

8-я Международная естественнонаучная олимпиада юниоров  
Дурбан, ЮАР

**Экспериментальный тур: Часть 1**

**7 декабря 2011**

**Продолжительность: 3,5 часа**

**Сумма баллов: 13**

---

**Правила тура**

1. Все участники должны прибыть к комнате для проведения экспериментального тура не позднее, чем за 15 минут до его начала.
2. Участникам запрещается приносить с собой что-либо, кроме личных медикаментов или другого личного медицинского оборудования.
3. Каждый из участников тура занимает предназначенное для него место.
4. Перед началом тура каждый участник должен проверить на своем столе наличие ручки, карандаша, линейки и калькулятора, которыми его обеспечивают организаторы.
5. Каждый участник должен проверить листы с вопросами и листы для ответов. Если вы не обнаружили какой-то лист, поднимите руку. Тур начинается по звонку.
6. В ходе испытания участнику запрещается покидать помещение.
7. В случае, если участнику необходимо воспользоваться туалетом, он должен поднять руку и дежурный проводит его.
8. Участникам тура не разрешается беспокоить других участников и нарушать ход эксперимента. Участникам из одной команды разрешается переговариваться тихим голосом. В случае, если участнику необходима помощь, он может поднять руку и ближайший дежурный придет к нему на помощь.
9. Не допускается никаких вопросов или дискуссий по заданиям тура. Участник должен оставаться за своим столом до окончания времени, отведенного на тур, даже если он закончил работу раньше или не хочет ее продолжать.
10. По окончании времени, отведенного на экспериментальный тур, прозвучит звонок. Участнику не разрешается писать что-либо на листах для ответов после окончания тура. Все участники должны тихо покинуть комнату. Листы с ответами должны остаться аккуратно сложены на столе участника.

**Внимательно прочитайте следующую инструкцию:**

Все три задания не зависят друг от друга. Участники в каждой команде могут сами решать, хотят ли они работать над каждым заданием вместе или по отдельности.

1. На выполнение задания отводится 3,5 часа.
2. Задание экспериментального тура состоит из 3 частей. Убедитесь, что вашей команде выдан полный комплект условий и листов для ответов. Часть 1 комплекта условий состоит из 8 страниц.
3. Используйте только выданные вам письменные принадлежности и оборудование.
4. Напишите латинскими буквами свою страну, шифр команды (А или В), фамилии, имена, и поставьте подписи на первой странице листа ответов. На всех остальных страницах листов для ответов вы должны написать свою страну и шифр команды.
5. Все результаты должны быть записаны в соответствующие графы листов ответов. Данные, записанные где-либо еще, не оцениваются.
6. Вы должны носить защитные очки все время, пока находитесь в лаборатории.
7. Прием пищи в лаборатории строго запрещен. Если необходимо, вы можете позвать дежурного, находящегося поблизости, выйти и поесть за пределами лаборатории.
8. Вы не должны нарушать правила техники безопасности, мешать другим участникам и загрязнять оборудование и рабочее место. Разговаривайте со своими товарищами тихим голосом.
9. Запрещается покидать рабочее место до тех пор, пока вам не позволят это сделать. Если вам необходимо воспользоваться туалетом, обратитесь к ассистенту, и он проводит вас.
10. Вы можете приступить к работе только по сигналу.
11. У вас есть 3,5 часа на выполнение экспериментального задания и заполнение листов ответов. За 30 минут до окончания тура вас предупредят. После команды об окончании тура вы должны немедленно прекратить работу. Задержка в выполнении этой команды более чем на 5 минут приведет к аннулированию ваших результатов.
12. После выполнения задания сложите все оборудование на его первоначальное место.
13. После команды об окончании экспериментального тура, сложите ТОЛЬКО ваши окончательные листы ответов поверх конверта, лежащего на вашем рабочем столе. Дождитесь ассистента, чтобы он проверил и собрал их. Остальные листы бумаги вы можете забрать с собой.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЦЕЛОСТНОСТЬ И ПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕМБРАН КЛЕТОК СВЕКЛЫ. (*Beta vulgaris*)**

### **Введение**

Клеточные мембраны, состоящие из фосфолипидов и белков, обладают избирательной проницаемостью. Проницаемость мембраны зависит от ее структуры. Если структура мембраны будет нарушена или разрушена, содержимое клетки вытечет во внешнюю среду. Мембрана может быть разрушена механическим воздействием, воздействием химического вещества или высокой температуры.

