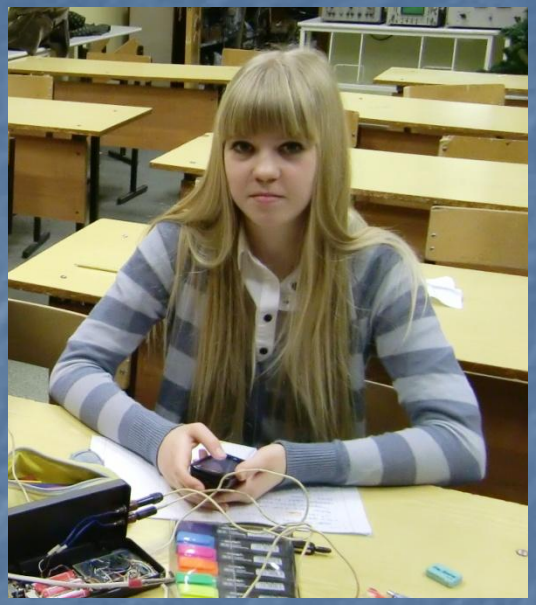
УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БЫСТРО ПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

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.

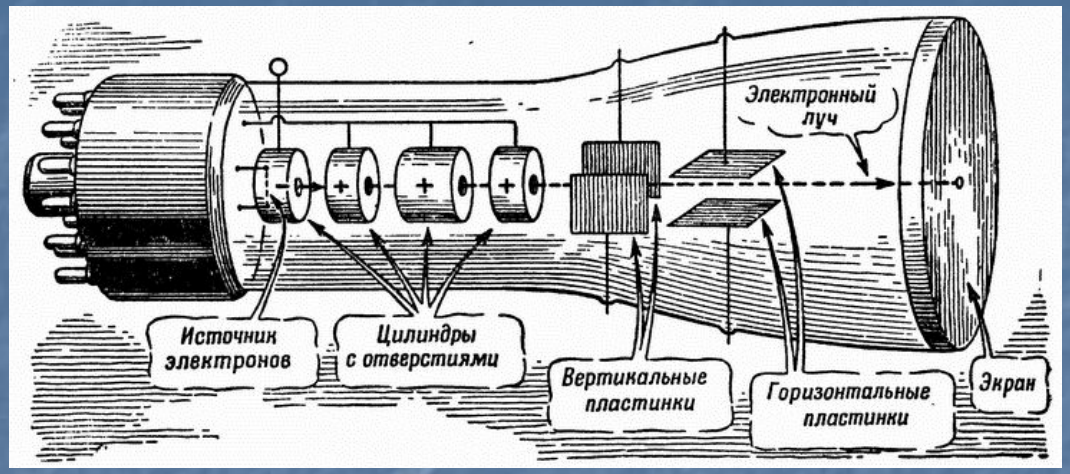
Новизна работы:

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 картинки в учебнике.

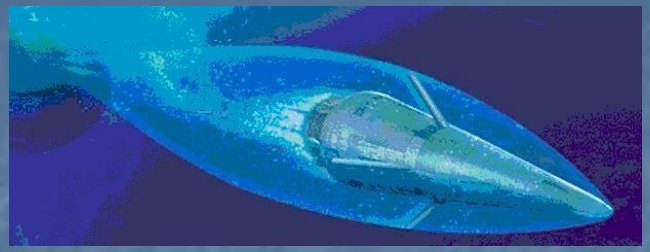
Отдельные электронно-лучевые трубки в виде радиодеталей для иллюстрации составных частей, но не для измерения характеристик ускоренных частиц-электронов.

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

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.

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 ~200 мВ с каждого датчика поступает на усилитель напряжения (К~100).

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

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

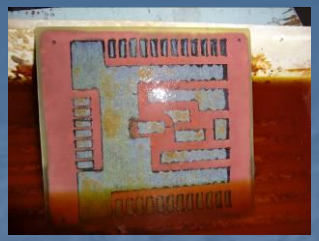
Сначала намотали на катушку 100 витков, бросили в неё магнит, измерили сигнал на осциллографе ~40-100 мВ.
МАЛО! СИГНАЛ ТОНЕТ В ПОМЕХАХ!

