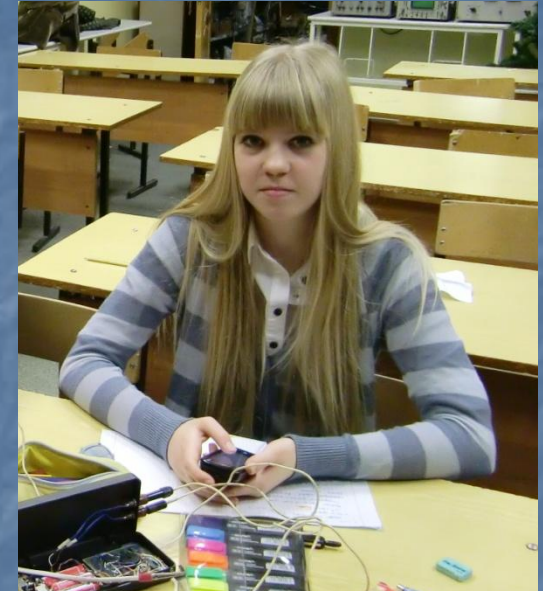


# УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БЫСТРО ПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

Коровянская Анастасия Денисовна,  
9Б класс, МОУ «Гимназия №5»,  
город Юбилейный  
Московской области,  
Nasti96@bk.ru



Научный руководитель:  
профессор кафедры «Прикладная механика и  
математика» Московского государственного  
строительного университета, д.т.н., с.н.с.  
Лебедев Владимир Валентинович,  
Lebedev\_v\_2010@mail.ru

## Цель работы:

создать установку – имитатор быстро протекающих процессов, которые не доступны для изучения в школьных условиях.

## Актуальность работы:

недостаточное внимание «быстрым» измерениям в школьном курсе физики.

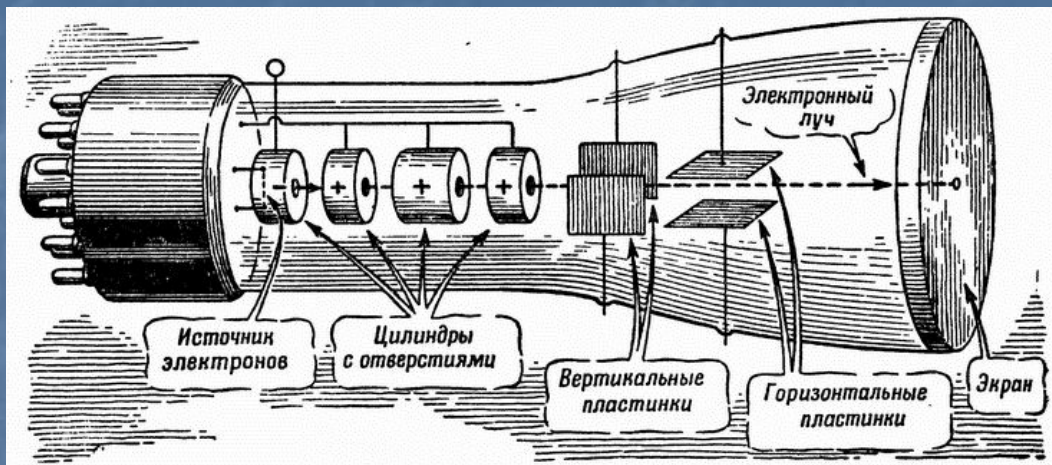
## Новизна работы:

имитация недоступных для школы процессов сравнительно простым движением тел.

## Практическая значимость работы:

учебная установка для измерения характеристик быстро протекающих процессов.

# КАКИЕ УСКОРИТЕЛИ ЧАСТИЦ ЕСТЬ В ШКОЛЕ?



Электронно-лучевая трубка 20-летней давности, обязательно неработающая, потому что в ней нет защиты от подачи анодного напряжения при холодном катоде. Пользы от неё не больше, чем от картинке в учебнике.

Отдельные электронно-лучевые трубки в виде радиодеталей для иллюстрации составных частей, но не для измерения характеристик ускоренных частиц-электронов.



