

Б.С. Ишханов, Э.И. Кэбин

Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ

Физический факультет МГУ

Опыт использования интернет-технологий в учебном процессе

Ядерная физика в Интернете



<http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

Сайт был создан в 2000 г. силами кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ при содействии и на технической базе Научно-исследовательского института ядерной физики (НИИЯФ) МГУ.

Направленность сайта - образование в области физика ядра и частиц. В первую очередь его материалы предназначены для студентов, аспиранов и преподавателей ВУЗов. Они также могут быть полезны для школьных учителей. Часть материалов вполне доступны для школьников старших классов.

Все материалы сайта находятся в открытом доступе.

Содержание

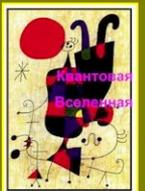
- Материалы курса для классических университетов «Физика атомного ядра и частиц»
- Материалы к спецкурсам (22 спецкурса)
- Различные коллекции ссылок
- Рефераты студентов
- Коллекция фотографий физиков
- Справочные материалы и Разное
 - Хроника открытий в физике ядра и частиц
 - Нобелевские лауреаты по физике
 - Материалы научного и студенческого семинаров
 - и т. п.

Сегодня на сайте свыше 1000 текстовых (html и pdf) и около 3000 графических (gif, jpg, png) файлов.

Ядерная физика в Интернете



Частицы и ядра



Проект

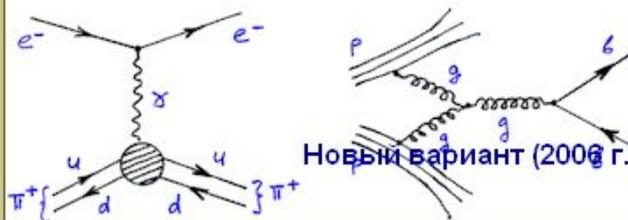
Н.Г. Гончарова
СЕМИНАРЫ ПО ФИЗИКЕ ЯДРА И ЧАСТИЦ

Разное



Н.В. Никитин

Диаграммы Фейнмана



Физика
ядра и частиц



Б.С. Ишханов, Э.И. Кэбин

Экзотические ядра



Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, И.А. Тутынь

Нуклеосинтез во Вселенной

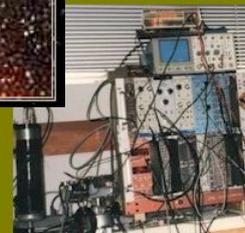


Ядерная электроника для пользователей

сайтах
курс "Физика ядра"

ядра
и частиц
изм
эле
FE)

- А. Апов [Детекторный комплекс LHCb](#)
- А. Афанасьев [Эксперимент CUORE](#)
- Е.А. Алимов [Детектирующая система SHMS на ускорителе CEBAF](#)
- В.А. Дьяков [Теоретические и технические основы ядерной энергетики.](#)
- В.В. Шершаков [Лейбный бета-распад](#)



и по синтезу супертяжелых элементов (Z = 110,112)
Гомс
электрон и судьба Вселенной

ия во Вселенной

- Введение
- Гиперонные взаимодействия
- Основные характеристики Λ -гиперядер
 - Энергии связи и спектры Λ -гиперядер
 - Спины Λ -гиперядер
 - Распады и времена жизни Λ -гиперядер
 - Образование и наблюдение Λ -гиперядер
- Σ -гиперядра и гиперядра с большой странностью
 - Σ -гиперядра
 - Гиперядра со странностью -2
 - E-гиперядра
 - Λ Λ -гиперядра
 - Гиперядра с большой странностью
- Центры экспериментального изучения гиперядер
- Обзоры по физике гиперядер

А

- [Джеймс Ван Аллен](#) (James Van Allen)
- [Джеймс С. Аллен](#) (James Sircom Allen)
- [Жорес Алферов](#)
- [Луис Альварес](#) (Luis Walter Alvarez)
- [Ральф Алфер](#) (Ralph Asher Alpher)
- [Ханнес Альфвен](#) (Hannes Olof Gosta Alfven)
- [Эдвардо Амальди](#) (Edouardo Amaldi)
- [Карл Андерсон](#) (Carl David Anderson)
- [Филип Андерсон](#) (Philip Warren Anderson)
- [Гурген Аскарьян](#)
- [Фрэнсис Астон](#) (Francis Aston)



Б

- [Вальтер Бааде](#) (Walter Baade)
- [Джон Баколл](#) (John Bahcall)
- [Джон Бардин](#) (John Bardeen)
- [Чарльз Баркла](#) (Charles Glover Barkla)
- [Николай Басов](#)
- [Стьюарт Батлер](#) (Stuart Thomas Butler)
- [Георг Беднорц](#) (J. George Bednorz)
- [Антуан Беккерель](#) (Antoine Becquerel)
- [Джоселин Белл](#) (Susan Jocelyn Bell Burnell)
- [Спартак Беляев](#)
- [Джеффри Бербидж](#) (Geoffrey Burbidge)
- [Ганс Бете](#) (Hans Albrecht Bethe)
- [Герд Бинниг](#) (Gerd Binnig)
- [Людвиг Бирман](#) (Ludwig Franz Benedikt Biern)
- [Николас Бломберген](#) (Nicolaas Bloembergen)
- [Феликс Блох](#) (Felix Bloch)
- [Патрик Блэккетт](#) (Patrick Maynard Stuart Blackett)
- [Сатиендра Бозе](#) (Satyendra Bose)
- [Давид Бом](#) (David Bohm)
- [Нильс Бор](#) (Niels Henrik David Bohr)



- **Материалы курса для классических университетов «Физика атомного ядра и частиц»**
 - Программа курса
 - Лекционные материалы
 - Физика ядра и частиц. XX век
 - Шпаргалка для отличника
 - Слайды к лекциям
 - Толковый словарь по физике ядра и частиц
 - Разработки к семинарам
 - Задачи с решениями
 - Система самопроверки знаний
 - Описание задач общего ядерного практикума физического факультета МГУ
 - Виртуальный лабораторный практикум

Используемые технологии и форматы

В основном

В ряде случаев
курсу «Физика»
переведен

Сначала мы рассмотрим
резонансные состояния
и фотонных состояниях и фото

– gif'ы.

ИЛИЯМ ПО

образовать
нных

11

В

А

е

В

ра

но

Pa

то

о

o

o

o

o

o

o

o

o

o

o

o

o

o

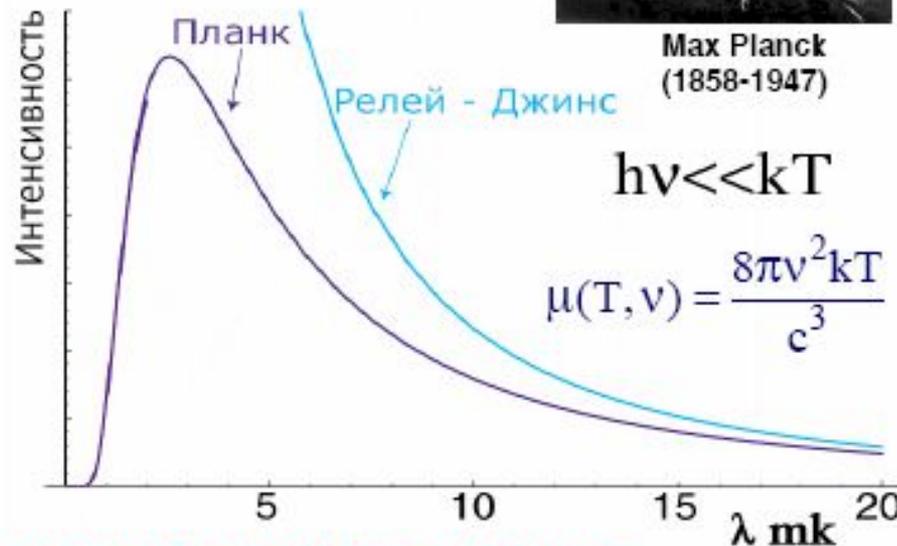
1900

Излучение абсолютно черного тела

$$U(T, \nu) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{1}{\exp(h\nu/kT) - 1}$$



