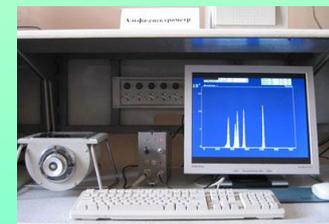


ЛАБОРАТОРИЯ



# Образовательный модуль «Введение в физику микромира и космоса»



*Брусницын А. А., Зверева И. М., Радченко В. В. НИИЯФ МГУ  
Широков Е.В. Физический ф-т МГУ*

*ФССО 2021*

# учебный модуль "Введение в физику микромира и космоса"



разработан на базе практикумов по атомной, ядерной физике и физике космических лучей для учеников 10 класса инженерного направления Гимназии МГУ. Семестровый курс рассчитан на 2 урока еженедельно и состоит из лекций, семинаров, практических работ, удаленной консультации (по желанию) и зачета с оценкой.

# Основные понятия и явления, изучаемые при проведении школьниками (5 из 11) практических работ

понятие	явление	используемые устройства	практическая работа
изотоп	излучение линейчатого спектра; зависимость длин волн от массы атомного ядра	спектральная лампа со смесью $H_2$ и $D_2$ , дифракционная решетка, зеркало, собирающая линза, ПЗС-линейка	Изотопический сдвиг
энергетический уровень атома	передача ускоренными электронами энергии атомам ртути	ртутная и гелиевая лампы, печь	Опыт Франка и Герца
энергетический уровень атома	влияние магнитного момента на уровни в атоме	электромагнит, интерферометр Фабри-Перо, призма, ПЗС-линейка	Эффект Зеемана
фотон	упругое взаимодействие фотона с электроном	фотоэлектронный умножитель (ФЭУ); аналого-цифровой преобразователь (АЦП)	Эффект Комптона
период полураспада	ядерные реакции с излучением нейтронов, поглощение тепловых нейтронов, бета-распад ядра	счетчик Гейгера	Искусственная радиоактивность

# удаленный и виртуальный

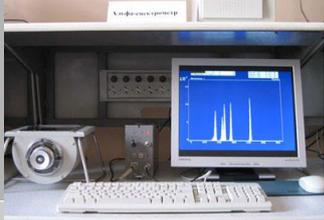
В 2020-ом году удалось реализовать курс, выполняя часть практических работ удаленно. Часть работ выполнена на разработанных в лаборатории программах, с использованием заранее полученных данных, "набор" которых запускался учениками через браузер с сайта лаборатории



установка «Искусственная радиоактивность»

# виртуальный ядерный практикум

<http://prac-gw.sinp.msu.ru/school.htm>



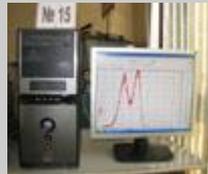
**Альфа-радиоактивность**



**Спектр смолки**



**Бета-радиоактивность**



**Спонтанное деление ядер калифорния-252**



**Аннигиляция позитронов**

# нешаблонные вопросы и задачи

подготовлены  
для домашних  
работ и зачета

Пример на тему «найди ошибку»: отрывок из статьи А. Комптона с опечаткой при применении закона сохранения импульса и теоремы косинусов

The diagram illustrates the Compton effect. An incident photon with momentum  $h\nu_0/c$  moves horizontally from left to right. It scatters at an angle  $\theta$  with momentum  $h\nu_\theta/c$ . The electron recoils at an angle  $\theta$  below the horizontal with momentum  $\frac{mv}{\sqrt{1-\beta^2}}$ . A vector triangle is shown to the right, with sides  $h\nu_0/c$ ,  $h\nu_\theta/c$ , and  $\frac{mv\sqrt{1-\beta^2}}{c}$ , and an angle  $\theta$  between the first two sides.

$$\left(\frac{m\beta c}{\sqrt{1-\beta^2}}\right)^2 = \left(\frac{h\nu_0}{c}\right)^2 + \left(\frac{h\nu_\theta}{c}\right)^2 + 2\frac{h\nu_0}{c} \cdot \frac{h\nu_\theta}{c} \cos \theta$$

рисунок рассеяния фотона на электроне и формула с опечаткой из статьи Комптона 1923 года в Physical Review