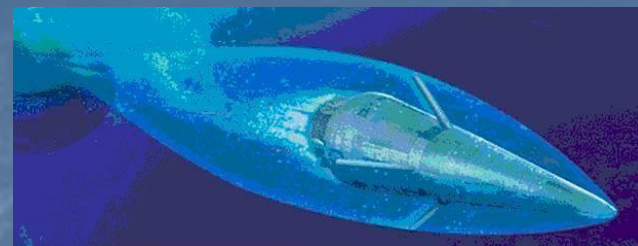
Действующие кинескопы телевизоров, которые всё более заменяются жидкокристаллическими или плазменными панелями. Об ускорении электронов даже не упоминают.

**Вывод: создание имитации ускорителя актуально.**



# ОСНОВНАЯ ИДЕЯ УСТАНОВКИ

1. Невидимые и непонятные для школы элементарные частицы или объекты заменяются имитаторами, то есть простыми телами (шарами, цилиндрами).



**Ракета «Шквал»**



2. Электростатический или магнитный принцип ускорения заменяется гравитационным, то есть притяжением тела к Земле.

Ускорение частицы имитируется падением тела.

Вопросы: 1) как измерить характеристики движения?

2) как измерить характеристики тела?

# НУЖНЫ ДАТЧИКИ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕЛА

Оптические датчики не так хороши для практики, как их рекламируют. Первая установка доказала это. Трудно юстировать, потому что это оптическая система источник света – фотодиод.



Вот такую установку сделали, попробовали с ней работать и отказались от неё.

Более пяти лет отлично и безотказно работает в школе измеритель ускорения свободного падения с миллисекундомером в приборе Ф292 для проверки реле.



**Такой принцип надо применять в создаваемой установке!**



# ТАКАЯ УСТАНОВКА СОЗДАНА



**USB-осциллограф запоминает поступление сигналов во времени.**

**Расшифровка осциллограммы – это определение характеристик движения тела с магнитом, которое имитирует «видимую» частицу.**

**Тело с магнитом падает в трубе длиной 1 метр.**

**Датчики – катушки индуктивности. Они выдают сигналы о положении тела в трубе.**

**На метровой трубе датчиков 16, На двухметровой – 20.**

**Сигнал  $\sim 200$  мВ с каждого датчика поступает на усилитель напряжения ( $K \sim 100$ ).**



# СОЗДАНИЕ КАТУШЕК ДАТЧИКОВ



Купили 8  
ремонтных муфт  
диаметром 50 мм  
по 38 рублей.



Нашли провод  
ПЭЛ-0,26.



Намотали ровно 200 витков  
при высоте катушки 2-3 мм.  
Потом залили катушку  
клеем.



Изготовили  
клеммы и  
наклеили их на  
муфты.



Равномерно  
разместили  
муфты на трубе.



Припаяли  
провода.



Провода  
собрали в  
жгут.



Припаяли и  
прозвонили  
разъём.



**Труба с датчиками готова!**

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ УСИЛИТЕЛЯ

Сначала намотали на катушку 100 витков, бросили в неё магнит, измерили сигнал на осциллографе  $\sim 40-100$  мВ.

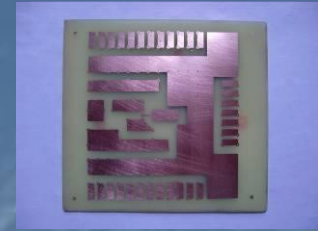
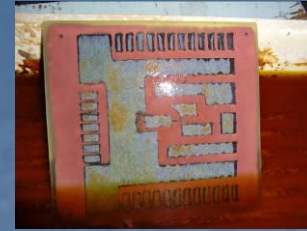
**МАЛО! СИГНАЛ ТОНЕТ В ПОМЕХАХ!**

Доказали, что в катушке-датчике должно быть 200 витков.

Надо усилить напряжение, поэтому выбрали схему транзисторного усилителя с общей базой.