Max Planck
(1858-1947)



Нобелевская премия по физике

1918 г. – М. Планк
За открытие кванта энергии

ха-
и ви-

o

o

o

o

o

где

Задачи для самопроверки

(Используемые технологии)

Передача энергии радиации веществу - Windows Internet Explorer
http://nuclphys.sinp.msu.ru/radiation/rad_3.htm#3.3

3.3. Нейтроны

В связи с отсутствием у нейтронов электрического заряда они проходят в веществе без взаимодействий сравнительно большие расстояния, измеряемые сантиметрами. Эффективные сечения взаимодействия нейтронов с электронами атома малы ($\sigma \approx 10^{-22} \text{ см}^2$) по сравнению с сечением взаимодействия заряженной частицы с атомом ($\sigma \approx 10^{-16} \text{ см}^2$). **Нейтроны** сталкиваются главным образом с ядрами атомов, входящих в состав вещества. Явления, происходящие при взаимодействии нейтронов с ядрами, зависят от кинетической энергии нейтронов. Поэтому обычно нейтроны делят на отдельные энергетические группы - тепловые, медленные и быстрые нейтроны. Границы этих энергетических групп условны (табл.6).

Таблица 6.

Классификация нейтронов по энергии.	
Энергия нейтронов	Типы нейтронов
<0.05 эВ (=580 К°)	Тепловые нейтроны
0.05 эВ - 1 кэВ	Медленные нейтроны
> 1 кэВ	Быстрые нейтроны

Быстрые нейтроны передают энергию главным образом в результате прямых столкновений с атомными ядрами. Энергия, переданная от нейтрона ядру ($E_{\text{ядра}}$), зависит от массы ядра и угла рассеяния.

В среде из легких ядер нейтроны могут передавать практически всю свою энергию в результате одного столкновения, если столкновение лобовое. Для быстрых нейтронов

Готово Интернет 100%

раз. Сечение поглощения тепловых

[ССЫЛКА](#)

гамма - излучения с энергией 0.1

[ССЫЛКА](#)

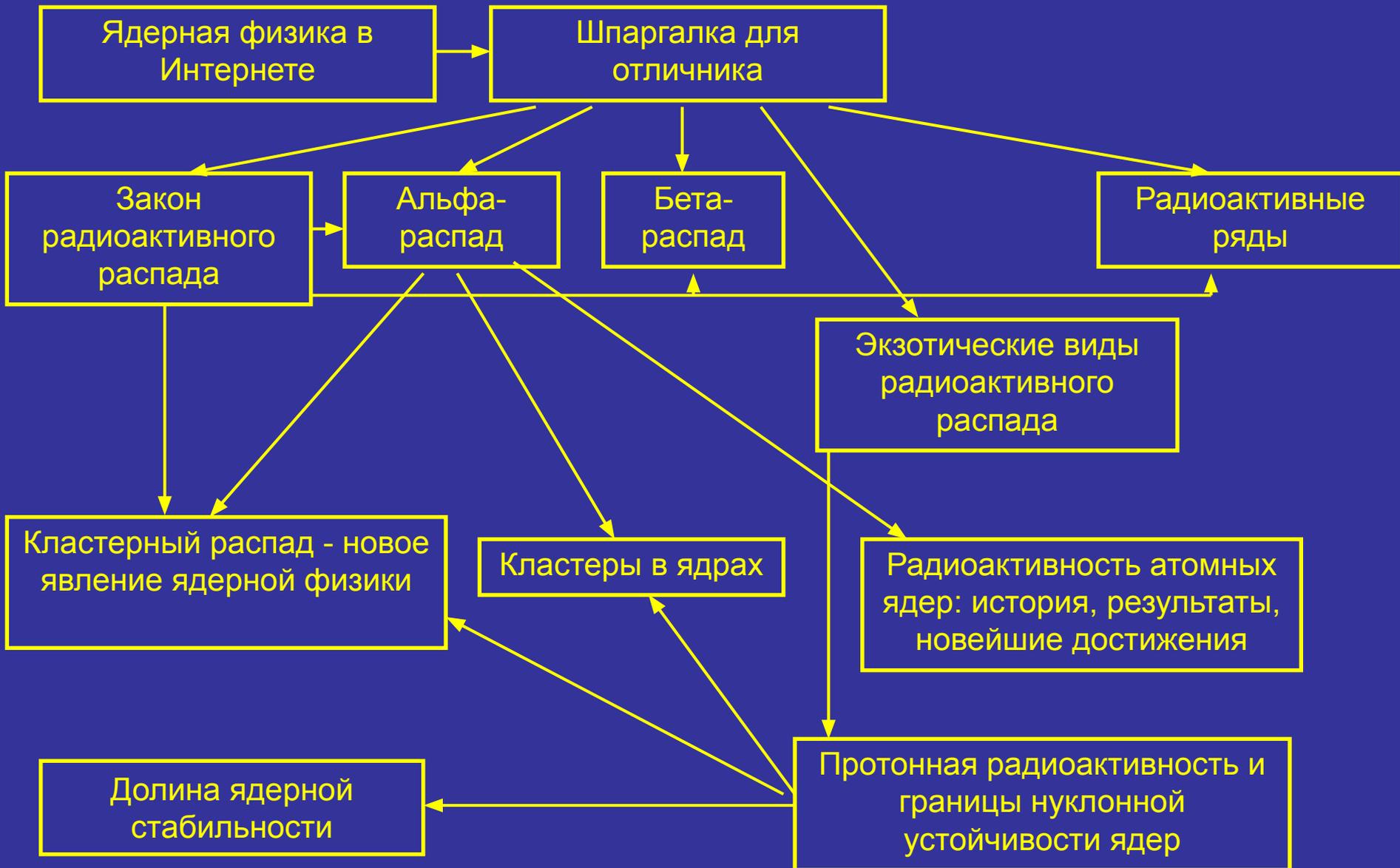
см. Вычислить энергию частиц на

[ССЫЛКА](#)

энергией 110 МэВ через воздух. На

[ССЫЛКА](#)

Гипертекст



Теоретический практикум

Решаемые задачи.

- Практическое знакомство с теоретическими моделями.
- Обучение навыкам теоретического описания экспериментальных данных.
- Обучение навыкам работы с ядерными базами данных.

Теоретический практикум

(Пример интеграции ресурсов)

Ядерная физика в Интернете
(nuclphys.sinp.msu.ru/tpract/optic/)

- Описание оптической модели
- Порядок выполнения задачи
- Ссылки

Центр данных фотоядерных экспериментов
(cdfe.sinp.msu.ru/exfor/)

- Поиск экспериментальных данных

Nuclear Reactions Video
(nrv.jinr.ru/nrv/webnrv/scattering/els1.htm)

- Теоретическое описание экспериментальных данных

Поиск в базе данных по ядерным реакциям

Each field in this form is optional - may be blank.