Свекла содержат красный пигмент бетацианин, который находится в больших центральных вакуолях ее клеток. Вакуоли окружены мембраной, называемой тонопласт. Если клетка не повреждена, бетацианин находится внутри вакуолей. Однако если целостность мембран нарушена, бетацианин вытекает из клеток и придает красный/темно-розовый цвет окружающему раствору. В эксперименте используются цилиндрические кусочки свеклы. После того, как они были вырезаны, каждый несколько раз промыли водой, пока вода не перестала окрашиваться.

### **Материалы**

1. Промытые цилиндрические кусочки свеклы (1 см в диаметре, 4 см длиной) в дистиллированной воде.
2. 3 пробирки, помеченные как ТТ1, ТТ2 и ТТ3.
3. 1 пробирка, содержащая дистиллированную воду, циклогексан и кусочек свеклы, помеченная как ТТ4. Кусочек свеклы был помещен в эту пробирку дном раньше, содержимое пробирки было тщательно взболтано.
4. Штатив для пробирок.
5. Бутылочка, содержащая 8 мл дистиллированной воды
6. Бутылочка, содержащая 8 мл 50% раствор ацетона
7. Бутылочка, содержащая 8 мл 100% ацетона
8. Пробирки ТТ5 и ТТ6, содержащие по 8 мл 5М (моль/дм<sup>3</sup>) раствора NaCl.
9. Бумажное полотенце.
10. 1 лист миллиметровой бумаги.

Ход работы

1. Приготовьте пробирки ТТ1, ТТ2 и ТТ3, как указано в Таблице 1:

Таблица 1: Растворители в пробирках 1-3

ПРОБИРКИ	Пробирка 1 (ТТ1)	Пробирка 2 (ТТ2)	Пробирка 3 (ТТ3)
РАСТВОРИТЕЛИ	8 мл дистиллированной воды	8 мл 50% ацетона	8 мл 100% ацетона

2. Достаньте 3 кусочка свеклы и обсушите их бумажным полотенцем
3. Сразу поместите эти кусочки в пробирки ТТ1, ТТ2 и ТТ3.
4. Аккуратно встряхивайте каждую из пробирок ТТ1, ТТ2 и ТТ3 в течение нескольких секунд каждые 5 минут.
5. После 15 минут инкубации сравните окраску раствора в разных пробирках. Время инкубации засекайте по часам на стене.
6. Обсушите еще два кусочка свеклы и взвесьте их с точностью до третьего знака после запятой. Запишите полученные значения массы в таблицу на листе ответов [Раздел D (i)].
7. Положите по одному кусочку свеклы в пробирки ТТ5 и ТТ6
8. После 1 часа инкубации достаньте кусочки свеклы из пробирок ТТ5 и ТТ6, обсушите их и повторно взвесьте. Дозаполните таблицу и запишите в нее **разницу масс** [Раздел D (i)].

---

**ЗАДАНИЯ**

**РАЗДЕЛ А**

- a.** В начале эксперимента дистиллированная вода, в которой находились кусочки свеклы, казалась бесцветной. Выберите, какие из утверждений верны, а какие – нет, поставив галочки в соответствующих клетках на листе ответов

1. Бетацанин не растворяется в воде.
2. Бетацанин растворяется только в органических растворителях.
3. Поврежденные клетки после многократного промывания не содержали бетацанина, а новых повреждений мембран не происходило.

**(0,25 X 3=0,75 балла)**

- b.** Раствор в какой из пробирок можно считать контрольным? Выберите правильный ответ, поставив галочку в соответствующей клетке на листе ответов

**(0,5 балла)**

- c.** Исходя из изменения окраски в пробирках ТТ2 и ТТ3, ответьте, в какой из пробирок бетацанин лучше растворился. Выберите правильный ответ, поставив галочку в соответствующей клетке на листе ответов.

**(0,5 балла)**

- d.** Какой из слоев жидкости в ТТ4 – вода? Выберите правильный ответ, поставив галочку в соответствующей клетке на листе ответов.

**(0,5 балла)**

- e.** Почему один из слоев жидкости в ТТ4 окрасился, а жидкость в ТТ1 – НЕТ? Выберите какой из ответов верный, а какой – нет, поставив галочку в соответствующей клетке на листе ответов

1. Мембраны клеток в пробирке ТТ1 более не повреждались.
2. Циклогексан вызвал повреждение клеточных мембран, что привело к вытеканию бетацанина в среду.
3. Циклогексан растворил липиды клеточных мембран в ТТ4, что привело к вытеканию бетацанина, который растворился только в воде.