Напряжение надо усилить в  $\sim 100$  раз, поэтому транзистор должен быть маломощным, с рабочим напряжением 25-30 В и коэффициентом усиления  $\sim 100$ .

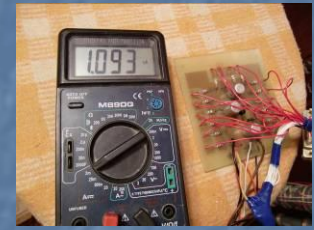
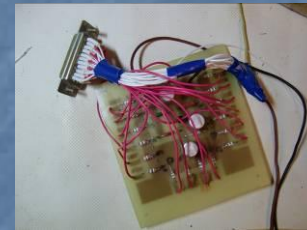
Удобный источник питания – батарейка «Крона-9В», поэтому рабочее напряжение транзистора снизили до 15 В.



Вытравили плату.



Залудили, припаяли детали.



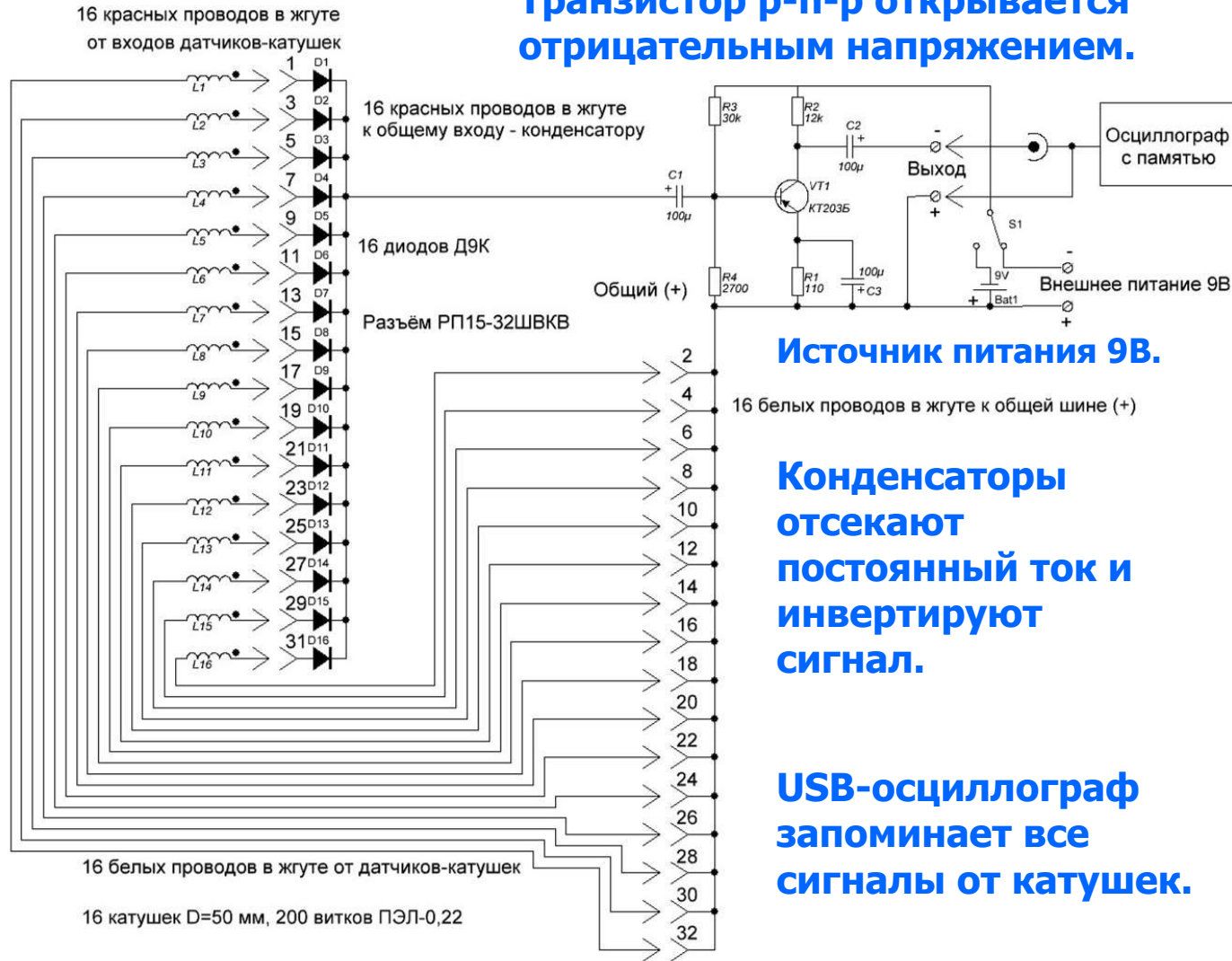
Припаяли разъём, прозвонили тестером, измерили холостой потребляемый ток 1мА.

