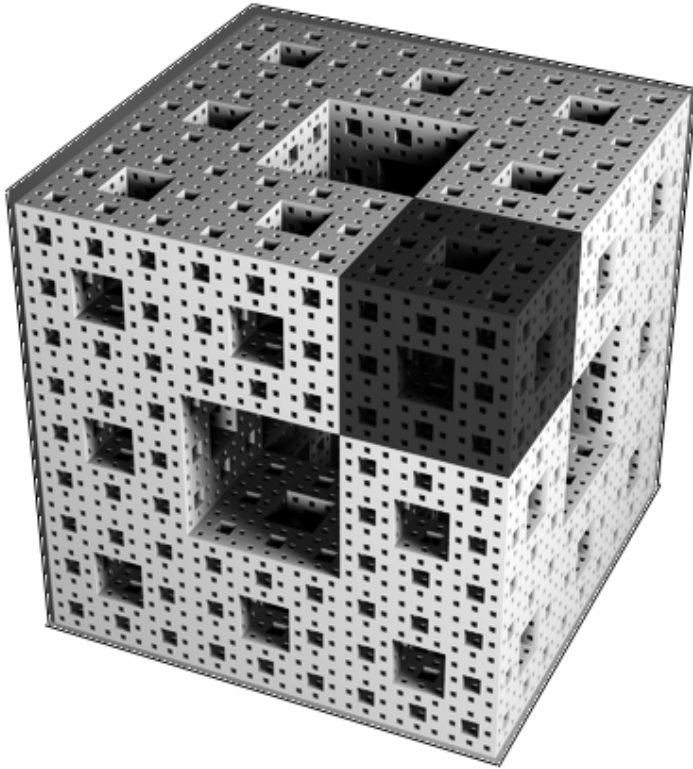




*А.И. Слободянюк  
В.В. Барашков  
Н.В. Козловский  
Л.Г. Маркович  
К.Д. Сечко*



*Заключительный этап  
Республиканской олимпиады  
по физике 2015 года  
(Экспериментальный тур)*

**Могилев  
2015**

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель председателя оргкомитета заключительного этапа  
Республиканской олимпиады Заместитель Министра образования

\_\_\_\_\_ Р.С. Сидоренко  
«\_\_» марта 2015 г.



## ***Республиканская физическая олимпиада 2015 год (Заключительный этап)***

### **Экспериментальный тур**

#### **9 класс.**

1. Полный комплект состоит из двух заданий, на выполнение каждого отводится два с половиной часа. Сдавать работу следует после выполнения обоих заданий. Задания могут быть не равноценными, поэтому ознакомьтесь с условиями обеих задач.

2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. ***При отсутствии оборудования или сомнении в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.***

3. При оформлении работы каждую задачу и каждую ее часть начните с новой страницы. Первая половина тетради предназначена для чистовика – вторая для черновика.

4. Все графики рекомендуем строить на листе миллиметровой бумаги, выданном для выполнения каждого задания. Обязательно пронумеруйте и подпишите все построенные графики. Листы миллиметровой бумаги вложите в свою тетрадь.

5. Подписывать тетради, отдельные страницы и графики запрещается.

6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.

7. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к представителям Жюри.



***Желаем успехов в выполнении данных заданий!***

9 класс

**Задача 9-1. Цепная линия, или экспериментальная геометрия.**

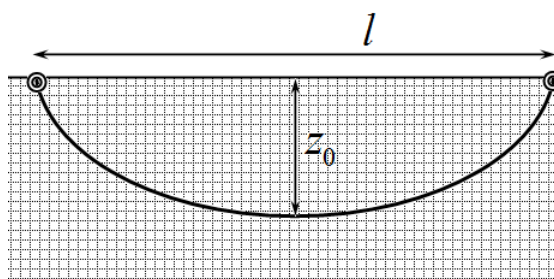
Приборы и оборудование: Лист картона с миллиметровой бумагой, нитка, две кнопки, две гайки.

