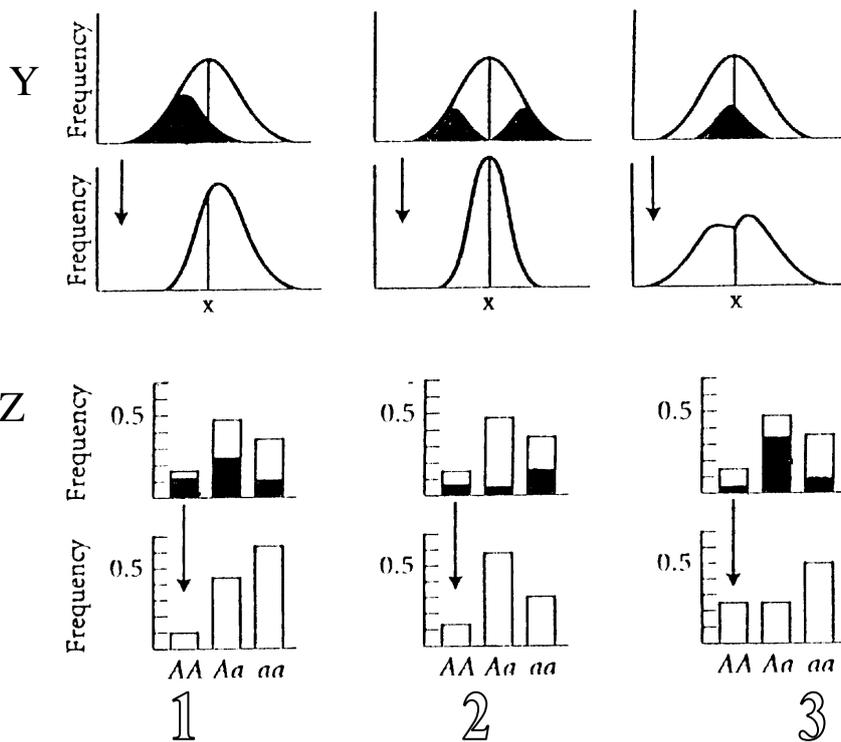
| 1. Maternal | 2. Paternal |
|-------------|-------------|
|             |             |

( 5 points)

**13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B**

**B 31.** The figures show modes of selection on (**Y**) a heritable quantitative (continuous) trait and (**Z**) a polymorphism inherited as two alleles at one locus. In both cases, the phenotype was assumed to be inherited additively (i.e. heterozygote intermediate between homozygotes, there is no interaction among loci that contribute variation to the quantitative trait). The vertical axis is the proportion of the population with each phenotype. The upper rows of figures in both **Y** and **Z** show the distribution of phenotypes in one generation, before selection occurs. The shaded portions represent individuals with relative disadvantage (lower reproductive success). The lower rows of figures in both **Y** and **Z** show the distribution of phenotypes in the following generation, after selection among the parents has occurred. **X** marks the mean of the quantitative trait before selection.

*(Continuation see on the next page)*



- A. Directional selection does not alter the means, but may reduce the variation
- B. Disruptive or diversifying selection is unlikely to be exactly symmetrical, and thus usually shifts the means
- C. Directional selection increases the proportion of genotypes with higher values of the trait
- D. Stabilizing selection is unlikely to be exactly symmetrical, and thus usually shifts the means
- E. Stabilizing selection does not alter the means, but may reduce the variation

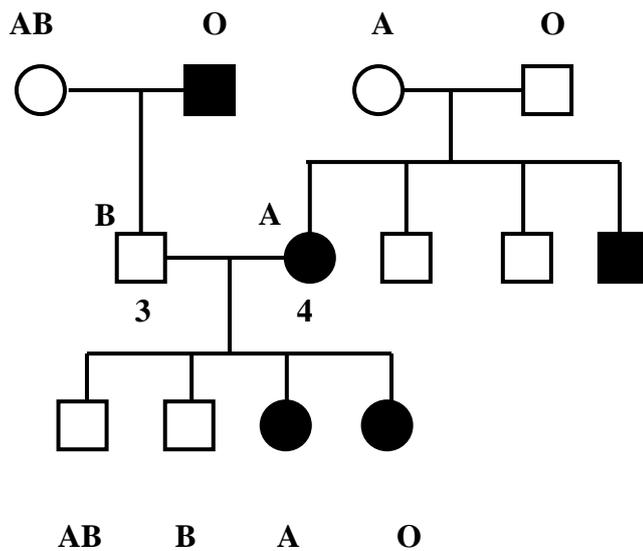
Match in the answer sheet the statements (A – E) with appropriate schemes (1 - 3)

Not all the rows in the table have to be filled.

| Statements | Number of schemes |
|------------|-------------------|
| A          |                   |
| B          |                   |
| C          |                   |
| D          |                   |
| E          |                   |

(3 points)

**B 32.** Alkaptonuria is a rare genetic disease. The gene for alkaptonuria (**alk**) is recessive and has been located on chromosome 9. Gene **alk** is linked to the gene **I** encoding the ABO blood types. The distance between the **alk** gene and gene **I** is 11 map units. A pedigree of a family with the alkaptonuria is shown below. Affected individuals are indicated by shaded symbols. In addition, the blood type of family members is given.