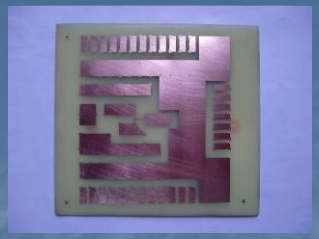
Доказали, что в катушке-датчике должно быть 200 витков.

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

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

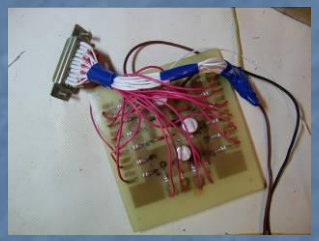
Удобный источник питания – батарейка «Крона-9В», поэтому рабочее напряжение транзистора снизили до 15 В.

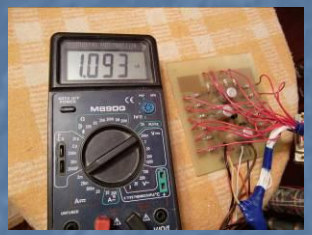




Вытравили плату.

Залудили, припаяли детали.





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

УСИЛИТЕЛЬ ЕСТЬ!

РАБОЧАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ

Транзистор p-n-p открывается отрицательным напряжением.

16 красных проводов в жгуте от входов датчиков-катушек

16 красных проводов в жгуте к общему входу - конденсатору

16 диодов Д9К

Разъём РП15-32ШВКВ

Общий (+)

Выход

Осциллограф с памятью

Внешнее питание 9В

Источник питания 9В.

16 белых проводов в жгуте к общей шине (+)

Конденсаторы отсекают постоянный ток и инвертируют сигнал.

USB-осциллограф запоминает все сигналы от катушек.

16 белых проводов в жгуте от датчиков-катушек

16 катушек D=50 мм, 200 витков ПЭЛ-0,22

Транзистор КТ203Б (справочник)