**УСИЛИТЕЛЬ ЕСТЬ!**



# РАБОЧАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ

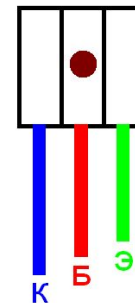
**Транзистор p-n-p открывается отрицательным напряжением.**



**Транзистор  
КТ203Б  
(справочник)  
Тип p-n-p  
Uкэ=30В  
Iк=10мА  
fгр=5МГц  
h21э=30-150  
Подобрали  
h21э=92**

Вид со стороны среза (точки)

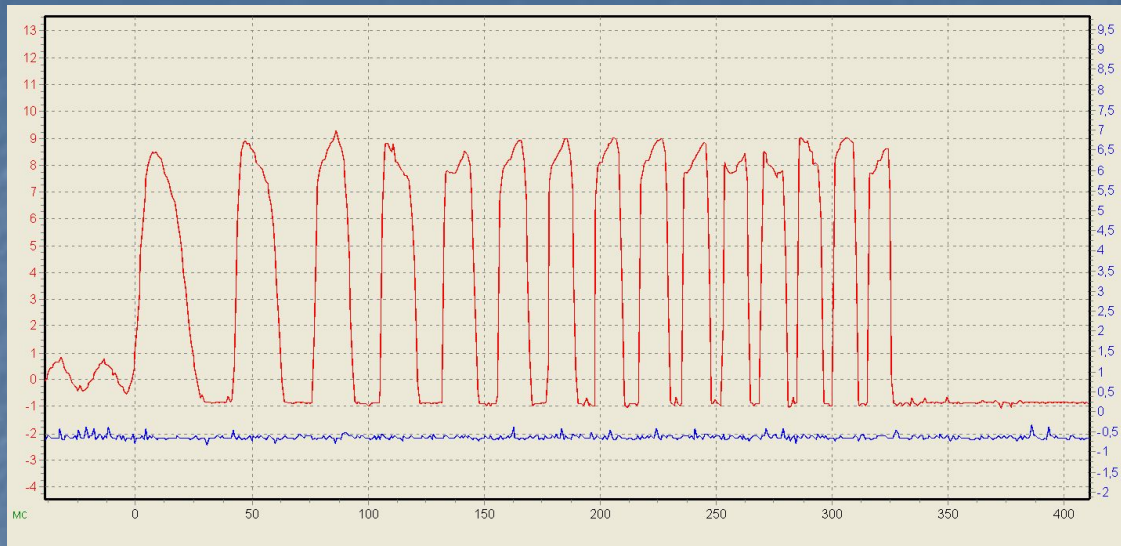
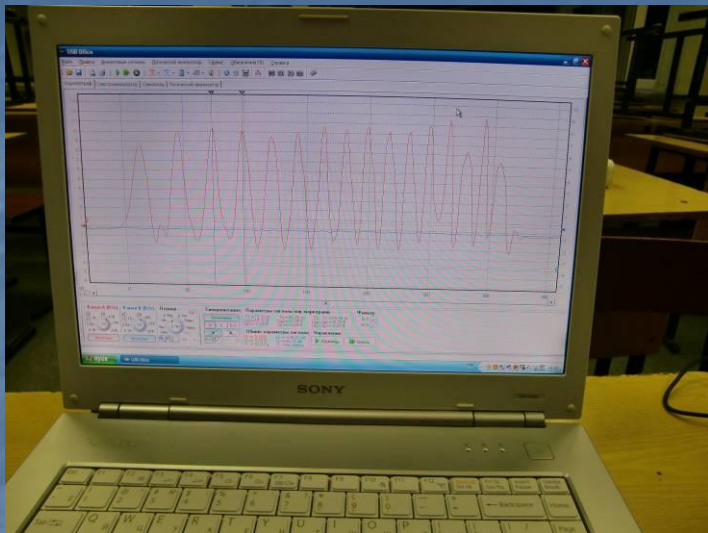
Транзистор p-n-p КТ203Б