1. What are the genotypes of individuals 3 and 4? Give the answer in the answer sheet
2. If individuals 3 and 4 are expecting their fifth child, what is the probability that the child will have alkaptonuria (a physician has determined that foetus has blood type B)? Give the answer in the answer sheet!

(2 points)

## Ecology

**B 33.** The following table shows the commercial fishing catches of smelt and fishing intensity in the Riga Gulf between 1982 and 1985. The fishing intensity during those years was estimated by the total time spent by all fishing boats that were concentrated on this species. The fishing equipment did not change in the investigated time-period.

| Year | Catch (tons) | Fishing intensity (relative units) |
|------|--------------|------------------------------------|
| 1982 | 100          | 2                                  |
| 1983 | 150          | 5                                  |
| 1984 | 100          | 5                                  |
| 1985 | 150          | 3                                  |

Estimate and write in the answer sheet the relative sizes of the smelt population, starting with a relative size of 10 units for the year 1982.

**1982** = 10

**1983** = .....

**1984** = .....

**1985** = .....

*(3 points)*

**B 34.** Figure 1 shows the number of phytoplankton cells, and P and N (inorganic) concentrations in water samples in a transect along the coast of the Atlantic Ocean around a fish processing factory. The nitrogen concentrations in the water were very low and close to the detection limit. The closest station to the factory was Station 6. Figure 2 shows the results of a nutrient enrichment study. Water samples taken at the Stations were filtered to remove phytoplankton.  
*(Continuation see on the next page)*

Then standard amounts of phytoplankton were added to the samples, and then they were enriched with only N, only P, or were unenriched, and the number of phytoplankton cells in these enriched or unenriched samples were counted at a later time.

Figure 1

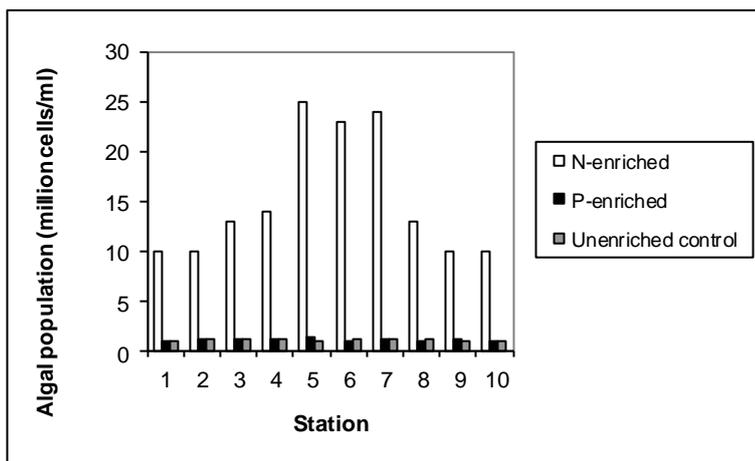
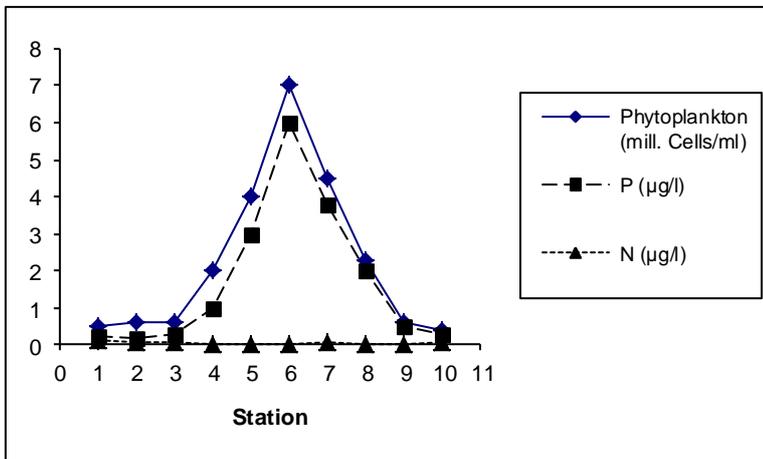


Figure 2

1. Which is pollutant or pollutants that factory is emitting? Give the answer in the answer sheet using the appropriate codes.

