

ВВЕДЕНИЕ

Официальное печатное издание методических указаний с названием «Основы современной физики», которое имеется на сайте шк.1580, заметно устарело. Но неправильно так сразу брать и отменить работы авторитетных преподавателей. Поэтому все основные изменения появятся пока только в технологической части выполнения этих работ, а теоретическая часть остаётся почти прежней, но почитайте всё-таки ещё и учебники.

В этих пяти лабораторных работах требуется выполнить оценку бета- и гамма-излучений с помощью измерительных приборов.

Дозиметр – устройство для измерения дозы или мощности дозы ионизирующего излучения, полученной прибором (и тем, кто им пользуется) за некоторый промежуток времени, например, за период нахождения на некоторой территории или за время достижения заданной погрешности измерения (размерность результатов обычно в *мкЗв/час* или *мкР/час*).

В свою очередь, радиометр — это прибор, который измеряет плотность потока частиц и применяются обычно для контроля поверхностных загрязнений бета- и альфа-излучающими радиоактивными веществами. Эти приборы измеряют число частиц, пересекающих единичную площадь блока детектирования за единицу времени (размерность обычно в *частиц/(мин·см²)*).

Детектор – чувствительный элемент дозиметра или радиометра, служащий для преобразования явлений, вызываемых ионизирующими излучениями в электрический или другой сигнал, легкодоступный для измерения. Детектором может являться ионизационная камера, счётчик Гейгера – Мюллера, сцинтиллятор, полупроводниковый диод и др.

Но главная деталь любого оборудования радиационного контроля всё же пользователь, а не детектор или дозиметр в целом. Приставка «профессиональный» дозиметр больше относится к пользователю, чем к устройству (а сертифицированный или поверенный дозиметр относится к довольно узкой области применения)

В нашем физпрактикуме используются дозиметры со счётчиками Гейгера, которые являются детекторами ионизирующего излучения, срабатывающими от прохождения через их объём заряженных частиц. В счётчике Гейгера рабочий объём – газоразрядный промежуток с сильно неоднородным электрическим полем. Электроды заключены в герметичный резервуар, наполненный специальной газовой смесью. К электродам прикладывается напряжение примерно 400 В.

При пролете ионизирующей частицы через резервуар в газе образуются свободные электроны, которые движутся к положительно заряженному электроду (аноду) в форме нити (рис. В.1 слева). Вблизи нити напряжённость электрического поля велика и электроны ускоряются настолько, что начинают, в свою очередь, ионизировать газ. По мере приближения к нити число

электронов лавинообразно нарастает. Возникает коронный разряд, который вскоре обрывается благодаря специальным газовым добавкам. Электрические импульсы во внешней цепи, возникающие при вспышках разряда, усиливаются и регистрируются. Используемые в основных наших дозиметрах торцевые счётчики имеют тонкое окошко из слюды (рис. В.1), хорошо пропускающее бета-излучение. Поэтому значительная часть бета-частиц, бомбардирующих окошко, пройдет внутрь и будет зарегистрирована.