**(0,5 X 3 = 1,5 балла)**

---

**РАЗДЕЛ В**

f. Ранее на этой неделе был проведен эксперимент для определения влияния температуры на структуру мембраны клеток свеклы и ее проницаемость. Цилиндрические кусочки свеклы были помещены в пробирки с дистиллированной водой и затем выдержаны 15 минут при температурах 20°C, 30°C, 40°C, 60°C и 80°C. Затем в каждой из пробирок был измерен коэффициент поглощения света раствором на длине волны 605 нм. При калибровке прибора за ноль был принят коэффициент поглощения дистиллированной воды при комнатной температуре. Эксперимент был повторен три раза, и его результаты были занесены в Таблицу 2. Коэффициент поглощения, это величина, которая характеризует количество света, поглощенного образцом. Чем темнее образец, тем больше коэффициент поглощения. Основываясь на информации из абзаца (f) и Таблицы 2, выполните следующие задания на листе ответов.

**Таблица 2: Влияние температуры на проницаемость мембран клеток свеклы**

Температура (°C)	Коэффициент поглощения		
	Образец А	Образец В	Образец С
20	0.017	0.011	0.021
30	0.023	0.013	0.024
40	0.018	0.025	0.032
60	0.384	0.474	0.492
80	0,477	0,525	0,463

- i. На соответствующем месте листа ответов составьте таблицу средних значений коэффициента поглощения (**с точностью до двух значащих цифр после запятой**) для каждого значения температуры.  
(0,25 X 5 = 1,25 балла)
- ii. Исходя из **средних значений коэффициента поглощения**, скажите, при какой температуре повреждение мембраны станет очевидным? Запишите свой ответ в лист ответов (0,5 балла)
- iii. Постройте на миллиметровой бумаге график, показывающий зависимость проницаемости мембраны клеток свеклы от температуры. (Подпишите график на русском языке) (2,5 балла)

### РАЗДЕЛ С

- g. Средние значения коэффициента поглощения для растворов в ТТ2 и ТТ3 (в первом эксперименте РАЗДЕЛА А) равны 0,084 и 0,054 соответственно. Отметьте верно или неверно каждое из следующих утверждений. Запишите Т (верно) или F (неверно) в соответствующей клетке на листе ответов.
- i. Для максимального растворения бетацианина требуется вода.
- ii. Бетацианин лучше растворяется в 100% ацетоне, чем в 50% ацетоне.  
(0,5 X 2 = 1 балл)
- h. Если исходить из результатов этих экспериментов со свеклой, в каком(их) растворителе(лях) растворяется бетацианин? Выберите правильный ответ, поставив галочку в соответствующей клетке(ах) таблицы на листе ответов.

Циклогексан	Вода при комнатной температуре	Горячая вода
-------------	--------------------------------	--------------

(0,5 балла)

**РАЗДЕЛ D**

- i. Прodelайте шаги, указанные в пунктах 6-8 Хода работы.

**(0.25 x 6 = 1.5 балла)**

- j. На основании общих знаний, наблюдений и результатов, полученных для пробирок ТТ5 и ТТ6, укажите на листе ответов, верны или неверны следующие утверждения:

i. NaCl вызвал плазмолиз в клетках свеклы.
ii. NaCl растворил липиды клеточной мембраны.
iii. Клетки свеклы поглотили NaCl и раздулись.
iv. Клетки свеклы выделили бетацианин в окружающий раствор.

**(0.5 x 4 = 2 балла)**

**ОБЩИЙ БАЛЛ (13)**



8-я Международная естественнонаучная олимпиада юниоров  
Дурбан, ЮАР

**Экспериментальный тур: Часть 2**

**7 декабря 2011**

**Продолжительность: 3,5 часа**

**Сумма баллов: 14**

---

**Правила тура**

1. Все участники должны прибыть к комнате для проведения экспериментального тура не позднее, чем за 15 минут до его начала.
2. Участникам запрещается приносить с собой что-либо, кроме личных медикаментов или другого личного медицинского оборудования.
3. Каждый из участников тура занимает предназначенное для него место.
4. Перед началом тура каждый участник должен проверить на своем столе наличие ручки, карандаша, линейки и калькулятора, которыми его обеспечивают организаторы.
5. Каждый участник должен проверить листы с вопросами и листы для ответов. Если вы не обнаружили какой-то лист, поднимите руку. Тур начинается по звонку.
6. В ходе испытания участнику запрещается покидать помещение.
7. В случае, если участнику необходимо воспользоваться туалетом, он должен поднять руку и дежурный проводит его.
8. Участникам тура не разрешается беспокоить других участников и нарушать ход эксперимента. В случае, если участнику необходима помощь, он может поднять руку и ближайший дежурный придет к нему на помощь.
9. Не допускается никаких вопросов или дискуссий по заданиям тура. Участник должен оставаться за своим столом до окончания времени, отведенного на тур, даже если он закончил работу раньше или не хочет ее продолжать.
10. По окончании времени, отведенного на экспериментальный тур, прозвучит звонок. Участнику не разрешается писать что-либо на листах для ответов после окончания тура. Все участники должны тихо покинуть комнату. Листы с ответами должны остаться аккуратно сложены на столе участника.