Codes: X. Phytoplankton Y. Zooplankton

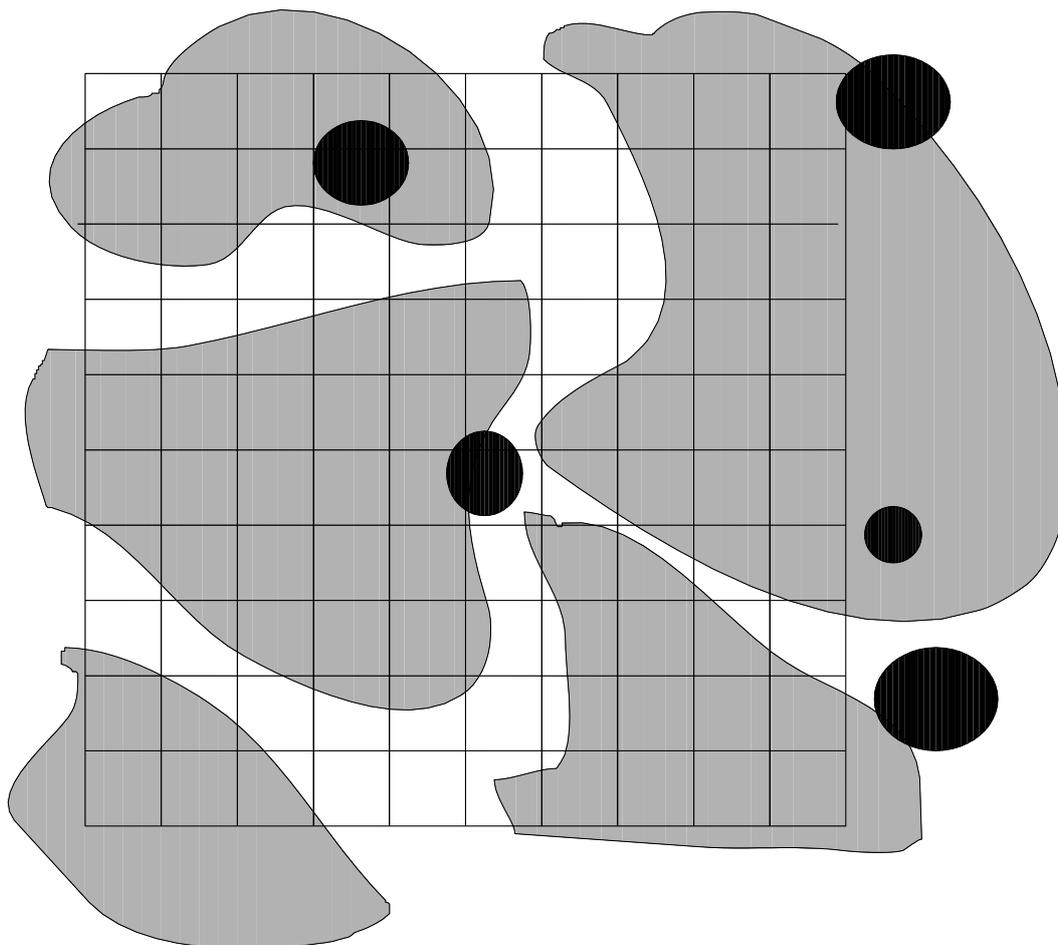
Z. Nitrogen W. Phosphorus S. Organic substances

2. Which is the main limiting nutrient (A) in this is case?

Which is the second limiting factor (B) in this case?

(3 points)

B 35.



The diagram shows a 10m x 10m plot located in a forest with two main tree species: Species X which is shaded grey, and Species Y which is shaded black. The plot is divided into a grid with step 1m.

1. What are the percentage frequencies of Species X and Species Y using a quadrat size of 2 m x 2m?
2. What are the percentage frequencies of Species X and Species Y using a quadrat size of 5m x 5m. Write the correct answers in the answer sheet.

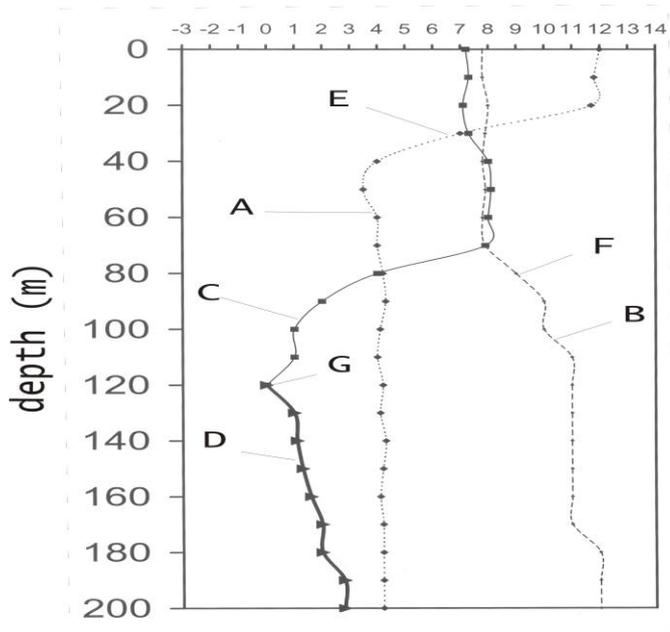
|    |           | 1. Quadrat of size 2m x 2m | 2. Quadrat of size 5m x 5m |
|----|-----------|----------------------------|----------------------------|
| A. | Species X |                            |                            |
| B. | Species Y |                            |                            |