Number ENTRY / SUBENTRY:

Reaction:

Target Nucleus: Z (digits) or Chemical symbol (letters) and Mass number (digits): Z or Symbol: A:

HE3 He-3

SUBENT 11490001 821124
 REFERENCE (J, PR, 125, 276, 62)
 AUTHOR (T. P. STUART, J. D. ANDERSON, C. WONG)
 TITLE ELASTIC SCATTERING OF 24-MEV NEUTRONS BY AL, FE, SN, BI.
 DETECTOR (SCIN) BIASED SCINTILLATOR
 ERR-ANALYS (ERR-S) STATISTICAL UNCERTAINTY
 STATUS (SCSRS)
 HISTORY (760715T) TRANSLATED FROM SCISRS (821124A) CONVERTED TO REACTION FORMALISM

Recordings from 1 to 50 (page 1)

Look

Subent	First Author	Reference (+ NSR)
<input type="checkbox"/>	10111011	W.E.KINNEY+ R.ORN-4515.197006
<input type="checkbox"/>	10332004	S.A.COX+ R.ANL-7935.7206
<input type="checkbox"/>	10384016	D.E.Velkley+ JPR/C.9.2181.197406
<input type="checkbox"/>	10556006	W.Bucher+ JPL/B.58.277.197509
<input type="checkbox"/>	10571002	W.E.Kinney+ C.76LOWELL.1319.197607
<input type="checkbox"/>	10633008	J.C.FERRER+ J.NP/A.275.325.197701
<input type="checkbox"/>	10886002	A.SMITH+ J.NSE.73.186.8002
<input type="checkbox"/>	11121006	J.T.WELLS+ J.PR.131.1644.63
<input type="checkbox"/>	11121007	J.T.WELLS+ J.PR.131.1644.63
<input type="checkbox"/>	11121008	J.T.WELLS+ J.PR.131.1644.63
<input type="checkbox"/>	11121009	J.T.WELLS+ J.PR.131.1644.63
<input type="checkbox"/>	11121010	J.T.WELLS+ J.PR.131.1644.63
<input type="checkbox"/>	11121011	J.T.WELLS+ J.PR.131.1644.63
<input type="checkbox"/>	11300004	R.W.HILL J.BAP.1.174(F1).56
<input checked="" type="checkbox"/>	11490003	T.P.STUART+ J.PR.125.276.62
<input type="checkbox"/>	11496004	D.J.Bredin J.PR.B135.412.1964
<input type="checkbox"/>	11638003	S.F.DARDEN+ J.PR.100.1315.5512

ENDBIB	10	
NOCOMMON	0	0
ENDSUBENT	13	
SUBENT	11490003	821124
BIB	2	2
REACTION	(26-FE-0(N,EL),,DA)	
COMMENT	INELASTIC CONTRIBUTION LESS THAN 10PERCENT.	
ENDBIB	2	
COMMON	2	3
EN	ANG-RSL	
MEV	ADEG	
	2.48 +01 2.	
ENDCOMMON	3	
DATA	3	27
ANG	DATA	ERR-S
ADEG	MEV/SP	PER-CENT
12.3	1700.	5.
18.8	680.	5.
18.8	670.	5.
23.0	210.	5.
25.9	55.	15.
27.4	30.	12.
27.4	40.	12.
32.0	41.4	16.
32.0	51.	13.
36.7	142.	6.
36.7	109.	7.
40.6	155.	10.
41.5	182.	5.
41.5	168.	5.
46.3	136.	6.
50.5	81.	17.
51.2	88.	7.
51.2	83.	6.
56.0	58.	10.
60.4	45.	19.
60.9	37.	12.
65.9	32.	19.
70.8	36.	14.
75.7	35.	15.
80.6	36.	12.
85.6	24.	15.
89.5	9.5	33.
ENDDATA	29	
ENDSUBENT	40	

Id of Measurement	Minimum Maximum	
	Minimum	Maximum
	15.27	140.66
	21	157
	30.5	160.4
	2.7	15.1
	24.42	155.43
	15.27	155.43
	20.3	160
	70	70
	30	30
	55	55
	90	90
	125	125
	145	145
	10	35
	12.3	89.5
	30	120
	8	30

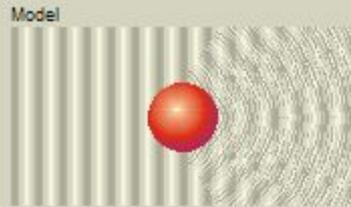
Energy / Angle range: Low limit (X-min): any

High limit (X-max): 180

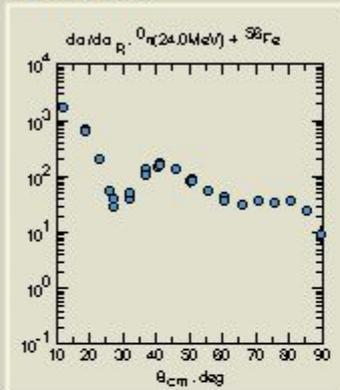
Status: any

Various types of information: APRVD Approved by author
 COREL Data correlated with another data set
 COPY Data taken from data file of MC-Corpus

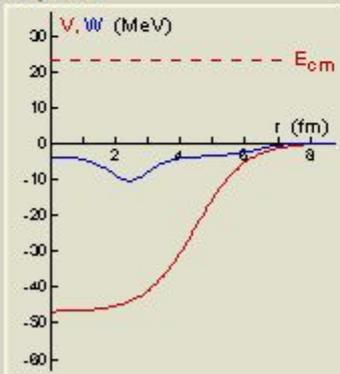
Ввод данных программу (NRV) и расчеты по оптической модели



Experimental data



OM potential



NRV: Optical Model



Elastic scattering of $^1_0n + ^{56}_{26}\text{Fe}$ at $E/A = 24.8$ MeV

Optical Model parameters

	Real part			Imaginary part		
	V_0 , MeV	$r_0(R)$, fm	a , fm	W_0 , MeV	$r_0(R)$, fm	a , fm
Coulomb $r_0(R)$, fm	0.65 (2.49)					
Volume	-45.90 -47.639	1.17 (4.48) 1.14 (4.38)	0.75	-3.72	1.66 (6.35)	0.47
Surface				-8.20	0.63 (2.42)	0.43
Spin-Orbit	0.90	0.96 (3.67)	0.44			
Proximity						

Other quantities

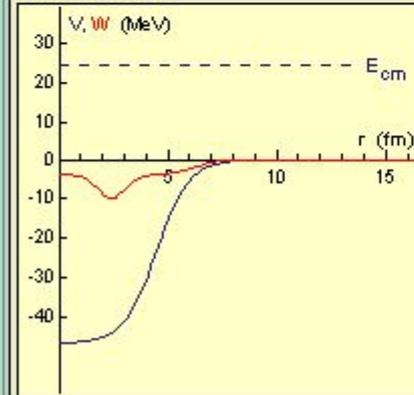
E_{lab}	= 24.80 MeV
E_{cm}	= 24.36 MeV
k	= 1.070 fm ⁻¹
η	= 0.000
R_{max}	= 19.26 fm
dr	= 0.2 fm

	Before fitting	After fitting
σ_R , mb	1335.26	1319.57
$\chi^2 / N_{\text{points}}$	6.548	5.985