**Внимательно прочитайте следующую инструкцию:**

Все три задания не зависят друг от друга. Участники в каждой команде могут сами решать, хотят ли они работать над каждым заданием вместе или по отдельности.

1. На выполнение задания отводится 3,5 часа.
2. Задание экспериментального тура состоит из 3 частей. Убедитесь, что вашей команде выдан полный комплект условий и листов для ответов. Часть 2 комплекта условий состоит из 7 страниц.
3. Используйте только выданные вам письменные принадлежности и оборудование.
4. Напишите латинскими буквами свою страну, шифр команды (А или В), фамилии, имена, и поставьте подписи на первой странице листа ответов. На всех остальных страницах листов для ответов вы должны написать свою страну и шифр команды.
5. Все результаты должны быть записаны в соответствующие графы листов ответов. Данные, записанные где-либо еще, не оцениваются.
6. Вы должны носить защитные очки все время, пока находитесь в лаборатории.
7. Прием пищи в лаборатории строго запрещен. Если необходимо, вы можете позвать дежурного, находящегося поблизости, выйти и поесть за пределами лаборатории.
8. Вы не должны нарушать правила техники безопасности, мешать другим участникам и загрязнять оборудование и рабочее место. Разговаривайте со своими товарищами тихим голосом.
9. Запрещается покидать рабочее место до тех пор, пока вам не позволят это сделать. Если вам необходимо воспользоваться туалетом, обратитесь к ассистенту, и он проведет вас.
10. Вы можете приступить к работе только по сигналу.
11. У вас есть 3,5 часа на выполнение экспериментального задания и заполнение листов ответов. За 30 минут до окончания тура вас предупредят. После команды об окончании тура вы должны немедленно прекратить работу. Задержка в выполнении этой команды более чем на 5 минут приведет к аннулированию ваших результатов.
12. После выполнения задания сложите все оборудование на его первоначальное место.
13. После команды об окончании экспериментального тура, сложите ТОЛЬКО ваши окончательные листы ответов поверх конверта, лежащего на вашем рабочем столе. Дождитесь ассистента, чтобы он проверил и собрал их. Остальные листы бумаги вы можете забрать с собой.

**Экспериментальное задание 2**  
**Теплота сгорания топлива**

**Введение**

Этиловый спирт - важное химическое соединение, которое широко используется в различных отраслях промышленности. Он является исходным сырьем для производства лекарственных препаратов, красок, чернил, моющих средств, косметики, парфюмерии, ингредиентов пищевых продуктов, напитков и т.д. Этиловый спирт также используется в качестве заменителя нефтяного топлива на транспорте. Биодизель - смесь газов, содержащая углеводороды с различной длиной молекул, обычно метиловые, пропиловые или этиловые эфиры.

Биодизель используется в стандартных дизельных двигателях, или как низкоуглеродистая альтернатива нефтяного топлива. Этиловый спирт в некоторых странах используется в качестве добавки к бензину (бензоспирт) или вместо бензина, а биодизель используется в дизельных двигателях некоторых транспортных средств. Оба вида топлива могут быть получены из возобновляемых источников.

Например, этиловый спирт может быть произведен из сахарного тростника, а биодизель из семян с высоким содержанием растительных масел, таких как клещевина и масличные пальмы. Использование возобновимых ресурсов - одна из многих предлагаемых стратегий, призванных предотвратить изменение климата и способствовать устойчивому развитию.

В этом эксперименте вам нужно сравнить теплосодержание этилового спирта и биодизеля, измеряя их теплоту сгорания в килоджоулях на грамм топлива. Чтобы найти удельные теплоты сгорания, вы должны сначала использовать энергию, выделившуюся при сгорании этилового спирта и биодизеля, для нагревания известной массы воды. Измеряя температуру воды, вы сможете найти количество переданной теплоты по формуле:

$$q = C_p \cdot m \cdot \Delta t,$$

где  $q$  - переданная теплота,  $C_p$  - удельная теплоемкость воды,  $m$  - масса воды,  $\Delta t$  - изменение температуры воды.