Тип p-n-p

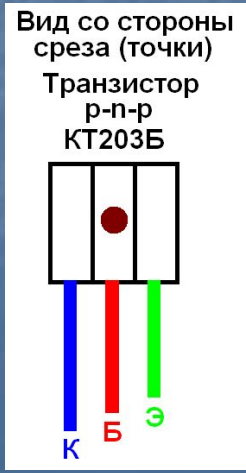
$U_{кэ}$=30В

$I_к$=10мА

$f_{гр}$=5МГц

$h_{21э}$=30-150

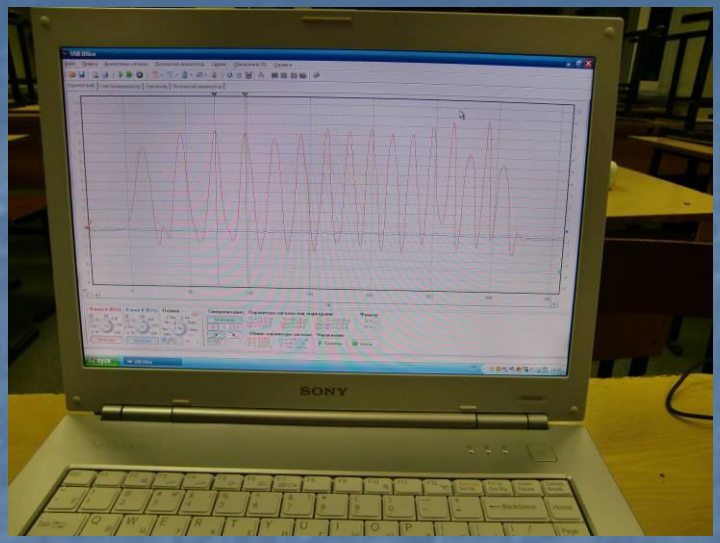
Подобрали $h_{21э}$=92

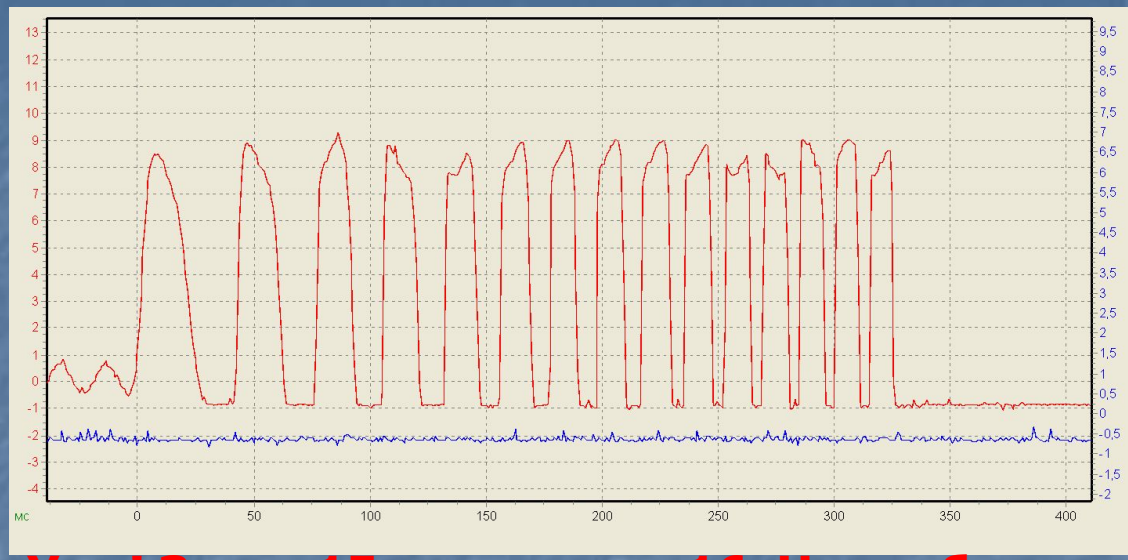


Диоды отсекают обратные сигналы от магнита и катушек.

Технологический разъём для удобства и перспективы.

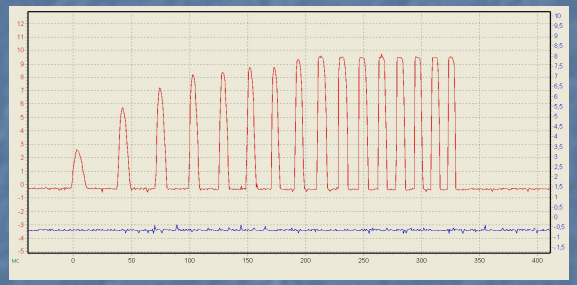
ИСПЫТАНИЕ УСТАНОВКИ

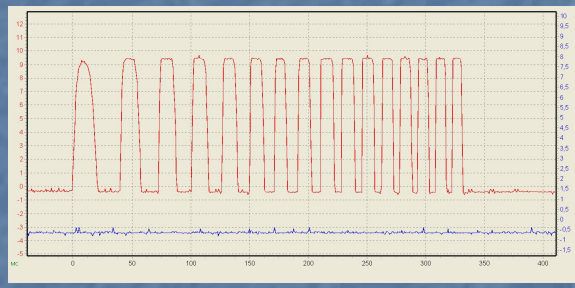




Так выглядит осциллограмма.

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!

ПРОВЕРЯЕМ ТОЧНОСТЬ УСТАНОВКИ

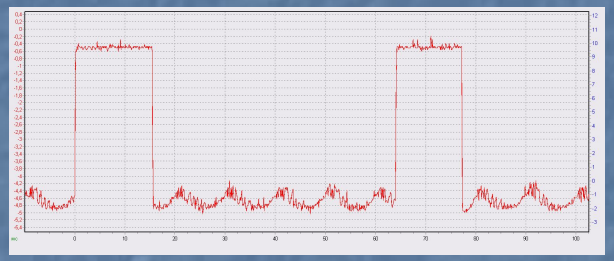
Новая формулировка школьной задачи определения величины g. Частица начала двигаться ускоренно из известного положения. Измерили моменты прохождения частицей шестнадцати точек с известными координатами. Вычислить величину ускорения частицы и оценить точность полученного результата.