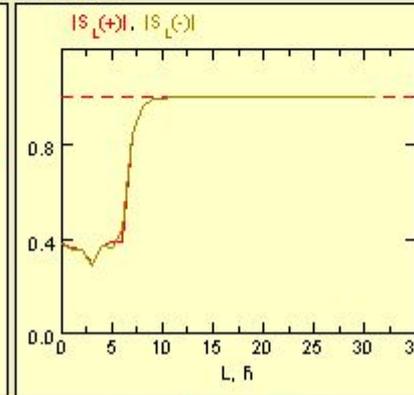
Fitting process

N_{steps}	= 50
$\Delta\chi^2/\chi^2$	= 0.001

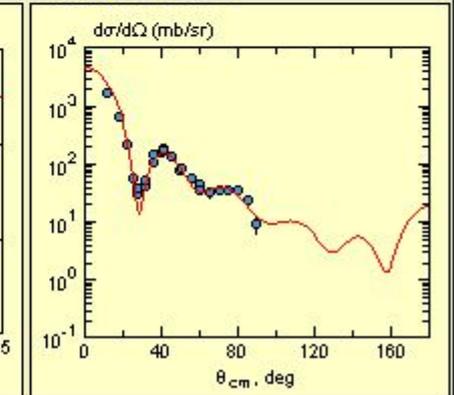
OM Interaction



S-matrix



Diff. Cross Section



Click on a plot to process it

Fit it is to Re

Imaginary part

Diffuseness

No fit

Maximal number of fit steps

50

< >

Stop, when change is less than

0.001

%

Виртуальный лабораторный практикум

Решаемые задачи.

- Помощь университетам, не имеющим финансовых или организационных возможностей для создания современного лабораторного практикума по ядерной физике.
- Обучение навыкам работы на современных экспериментальных установках, воспроизведение которых в условиях учебного центра невозможно.

Структура

- Теория.
- Описание установки.
- Порядок выполнения работы.
- Измерения.
- Проверка полученных результатов.

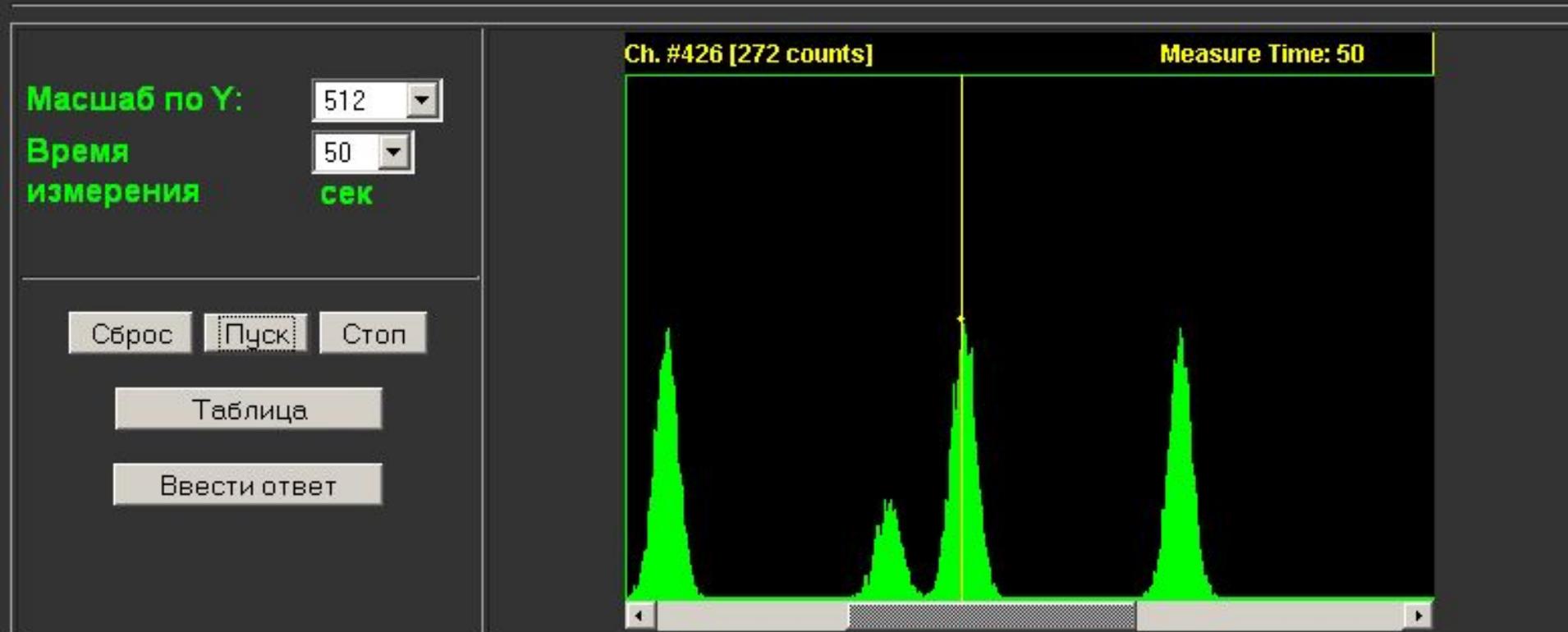
Используемые технологии

Java Script, Java, cookies.