Некоторые функции, встречающиеся в физике достаточно сложны. Поэтому вместо точных (но сложных) функций используются более простые (но приближенные) функции. В данной работе Вы должны продемонстрировать умение обходиться простыми приближенными методами при описании сложных процессов.

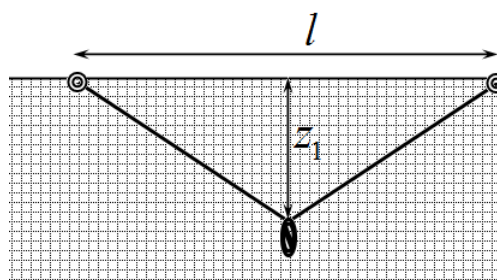
**Часть 1. Прогиб.**

Закрепите лист картона с миллиметровой бумагой вертикально на торце стола. К углу листа с помощью кнопки прикрепите один конец нитки. Второй конец нити закрепляйте на том же уровне, при этом нить, естественно будет провисать.

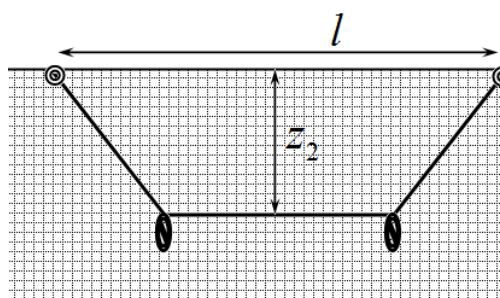
1.1 Измерьте зависимость величины провисания нити  $z_0$  от расстояния между точками подвеса  $l$ . Постройте график полученной зависимости.



1.2 Для приближенного описания полученной зависимости будем считать, что масса всей нити сосредоточена в ее центре. Для имитации этого приближения в центре нити прикрепите гайку. Измерьте зависимость величины провисания  $z_1$  от расстояния между точками подвеса  $l$  в этом случае. На том же бланке постройте график полученной зависимости.



1.3 Возможно более точное приближение к полученной в п. 1.1 зависимости можно получить, если массу нити сосредоточить в двух точках. Разделите нить на три равные части, к точкам деления прикрепите две гайки. Измерьте зависимость величины провисания  $z_2$  от расстояния между точками подвеса  $l$  в этом случае. На том же бланке постройте график полученной зависимости.



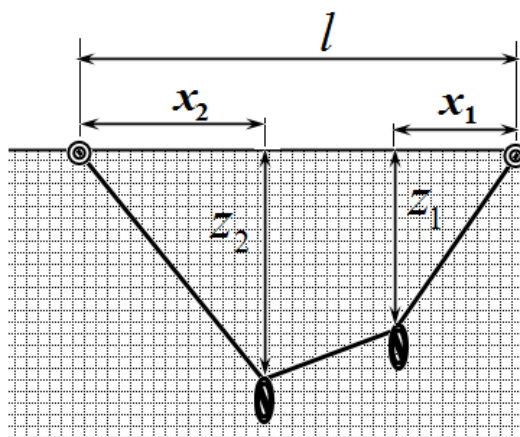
Получите теоретическую формулу, описывающую зависимость  $z_2(l)$ .

1.4 Какое из приближений  $z_1(l)$  или  $z_2(l)$  лучше описывает зависимость  $z_0(l)$ . Уточните, что по вашему мнению, означает «лучше».

## Часть 2. Положение равновесия.

Разделите нить на три части в отношении 2:1:3. К точкам деления прикрепите гайки.

2.1 Измерьте зависимости вертикальных  $z_1, z_2$  и горизонтальных  $x_1, x_2$  координат гаек от расстояния между точками подвеса  $l$ . Постройте графики полученных зависимостей (на одном бланке  $z_1(l), z_2(l)$ , на другом  $x_1(l), x_2(l)$ ).