( 4 points)

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

**B 36.** The Baltic Sea is brackish, receiving salt water from the North Sea, and fresh water from rivers. Turnover of water in deep layers is much slower than at surface layers.

Stratification of the water column is common in summer. The following figure shows a depth profile (in July) for oxygen concentration (mg/l), hydrogen sulphide concentration (mg/l), salinity (PSU) and temperature (°C) in the water column.



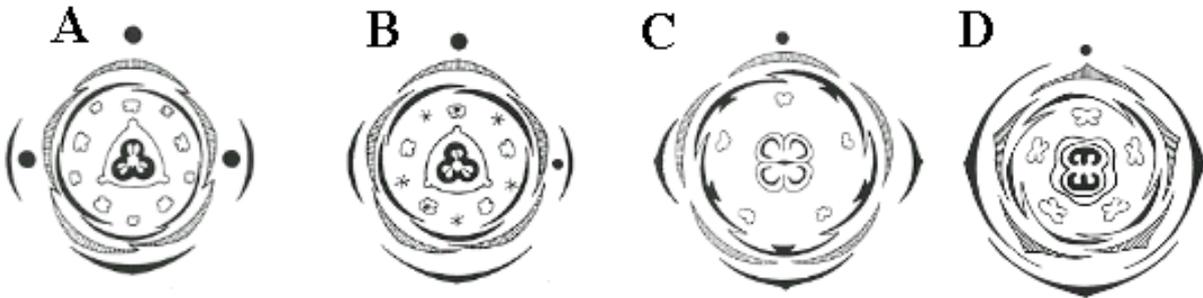
Match in the table in the answer sheet the labels A, B, C, and D with oxygen concentration, hydrogen sulphide concentration, salinity and temperature, and the labels E, F and G with parts of the curves – halocline, redoxcline and thermocline.

|   |                                 |  |
|---|---------------------------------|--|
| 1 | Oxygen concentration            |  |
| 2 | Hydrogen sulphide concentration |  |
| 3 | Salinity                        |  |
| 4 | Temperature                     |  |
| 5 | Halocline                       |  |
| 6 | Redoxcline                      |  |
| 7 | Thermocline                     |  |

(7 points)

## Biosystematics

B 37. There are 4 flower diagrams shown:



Write the appropriate label (A-D) of a diagram in the table in the answer sheet.

|   | Flower formulas  | Label |
|---|--|-------|
| 1 | !( Ca <sub>(5)</sub> Co <sub>5</sub> A <sub>5+5</sub> G <sub>(3)</sub> ) |       |
| 2 | !) Ca <sub>(5)</sub> Co <sub>(5)</sub> A <sub>(5)</sub>                  |       |
| 3 | !( Ca <sub>5</sub> Co <sub>5</sub> A <sub>0+5</sub> G <sub>(3)</sub> )   |       |
| 4 | !( Ca <sub>5</sub> Co <sub>(5)</sub> A <sub>5</sub> G <sub>(2)</sub> )   |       |
| 5 | !( Ca <sub>5</sub> Co <sub>(5)</sub> A <sub>5</sub> G <sub>(4)</sub> )   |       |

(2 points)

B 38. The pictures below show a seed (1) or a fruit (2). Write the answers (1 or 2) in the table in the answer sheet.



A. *Prunus*



B. *Ginkgo*

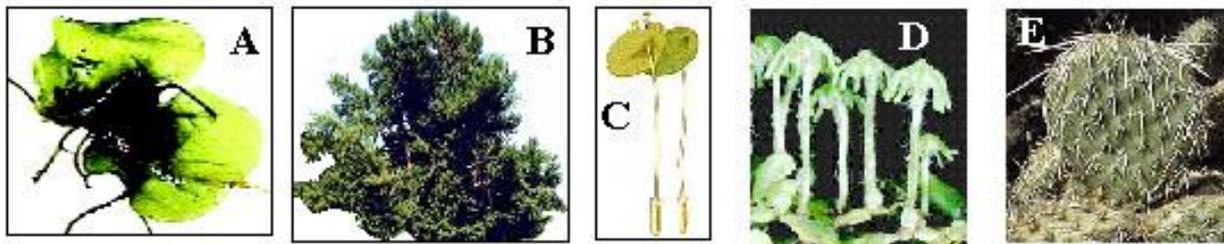


C. *Taxus*



D. *Quercus*

(2 points)



|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

(2 points)

**B 41.** The systematic, morphological, biological and ecological characters of two invertebrate species are presented. Write the appropriate number of an organism in the table in the answer sheet!