**Диоды отсекают обратные сигналы от магнита и катушек.**

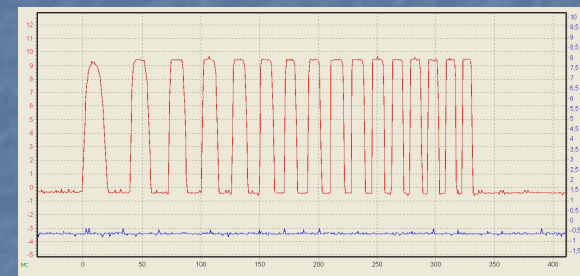
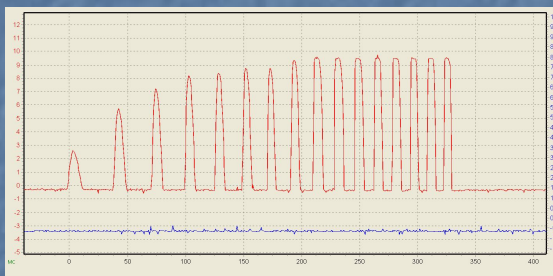
**Технологический разъём для удобства и перспективы.**

# ИСПЫТАНИЕ УСТАНОВКИ



Так выглядит осциллограмма.

**Увы! Здесь 15 пиков, а не 16. Не сработал один датчик (первый или последний).**



Слабый магнит для оценки скорости по амплитуде.

Сильный магнит для точного измерения времени (насыщение).

**Вот обрыв провода!**  
Спаяли концы.

**Установка готова к работе, к решению задач!**





# КОМПЛЕКС ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ ТЕЛА

1. Измерить ускорение  $g$  свободного падения одним датчиком.

$$g = \frac{2H}{t^2}$$

**Ошибка:**  $\Delta g = \frac{2(\Delta H \cdot t^2 - 2t \cdot \Delta t \cdot H)}{t^4}$

2. Определить высоту падения без начальной скорости одним датчиком.

$$H = \frac{gt^2}{2}$$

**Ошибка:**  $\Delta H = t \cdot \Delta t \cdot g$

3. Сколько времени падало тело, если оно было отпущено без начальной скорости и последний участок длиной  $\Delta h$  прошло за  $\Delta t$  ?  
время

$$t_1 = \frac{\Delta h}{g \cdot \Delta t} - \frac{\Delta t}{2}$$

$$t_2 = \frac{\Delta h}{g \cdot \Delta t} + \frac{\Delta t}{2}$$

4. С какой высоты было отпущено тело без начальной скорости, если последний участок длиной  $\Delta h$  оно прошло за  $\Delta t$  ?  
время

$$H_1 = \frac{\Delta h^2}{2g \cdot \Delta t^2} - \frac{\Delta h}{2} + \frac{g \cdot \Delta t^2}{8}$$

$$H_2 = \frac{\Delta h^2}{2g \cdot \Delta t^2} + \frac{\Delta h}{2} + \frac{g \cdot \Delta t^2}{8}$$