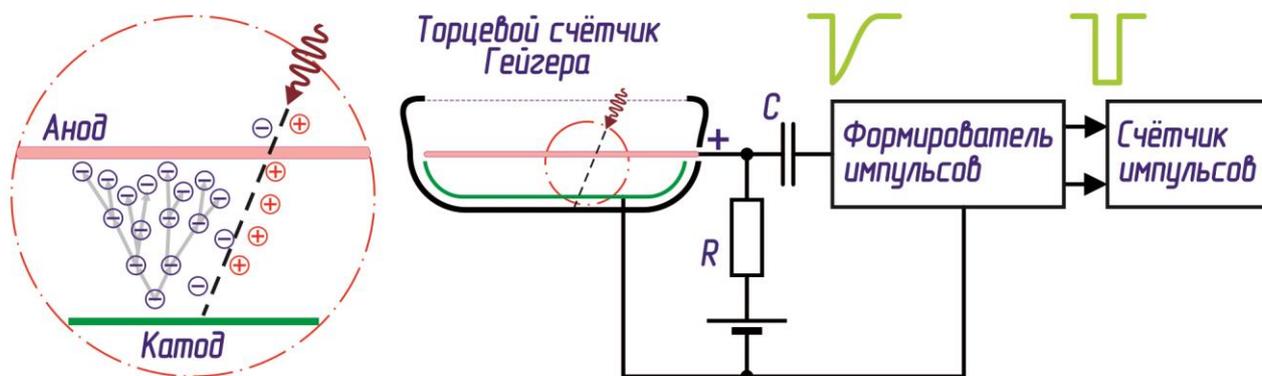


Рисунок В.1

Гамма-кванты регистрируются по вторичным электронам, которые они выбивают из атомов стенок счётчика или спец-экрана. В силу этого счётчик Гейгера детектирует менее 1% гамма-квантов, пронизывающих счётчик. Поэтому, если поднести к счётчику препарат массой 5–50 г, то регистрироваться будет практически только бета-излучение. Для измерения гамма-излучения масса препарата должна быть не менее 1 кг.

В.1. Про датчики

В нашем физпрактикуме не один десяток лет используется, разработанный в 80-е годы и считавшийся тогда портативным, дозиметр-радиометр ИРД-02Б1. А сейчас в физпрактикум вводятся два однотипных бытовых дозиметра Soeks-01М и RadexRD-503 (они выпускались в 2010-12 годы), и современный Радиаскан-701А. Детекторы (счётчики Гейгера-Моллера) у них у всех разные.

В ИРД-02Б1 и Радиаскан-701А детекторы торцевые, но разных типов: в ИРД-02Б1 установлен счётчик СБТ-10 (у него довольно большая площадь рабочей поверхности), а у Радиаскан-701А – счётчик типа Бета-1-1 (он меньшей площади, но с минимально возможной поверхностью катода по сравнению с другими торцевыми и цилиндрическими бета-счётчиками, что позволяет вести регистрацию альфа- и бета- частиц на фоне гамма-излучения). У Soeks-01М и RadexRD-503 счётчики одинаковые – цилиндрические типа СБМ-20-1.

В цилиндрическом счётчике Гейгера его корпус-катод имеет вид металлической трубки, внутри которой помещается нитевидный анод. Радиоактивные частицы или кванты фотонного излучения соударяются с поверхностью катода, выбивая из него электроны, которые участвуют далее в запуске ионизационной лавины в газовой среде камеры. Для этого нужна достаточная энергия, поэтому большинство цилиндрических счётчиков Гейгера рассчитаны на регистрацию жёсткого бета- и гамма-излучения. В этом и

состоит их функциональное назначение. Правда, на их показания оказывает влияние космическое излучение и поэтому считается, что датчики такого типа чуть «завышают».

Торцевые счётчики предназначены для обнаружения мягкого бета-излучения, то есть радиоактивных частиц, имеющих слабую энергию. Для этого входное окно торцевой поверхности покрывают материалом, имеющим минимальную толщину. Обычно используется слюдяная либо полимерная пленка от 5 мкм до 17 мкм.

ВНИМАНИЕ! Не тыкайте и не царапайте ничем эти очень тонкие плёнки на торцах счётчиков! Категорически запрещено!

На пути у бета-частиц кроме этой плёнки нет других преград, и они легко проникают в ионизационную камеру. Катод в таких детекторах представляет собой тоже корпус устройства, а проволочный анод равномерно распределен внутри газового пространства и закреплён на изоляторах. Принцип работы у всех счётчиков одинаков, а разница заключается в их чувствительности.

Кроме основного предназначения (регистрация мягкого бета-излучения) счётчики Гейгера торцевого типа могут регистрировать жёсткую бета-радиацию и гамма-излучение. Однако из-за особенностей конструкции гамма-кванты обнаруживаются неэффективно, так как подавляющее большинство из них простреливает газовую камеру насквозь, не совершая актов ионизации. Более того, разработчики торцевых счётчиков считают это за благо и умышленно минимизируют площадь катода. Ведь в таком случае мягкое бета-излучение возможно регистрировать в условиях сильных помех от гамма-квантов, превышающих уровень полезной информации в 10 тысяч раз.

В.2. Про страхи (на ФП всегда об этом спрашивают)

Термин «радиация» происходит от латинского слова *radius* и означает луч. В самом широком смысле слова радиация охватывает все существующие в природе виды излучений – радиоволны, инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолет и ионизирующее излучение. Все эти виды излучения, имея электромагнитную природу, различаются длиной волны, частотой и энергией.