**A. Protist**

No flagellum, no cilia

Complex life cycle

Intracellular parasite

Intermediate host present

**B. Arthropod**

Secondarily reduced wings

Incomplete metamorphosis

Ectoparasite on mammals

Absence of intermediate host

|       |
|-------|
| ..... |
|-------|

|       |
|-------|
| ..... |
|-------|

**Code: 1** *Plasmodium*

**2** Dysentery amoeba

**3** *Paramecium*

**4** *Trypanosoma*

**5** Tick

**6** Flea

**7.** Human louse

**8** Spider

(2 points)

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

**B 42.** Most birds start to incubate when their clutch is full. There are species which start incubation after the first egg is laid. Their chicks hatch asynchronously, which is characteristic to birds of prey and owls (Falconiformes, Strigiformes).

Mark all the correct statements with crosses in the table in the answer sheet.

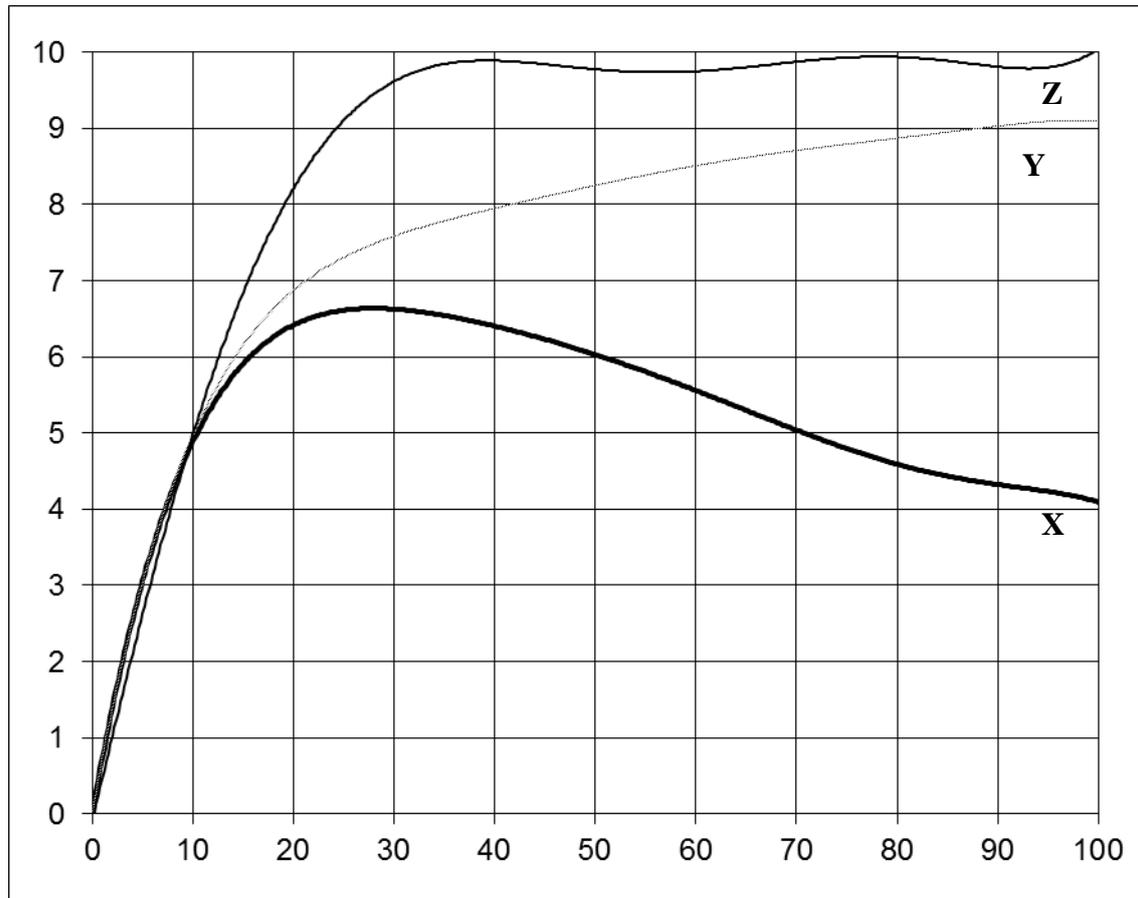
|           |  |  |
|-----------|--|--|
| <b>A.</b> | Food resources for birds of prey, and therefore the number of chicks they can feed, differ between years significantly                 |  |
| <b>B.</b> | Younger nestlings are fed more often and they catch up with older ones in the progress of their growth                                 |  |
| <b>C.</b> | Birds of prey feed as many chicks of the brood as the food resources allow in the given year   |  |
| <b>D.</b> | During years with scarce food resources, food is given mainly to the oldest nestlings, while the youngest ones starve to death         |  |
| <b>E.</b> | Older nestlings help to feed younger ones  |  |
| <b>F.</b> | Room in the nest is not sufficient for several big chicks simultaneously, therefore they grow up and fly out of the nest one at a time |  |
| <b>G.</b> | One fledgling that can reach reproduction age is more important for species survival than several but not well developed fledglings    |  |
| <b>H.</b> | The number of fledglings and not their fitness is the most important for the species survival  |  |