Определение энергии неизвестного источника

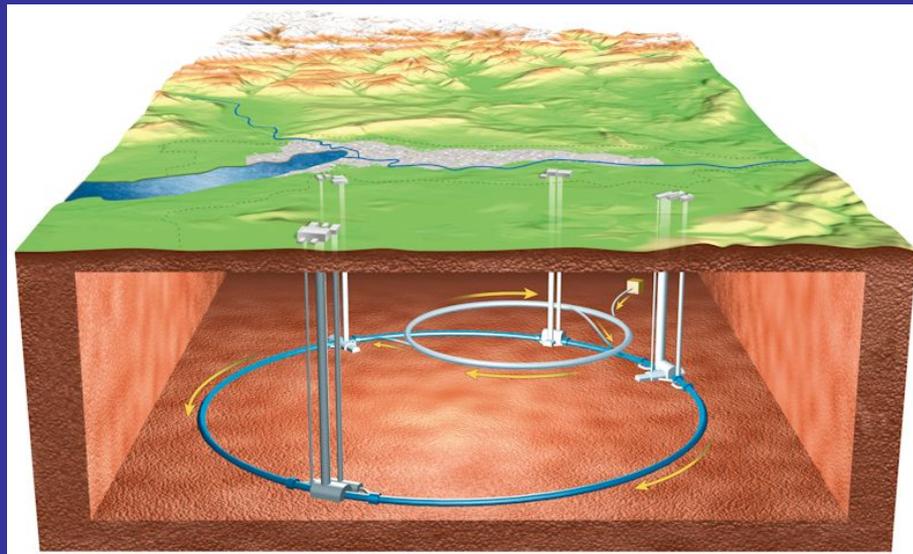
Источники: ^{226}Ra **Неизвестные**

1 2 3 4

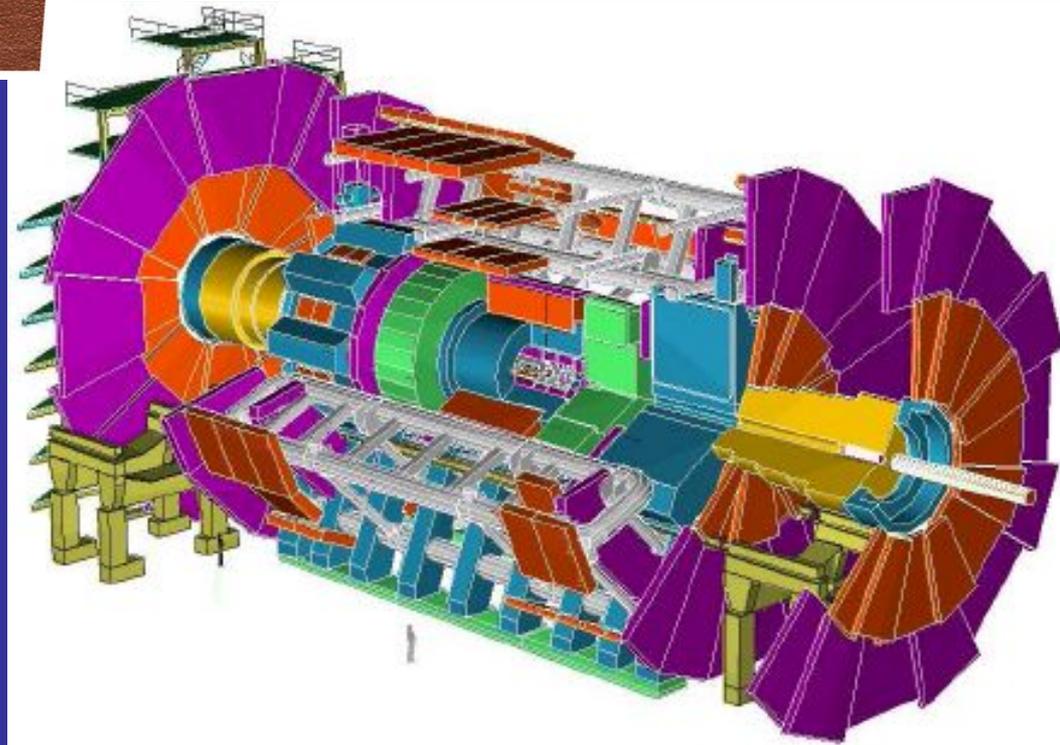


РОЖДЕНИЕ И РАСПАД Z-БОЗОНОВ

LHC - Large Hadron Collider (Большой адронный коллайдер)



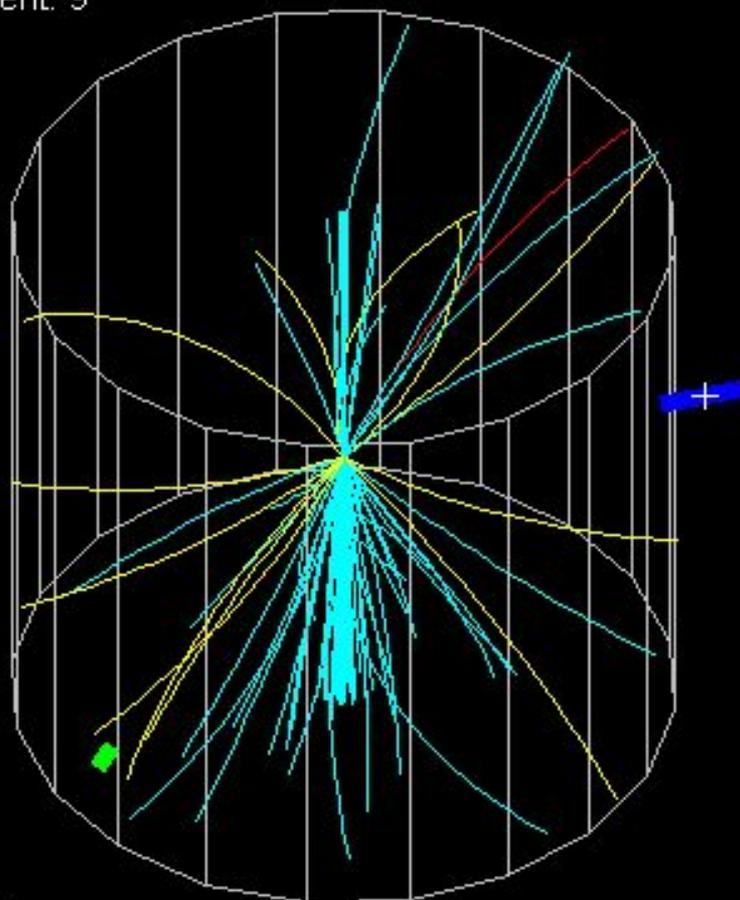
Детектор ATLAS
(A Toroidal LHC ApparatuS)



Входные данные Java-апплет получает с сервера, где хранится массив (10000 записей) результатов моделирования процессов, которые происходят при столкновении двух протонов в колайдере. Моделирование производилось с помощью программы PYTHIA, которая широко используется в физике высоких энергий. На выходе эта программа выдает список всех частиц, которые возникли в результате столкновения первичных частиц, и их параметры.

Pythia event: 9

Pythia Mode:
Z production



Side View

jet
x, y = 142, 25 pix.
px = 4.341
py = 4.809
pz = 4.273
E = 50.842

EVENT

Next

Previous

VIEWS

Front View

Top View

Side View

ПРОНИЦАЕМОСТЬ БАРЬЕРА ДЕЛЕНИЯ

Форма барьера деления – «перевернутый» потенциал одномерного гармонического осциллятора.

Гамильтониан
$$H = -\frac{\hbar^2}{2B} \times \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} - \frac{1}{2} B \omega_b^2 \alpha^2 + B_f$$
 ←

B – аналог массы ;

$\omega_b = \sqrt{C/B}$ - частота колебаний или кривизна;

C – жесткость.

В этом случае – задача проницаемости данного потенциального барьера может быть решена аналитически:

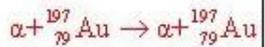
$$P = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{2\pi(E^* - B_f)}{\hbar\omega_b}\right)}$$
 ←

CONTENT

1/4 0:00:54 ⏪ ⏩ ⏸ ⏴ ⏵

Нормальное воспроизведение информации достигается уже при скорости аналоговых модемов.

Э. Резерфорд 1911 Атомное ядро



$$\text{tg } \frac{\theta}{2} = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{2bE}$$



Ernest Rutherford
(1871-1937)

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{Z_1 Z_2 e^2}{4E} \right)^2 \times \frac{1}{\left(\sin^4 \frac{\theta}{2} \right)}$$

Нобелевская премия по химии

1908 г. - Э. Резерфорд

За исследования по превращению элементов и за химические исследования радиоактивных веществ.



1/6 0:06:00

300*400 пикселей

240*180 пикселей

CONTENT

Скорость передачи ~250 кбит/с

Чем может быть полезным сайт

Оперативность.

Доступность.

Интеграция ресурсов.

Подготовка и совершенствование учебных материалов, лекций и семинаров.

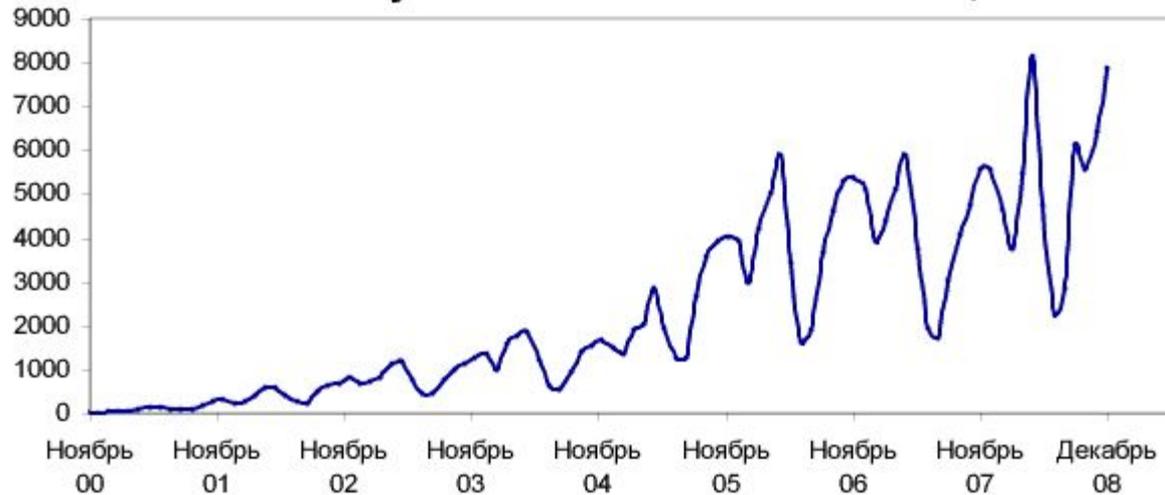
Самообразование, просвещение, надежность информации.