2.2 Докажите, что полученные значения соответствуют условиям равновесия гаек. Свои доказательства обоснуйте формулами, расчетами и необходимыми графиками.

### Задача 9-2. Подъемный механизм – винт.

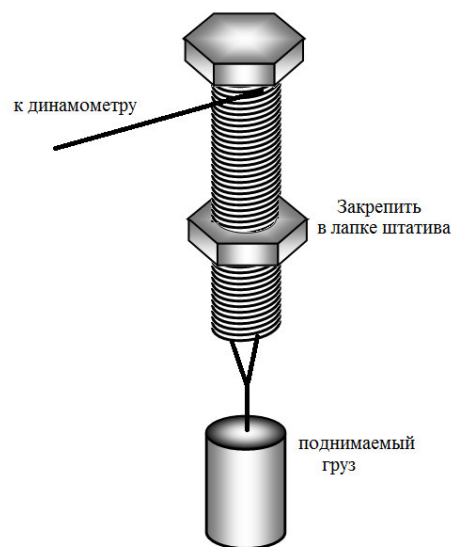
Известно много простых механизмов, одним из них является винт – свойства которого Вам предстоит исследовать в данной работе.

Приборы и оборудование: штатив с лапкой, болт с гайкой, динамометр, штангенциркуль, нитки, пластиковая бутылка, мерный стакан, вода.

Плотность воды считайте равной  $\rho = 1,0 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

Ускорение свободного падения  $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

Прочно закрепите гайку в лапке штатива, так, чтобы вкрученный в нее болт располагался вертикально. Намотайте нитку на болт (непосредственно под головкой болта), к нижней части болта привяжите с помощью нитки пластиковую бутылку. Массу этого груза вы можете изменять, доливая в бутылку известное количество воды. Если потянуть за нить, намотанную на болт, то он начнет вращаться, поднимая (или опуская) груз. Эту силу можно измерить с помощью динамометра.



## Часть 1. Почти теоретическая.

1.1 Рассчитайте, какой выигрыш в силе (отношение силы тяжести поднимаемого груза к силе, прикладываемой к нити) может дать данное подъемное устройство при отсутствии силы трения на резьбе болта.

Приведите расчетную формулу. Проведите необходимые измерения геометрических параметров вашего подъемного устройства, на основании которых проведите требуемые расчеты.

## **Часть 2. Почти экспериментальная.**

2.1 Измерьте зависимости силы, которую следует приложить к нити, чтобы поднимать груз, от массы поднимаемого груза.

2.2 Из-за заметного трения, чтобы опускать груз также необходимо прикладывать к нити некоторую силу. Измерьте зависимость силы, которую следует приложить к нити, чтобы груз опускался, от массы подвешенного груза.

2.3 Постройте графики полученных в пп. 2.1 - 2.2 зависимостей.

2.4 Используя полученные экспериментальные данные, рассчитайте коэффициент трения гайки о болт.

2.5 Используя полученные данные, рассчитайте коэффициент полезного действия Вашего подъемного механизма.

## Задача 10-1. Электронный термометр

В данной задаче Вам предстоит изучить работу электронного термометра.

**Приборы и оборудование:** мензурка (100 мл), термометр электронный, термометр спиртовой (100°C), секундомер с памятью 10-ти этапов, линейка, емкость для холодной и горячей воды – 2 шт., стаканчик пластмассовый для приготовления тёплой воды – 2шт, штатив с двумя лапками, салфетки – для удаления капель воды.

**Внимание:** Электронный термометр включается и выключается нажатием красной кнопки. При длительной работе термометр может сам выключиться. Повторное включение осуществляется нажатием красной кнопки. Если во время снятия показаний у Вас выключится термометр, не теряйтесь, а просто нажмите на красную кнопку.

Погрешности в данной задаче вычислять не требуется.

### Часть 1 Время нагрева и остывания.

При измерении температуры, к примеру воды, любым термометром его показания устанавливаются не мгновенно, а в течении некоторого промежутка времени.

