



СОДЕРЖАНИЕ

Основная школа

В. В. Майер Е. И. Вараксина	СТРОБОСКОПИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ 3
--------------------------------	---

Старшая школа

И. Д. Бородин А. В. Попова Ф. А. Сидоренко	ШАРИК НА МАГНИТОСТРИКЦИОННОМ ВИБРАТОРЕ 11
В. В. Майер Е. И. Вараксина И. А. Васильев Ю. А. Корнев	РЕМОНТ ШКОЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОФОРНОЙ МАШИНЫ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ 14

Высшая школа

С. М. Кокин С. Г. Стоюхин С. В. Мухин	ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЯРНОЙ МАССЫ ВОЗДУХА» ... 38
---	---

А. Р. Аржаник С. Г. Катаев А. В. Штак	ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЧЕБНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ УСТАНОВКИ В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ КУРСАХ .. 45
---	---

Науковедение

Ю. А. Сауров М. П. Уварова	О СТРУКТУРНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ ФИЗИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В ОБУЧЕНИИ.....55
-------------------------------	--

АВТОРЫ ЖУРНАЛА	63
----------------------	----

ABSTRACTS	64
-----------------	----

Редакция журнала:

В. В. Майер (главный редактор), Р. В. Акатов, Е. И. Вараксина, Л. С. Кропачева

Редакционный совет:

И. В. Гребенев	д.п.н., профессор, Нижний Новгород
М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров

Оргкомитет конференции:

Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Г. Г. Никифоров	к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
А. Ю. Пентин	к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Я. А. Чиговская-Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГГПИ, Глазов
Т. Н. Шамало	д.п.н., профессор, Екатеринбург

Адрес редакции, издателя и типографии: 427621, Удмуртия, Глазов, Первомайская, 25, Пединститут, Телефон: (341 41) 5-32-29.

E-mail: kropa@bk.ru

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко»

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686, перерегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77-69506.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 19.06.23. Подписано в печать 26.06.23. Дата выхода в свет: 27.06.23. Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,0.

Заказ 158. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Кольца Ньютона в красном и зеленом свете.

УДК 372.853:531

В. В. Майер, Е. И. Вараксина

**СТРОБОСКОПИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Предлагается для учебного исследования прямолинейного движения использовать метод стробоскопического фотографирования. Основой установки являются взятые из известного набора «Механика» прямой желоб с магнитными рельсами и тележка с магнитным подвесом. На тележке закрепляют самосветящийся стробоскоп, прямолинейное движение которого обучающиеся фотографируют цифровыми камерами планшетов или смартфонов.

Ключевые слова: желоб с магнитными рельсами, тележка на магнитном подвесе, самосветящийся стробоскоп, цифровая камера.

1. Введение. В работе [1] рассмотрены состав, конструкция и дидактические возможности набора «Механика», который выпускается фирмой *L-микро*. В статье [2] даны принципиальная схема и технология изготовления самосветящегося стробоскопа с двумя фиксированными частотами вспышек 5 и 25 Гц, которые наиболее удобны в школьном эксперименте. Здесь мы кратко описываем некоторые результаты применения этой учебной техники для экспериментального изучения прямолинейного движения.

2. Уравнение прямолинейного движения. Кинематическое уравнение равноускоренного движения материальной точки вдоль координатной оси x имеет вид:

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}. \quad (1)$$

Это уравнение выводится в учебнике [3]. Ученики должны помнить его и понимать физический смысл всех входящих в это уравнение величин. Это означает умение быстро и непринужденно объяснять, что в начальный момент времени $t = 0$ координата тела, которую естественно считать начальной, равна

$$x(0) = x_0 + v_{0x} \cdot 0 + \frac{a_x \cdot 0^2}{2} = x_0. \quad (2)$$

Начальная скорость точки в тот же в начальный момент времени $t = 0$ из уравнения (1) равна:

$$v(0) = \frac{dx}{dt} = v_{0x} + a_x t = v_{0x} + a_x \cdot 0 = v_{0x}. \quad (3)$$

Постоянное ускорение точки выражают из последней формулы:

$$a = \frac{dv}{dt} = a_x. \quad (4)$$

Сделаем два замечания. Первое: применение дифференциалов d вместо приращений Δ только упрощает дело, если школьники усвоили, что дифференциал переменной — это привычное приращение, которое просто стремится к нулю. Никакой межпредметной связи с математиками добиваться не нужно, если учитель физики знает и умеет объяснять математические формулы.