Расчёт по серединам пиков.

1	-2,06	14,78	16,84	6,36	нет	
2	38,85	52,65	13,8	45,75	39,39	
3	73,19	85,51	12,32	79,35	33,6	
4	101,7	112,4	10,7	107,05	27,7	
5	128	138,2	10,2	133,1	26,05	
6	151,7	161,6	9,9	156,65	23,55	
7	173,1	181,9	8,8	177,5	20,85	
8	193,3	202,3	9	197,8	20,3	
9	212,2	222,1	9,9	217,15	19,35	
10	230,5	239,8	9,3	235,15	18	
11	247,7	256,6	8,9	252,15	17	
12	264,2	272,8	8,6	268,5	16,35	
13	280,1	288,6	8,5	284,35	15,85	
14	295,3	303,7	8,4	299,5	15,15	
15	310,5	318,3	7,8	314,4	14,9	
16	324,3	331,8	7,5	328,05	13,65	
№ датчика	T1	T2	T2-T1	Тсередины	Тсеркон-Тсернач	
	мс	мс	мс	мс	мс	
g	9,81 м/сс					
dH	63,5 мм					
	74 мм					

Microsoft Excel 2003

g опытное
12,57768
10,6459
11,34234
10,05764
10,12472
10,97288
10,06195
9,793939
10,14546
10,30646
10,18615
9,98245
10,12612
9,754497
10,8805
g среднее	**10,46391**
Абс.ош.	**0,653912**
Отн.ош.	**0,066658**
%отн.ош.	**6,665775**



Осциллограмму можно растягивать и точно измерять время (10-100 мкС) маркерами на экране.

Расчётная формула:

$$g = \frac{2\left(\sqrt{h_0 + L} - \sqrt{h_0}\right)^2}{\left(t_{КОН} - t_{НАЧ}\right)^2}$$

h_0=74 мм от магнита до первого датчика. Относительная ошибка не превзошла 7%.

Отличный результат!

КОМПЛЕКС ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ ТЕЛА

1. Измерить ускорение g свободного падения одним датчиком.

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

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

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 Δh прошло за время Δt ?

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

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

4. С какой высоты было отпущено тело без начальной скорости, если последний участок длиной Δh оно прошло за время Δt ?

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

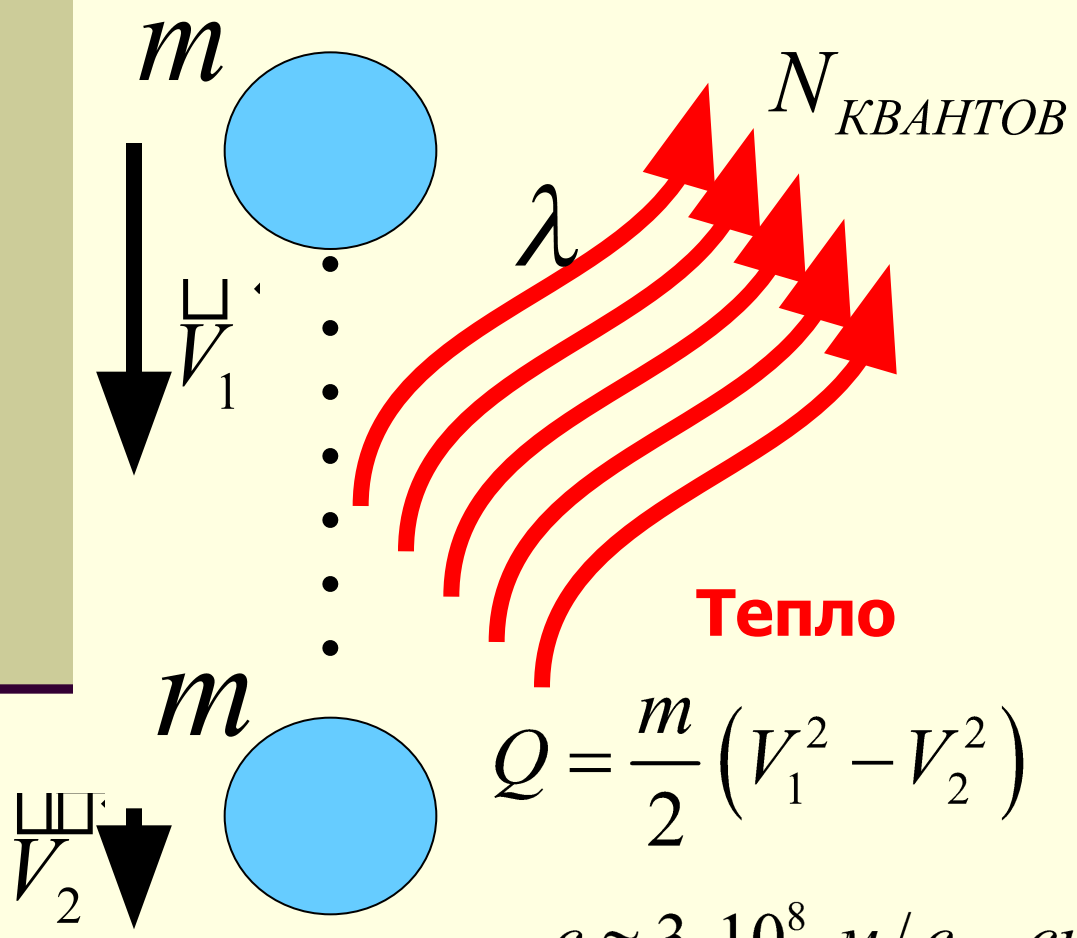
$$H_2 = \frac{\Delta h^2}{2g \cdot \Delta t^2} + \frac{\Delta h}{2} + \frac{g \cdot \Delta t^2}{8}$$