Теплую воду Вы будете набирать в мензурку. На мензурке, отступив 2,0см от верхнего края, маркером поставьте риску (если такая риска ещё не поставлена или видна неотчётливо). Воду каждый раз набирайте до этого уровня. Воду в мензурку набирайте при температуре, не превышающей 50°C. Эту температуру определяйте с помощью спиртового термометра. (Имейте ввиду, что сразу после опускания термометра в воду, его показания изменяются очень быстро, на 10 – 12 °С за 8 – 10 с, поэтому работать Вам предстоит оперативно).

1.1 Измерьте зависимость показаний термометра от времени при измерении температуры тёплой воды  $t_3(\tau)$ . Постройте график полученной зависимости. Оцените время установления теплового равновесия между водой и термометром.

Помните, что перед проведением очередного эксперимента термометр должен самопроизвольно охладиться до околокомнатной температуры. На это требуется 3 – 4 минуты. Не наблюдайте в это время просто за термометром, используйте это время рационально.

Далее Вам необходимо исследовать, как зависят показания электронного термометра от времени при охлаждении термометра в воздухе до околокомнатной температуры  $t_3(\tau)$  после извлечения его из тёплой воды.

Сразу после извлечения термометра из воды протирайте его стержень салфеткой. (Необходимо удалять всю влагу со стержня термометра, чтобы испарение капель воды не влияло на показания термометра). Показания термометра прекращайте определять, когда они будут оставаться выше комнатной температуры на 1,0 – 1,5 °С.

1.2 Измерьте зависимость показаний термометра от времени при измерении температуры воздуха  $t_3(\tau)$ . Постройте график полученной зависимости. Оцените время установления теплового равновесия между воздухом и термометром.

1.3 Используя полученные в п.1.2 данные определите интервал температур, в которых мощность теплоотдачи электронного термометра при охлаждении прямо пропорциональна разности его показаний и температуры окружающей среды.

## **Часть 2. Глубина погружения.**

*С помощью второй лапки штатива вблизи электронного термометра закрепите спиртовой термометр. Закрепите так, чтобы Вы могли видеть шкалу этого термометра в диапазоне 30 - 50°C. Термометры должны располагаться так, чтобы они вместе помещались в мензурку. Термометры должны находиться на одной глубине.*

**2.1.** Исследуйте зависимость разности окончательных показаний электронного и спиртового термометров при измерении температуры тёплой воды от глубины погружения электронного термометра. Измерения проведите при двух различных значениях температуры воды

Постройте графики полученных зависимостей  $\Delta t(h)$ . Дайте качественное объяснение полученных результатов.

## **Выводы.**

**3.1** Основываясь на результатах проведённых Вами исследований, дайте две основных рекомендации по пользованию электронным термометром.

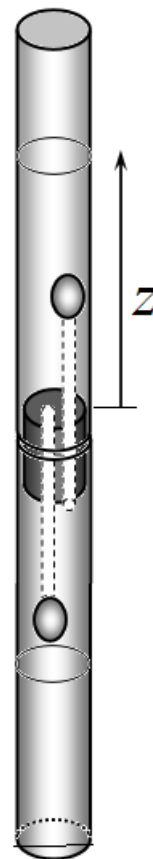
## Задача 10-2. Капельница

Не сложно найти множество игрушек, в которых можно наблюдать движение капелек одной жидкости в другой, не смешивающейся с первой. Мы для вас сделали такую «игрушку» и рекомендуем исследовать ее некоторые характеристики.

Приборы и материалы: Две пробирки с единой шкалой, полностью заполненные двумя не смешивающимися жидкостями (вода и растворитель – «Уайт спирт»), штатив, секундомер с памятью 10 этапов.

Две пробирки соединены с помощью пробки, через которую проходят две одинаковых трубки. Пробирки заполнены двумя жидкостями, плотность воды больше, чем плотность растворителя. Во время всех измерений пробирки располагайте вертикально.