# задачи из билетов для зачета

1. В 1984 году экспериментаторы из Оксфорда доказали, что при распаде ядер изотопа радия Ra-223 на миллиард альфа-частиц примерно в одном случае вылетает ядро изотопа C - 14. Эксперимент длился 194 дня, зарегистрировано было 8 событий вылета ядер углерода. Этот тип радиоактивности назвали кластерной радиоактивностью. Запишите наблюдавшуюся реакцию кластерной радиоактивности.
2. На эмблеме войск радиационной, химической и биологической защиты внизу расположен знак биологической опасности, а сверху расходятся лучи символизирующие альфа-, бета- и гамма-излучение. Объясните, какой луч какому типу излучения соответствует.
3. В 1935 году Мария Гепперт-Майер предположила возможность двойного бета-минус-распада — процесса, когда из ядра одновременно вылетают два электрона. Впервые в лаборатории двойной бета-распад наблюдался в 1987 году для селена-82. Период полураспада селена-82 оказался равен  $(96 \pm 13) \cdot 10^{18}$  лет. Запишите ядерную реакцию этого двойного бета-минус-распада.
4. В процессе радиоактивного распада долгоживущего изотопа было зарегистрировано 6400 электронов. Какова относительная ошибка эксперимента, если всеми остальными ошибками, кроме статистической можно пренебречь?
5. Луноход-1 работал с 17 ноября 1970 по 14 сентября 1971 года. В «Луноходе-1» поддержание температуры лунной ночью обеспечивалось радиоизотопным источником тепла с начальной тепловой мощностью 150—170 Вт, которая выделялась изотопом полоний-210 (в составе полонида иттрия). Общая начальная масса полония — 1,1—1,2 г, период полураспада 138 дней. **Оцените**, сколько атомов полония-210 было в ноябре 1970, сколько осталось сейчас? Насколько он представляет опасность как источник радиации?



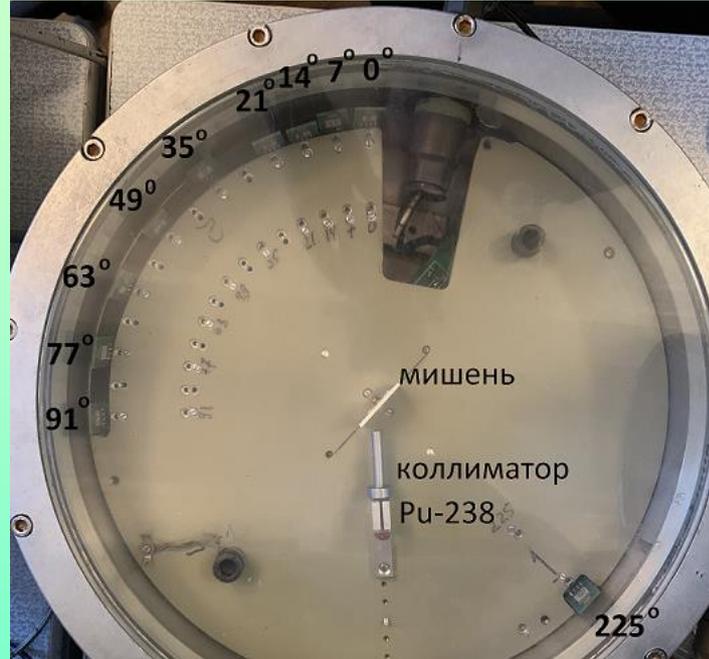
# задача «философский камень»