Второе: при рассмотрении прямолинейного движения нет особой необходимости в индексах x для скорости v_x и ускорения a_x , которые обозначают, что берутся проекции этих величин на ось x . Но в данном случае проекциями являются сами эти величины $v = v_x$ и $a = a_x$, поэтому применение индексов только усложняет запись формул и приучает обучающихся к тупому воспроизведению заученного материала.

Но все это мелочи. Главное, что должен сделать учитель — это получить *экспериментальное доказательство* справедливости математических уравнений для движения не материальной точки, которой не существует, а реального физического тела. Для этого нужно создать прямолинейное движение тела, найти его координаты в определенные моменты времени и количественно подтвердить справедливость математического уравнения движения (1).

3. Экспериментальная установка. Основой установки являются желоб набора «Механика», магнитная тележка и самосветящийся стробоскоп (рис. 1). Желоб располагают на демонстрационном столе под таким углом к горизонту, при котором трение компенсируется так, что после толчка тележка движется практически равномерно. При увеличении этого угла движение становится близким к равноускоренному. Стробоскоп закрепляют на тележке двухсторонним скотчем и на светодиод надевают силиконовый шарик диаметром 30 мм (рис. 2.1). Тележка, сойдя с желоба, должна плавно затормозиться и остановиться. Поэтому важным элементом установки является рас-

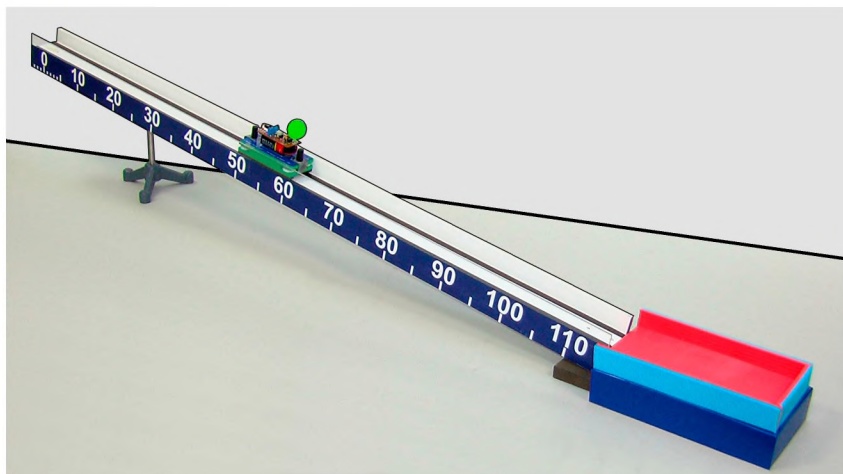


Рис. 1. Экспериментальная установка состоит из желоба с магнитными рельсами, над которыми движется тележка на магнитном подвесе; на тележке закреплен самосветящийся стробоскоп; внизу желоба стоит тормозная площадка

положенная рядом с концом желоба тормозная площадка, склеенная из изолона (рис. 2.2).

4. Выполнение эксперимента. Учащиеся на мониторах своих планшетов или смартфонов получают резкое изображение расположенной на желобе шкалы. В классе устанавливают такую освещенность, при которой время автоматической экспозиции (выдержки) при фотографировании составляет примерно 3–4 с. Проще использовать смартфон с такой фотокамерой, которая позволяет вручную устанавливать нужную выдержку. Учитель говорит: «Приготовились, держим смартфоны неподвижно, внимание... Хоп!» и запускает движение тележки с самосветящимся стробоскопом. Школьники, услышав команду, включают смартфоны и фотографируют движение тележки со стробоскопом. Полученные фотографии обрабатывают на школьных уроках и при выполнении домашних заданий.