Существуют также излучения, которые имеют другую природу и представляют собой потоки различных частиц, например, альфа-частиц, бета-частиц, нейтронов и т.д.

Каждый раз, когда на пути излучения возникает барьер, оно передаёт часть или всю свою энергию этому барьеру. И от того, насколько много энергии было передано и поглощено в организме, зависит конечный эффект облучения. Очевидно, что переоблучение любым видом радиации чревато неприятными последствиями.

Для здоровья человека наиболее чувствительны ионизирующие виды излучения. Проходя через ткань, ионизирующее излучение переносит энергию и ионизирует атомы в молекулах, которые играют важную биологическую роль. Поэтому облучение любыми видами ионизирующего излучения может так или иначе влиять на здоровье. К их числу относятся:

Альфа-излучение – это тяжелые положительно заряженные частицы, состоящие из двух протонов и двух нейтронов, крепко связанных между собой.

В природе альфа-частицы возникают в результате распада атомов тяжёлых элементов, таких как уран, радий и торий. В воздухе альфа-излучение проходит не более пяти сантиметров и, как правило, полностью задерживается листом бумаги или внешним грубым слоем нашей кожи. Однако, если вещество, испускающее альфа-частицы, попадает внутрь организма с пищей или вдыхаемым воздухом, оно облучает внутренние органы и становится потенциально опасным.

Бета-излучение – это электроны, которые значительно меньше альфа-частиц и могут проникать вглубь тела на несколько сантиметров. От него можно защититься тонким листом металла, оконным стеклом и даже обычной одеждой. Попадая на незащищённые участки тела, бета-излучение оказывает воздействие, как правило, на верхние слои кожи. Во время аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году пожарные получили ожоги кожи в результате очень сильного облучения бета-частицами. Если вещество, испускающее бета-частицы, попадет в организм, оно будет облучать внутренние ткани.

Гамма-излучение – это фотоны, то есть электромагнитная волна, несущая энергию. В воздухе оно может проходить большие расстояния, постепенно теряя энергию в результате столкновений с атомами среды. Интенсивное гамма-излучение, если от него не защититься, может повредить не только кожу, но и внутренние ткани. Плотные и тяжёлые материалы, такие как железо и свинец, являются отличными барьерами на пути гамма-излучения.

Рентгеновское излучение аналогично гамма-излучению, испускаемому ядрами, но оно получается искусственно в рентгеновской трубке, которая сама по себе не радиоактивна. Поскольку рентгеновская трубка питается электричеством, то испускание рентгеновских лучей может быть включено или выключено с помощью выключателя.

Нейтронное излучение образуется в процессе деления атомного ядра и обладает высокой проникающей способностью. Нейтроны можно остановить толстым бетонным, водяным или парафиновым барьером. К счастью, в мирной жизни нигде, кроме как непосредственно вблизи ядерных реакторов, нейтронное излучение практически не существует.

Допустимый радиационный фон для человека и нормы радиации измеряются с помощью доз излучения. Это величины, которые применяются, чтобы оценить уровень воздействия ионизирующего излучения на различные вещества, организмы, ткани. Единица измерения зависит от типа дозы: экспозиционная (рентген или кулон/килограмм); поглощенная (рад или грей); эквивалентная (бэр или зиверт). Единица измерения мощности излучения – это доза, полученная за единицу времени: экспозиционная (рентген/сек); поглощенная (рад/сек); эквивалентная (бэр/сек); интегральная (рад-грамм). А активность нуклида в радиоактивном источнике измеряется в кюри.

Норма радиации – размытое понятие. В 1950 г. скандинавский ученый Рольф Зиверт установил, что у облучения нет порогового уровня (определенного значения), при котором у человека гарантированно не будет наблюдаться заметных или незаметных повреждений. Любая существующая норма радиации способна теоретически вызывать в организме людей соматические и генетические изменения, многие из которых не проявляются

сразу, а остаются скрытыми в течение длительного срока. Поэтому сложно говорить о нормах радиации – существуют только допустимые её пределы.