Если в верхней пробирке находится более тяжелая жидкость (вода), то через трубки начнется перетекание жидкостей, при этом в каждой пробирке на торцах трубок будут образовываться капли, которые, отрываясь от трубок, будут подниматься в верхней пробирке и опускаться в нижней. Также легко наблюдать границы жидкостей, как в верхней, так и в нижней пробирке. Координату верхней границы  $z$  следует отсчитывать от края пробки.



### Часть 1. Капли.

*Размеры образующихся капель воды и растворителя могут быть разными.*

1.1 С помощью секундомера с памятью этапов (можете использовать инструкцию по пользованию секундомером) зафиксируйте времена отрыва последовательно образующихся капель  $t_1(k)$  растворителя в воде и  $t_2(k)$  - воды в растворителе. Постройте графики полученных зависимостей.

1.2 Рассчитайте отношение объемов капель  $\frac{V_1}{V_2}$ .

1.3 Рассчитайте отношение вязкостей воды и растворителя  $\frac{\eta_1}{\eta_2}$ .

*При движении капля на нее действует сила вязкого трения, которая определяется формулой Стокса*

$$F = 6\pi\eta Rv \quad (1)$$

где  $R$  - радиус капли,  $v$  - скорость ее движения,  $\eta$  - вязкость среды, в которой движется капля.

*Приведите формулы, которые Вы использовали для расчета этого отношения. Укажите, какие величины вам пришлось дополнительно измерить, приведите результаты этих измерений.*



## Часть 2. Движение границы.

2.1 Измерьте зависимость координаты верхней границы жидкостей от времени  $z(t)$ . Постройте график полученной зависимости.

2.2 Дайте качественное объяснение вида полученной зависимости  $z(t)$ .

*Свои выводы обоснуйте формулами и расчетами.*

*Скорость перетекания жидкости (объем жидкости, протекающей в единицу времени  $q$ ) через тонкую трубку пропорционален разности давлений на концах трубки  $\Delta P$ , обратно пропорционален длине трубки  $l$  и вязкости жидкости (закон Пуазейля)*

$$q = \frac{\pi r^4}{8\eta l} \Delta P \quad (2)$$

*$r$  - радиус трубки.*

## Задача 1. «Дыхание» транзистора или когда все изменяется...

*Ничего не понимаю, но делать надо!*

*(Основное правило «олимпиадников»)*

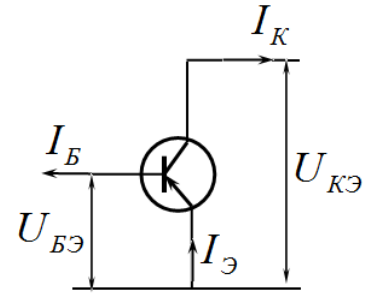
Современные компьютеры, смартфоны содержат десятки миллионов транзисторов. Мощь человеческого интеллекта и современных технологий делают работу огромного числа транзисторов согласованной!

Вам предстоит изучить некоторые характеристики всего лишь одного транзистора малой мощности МП41, широко применявшегося на практике 50 лет тому назад.

Если вы первый раз услышали слово транзистор, то можете ознакомиться с «Кратким описанием» принципов его работы.

В данной работе Вам предстоит исследовать работу транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером. Основное назначение этой схемы – усиление сигнала, который подается на базу транзистора.