Количество сожженного топлива в дальнейшем будет использоваться при расчете удельной теплоты сгорания.

### **Цель эксперимента**

В этом эксперименте вы должны:

- сравнить теплоты сгорания биодизеля и этилового спирта.
- вычислить теплоты сгорания и эффективность (КПД) в процентах для обоих видов топлива.

### **Материалы**

Две горелки

Стеклянная палочка для перемешивания

Цифровой термометр

Цилиндр на 100 мл с делениями

Стакан для холодной воды

Чашка из нержавеющей стали

Зажимы

Зажигалка

Секундомер

Этиловый спирт (Этанол)

Биодизель

Линейка

### **Ход эксперимента**

1. Убедитесь, что на вас и ваших коллегах надеты лабораторные халаты и защитные очки.
2. Проверьте, что на вашем рабочем месте есть цифровой термометр, зажигалка, две горелки.

*Часть 1: Этанол*

3. Перелейте этиловый спирт в горелку и убедитесь, что фитиль смочен топливом. Конструкцию горелки см. на рисунке 1. Убедитесь, что вы закрыли крышкой пузырёк с этанолом.



**Рисунок 1**

4. Измерьте и запишите массу горелки с этанолом.
5. Измерите массу пустой чашки из нержавеющей стали и запишите значение в лист ответов.
6. Налейте приблизительно 200 мл охлажденной (ледяной) воды в чашку из нержавеющей стали, измерьте и запишите её массу.
7. Соберите прибор, как показано на рисунке 2.

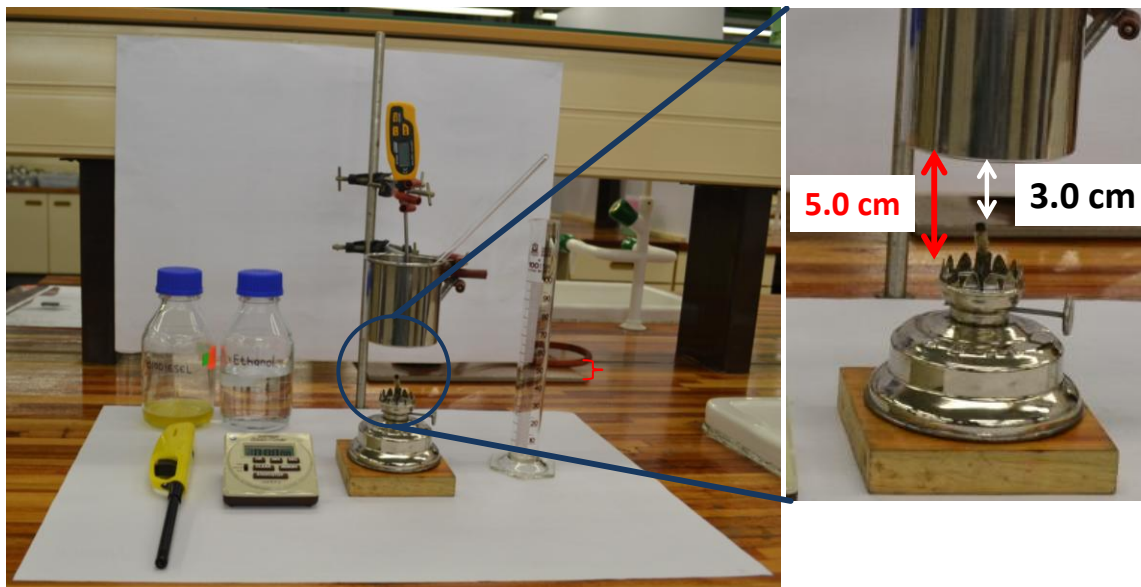


Рисунок 2

8. Запишите начальную температуру воды  $t_1$ .
9. Нагревайте воду при помощи горелки при постоянном перемешивании. Записывайте значения температуры каждые 30 секунд, пока температура не достигнет приблизительно  $30\text{ }^\circ\text{C}$ . Потушите лампу, задув пламя. **ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:** Берегите волосы и одежду от открытого огня.
10. Продолжайте перемешивать воду, пока температура не достигнет максимального значения  $t_2$ . Запишите это значение.
11. Когда горелка остынет, взвесьте её и запишите массу горелки с оставшимся содержимым.

### **Часть 2: Биодизель**

Повторите шаги 3-11, на этот раз с биодизелем, используя вторую горелку.