Российские и международные стандарты предусматривают определённые нормы радиации, когда считается, что при воздействии на организм человека такое значение не сможет нанести вреда – до 50 микрорентген в час (или 0,5 мкЗв/ч). При этом также отмечается, что не выше 0,2 мкЗв/ч – это максимально безопасный уровень облучения человеческого организма при условии, что радиационный фон входит в диапазон нормальных показателей, поэтому норму радиации даже в этом случае можно назвать условной. При воздействии в течение нескольких часов считается безопасным излучение на уровне не более 10 мкЗв/ч. Кратковременно допускается облучение в несколько миллизивертов в час (например, во время рентгена или флюорографии).

Под понятием «поглощённая доза» определяется величина энергии радиации, которая была передана веществу. Она выражена в качестве отношения энергии излучения, которая поглощена в данном объёме, к массе вещества в этом объёме. Её измерение происходит в Дж/кг и называется грей (Гр, Gy). Является основной дозиметрической величиной. Это понятие не способно отразить биологический эффект облучения и его используют для определения нормы радиации при её воздействии на неживые объекты (количество поглощенной энергии веществом). При этом более информативной величиной считается экспозиционная доза, с помощью которой возможно определение степени воздействия на вещество разных типов радиации, но о нормах радиации на неживые объекты говорить сложно.

Если биологические ткани облучать различными типами радиации, обладающими одной и той же энергией, то последствия для организма в каждом отдельном таком случае будут сильно отличаться. Поэтому, чтобы оценить воздействие ионизирующего излучения на живые организмы, мало понятий экспозиционной и поглощённой дозы. Для этого используется эквивалентная доза радиации, которая была поглощена живым организмом, помноженная на коэффициент k , который учитывает уровень опасности разных типов радиации. Единица её измерения – зиверт.

В соответствии с п. 4.1 СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-2009), эффективная доза облучения естественными источниками излучения для населения и для любых работников (кроме отдельной группы), в том числе медперсонала, не должна составлять более 5 мЗв в год в производственных условиях (любые типы профессий и производств).

А в п. 4.2. указано, что средние значения радиационных факторов в течение года, соответствующие при монофакторном воздействии эффективной дозе 5 мЗв за год при продолжительности работы 2000 ч/год, средней скорости дыхания 1,2 м³/ч, для мощности эффективной дозы гамма-излучения на рабочем месте составляют 2,5 мкЗв/ч. Посчитайте после лабораторной работы, зная показания своих дозиметров, какую дозу вы наберёте за 2x40 минут =).

Для примера статистические данные:

Среднее фоновое облучение жителя Земли 2400 мкЗв/год, в том числе:		Можем себе добавить в копилку ещё:	
450 мкЗв/ч	излучение земных пород	14 мкЗв	за сеанс родовых ванн
290 мкЗв/ч	излучение из космоса	50 мкЗв	за обзорный рентгеновский снимок грудной клетки
290 мкЗв/ч	продукты питания	600 мкЗв	за рентгеновское исследование желудочно-кишечного тракта
1200 мкЗв/ч	радон в воздухе	6900 мкЗв	за КТ грудной клетки
	и чуть всего остального	50 мкЗв	за год проживания вблизи АЭС
		200 мкЗв	за перелёт через океан на самолёте
		10000 мкЗв	за год жизни на природе Алтая
		9700 мкЗв	за год на пляжах курорта Гуарапари в Бразилии
250000 мкЗв – максимальная разрешённая годовая доза облучения для лиц, участвующих в ликвидации последствий техногенных аварий			

В любых нормах радиации обычно всегда прописывается доза, которая быстро приводит к летальному исходу. Опасность её получения чаще всего наблюдается при возникновении техногенных аварий, несоблюдении условий хранения радиоактивных отходов (вне зависимости от того, какой тип облучения воздействует на человека). Согласно нормам радиации, смертельная доза составляет от 6-7 Зв/час и больше. При этом даже в незначительной степени постоянно высокий радиационный фон с высокой долей вероятности будет причиной развития мутации клеток живого организма.

От источника радиации защищаются:

- временем (чем меньше время пребывания вблизи источника радиации, тем меньше полученная от него доза облучения);
- расстоянием (излучение уменьшается с удалением от компактного источника пропорционально квадрату расстояния);
- оболочкой (чем она больше и плотнее, тем большую часть радиации она поглотит).