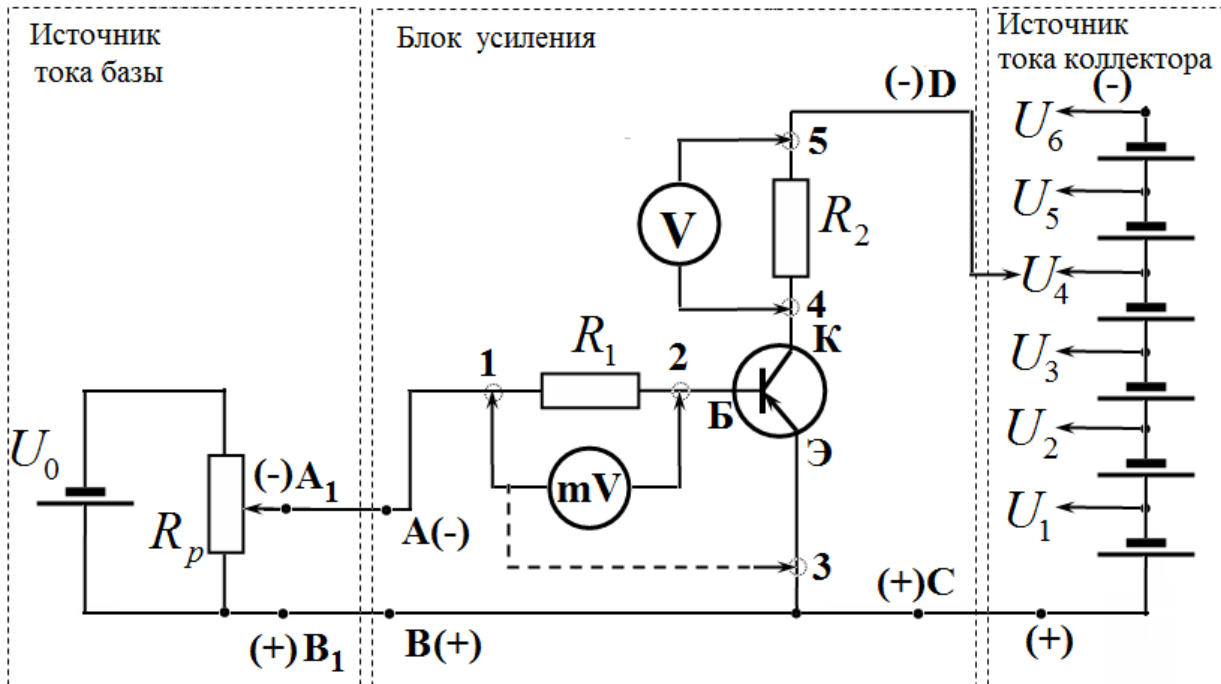
Оказывается, что малое изменение тока базы существенно влияет на силу тока коллектора, именно благодаря этому осуществляется усиление сигнала «по току».



Включение транзистора по схеме с общим эмиттером

Для выполнения работы для вас собрана следующая электрическая схема.

Кружочками на схеме с номерами 1, 2, 3, 4, 5 обозначены штырьковые контакты,



предназначенные для удобства подключения вольтметра и милливольтметра при измерении напряжения.

Для регулировки напряжения, подаваемого на базу-эмиттер, используется проволочный реостат  $R_p$ . Измерения необходимо делать аккуратно, так как ток базы в несколько микроампер существенно изменяет ток коллектора!

Для подачи изменяемого напряжения на коллектор – эмиттер используется батарея из 6 элементов. Для измерения малого тока базы и напряжения база-эмиттер используется мультиметр, работающий в режиме измерения напряжений. Снимать показания с мультиметра следует с точностью до милливольт. Для расчета тока базы используйте

результаты измерений напряжения на резисторе  $R_1 = 100 \text{ Ом}$  (контакты 1-2). С помощью мультиметра также можно измерять напряжение между базой и эмиттером (контакты 2-3).

Для измерения тока коллектора используйте результаты измерений напряжения на нагрузке  $R_2$  (контакты 4-5). Эти измерения проводите с помощью школьного вольтметра с точностью до десятых долей вольта.

*При расчетах внутренними сопротивлениями источников можно пренебречь.*

**Внимание!** Сопротивление школьного вольтметра не слишком велико (его нельзя считать идеальным). Поэтому сопротивление нагрузки (резистора  $R_2$  и соединенного с ним вольтметра) измерьте предварительно с помощью мультиметра, переключив его в режим измерения сопротивления. (запишите значение этого сопротивления). По причине малости сопротивления вольтметра с его помощью нельзя измерять напряжение между коллектором и эмиттером – подключение вольтметра к контактам 4-3 существенно изменяет все параметры рассматриваемой схемы!