### Обработка данных

1. Вычислите теплоту  $q$ , поглощенную водой, используя формулу, приведённую ранее в описании эксперимента. Используйте для воды значение теплоёмкости  $C_p$ , равное  $4,18 \text{ Дж}\cdot(\text{г}^{-1}\cdot\text{град}^{-1})$ .
2. Вычислите теплоту сгорания для этанола и биодизеля в  $\text{кДж}\cdot\text{г}^{-1}$ .
3. Вычислите эффективность (КПД) в процентах для каждой части эксперимента. Примите теоретическое значение теплоты сгорания для этанола равным  $30,0 \text{ кДж}\cdot\text{г}^{-1}$ , а для биодизеля, соответственно,  $41,2 \text{ кДж}\cdot\text{г}^{-1}$ .
4. Ответьте на вопросы в листе ответов.

8-я Международная естественнонаучная олимпиада юниоров  
Дурбан, ЮАР

**Экспериментальный тур: Часть 3**

**7 декабря 2011**

Продолжительность: **3,5 часа**

Сумма баллов: **13**

---

**Правила тура**

1. Все участники должны прибыть к комнате для проведения экспериментального тура не позднее, чем за 15 минут до его начала.
2. Участникам запрещается приносить с собой что-либо, кроме личных медикаментов или другого личного медицинского оборудования.
3. Каждый из участников тура занимает предназначенное для него место.
4. Перед началом тура каждый участник должен проверить на своем столе наличие ручки, карандаша, линейки и калькулятора, которыми его обеспечивают организаторы.
5. Каждый участник должен проверить листы с вопросами и листы для ответов. Если вы не обнаружили какой-то лист, поднимите руку. Тур начинается по звонку.
6. В ходе испытания участнику запрещается покидать помещение.
7. В случае, если участнику необходимо воспользоваться туалетом, он должен поднять руку и дежурный проводит его.
8. Участникам тура не разрешается беспокоить другие команды и нарушать ход эксперимента. В случае, если участнику необходима помощь, он может поднять руку и ближайший дежурный придет к нему на помощь.
9. Не допускается никаких вопросов или дискуссий по заданиям тура. Участник должен оставаться за своим столом до окончания времени, отведенного на тур, даже если он закончил работу раньше или не хочет ее продолжать.
10. По окончании времени, отведенного на экспериментальный тур, прозвучит звонок. Участнику не разрешается писать что-либо на листах для ответов после окончания тура. Все участники должны тихо покинуть комнату. Листы с ответами должны остаться аккуратно сложены на столе участника.



**Внимательно прочитайте следующую инструкцию:**

Все три задания не зависят друг от друга. Участники в каждой команде могут сами решать, хотят ли они работать над каждым заданием вместе или по отдельности.

1. На выполнение задания отводится 3,5 часа.
2. Задание экспериментального тура состоит из 3 частей. Убедитесь, что вашей команде выдан полный комплект условий и листов для ответов. Часть 3 комплекта условий состоит из 6 страниц.
3. Используйте только выданные вам письменные принадлежности и оборудование.
4. Напишите латинскими буквами свою страну, шифр команды (А или В), фамилии, имена, и поставьте подписи на первой странице листа ответов. На всех остальных страницах листов для ответов вы должны написать свою страну и шифр команды.
5. Все результаты должны быть записаны в соответствующие графы листов ответов. Данные, записанные где-либо еще, не оцениваются.
6. Вы должны носить защитные очки все время, пока находитесь в лаборатории.
7. Прием пищи в лаборатории строго запрещен. Если необходимо, вы можете позвать дежурного, находящегося поблизости, выйти и поесть за пределами лаборатории.
8. Вы не должны нарушать правила техники безопасности, мешать другим участникам и загрязнять оборудование и рабочее место. Разговаривайте со своими товарищами тихим голосом.
9. Запрещается покидать рабочее место до тех пор, пока вам не позволят это сделать. Если вам необходимо воспользоваться туалетом, обратитесь к ассистенту, и он проведет вас.
10. Вы можете приступить к работе только по сигналу.
11. У вас есть 3,5 часа на выполнение экспериментального задания и заполнение листов ответов. За 30 минут до окончания тура вас предупредят. После команды об окончании тура вы должны немедленно прекратить работу. Задержка в выполнении этой команды более чем на 5 минут приведет к аннулированию ваших результатов.
12. После выполнения задания сложите все оборудование на его первоначальное место.
13. После команды об окончании экспериментального тура, сложите ТОЛЬКО ваши окончательные листы ответов поверх конверта, лежащего на вашем рабочем столе. Дождитесь ассистента, чтобы он проверил и собрал их. Остальные листы бумаги вы можете забрать с собой.