Что касается главного источника облучения в помещениях – радона и продуктов его распада, то регулярное проветривание позволяет значительно уменьшить их вклад в дозовую нагрузку.

Алкоголь, принятый незадолго до облучения, в некоторой степени способен ослабить последствия облучения. Однако его защитное действие уступает современным противорадиационным препаратам.

Чем и как будем измерять

В.3. Дозиметр-радиометр бытовой ИРД-02Б1

Функциональная схема прибора приведена также на рис. В.1. Импульсы со счётчика Гейгера после усиления заряжают конденсатор C к которому подключены сопротивления R и показывающий прибор. Время установления показаний $t_{уст}$ зависит от произведения $R \cdot C$ и (по документации на ИРД-02Б1) составляет 25 секунд.

Интенсивность радиоактивного излучения, возникающего в результате распада, является величиной непостоянной, колеблющейся вблизи некоторого среднего значения (флуктуирует). Чем слабее излучение, тем больше относительные флуктуации. Поэтому последовательные показания у прибора отличаются между собой (например, при естественном гамма-фоне могут отличаться в 1,5-2 раза). Отклонение показаний от среднего значения есть случайная погрешность измерения. При беглом контроле излучения можно обойтись средним значением из 3-5 последовательных показаний. Для более точной оценки придётся фиксировать 10-20 показаний (прибор всё время должен быть неподвижен относительно исследуемого объекта) и вычислить среднее арифметическое. В остальных наших дозиметрах это делается установленной в них прошивкой. Чтобы результат обновился, время между последовательными измерениями должно быть равным времени установления – эта пауза необходима вместо кнопки сброса показаний.

Когда показания прибора флуктуируют, оператор может внести дополнительные ошибки, если будет отдавать предпочтение только большим или малым показаниям. Чтобы исключить такие субъективные погрешности, отсчёты следует производить по таймеру через определённые интервалы.

Прибор имеет цифровую индикацию и два режима измерений, которые устанавливаются переключателем справа на корпусе прибора. В положении переключателя **мкЗв/ч** прибор прокалиброван в единицах мощности дозы гамма-излучения. В режиме **част./мин·см²** прибор показывает плотность потока бета-излучения в определённых условиях измерения.

Сзади ИРД-02Б1 со стороны окна датчика есть съёмный экран. Когда он надет на прибор, к счётчику бета-излучение не проникает.

Питание ИРД-02Б1 осуществляется от сети через сетевой источник напряжения (12-15 В). Выключатель питания на корпусе радиометра слева устанавливается в положение **ВКЛ**, после чего на цифровом табло должна появиться индикация фонового излучения и должны быть слышны отчётливые звуковые сигналы, сопровождающие срабатывание счётчика. Показания цифрового табло обновляются с периодом 0,5–1 с. Отсутствие показаний свидетельствует об отсутствии питания, неправильной полярности его подключения или неисправности прибора. Начинать измерения можно через $t_{уст} \geq 30$ секунд после включения прибора. Фиксируйте в таблицах показания прибора через каждые 10 секунд, наберите столько значений, сколько указано в задании и считайте среднее.

В.4. Портативный автономный дозиметр Радиаскан-701А

Один из немногих современных дозиметров, который способен обнаруживать и измерять все четыре вида радиации: альфа, бета, гамма и рентген.

Это бытовая версия профессионального дозиметра Радиаскан-801. Отличие между ними в том, что Радиаскан-801 проходит процесс сертифицированной калибровки на контрольных источниках в Центре стандартизации и метрологии. А его «младший брат» Радиаскан-701А калибруется на предприятии-изготовителе. Точность нашего прибора от этого не ухудшается, но сертификата РосТеста у Радиаскан-701А нет, что

не позволяет его использовать для официальных экспертных оценок (и не повышает его стоимость в полтора-два раза, относя к бытовым устройствам).

Получение необходимых показаний достигается довольно быстро и сопровождается числовой индикацией случайной погрешности, что позволяет всегда иметь представление о том, насколько корректен результат измерения радиации, отображаемый в данный момент на дисплее. Чем дольше по времени производится замер, тем меньше становится величина погрешности и тем точнее текущий результат (это относится ко всем современным дозиметрам).