*(2 points)*

## ANSWER KEY

B 1.

1.



2. Z (1 point)

3. X (1 point)

B 2. 1.  $\mu_A = 0.7 \text{ g g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  [1 point]      2.  $\mu_B = 1.4 \text{ g g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  [1 point]

B 3. 100 mM [1 point]

B 4. 1. 1.16 or 1.18 or 1;19

2. 0.30 or 0.32 or 0.353

3. 2.2 or 2.21 or 2.24

B 5. 1. 7 → 4 → 3 → 1 → 5      2. 7 → 4      3. 7 → 4 → 3 → 6

[1p x 3 = 3 points]

13<sup>th</sup> International Biology Olympiad. Theoretical test, Part B

**B 6.**

| 1.  | Number  |     | Number           |
|-----|---------|-----|------------------|
| A-1 | 1       | A-2 | 6                |
| B-1 |         | B-2 |                  |
| C-1 |         | C-2 |                  |
| D-1 | 12      | D-2 |                  |
| E-1 | 2 or 10 | E-2 |                  |
| F-1 |         | F-2 | 8                |
| G-1 |         | G-2 |                  |
| H-1 | 3       | H-2 | 7                |
| I-1 |         | I-2 | 9                |
| J-1 |         | J-2 |                  |
| K-1 | 4       | K-2 | 10               |
| L-1 |         | L-2 |                  |
| M-1 |         | M-2 |                  |
| N-1 | 5       | N-2 |                  |
| O-1 |         | O-2 |                  |
| P-1 | 11      | P-2 |                  |
| R-1 |         | R-2 | 13 or 14 or both |
| S-1 |         | S-2 | 13               |
| T-1 |         | T-2 |                  |
| U-1 |         | U-2 |                  |

2. 17

3. skipped

[2 points per column]

[1 point if there are 1-3 mistakes]

**B7.**

1.

| A.   | B.   | C.  |
|------|------|-----|
| 75 % | 25 % | 0 % |

[1 point]

2.

| dsDNA | A % | C % | G % | T % | U % |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| A     | 20  | 30  | 30  | 20  | 0   |
| B     | 30  | 20  | 20  | 30  | 0   |

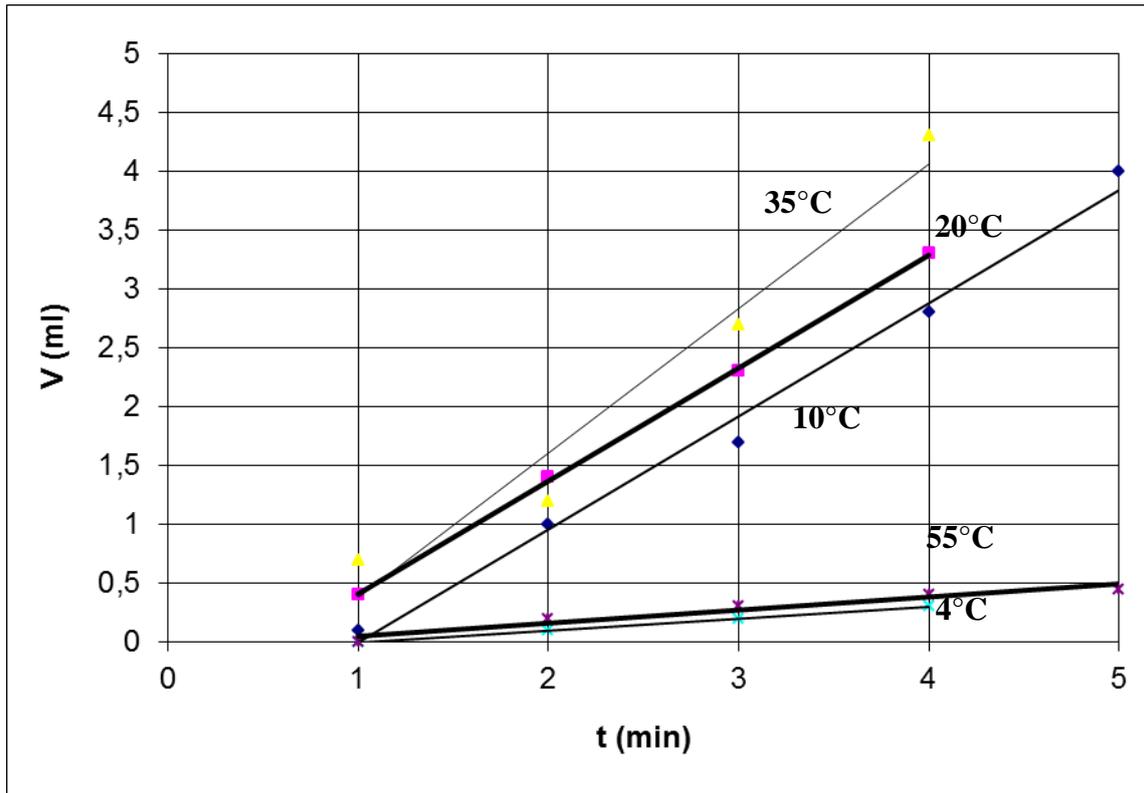
3.