5. Типичные результаты опытов. На рис. 3.1 и 3.2 приведены фотографии близких к равномерному и равноускоренному прямолинейных движений, полученные стробоскопическим методом. Обработка фотографий производится в соответствии с алгоритмом:

1) записывают значение частоты вспышек стробоскопа $\nu = 5$ Гц и вычисляют период следования вспышек $T = 1/\nu = 0,2$ с;

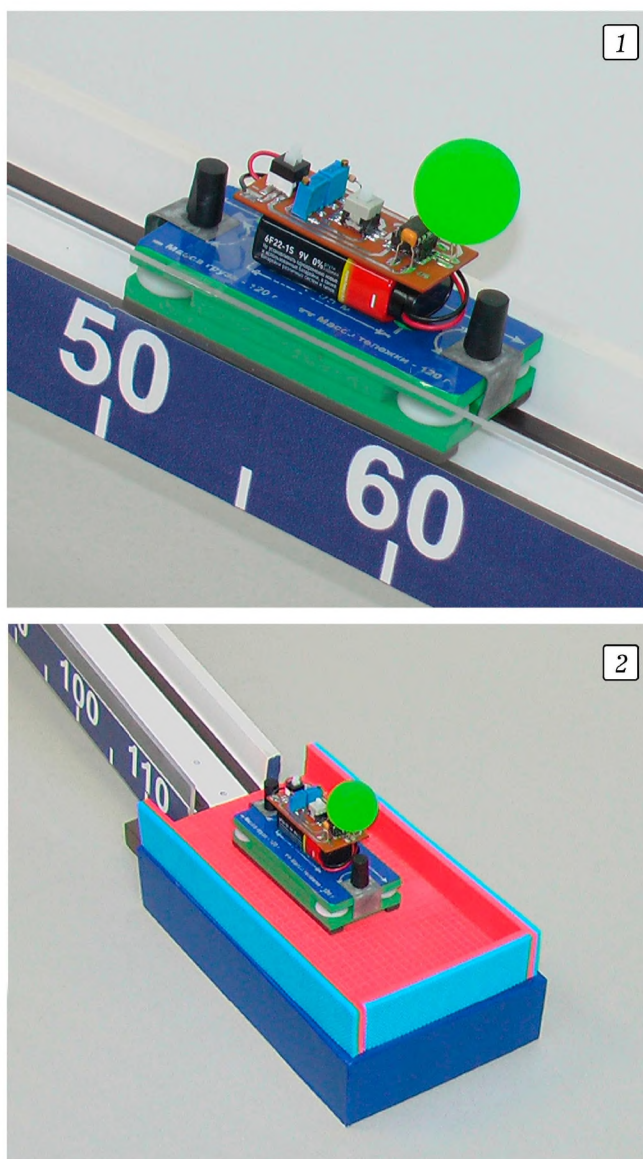


Рис. 2. Основные элементы установки: 1 — тележка со стробоскопом на желобе; 2 — тормозная площадка