Пользование прибором интуитивно понятно и не вызывает проблем.

Так же, как и у ИРД-02Б1 у Радиаскан-701А сзади со стороны окна датчика есть съёмный экран. К счётчику, когда экран надет, бета- и альфа-излучение не проникает. Положение счётчика за экраном обозначено стрелками.

Измерения в автоматических режимах начинаются сразу после их активации в главном меню режима настроек. Измерения производятся непрерывно и завершаются при активации другого режима измерений или измерения начинаются заново при кратковременном нажатии на кнопку **Power**.

К автоматическим режимам относятся:

- **ГАММА** – режим непрерывного контроля гамма- и рентгеновского излучений.

Служит для оценки накопленной дозы и текущего уровня мощности дозы этих видов излучений. Он является основным на физпрактикуме. Индикатор переходит в него сразу после включения.

- **ПОИСК** – режим поиска источников радиации. В этом режиме на дисплее отображается результат усреднения статистики замеров лишь за каждые последние 4 секунды. Именно такой режим является наиболее оптимальным для оперативного поиска источника любого вида радиации (в том числе и малой мощности излучения) среди множества проверяемых предметов. Предполагается плавное перемещение дозиметра в непосредственной близости от лежащих рассыпью исследуемых предметов или, например, вдоль исследуемой поверхности. Данный режим гораздо быстрее реагирует на изменение радиационного фона, чем режим **ГАММА**, но при этом значительно снижается точность показаний.

Измерения в ручных режимах стартуют только по нажатию соответствующей кнопки, а завершаться могут либо автоматически, либо также по нажатию кнопки. К ручным режимам относятся:

- **БЕТА** – режим оценки плотности потока бета-частиц по двум измерениям. Измерения проводятся за большие интервалы времени (от нескольких минут до нескольких сотен минут). Длительность одного измерения можно ограничить явно, либо неявно, задав требуемый уровень случайной погрешности.

- **АЛЬФА** – режим оценки плотности потока альфа-частиц, также по двум измерениям, как и в режиме **БЕТА**.

- **ОБНАРУЖЕНИЕ** – режим обнаружения источников радиации или факта радиоактивного загрязнения поверхностей предметов, продуктов питания и других объектов также по двум измерениям, как в режиме **БЕТА**.

Пользование прибором интуитивно понятно и не вызывает проблем.

Нажмите кнопку **Power** и удерживайте её в нажатом состоянии, пока на дисплее не появится стартовое окно. Потом сам включится режим **ГАММА**.

- 1 – верхняя полоса заголовка окна;
- 2 – рабочая область окна;
- 3 – значки, отображающие тип выводимых показаний;
- 4 – статистическая погрешность измеряемой величины;
- 5 – значение измеряемой величины;
- 6 – единицы измерения;
- 7 – аналоговый индикатор (графическое изображение значения измеряемой величины);
- 8 – нижняя строка сообщений.



В режиме **ГАММА** можно использовать следующие кнопки:

- длительное (до 3-х секунд) нажатие на кнопку **Power** выключает прибор;
- любое короткое нажатие на кнопку **Power** перезапускает измерение мощности дозы;
- по нажатию на кнопку **∇** (вниз) отображается текущее значение интегральной дозы, которое удерживается ещё 4 секунды после отпускания кнопки;
- длительное нажатие на кнопку **∇** (вниз) выключает дисплей прибора;
- нажатие кнопки **Δ** (вверх) производит запись текущих значений мощности дозы и дозы в журнал;
- при нажатой кнопке **▷** (вправо) отображается текущая дата в заголовке окна;
- длительное нажатие на кнопку **▷** (вправо) завершает процесс заряда аккумуляторов;
- короткое нажатие кнопки **◁** (влево) включает/выключает звук;
- длительное нажатие на кнопку **◁** (влево) переключает прибор в режим **ПОИСК**;
- короткое нажатие кнопки **Menu** вызывает главное меню.

Режим **БЕТА**

В этом режиме оценивается плотность потока бета-частиц по двум измерениям:

- измерение вклада только гамма-излучения – фон;
- измерение суммарного воздействия гамма-излучения и бета-частиц.

При измерении фона окно детектора должно быть закрыто задним экраном, установленным в положение фильтр со свинцом, а при измерении суммарного воздействия окно детектора должно быть открыто (экран снят).