|   |   |
|---|---|
| A | 5 |
| B | 4 |

**B 8: skipped**

B 9.

1.



[1 point for X axis]

[1 point for Y axis]

2. 1 ml/min [1 point]

3. 0.017 – 0.018 mmoles CO<sub>2</sub>/g · min [1 point]

4. 0.007 – 0.018 mmoles ethanol/ g · min [1 point]

B 10.

|           | Number |
|-----------|--------|
| <b>A.</b> | 1      |
| <b>B.</b> |        |
| <b>C.</b> | 4      |
| <b>D.</b> |        |
| <b>E.</b> | 2      |
| <b>F.</b> | 3      |
| <b>G.</b> |        |

|          |   |
|----------|---|
| <b>A</b> | 3 |
| <b>B</b> | 2 |
| <b>C</b> | 4 |
| <b>D</b> | 1 |

2.

|                |     |
|----------------|-----|
| <b>A and B</b> | 5,6 |
| <b>C</b>       | 2   |
| <b>D</b>       | 4   |

**B 11.**

|           | Number |
|-----------|--------|
| <b>A.</b> | 3      |
| <b>B.</b> |        |
| <b>C.</b> | 4      |
| <b>D.</b> | 1      |
| <b>E.</b> |        |
| <b>F.</b> | 2      |

**B 15.**

1.

|                |                 |
|----------------|-----------------|
| <b>A, B, C</b> | 3,6,12          |
| <b>D</b>       | 2,8,11,13,14,15 |
| <b>E</b>       | 1,5,4,7,9,10,16 |

2.

|           |  |
|-----------|--|
| <b>A.</b> |  |
| <b>B.</b> |  |
| <b>C.</b> |  |
| <b>D.</b> |  |
| <b>E.</b> |  |
| <b>F.</b> |  |

**B 12.**

|           | Number |
|-----------|--------|
| <b>A.</b> | 3      |
| <b>B.</b> |        |
| <b>C.</b> | 1      |
| <b>D.</b> |        |
| <b>E.</b> | 4      |
| <b>F.</b> |        |
| <b>G.</b> | 2      |

**B 16.**

$$X = \underline{7900} \text{ ml}$$

$$Y = \underline{9000} \text{ ml}$$

$$Z = \underline{1500} \text{ ml}$$

**B 13.**

1.

|           |   |
|-----------|---|
| <b>A.</b> |   |
| <b>B.</b> | 4 |

2.

|           |  |
|-----------|--|
| <b>A.</b> |  |
| <b>B.</b> |  |
| <b>C.</b> |  |
| <b>D.</b> |  |
| <b>E.</b> |  |

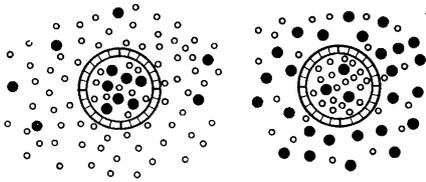
**B 17.**

|           |   |
|-----------|---|
| <b>A.</b> | 3 |
| <b>B.</b> | 4 |
| <b>C.</b> | 6 |
| <b>D.</b> | 2 |
| <b>E.</b> | 1 |
| <b>F.</b> | 5 |

**B 14.**

1.

B 18.



[0.5p  
x 2 =  
1  
point]

B 19.

or 18.2 or 0.182 or 0.185 units

2. A.  $\frac{b+c}{bc}$   
B.  $\frac{b+c}{bc^+}$   
[1p x 3 = 3 points]

B 27.

1.