---

Экспериментальное задание по физике: солнечный фотоэлемент

**Введение**

Одним из способов преобразования солнечной энергии является использование фотоэлемента, также известного как солнечная батарея. Этот элемент преобразует солнечное излучение напрямую в постоянный электрический ток. Скорость производства энергии или мощность солнечной батареи зависит от количества солнечного излучения, падающего на активную область фотоэлемента. Сила тока и напряжение солнечной батареи зависят как от нагрузки (сопротивления), присоединенной к батарее, так и от количества излучения, падающего на батарею. Эту зависимость обычно представляют в виде графика зависимости силы тока от напряжения и называют вольт-амперной характеристикой. Типичная характеристика приведена на рис. 1 (все переменные и параметры определены ниже).

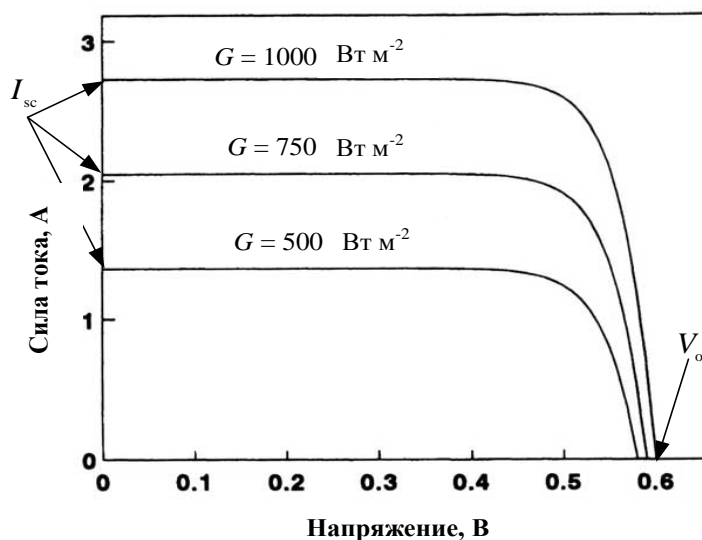


Рис. 1: Типичная вольт-амперная характеристика для солнечной батареи.

Сила тока через солнечную батарею при нулевом сопротивлении нагрузки называется током короткого замыкания ( $I_{sc}$ ). Напряжение на батарее при разомкнутой цепи называется ЭДС солнечной батареи ( $V_{oc}$ ).

Падающее солнечное излучение обычно описывается с помощью плотности потока излучения (далее называемого освещенностью), которая обозначается символом  $G$ . Освещенность измеряется в  $Вт м^{-2}$ . Из графика на рис. 1 видно, что  $I_{sc}$  для солнечной батареи увеличивается с увеличением количества солнечного излучения, падающего на активную область элемента.

В этом эксперименте вы будете исследовать зависимость  $I_{sc}$  от  $G$  для фотоэлектрического модуля, состоящего из 2 солнечных батарей, соединенных последовательно. Ток короткого замыкания  $I_{sc}$  как функция  $G$  может быть выражен следующим образом:

$$I_{sc} = I_{sco} \left( \frac{G}{G_o} \right)^\alpha, \quad (1)$$

где  $I_{sco}$  – нормировочная постоянная, которая является током короткого замыкания, измеренным при заданной величине освещенности  $G_o$ , а  $\alpha$  – постоянная, которая отвечает за нелинейное изменение  $I_{sc}$  в зависимости от  $G$ . Плотность потока падающего излучения зависит от угла падения ( $\theta$ ) – угла между направлением падающего пучка и нормалью к солнечной батарее. Уравнение 1 может быть записано в виде

$$I_{sc} = I_{sco} \left( \frac{G_{s0}}{G_o} \right)^\alpha (\cos \theta)^\alpha, \quad (2)$$

где  $G_{s0}$  – освещенность при нормальном падении ( $\theta = 0^\circ$ ) на солнечную батарею.

### **Цель эксперимента**

Цель эксперимента – определить постоянную  $\alpha$  с помощью уравнения (2).

### **Описание установки**

Часть экспериментальной установки представлена на рис. 2. Она состоит из галогеновой лампы, свет которой направлен на фотоэлектрический модуль. Модуль должен быть соединен с цифровым амперметром. Угол наклона модуля к горизонту может меняться от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , для измерения величины угла наклона используется транспортир.