В верхней части рабочей области экрана отображается текущее значение и статистическая погрешность выбранного измерения.

Плотность потока бета-частиц вычисляется по разности значения суммарного воздействия и вклада гамма-излучения.

Кнопкой **Δ** (вверх) выбирается режим измерения фона, кнопкой **∇** (вниз) режим измерения суммарного воздействия. При этом в строке сообщений выдаются подсказки: **Наденьте крышку** и **Снимите крышку**.

Выбранное измерение начинается по кнопке **▷** (вправо), при этом выводится сообщение **Идет измерение...**. До окончания измерения кнопки **Δ** (вверх), **∇** (вниз), **▷** (вправо) и **Menu** заблокированы. При нажатии на них сообщение **Идет измерение...** исчезает и с небольшой задержкой появляется снова.

В процессе измерения по заданным порогам отслеживается уровень тревоги. Текущий уровень выводится в строке сообщений.

Завершение измерения может произойти либо по кнопке **Power** (короткое нажатие), либо автоматически, если достигнута заданная статистическая погрешность и длительность текущего измерения не менее длительности, заданной в настройках. В режиме **БЕТА** также можно использовать следующие кнопки:

- длительное (до 3-х секунд) нажатие на кнопку **Power** выключает прибор;
- короткое нажатие кнопки **◁** (влево) включает/выключает звук;
- короткое нажатие кнопки **Menu** вызывает главное меню.

Во время замеров важно обращать внимание на значение статистической погрешности измеряемой величины (поз. 5 на дисплее) – не более $\pm 15\%$ – при его достижении можно фиксировать в своих протоколах значение основной измеряемой величины. Время достижения этих $\pm 15\%$ около двух минут и зависит от уровня радиации – чем он больше, тем короче время установления.

Если интересно, можете познакомиться с другими режимами, но лучше это делать после выполнения лабораторной работы и по инструкции – попросите её у инженера или загрузите.

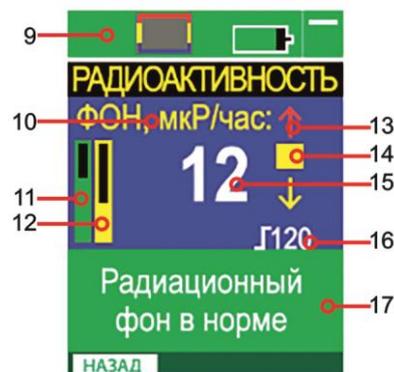
В.5. Портативный автономный дозиметр Soeks-01M.

В инструкции по эксплуатации производитель называет его индикатором радиоактивности, то есть это устройство бытового назначения и не сертифицировано как измерительный прибор. Но для выполнения некоторых лабораторных работ он вполне пригоден. Soeks-01M производит оценку радиационного фона по суммарной величине гамма- и бета-излучения с учётом рентгеновского излучения (в его конструкции и прошивке не предусмотрен съёмный экран).

Пользование прибором интуитивно понятно и не вызывает проблем.

Включается устройство продолжительным нажатием на центральную кнопку **МЕНЮ** и после загрузочного окна с анимацией и листочками надо остальными кнопками (левая – **КУРСОР** и правая – **ВЫБОР**) перейти в режим измерений, в котором дисплей выглядит так:

- 9 – заголовок окна;
- 10 – центральная часть дисплея, размерность;
- 11 – заполняющийся индикатор готовности результатов измерений;
- 12 – заполняющийся индикатор точности измерения;
- 13 – индикатор направления изменения радиационного фона;
- 14 – мерцающий индикатор обнаружения радиационных частиц;
- 15 – значение измеряемого параметра;
- 16 – порог тревоги (устанавливается пользователем);
- 17 – часть дисплея для информации о состоянии радиационного фона. основанное на нормах радиационной безопасности СанПин (НРБ-2009).



Во время замеров важно обращать внимание на индикатор точности (поз. 14 на дисплее) – при его заполнении можете фиксировать в своих протоколах значение основной измеряемой величины. Время заполнения индикатора – около двух минут и зависит от уровня радиации – чем он больше, тем короче время установления.