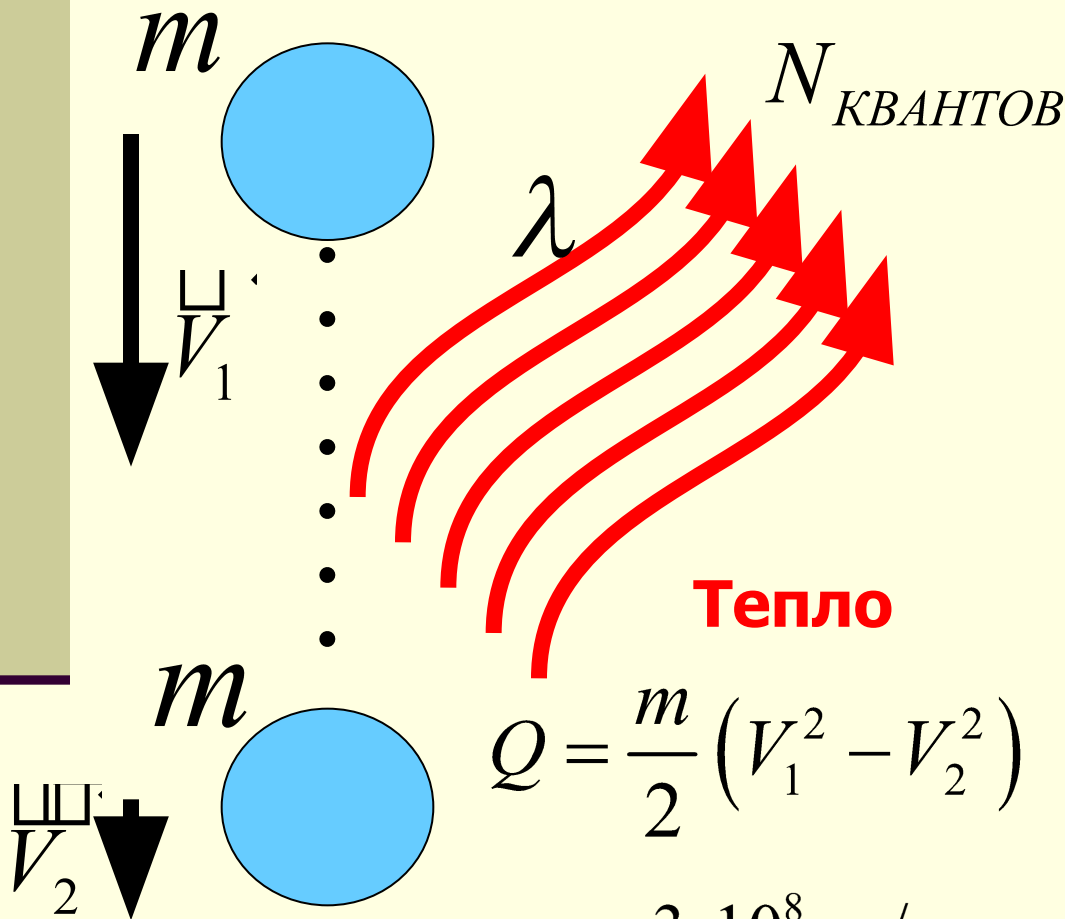
5. Определить ускорение  $g$  свободного падения тела, если при отпуске без начальной скорости последний участок  $\Delta h$  оно прошло за  $\Delta t$  .  
высотой