*Строго соблюдайте полярность подключения источников к блоку усиления!*

Основной целью данной работы является выбор параметров изучаемой схемы, при которых она может работать в качестве усилителя. Выбор этих параметров обусловлен двумя критериями:

1. Усиление должно происходить без искажения сигнала, т.е. связь между током коллектора и током базы должна быть линейной.
2. Имеются ограничения для силы тока коллектора, напряжения коллектор – эмиттер и мощности теплоты, выделяющейся на транзисторе.

### ***Часть 1. Входные характеристики транзистора***

Входные характеристики показывают зависимость тока базы  $I_B$  от напряжения между эмиттером и базой  $U_{ЭБ}$  при постоянном напряжении между эмиттером и коллектором  $U_{ЭК} = \text{const}$ .

1.1 Измерьте зависимости силы тока базы  $I_B$  от напряжением между базой  $U_{ЭБ}$  при напряжениях между эмиттером и коллектором равным  $U_{ЭК} = 0 \text{ В}$ ,  $U_{ЭК} = 4,5 \text{ В}$ . Постройте графики полученных зависимостей на одном бланке.

*Измерения проводите при напряжениях на резисторе  $R_1$ , изменяющихся в пределах от 10 до 80 мВ. Для подачи напряжения на коллектор-эмиттер закоротите проводником резистор  $R_2$ .*

### ***Часть 2. Выходные характеристики транзистора***

Выходные характеристики транзистора показывают зависимость тока коллектора ( $I_K$ , мА) от напряжения между эмиттером и коллектором ( $U_{ЭК}$ , В) при постоянном значении тока базы ( $I_B$ , мкА).

Отключите провод между контактами 4 и 5. Подключите вольтметр к резистору  $R_2$ .

2.1 Установите последовательно напряжение на резисторе  $R_1 = 100 \text{ Ом}$   $U_{R1} = (20, 30, 40, 50)$  мВ при  $U_{CD} = 0 \text{ В}$  и, дотрагиваясь контактом D последовательно к шести контактам источника ( $U_1$ ) – ( $U_6$ ), измерьте значения напряжения на нагрузке  $U_{R2}$  для соответствующих напряжений источника при установленном токе базы.

После каждого размыкания контакта D с источником тока проверяйте установленное значение тока базы (напряжение  $U_{R1}$ )!

2.2 Вычислите значения тока коллектора  $I_K$  и напряжение эмиттер-коллектор  $U_{ЭК}$  для соответствующих значений тока базы и напряжения источника.

2.3 Постройте графики (на одном бланке) зависимости тока коллектора ( $I_K$ ,  $mA$ ) от напряжения эмиттер – коллектор ( $U_{ЭК}$ ,  $V$ ) при соответствующем токе базы.

### **Часть 3. Усиление транзистора по току**

3.1 Измерьте зависимость силы тока коллектора  $I_K$  от тока базы  $I_B$  при постоянных значениях напряжения  $U_{CD}$  равных 3,0 В, 4,5 В, 6,0 В. Постройте графики полученных зависимостей на одном бланке.

*Сила тока базы не должна превышать 0,3 мА*

3.2 Какое напряжение  $U_{CD}$  является оптимальным для работы данного усилителя? Ответ обоснуйте.

3.3 Для оптимального значения  $U_{CD}$  рассчитайте коэффициент усиления по току  $K = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B}$

*(Рассчитывать погрешность не требуется!)*

### **Часть 4. Рабочая область и ограничения**

*Допустимый рабочий диапазон транзистора:*

- по напряжению  $1 В \leq U_{ЭК} < 15 В$ ;
- по току  $1 мА \leq I_K < 20 мА$ ;
- по мощности  $P_K = I_K U_{ЭК} < 150 мВт$ .