У Soeks-01M нет функции сброса для нового отсчёта – перед очередным измерением его надо каждый раз перезапускать (или вынимать из него USB-шнур питания, если прибор подключен к зарядному устройству).

В.6. Портативный автономный дозиметр RadexRD-503

Производитель также называет его индикатором радиоактивности и вы уже знаете почему так. По функционалу он такой же, как и Soeks-01M, только дисплей не цветной. Пользование прибором не вызывает проблем.

Включается устройство продолжительным нажатием на большую кнопку **ВЫКЛ**, после чего появляется стартовое окно и начинается оценка радиационной обстановки, а через 10 сек появляется первый результат. Остальными кнопками (левая верхняя – **МЕНЮ** и левая нижняя – **КУРСОР**) можно перейти в меню, чтобы поменять настройки.

- 18 – верхняя строка
- 19 – заполняющийся индикатор количества циклов счёта (точности измерения);
- 20 – мерцающий индикатор обнаружения радиационных частиц;
- 21 – функция кнопки **МЕНЮ**;
- 22 – функция кнопки **КУРСОР**;
- 23 – порог тревоги (устанавливается пользователем);
- 24 – громкость бипера;
- 25 – значение измеряемого параметра;
- 26 – яркость подсветки;
- 27 – функция кнопки **ВЫКЛ**.



Во время замеров важно обращать внимание на индикатор точности (поз. 19 на дисплее) – когда он окружает с 4-х сторон индикатор обнаружения радиационных частиц, то можно фиксировать в своих протоколах значение основного измеряемого параметра. Время окружения индикатора – около двух минут и зависит от уровня радиации – чем он больше, тем короче время установления.

Для нового отсчёта коротко нажмите сначала кнопку **МЕНЮ** потом **ВЫКЛ** и и RadexRD-503 начнёт новый отсчёт.

В.7. Общие правила измерений

1. Единица измерения – **мкЗв/ч**.

2. В лабораторных работах №№ 1, 3, 5 у всех препаратов, находящихся в стеклянных чашках Петри, бета-с измеряется отдельно от гамма-излучения. Поэтому используются такие дозиметры, как Радиаскан-701А или ИРД-02Б1.

Крышки с чашек Петри перед измерениями снимаются.

3. В лабораторных работах № 2 и № 4, где хлорид калия массой не менее 3 кг находится в контейнерах, бета-излучение не выходит за пределы контейнеров. Поэтому для повышения точности измерений используйте для регистрации гамма-излучения одновременно три таких дозиметра, как Soeks-01М или RadexRD-503, и считайте среднее значение из показаний трёх приборов.

4. При определении параметра исследования по гамма-излучению необходимо для каждого препарата (вещества) определять два показания: первое – вдали от источников излучения (не менее одного метра) – это естественное фоновое излучение, а второе непосредственно от источника излучения. Если показания совпадают, то препарат не радиоактивен.

Естественное фоновое излучение («фон») складывается из радиоактивности строительных материалов и почвы, а также космического излучения, состоящего из заряженных частиц и гамма-квантов. При измерении фона и препаратов рекомендуется:

- для ИРД-02Б1 в каждой серии измерений перед первым отсчётом показаний, а также после изменения условий измерения должно пройти время установления $t_{уст}$ не менее 30 секунд; в каждой серии измерений (то есть для каждого препарата) выполните не менее $n = 10$ замеров с интервалом между ними 10 с;

- для остальных дозиметров ждать перед первым отсчётом не надо (просто сбросьте предыдущие показания, если они были); записывайте в протокол измеренные значения по достижению значения случайной погрешности (для Радиаскан-701А не более $\pm 15\%$; для Soeks-01М и RadexRD-503 по заполнению соответствующего индикатора).

5. ИРД-02Б1 при измерениях устанавливается на специальную (она деревянная) подставку, фиксирующую счётчик относительно чашки Петри с исследуемым веществом. Остальные дозиметры кладут на чашки и контейнеры сверху плашмя или можно с небольшим наклоном. При измерении естественного фона их можно держать в руках.

Далее в тексте официальной методички, которую для нашей физмат школы составил Игорь Николаевич Фетисов, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры "Физика" МГТУ им. Н.Э. Баумана, появятся вставки с пояснениями инженера ФП-11 этим шрифтом.

Всё у вас получится =) И.В.