Виртуальный лабораторный практикум.

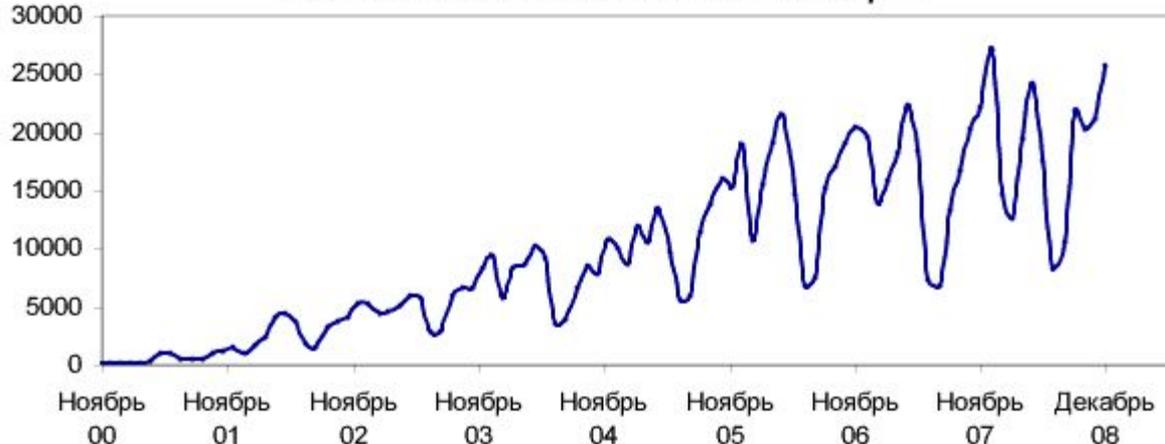
Статистика

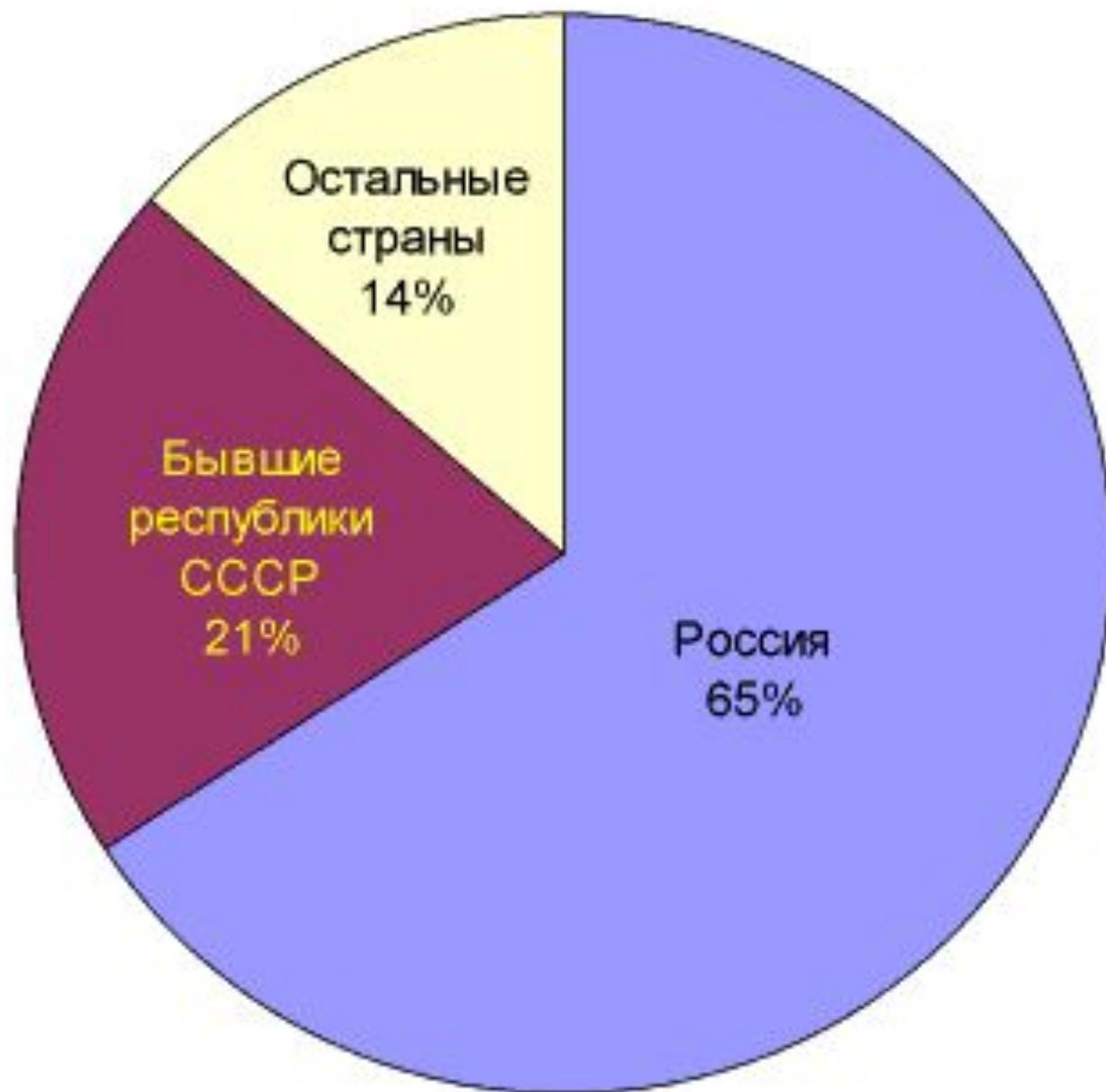
Статистика посещений отслеживается с ноября 2000 г. с помощью счетчиков Mail.ru. В феврале 2005 г. были также установлены счетчики Рамблера. Счетчики (~30 счетчиков) стоят как на головной странице, так и на головных страницах отдельных разделов сайта.