$$g = \frac{2 \cdot (\sqrt{H_2} - \sqrt{H_1})^2}{\Delta t^2}$$

$$g = \frac{2 \cdot (\sqrt{H_1 + \Delta h} - \sqrt{H_1})^2}{\Delta t^2}$$



# КОМПЛЕКС ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ТРЕНИЕ – МОДЕЛИРОВАНИЕ РОЖДЕНИЯ КВАНТОВ



**Число родившихся  
инфракрасных квантов  
при заданной длине  
волны:**

$$\lambda = 1000 \text{ нм} = 1 \text{ мкм}$$

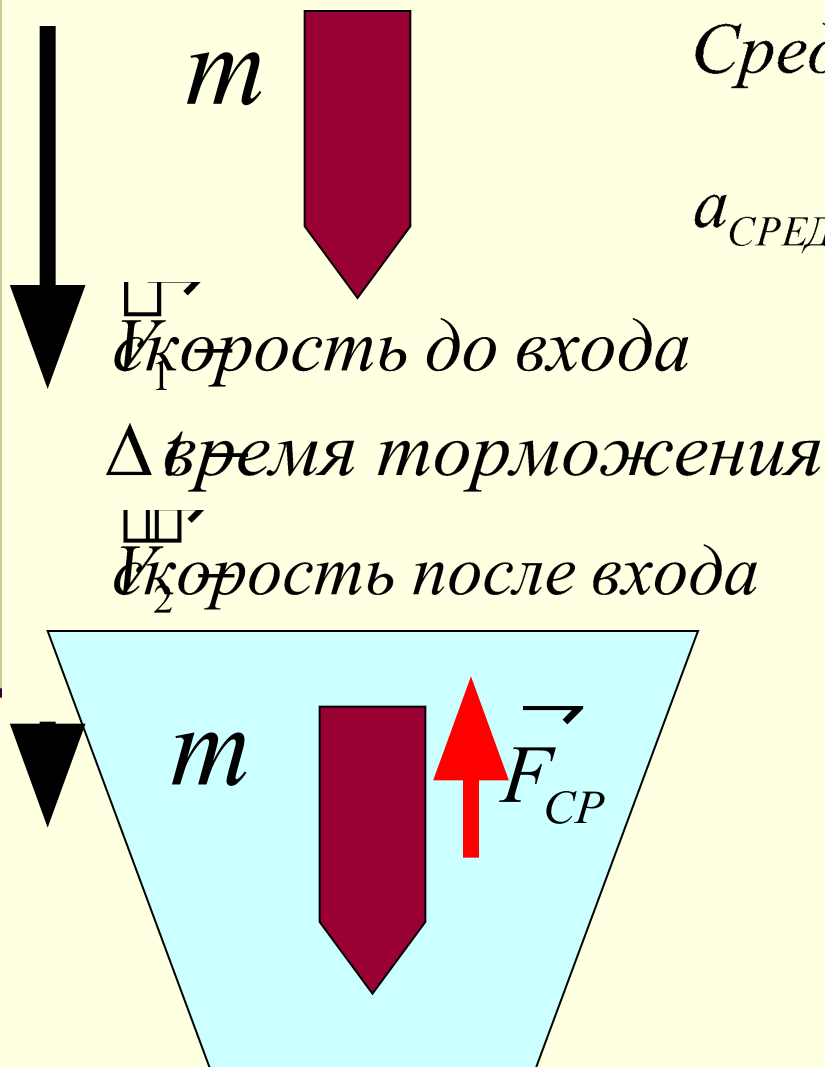
$$N_{\text{КВАНТОВ}} = \frac{Q}{\left(\frac{hc}{\lambda}\right)}$$

$$Q = \frac{m}{2} (V_1^2 - V_2^2)$$

$c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  – скорость света в вакууме

$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$  – постоянная Планка

# ЗАДАЧИ О ПЕРЕХОДЕ ТЕЛА ИЗ ОДНОЙ СРЕДЫ В ДРУГУЮ



Среднее ускорение торможения :

$$a_{\text{СРЕДНЕЕ}} = \frac{V_1 - V_2}{\Delta t}$$

**Не разрушится ли  
конструкция при  
быстром  
переходном  
процессе?**

Средняя сила удара :

$$F_{\text{СРЕДНЯЯ}} = \frac{m \cdot V_1 - m \cdot V_2}{\Delta t}$$



# ВЫВОДЫ

1. Создана учебная установка для моделирования быстро протекающих процессов.
2. Точность измерений на созданной установке оценена определением ускорения свободного падения тела (относительная ошибка 3-7%).
3. Предложен перечень типовых школьных задач кинематики, которые из теоретического раздела переведены в практический.
4. Начато изучение процесса движения тела при переходе из одной среды в другую.