<b>Pb196</b> 37 м 0+	<b>Pb197</b> 8.1 м 3/2-	<b>Pb198</b> 2.4 ч 0+	<b>Pb199</b> 90 м 3/2-	<b>Pb200</b> 21.5 ч 0+	<b>Pb201</b> 9.33 ч 5/2-	<b>Pb202</b> 52.5E3 л 0+	<b>Pb203</b> 51.92 ч 5/2-	<b>Pb204</b> 1.4 1.4E17 л ≥ 0+	<b>Pb205</b> 1.73E7 л 5/2-	<b>Pb206</b> 24.1 0+	<b>Pb207</b> 22.1 1/2-	<b>Pb208</b> 52.4 0+	<b>Pb209</b> 3.253 ч 9/2+
	<i>m</i>		<i>m</i>		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>		
<b>Tl195</b> 1.16 ч 1/2+	<b>Tl196</b> 1.84 ч 2-	<b>Tl197</b> 2.84 ч 1/2+	<b>Tl198</b> 5.3 ч 2-	<b>Tl199</b> 7.42 ч 1/2+	<b>Tl200</b> 26.1 ч 2-	<b>Tl201</b> 3.0421 дн 1/2+	<b>Tl202</b> 12.31 дн 2-	<b>Tl203</b> 29.524 1/2+	<b>Tl204</b> 3.78 л 2-	<b>Tl205</b> 70.476 1/2+	<b>Tl206</b> 4.202 м 0-	<b>Tl207</b> 4.77 м 1/2+	<b>Tl208</b> 3.053 м 5+
<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>					<i>m</i>	<i>m</i>	
<b>Hg194</b> 444 л 0+	<b>Hg195</b> 10.53 ч 1/2-	<b>Hg196</b> 0.15 0+	<b>Hg197</b> 64.14 ч 1/2-	<b>Hg198</b> 9.97 0+	<b>Hg199</b> 16.87 1/2-	<b>Hg200</b> 23.10 0+	<b>Hg201</b> 13.18 3/2-	<b>Hg202</b> 29.86 0+	<b>Hg203</b> 46.594 дн 5/2-	<b>Hg204</b> 6.87 0+	<b>Hg205</b> 5.14 м 1/2-	<b>Hg206</b> 8.32 м 0+	<b>Hg207</b> 2.9 м (9/2+)
	<i>m</i>		<i>m</i>		<i>m</i>								
<b>Au193</b> 17.65 ч 3/2+	<b>Au194</b> 38.02 ч 1-	<b>Au195</b> 186.098 дн 3/2+	<b>Au196</b> 6.1669 дн 2-	<b>Au197</b> 100 3/2+	<b>Au198</b> 2.69517 дн 2-	<b>Au199</b> 3.139 дн 3/2+	<b>Au200</b> 48.4 м (1-)	<b>Au201</b> 26.0 м 3/2+	<b>Au202</b> 28.4 с (1-)	<b>Au203</b> 60 с 3/2+	<b>Au204</b> 39.8 с (2-)	<b>Au205</b> 31 с (3/2+)	<b>127</b>
<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>						
<b>Pt192</b> 0.782 0+	<b>Pt193</b> 50 л 1/2-	<b>Pt194</b> 32.967 0+	<b>Pt195</b> 33.832 1/2-	<b>Pt196</b> 25.242 0+	<b>Pt197</b> 19.8915 ч 1/2-	<b>Pt198</b> 7.163 0+	<b>Pt199</b> 30.80 м 5/2-	<b>Pt200</b> 12.6 ч 0+	<b>Pt201</b> 2.5 м (5/2-)	<b>Pt202</b> 44 ч 0+	<b>Pt203</b> 10 с (1/2-)	<b>126</b>	
	<i>m</i>		<i>m</i>		<i>m</i>		<i>m</i>			<i>m</i>			

В книге Геннадия Прашкевича «Записки промышленного шпиона. Ловля ветра» так описывается принцип действия философского камня:  
 «Небольшая трансформация – и ртуть превращается в золото, более чистое, чем природное. Совсем небольшая трансформация, нужно лишь выбить из ее ядра один протон. Такую реакцию вполне можно осуществить, если иметь под рукой некое вещество, способное активно испускать антипротоны... подумай, что бы произошло, опусти мы гран подобного вещества в лужу ртути ... прямо на глазах эта лужа превратилась бы в лепешку золота».  
 Опустите мысленно философский камень, описанный доктором Хэссопом, в лужу ртути. Все ядра ртути, *предположим*, получили «в подарок» антипротон. Опишите качественно состав бывшей лужи. Для объяснений воспользуйтесь картой атомных ядер.

# ВЫВОД

Выполнение работ по учебному модулю "Введение в физику микромира и космоса" и успешная защита зачета большей части гимназистов показывает, что уникальные задачи практикумов МГУ востребованы, увлекательны, выполнимы на школьном уровне подготовки и приносят несомненную пользу в физическом, математическом и общем естественно-научном образовании старшеклассников



угол, °	число импульсов
0	1380165
7	711105
14	65274
21	7356
35	593
49	139
63	63
77	22
91	13
225	7

Камера установки «Опыт Резерфорда». Вид сверху. Отмечены углы расположения полупроводниковых детекторов. Справа — число зарегистрированных импульсов на каждом детекторе

# Спасибо за внимание!

**Карта атомных ядер (плакат)**

[http://cdfе.sinp.msu.ru/services/ground/NuclChart\\_release15.html](http://cdfе.sinp.msu.ru/services/ground/NuclChart_release15.html)

**Ядерный практикум для школьников**

<http://prac-gw.sinp.msu.ru/school.htm> (зеркало:

<http://rprac.sinp.msu.ru/school.htm>)

**Физфак школьникам: <https://youtu.be/zUTQSCT-6WU?t=6668>**

**Записаться на очный (заочный) практикум: 8-**

**903-251-94-09** завлаб ЛОСП Радченко Владимир Вячеславович