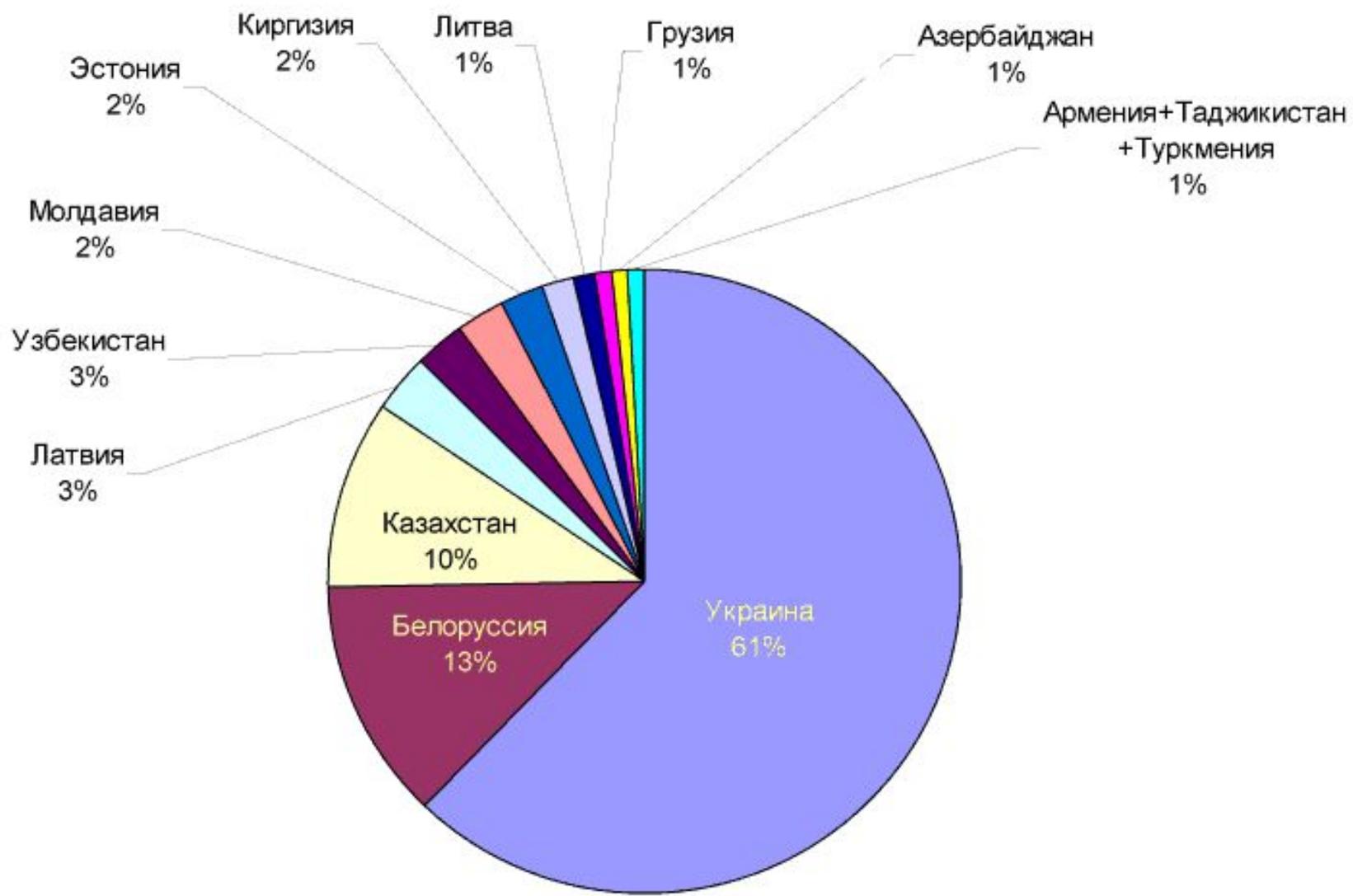
Количество уникальных хостов по месяцам

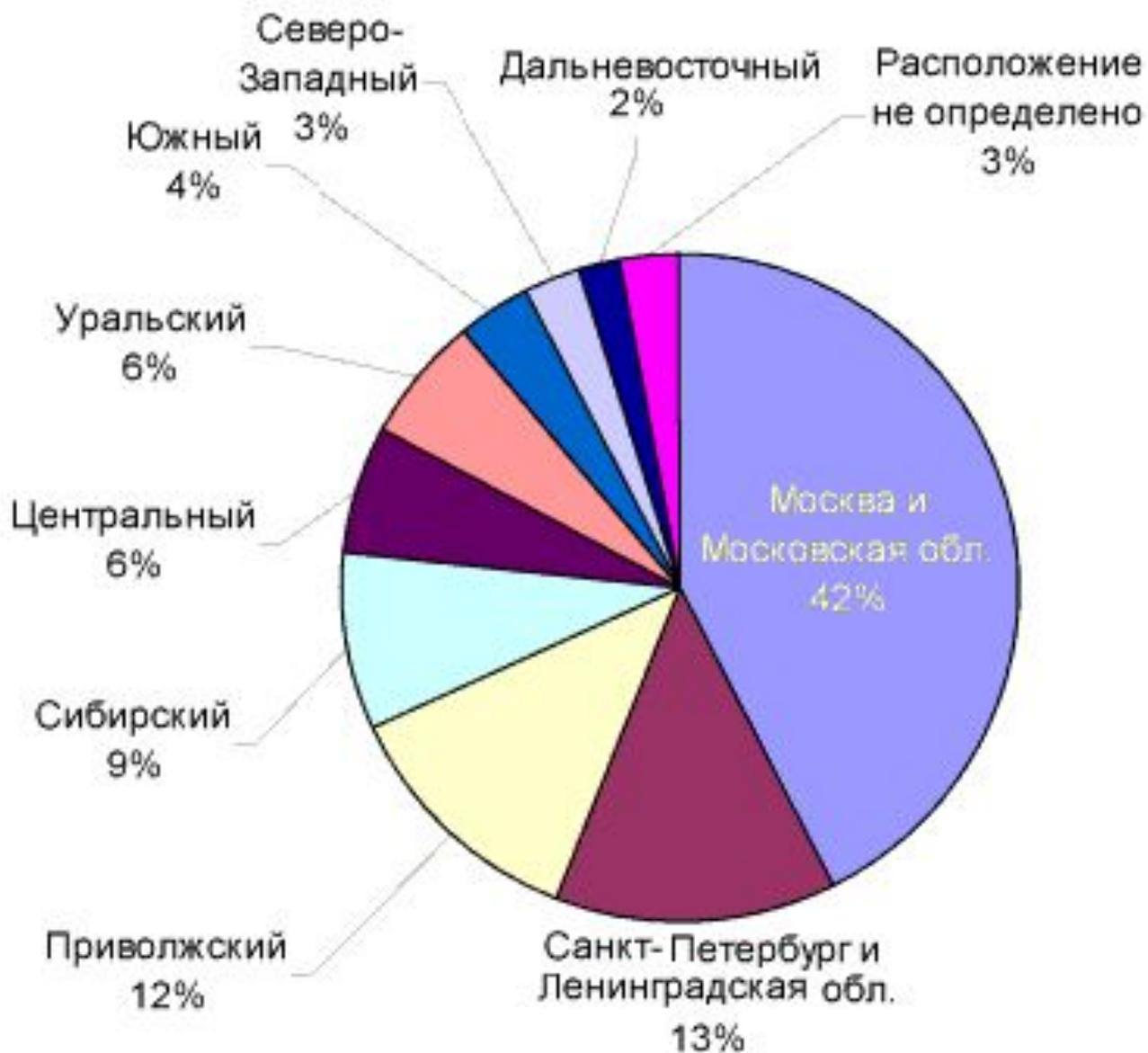


Количество визитов по месяцам

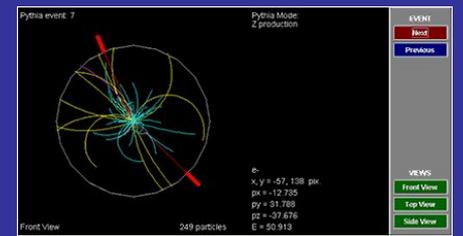








Спасибо за внимание!



Массачусетский технологический институт Massachusetts Institute of Technology

OpenCourseWare

ocw.mit.edu/OcwWeb/

Публикация материалов учебных курсов в открытом доступе (~2000 курсов).