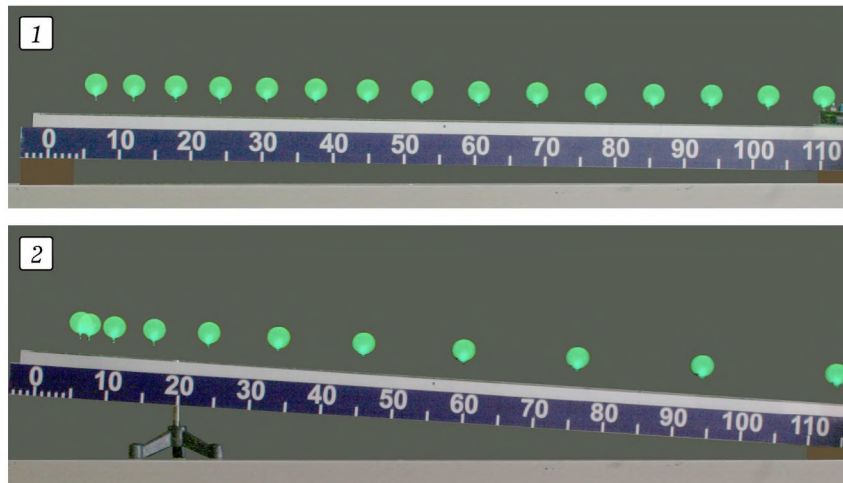


Рис. 3. Стробоскопические фотографии близких к равномерному (1) и равноускоренному (2) прямолинейных движений, которые получают школьники

Таблица 1
Обработка стробоскопических фотографий в таблицах *Excel*

t, c	x_1, cm	x_2, cm	$v_1, cm/c$	$v_2, cm/c$
0	7,0	7,0	25,0	5,0
0,2	12,0	8,0	27,5	15,0
0,4	17,5	11,0	32,5	30,0
0,6	24,0	17,0	33,5	35,0
0,8	30,7	24,0	34,0	50,0
1,0	37,5	34,0	37,5	60,0
1,2	45,0	46,0	37,5	70,0
1,4	52,5	60,0	40,0	80,0
1,6	60,5	76,0	42,5	90,0
1,8	69,0	94,0	40,0	100,0
2,0	77,0	114,0	42,5	
2,2	85,5		42,5	
2,4	94,0		40,0	
2,6	102,0		42,5	
2,8	110,5			

2) выбирают начало системы координат $x = 0$ и соответствующее началу движения начало отсчета времени $t = 0$;

3) по фотографии (рис. 3.1) находят координаты движущегося тела в моменты вспышек света;

4) полученные данные времени t и координаты x_1 заносят в табл. 1 и производят вычисления средних скоростей движения тела на каждом из участков траектории, соответствующем следующим одна за другой вспышкам света;

5) строят графики зависимостей от времени координаты $x_1 = x_1(t)$ (рис. 4.1, красные точки) и скорости $v_1 = v_1(t)$ (рис. 4.2, красные точки) прямолинейно движущегося первого тела;

6) аналогичным образом производят вычисления и в тех же системах координат строят графики зависимостей от времени координаты $x_2 = x_2(t)$ (рис. 4.1, белые точки) и скорости $v_2 = v_2(t)$ (рис. 4.2, белые точки) прямолинейно движущегося второго тела [3].

Последние три пункта удобно осуществлять в электронных таблицах *Excel*.

6. Анализ полученных результатов. На рис. 4.1 видно, что график зависимости $x_1 = x_1(t)$, начиная с момента времени $t = 1$ с практически совпадает с прямой линией. Поэтому из эксперимента следует, что движение первого тела в промежутке времени от $t = 1$ с до $t = 3$ с можно считать не только прямолинейным, но и равномерным. Мгновенная скорость этого движения равна средней скорости на промежутке времени, например, от 1,6 до 2,8 с: $v_1 = (110 - 60) / (2,8 - 1,6) = 41,7$ (см/с).

Однако рис. 4.2 показывает, что на начальном участке траектории в течение примерно 1 с скорость первого тела возрастает от 25 до примерно 42 см/с и только затем ее можно считать постоянной. Это понятно, так как в момент толчка на тело действует нескомпенсированная сила, придающая ему определенное ускорение. Работа этой силы расходуется на преодоление трения. Далее на тело действуют только силы тяжести и трения, причем последняя скомпенсирована составляющей силы тяжести, направленной по направлению скорости тела.

Что касается второго тела, то рис. 4.1 показывает, что для него график зависимости координаты от времени $x_2 = x_2(t)$ нелинеен и явно напоминает ветвь параболы.

Однако главная задача экспериментального исследования прямолинейного движения состоит в подтверждении справедливости полученной теоретически формулы (1). Сделать это можно, например, так.