4.1 На диаграмме ( $U_{ЭК}, I_K$ ) постройте область допустимых значений напряжения эмиттер-коллектор и силы тока коллектора.

4.2 Используя входные и выходные характеристики транзистора, график зависимости  $I_K = f(I_B)$ , определите:

4.2.1 максимальный, минимальный ток коллектора  $I_{Kmax}$ ,  $I_{Kmin}$  и, соответствующий им, максимальный и минимальный ток базы  $I_{Bmax}$ ,  $I_{Bmin}$ , допускающих работу транзистора без искажений входного сигнала;

4.2.2 максимальное и минимальное значение напряжения входного сигнала  $U_{ЭBmax}$ ,  $U_{ЭBmin}$ , допускающих работу транзистора без искажений входного сигнала.

## Задача 2. Поглощение и люминесценция.

Приборы и оборудование: пробирка с люминесцирующим раствором родамина 6Ж в штативе со шкалой, источник света (светодиод) с блоком питания, фотоприемник (фотодиод), переменный резистор, мультиметр, соединительные провода.

Люминесценция – это вторичное излучение после поглощения света. В данной работе исследуется люминесценция водного раствора сложного органического соединения родамина 6Ж. Интенсивность люминесценции пропорциональна количеству поглощенной световой энергии.

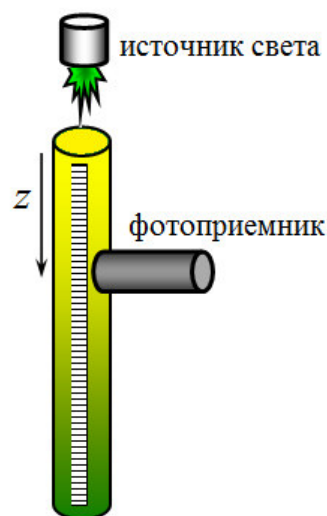
При прохождении света через поглощающую среду изменение интенсивности света при прохождении через тонкий слой  $\Delta z$  пропорционально интенсивности падающего света и толщине слоя

$$\Delta I = -kI\Delta z, \quad (1)$$

где  $k$  - коэффициент поглощения света.

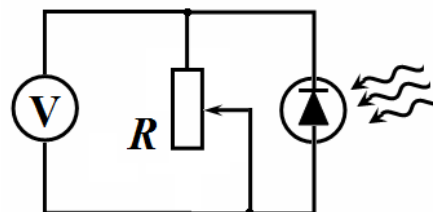
Закрепите пробирку в лапке штатива вертикально, над ней (в непосредственной близости от ее края) расположите источник света. Направьте световой пучок строго вдоль пробирки. Для измерения интенсивности света используйте фотоприемник, непосредственно приставляя его к стенке пробирки. Положение фотоприемника измеряйте по шкале, прикрепленной к пробирке.

Для измерения интенсивности света используйте электрическую схему, изображенную на рисунке. Сопротивление резистора должно быть равно 10-15 кОм (для установки этого значения используйте мультиметр). При освещении фотоприемника напряжение на резисторе пропорционально интенсивности падающего света.



1. Измерьте зависимость интенсивности люминесценции как функцию расстояния от края раствора  $z$ . Постройте график полученной зависимости  $I_{\text{люм}}(z)$ .

2. Источник света не формирует параллельный поток лучей. Поэтому даже в отсутствие поглощения света интенсивность света зависит от расстояния до источника. Измерьте зависимость интенсивности света, испускаемого источником от расстояния до источника  $I_0(z)$ .



*Рекомендуем, не изменяя положения источника, слегка сдвинуть пробирку, и провести измерения, повернув фотоприемник на источник.*

3. Используя полученные экспериментальные данные, выделите диапазон высот  $z$ , в котором выполняется закон поглощения света (1). Определите коэффициент поглощения света в этом диапазоне. Оцените погрешность полученного значения.