A. ←

|          |   |          |   |          |          |   |   |             |   |    |    |    |
|----------|---|----------|---|----------|----------|---|---|-------------|---|----|----|----|
|          | 1 | 2        | 3 | 4        | 5        | 6 | 7 | 8           | 9 | 10 | 11 | 12 |
| <b>W</b> | M | C        | P | R        | V        | E | D | L           | S | L  | T  | S  |
| <b>t</b> |   |          |   |          |          |   |   |             |   |    |    |    |
| <b>A</b> | M | <b>S</b> | P | R        | V        | E | D | L           | S | L  | T  | S  |
| <b>B</b> | M | C        | P | <b>R</b> | V        | E | D | L           | S | L  | T  | S  |
| <b>C</b> | M | C        | P | R        | <b>I</b> | E | D | L           | S | L  | T  | S  |
| <b>D</b> | M | C        | P | R        | V        | E | D | <b>Stop</b> |   |    |    |    |

[S,R,I, Stop = 1 point]  
2. DACB [2 points]

B 28.

1.  $p = 0.648$

2.  $p = 0.646$

[1p x 2 = 2 points]

B 29.

1.  $a_1a_1 = \underline{0}$

$a_1a_2 = \underline{0.3}$

$a_2a_2 = \underline{0.6}$

2.  $a_2a_2$

[1p x 2 = 2 points]

[1p for part 1 and 1p for part 2]

B 30.

1. 0 %

2. 50 %

3. 0 %

B. →

[0.5p x 2 = 1 point]

B 20.

|           |    |    |    |    |    |
|-----------|----|----|----|----|----|
|           | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
| <b>A.</b> | ■  |    |    |    |    |
| <b>B.</b> |    | ■  |    |    |    |
| <b>C.</b> |    |    | ■  |    |    |
| <b>D.</b> |    |    |    | ■  |    |
| <b>E.</b> |    |    |    |    | ■  |
| <b>F.</b> |    |    |    | ■  |    |
| <b>G.</b> |    | ■  |    |    |    |
| <b>H.</b> |    |    | ■  |    |    |

[5 points]  
[1p per each column]

B 21: skipped

B 22.

1,4,6,8

[1 point]

B 23: skipped

B 24: skipped

B 25.

|           |         |
|-----------|---------|
| <b>A.</b> | skipped |
| <b>B.</b> |         |
| <b>C.</b> | ■       |
| <b>D.</b> | ■       |
| <b>E.</b> |         |
| <b>F.</b> |         |

[1p x 2 = 2 points]  
[-1p per incorrect answer]

B. 26.

1. 18.5 units

|           |           |
|-----------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>2.</b> |
| A         | D         |
| .....     | .....     |

[1p x 5 = 5 points]

**B 31.**

|           |   |
|-----------|---|
| <b>A.</b> |   |
| <b>B.</b> | 3 |
| <b>C.</b> | 1 |
| <b>D.</b> |   |
| <b>E.</b> | 2 |

[1p x 3 = 3 points]

[-1p per incorrect answer]

**B 32.**

1.  $3 = \underline{J^B \text{ alk} / J^C \text{ alk}}$

4 =  $\underline{J^A \text{ alk} / J^C \text{ alk}}$

2. 11 %

[0.5p x 2 = 1 point] +

[1p x 1 = 1 point] = 2 points

**B 33.**

1983 = 6

1984 = 4

1985 = 10

[1p x 3 = 3 points]

**B 34.**

1. .Z, W or Z, W, S

2. A. Z; B (skipped)

[1p x 2 = 2 points]

**B 35.**

|           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
|           | <b>1.</b> | <b>2.</b> |
| <b>A.</b> | 100       | 100       |
| <b>B.</b> | 16        | 100       |

[1p x 4 = 4 points]

**B 36.**

|          |   |
|----------|---|
| <b>1</b> | C |
| <b>2</b> | D |
| <b>3</b> | B |
| <b>4</b> | A |
| <b>5</b> | F |
| <b>6</b> | G |
| <b>7</b> | E |

[1p X 7 = 7 points]

**B 37.**

|          |   |
|----------|---|
| <b>1</b> | A |
| <b>2</b> |   |
| <b>3</b> | B |
| <b>4</b> | D |
| <b>5</b> | C |

[0.5p x 4 = 2.0 points]

**B 38.**

|          |   |
|----------|---|
| <b>A</b> | 2 |
| <b>B</b> | 1 |
| <b>C</b> | 1 |
| <b>D</b> | 2 |

[0.5p x 4 = 2.0 points]

**B39 & B40 cancelled**

**B 41.**

|           |           |
|-----------|-----------|
| <b>A.</b> | <b>B.</b> |
| 2         | 7         |

[1p x 2 = 2 points]

**B 42.**

|    |  |
|----|--|
| A. |  |
| B. |  |
| C. |  |
| D. |  |
| E. |  |
| F. |  |
| G. |  |
| H. |  |

[0.5p x 4 = 2.0 points]

[- 0.5p per incorrect answer]