5. Определить ускорение g свободного падения тела, если при отпускании без начальной скорости с высоты H_1 последний участок Δh оно прошло за время Δt .

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

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

КОМПЛЕКС ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ТРЕНИЕ – МОДЕЛИРОВАНИЕ РОЖДЕНИЯ КВАНТОВ



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

Число родившихся инфракрасных квантов при заданной длине волны:

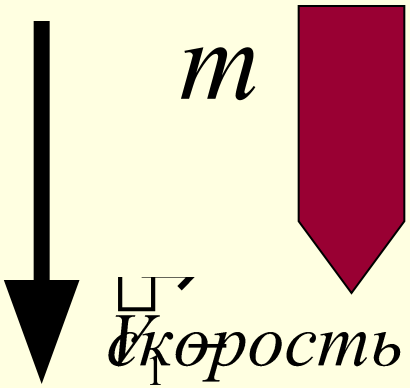
$$\lambda = 1000\ нм = 1\ мкм$$

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

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

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

ЗАДАЧИ О ПЕРЕХОДЕ ТЕЛА ИЗ ОДНОЙ СРЕДЫ В ДРУГУЮ



$\vec{V}_1$ – скорость до входа

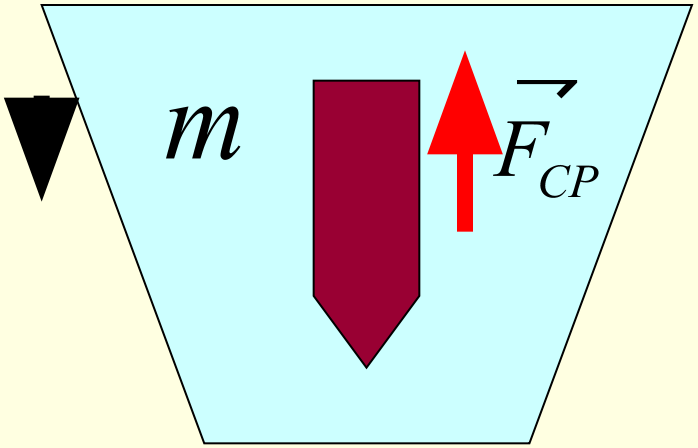
Δt – время торможения

$\vec{V}_2$ – скорость после входа

Среднее ускорение торможения:

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

Не разрушится ли конструкция при быстром переходном процессе?



Средняя сила удара:

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

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.