По прямолинейному графику $v_2 = v_2(t)$ (рис. 4.2) определяют начальную скорость $v_0 = 0$ см/с и ускорение второго тела $a = \Delta v / \Delta t = 81 / 1,5 = 54$ (см/с²). Подставив эти значения и

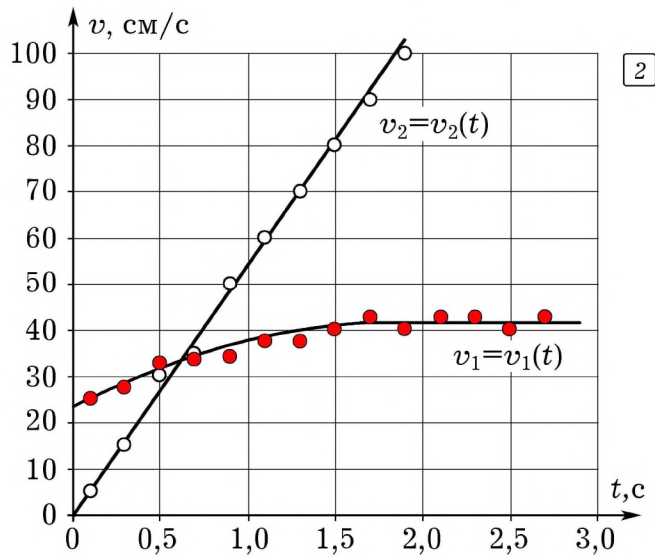
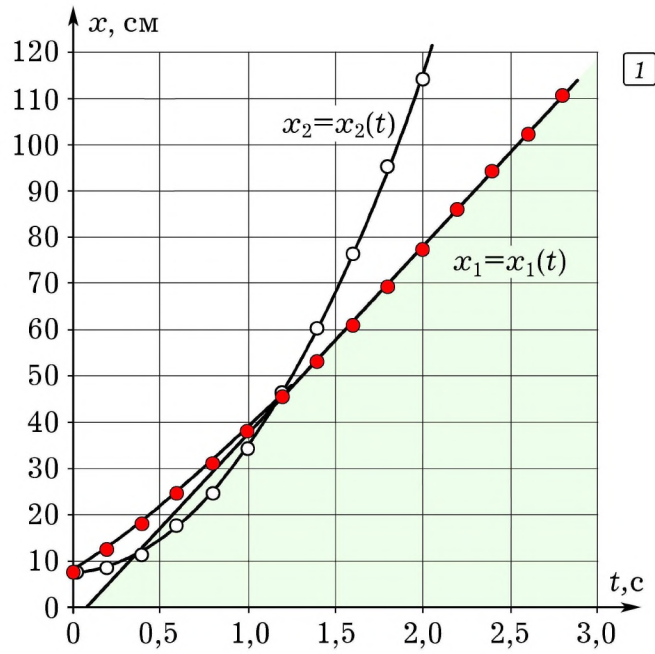


Рис. 4. Графики зависимости координаты и скорости от времени

известную из условий эксперимента начальную координату второго тела $x_0 = 7$ см (табл. 1) в формулу (1), получают

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} = 7 + 0 \cdot t + 27t^2. \quad (5)$$

Построив график этой функции в той же системе координат (рис. 4.1, параболическая кривая), видят, что экспериментальные точки хорошо ложатся на теоретический график. Делают вывод, что эксперимент подтверждает справедливость полученной теоретически формулы (1) для случая, когда начальная скорость движущегося равноускоренно тела равна нулю.

7. Заключение. Изготовление электронного стробоскопа, сборка экспериментальной установки, фотографирование самосветящегося стробоскопа, расположенного на движущейся тележке, построение графиков координаты и скорости движения в зависимости от времени — все это вполне доступно учащимся 8 и 9 классов. Сравнение и интерпретацию теоретических и экспериментальных результатов целесообразно провести уже в 10 классе. Там же можно осуществить исследование прямолинейного равноускоренного движения тела, начальная скорость которого не равна нулю.