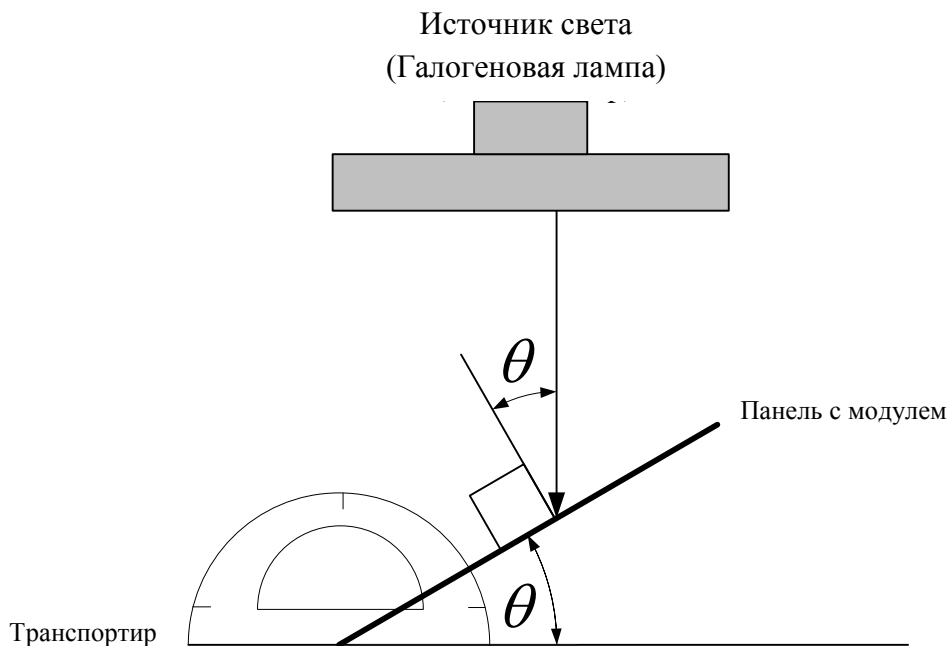


Рис. 2

### Ход работы

1. Ознакомьтесь с установкой. В ходе работы считайте, что влиянием света от всех других предметов можно пренебречь, и что расстояние между лампой и солнечной батареей не меняется при наклоне модуля.

- Установите лампу так, чтобы расстояние от поверхности фотоэлектрического модуля до защитного стекла галогеновой лампы составляло  $40 \pm 1$  см.
- Убедитесь, что переключатель амперметра установлен в правильное положение для измерения силы тока вплоть до 100 мА. Подключите прибор к модулю в правильной полярности.

**Позовите дежурного лаборанта для проверки того, как вы собрали установку, перед тем, как продолжить работу. (1 балл)**

- Включите галогеновую лампу и убедитесь, что показания амперметра существенно изменились. **Не трогайте и не перемещайте лампу в процессе эксперимента.**
- Измените угол наклона модуля, поднимая белую панель, к которой присоединен модуль, и убедитесь, что показания амперметра уменьшаются.

- е. Выключите лампу и верните модуль в его начальное горизонтальное положение.
2. При включенной лампе измерьте и запишите силы тока ( $I_1$ ), текущие через батарею при *увеличении* угла наклона ( $\theta$ ) модуля от  $30^\circ$  до  $80^\circ$  с шагом  $5^\circ$ .
  3. Выключите лампу и дайте модулю охладиться в течение примерно 5 минут.
  4. При включенной лампе измерьте и запишите силы тока ( $I_2$ ), текущие через батарею при *уменьшении* угла наклона ( $\theta$ ) модуля от  $80^\circ$  до  $30^\circ$  с шагом  $5^\circ$ .
  5. Выключите лампу и амперметр.

### **Задания**

- 1.1 Запишите измеренные значения  $\theta$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ . Определите среднее значение между  $I_1$  и  $I_2$  и запишите его в графу  $I_{sc}$  в таблице 1. **(2,5 балла)**
- 1.2 Используя ваши результаты, вычислите  $\log_{10}(\cos \theta)$  и  $\log_{10}(I_{sc})$  и запишите их в соответствующие столбцы таблицы 1. **(1 балл)**
2. Постройте график зависимости  $\log_{10}(I_{sc})$  от  $\log_{10}(\cos \theta)$ . **(3 балла)**
3. Определите  $\alpha$  из вашего графика (оценка погрешности не требуется). **(2,5 балла)**
4. Считая, что  $I_{sco} = 70$  мА и  $G_0 = 1000$  Вт м<sup>-2</sup>, с помощью вашего графика определите  $G_{s0}$ . **(2,5 балла)**
5. Куда должна быть направлена рабочая сторона солнечной батареи, установленной на доме в Дурбане? Отметьте крестиком правильный вариант в листе ответов. **(0,5 балла)**