Исследование выполнено на базе Федеральной инновационной площадки «Школа учебного физического эксперимента» по проекту «Методика проведения новых физических опытов в школе как средство формирования инженерных компетенций обучающихся», который реализуется при финансовой поддержке Министерства просвещения Российской Федерации в рамках государственного задания (дополнительное соглашение Министерства просвещения Российской Федерации и ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко» № 073-03-2023-026/2 от 20.06.2023 к соглашению № 073-03-2023-026 от 27.01.2023, регистрационный № НИОКТР 1022080500004-8-5.3.1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Майер В. В., Вараксина Е. И., Хайдаров Б. А. Школьные демонстрационные опыты при изучении прямолинейного движения // Учебная физика. — 2022. — № 4. — С. 9–12.
2. Майер В. В., Вараксина Е. И., Васильев И. А., Хайдаров Б. А. Приборы для стробоскопического фотографирования механических движений // Учебная физика. — 2022. — № 4. — С. 13–22.
3. Мякишев Г. Я. Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2016. — 416 с.

Глазовский государственный педагогический институт

Поступила в редакцию 21.04.23.

ABSTRACTS

Mayer V. V., Varaksina E. I. Stroboscopic method of investigation of rectilinear motion. It is proposed to use the method of stroboscopic photographing for the educational study of rectilinear motion. The basis of the installation is a straight chute with magnetic rails and a trolley with a magnetic suspension taken from the well-known set of «Mechanics». A self-luminous strobe light is fixed on the trolley, the rectilinear movement of which students photograph with digital cameras of tablets or smartphones. *Keywords:* chute with magnetic rails, maglev trolley, self-luminous strobe light, digital camera.

Borodin I. D., Popova A. V., Sidorenko F. A. A ball on a magnetostrictive vibrator. An educational study of the behavior of a steel ball located at the end of a vertical ferrite rod carrying out magnetostrictive vibrations under the influence of a high-frequency field of the coil has been implemented. At the same time, it is possible to observe random bounces of the ball to heights up to tens of centimeters. These observations introduce students to the physics of the impact of the ball on the rod and the phenomenon of magnetostriction. *Keywords:* magnetostrictive vibrator, ferrite rod, frequency 14.75 kHz, steel ball.

Mayer V. V., Varaksina E. I., Vasiliev I. A., Kornev Yu. A. Repair of a school electrophoretic machine as a means of developing engineering competence. The technology of repair of a school electrophoretic machine aimed at the development of engineering competence in the study of physics in secondary and higher pedagogical schools is considered. *Keywords:* engineering competence, development, electrophoretic machine, repair.

Kokin S. M., Stouykhin S. G., Mukhin S. V. Setting up laboratory work «Determination of the molar mass of air». The paper describes the work for a student laboratory workshop on physics of «molar mass of air». The work can be attributed to the branches «Molecular physics» and «Vibrations and waves». The installation was created at the Department of «Physics» of RUT (MIIT). *Keywords:* laboratory work, molar mass of air, ideal gas, Lissajous figures.

Arzhanik A. R., Kataev S. G., Shtak A. V. Prospects for application of the training X-ray installation in physical workshop and interdisciplinary courses. The experience of using an educational X-ray installation in a physics workshop and for demonstrating the properties of X-ray radiation for students of pedagogical universities is presented. *Keywords:* X-ray radiation, physical workshop, demonstration experiment.

Saurov Yu. A., Uvarova M. P. On structural representations of physical thinking in learning. Physical thinking is a complex structural formation of intellectual processes. Depending on the specifics of the subject activity, its structure and content can be refined and technologically presented in the form of certain components. Therefore, for the practice of teaching physics, it is so important to identify the components of physical thinking, in fact, «learning outcomes», and on this basis to build methods for the formation (assignment) of thinking as a «kind of experience». *Keywords:* methodology of activity, physical thinking, theoretical generalizations, structures of thinking, orientations of educational activity.