Программа была рассчитана на 10 лет. Начало в 1999 году.

Запланированное финансирование программы - **\$100 000 000**

Hewlett Foundation, Mellon Foundation + ...

MIT OCW seeks to build endowments for technology and education in these areas:
\$10 million — Publication and maintenance of 25 new MIT courses each year, in perpetuity

\$5 million — Delivery of MIT course materials to 25,000 educators and over 150,000 learners (roughly 5 percent of MIT OCW user traffic around the world) each year, in perpetuity

\$800,000 — Department Liaison (DL) positions, where DLs assist faculty with developing and compiling teaching materials for both classroom teaching and publication on the MIT OCW Web site

1. Standard Model Interactions:

a.) Four forces:

As far as we know, there are just four fundamental forces in nature:

pdf и r



$\bar{n} \cdot A_n \sim \lambda^0$ no power suppression

for these gluons

Find

$$\bar{\Psi}_n \Gamma \frac{i(k+m_b)}{k^2 - m_b^2} i g T^A \gamma^\mu h_\nu = -g \bar{\Psi}_n \Gamma \left(\cancel{m_b(1+\not{v})} + \frac{\cancel{v}}{2} \bar{n} \cdot q \right) \frac{\cancel{\alpha}}{2} \bar{n}^\mu T^A h_\nu$$

$$= \frac{-g \bar{n}^\mu}{\bar{n} \cdot q} \bar{\Psi}_n \Gamma T^A \left(\frac{-\cancel{\alpha}}{2} (1-\not{v}) + \cancel{\alpha} \not{v} \right) h_\nu$$

$\cancel{\alpha} h_\nu = h_\nu$

lifetime	10^{-20} s	10^{-10} s	10^{-8} s
typical cross-section	10 mb $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_\mu$	10^{-3} mb $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \mu \bar{\nu}_\mu$	10^{-14} mb $\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu$
typical coupling α_i	1	10^{-2}	10^{-6}

Аудио-видео

MIT OpenCourseWare | Physics | 8.03 Physics III: Vibrations and Waves, Fall 2004 | Video Lectur - Windows Internet Explorer

http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/8-03Fall-2004/VideoLectures/index.htm

Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

Google Химический факультет М Поиск 6 заблокировано Проверка Переводчик Настройки

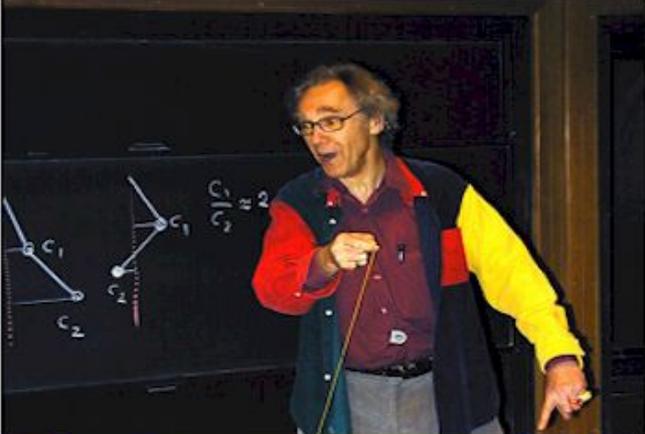
Ссылки Windows Windows Media Бесплатная почта Hotmail Настройка ссылок

MIT OpenCourseWare | Physics | 8.03 Physics III: Vib...

Страница Сервис

realPlayer

File View



ocw-8.03-lec-mit-21sep-04-00 1:33 / 1:17:37

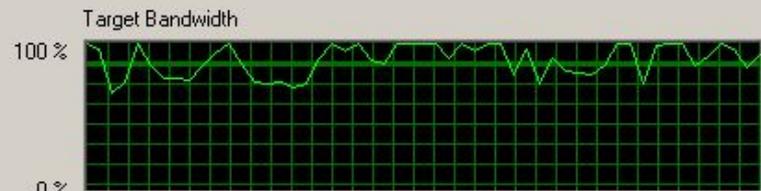
Real Guide My Library Music Store

322 на 242 пикселя

Playback Statistics

Bandwidth Packets Streams Advanced

Target Bandwidth



100 %

0 %

Encoded at: 220.0 Kbps Minimum: 173.1 Kbps Average: 248.8 Kbps

Current: 244.4 Kbps Maximum: 473.5 Kbps

Close

Lecture #4: Resonance (Resonance Absorption, Resonance Phenomena (General Solutions including Initial

Recorded on 09/21/04 (56K)|(80K)|(220K)

Lecture #5: Coupled Oscillators

Recorded on 09/23/04 (56K)|(80K)|(220K)

Lecture #16: Boundary Conditions at Perfect Conductors - Reflection - Standing EM Waves - Transmission Lines - Radiation Pressure

Recorded on 11/04/04 (56K)|(80K)|(220K)

Lecture #17: Wave Guides - Resonance Cavities of EM-radiation and Sound

(See the [lecture notes](#): Resonances in Sound

Ядерные реакции

Механизмы ядерных реакций. Составное ядро.

Механизмы ядерных реакций. Прямые реакции.

Деление ядер.

Тяжелые ядра ($A < 100$)

Сверхтяжелые ядра ($A > 100$)

Экзотические виды радиоактивного распада

Шелковые мужские рубашки по невероятно низким ценам. Шелк - это солидно, стильно, престижно. И очень приятно носить.

Физика экзотических ядер

Распространенность элементов.

Ядерные реакции в звездах.

Образование легчайших ядер. Дозвездная стадия образования элементов

Звездная эволюция

Странники Вселенной или эхо Большого взрыва

Web-вариант книги публикуется с любезного согласия издательства научной и научно-популярной литературы "Век-2"

ОГЛАВЛЕНИЕ

- ПРЕДИСЛОВИЕ
- 1. ПОСЛЕ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА
 - 1.1 Убегающие галактики
 - 1.2 Сотворение вещества
 - 1.3 Гибель звезд
 - 1.4 Наш мир – темный и светлый, или жизнь в вакууме
 - 1.5 “Большой взрыв” на Земле
- 2. СТРАННИКИ ВСЕЛЕННОЙ
- 3. КАК ПОЙМАТЬ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ
 - 3.1 Космические лучи в атмосфере
 - 3.2 Ловушки для частиц
- 4. ЧТО МЫ ЗНАЕМ О КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧАХ
 - 4.1 Крутая траектория познания состава космического излучения
 - 4.2 Космические лучи: из чего они состоят?
 - 4.3 Энергетические спектры ядер космических лучей
- 5. ОТКУДА ВЫ, СТРАННИКИ ВСЕЛЕННОЙ?
 - 5.1 Поиск звезд на небе
 - 5.2 Сверхновые старые звёзды
- 6. ПУШКИ ВСЕЛЕННОЙ
 - 6.1 Космический ускоритель – Пэватрон
 - 6.2 Превращения звездного вещества или немного о возрасте космических странников
 - 6.3 О чём говорят результаты экспериментов?
 - 6.4 Электроны в космических лучах
- 7. МИСТЕРИЯ ОБРЕЗАНИЯ
 - 7.1 Диаграмма Хилласа, или в поисках Эватрона.
 - 7.2 Реликтовое излучение и “конец” спектра космических лучей
 - 7.3 Сверху – вниз, или вперед к экзотике
 - 7.4 Новая астрономия?
- 8. КОСМИЧЕСКОЕ ОКО
 - 8.1 Ультрафиолетовый след космической частицы
 - 8.2 Зеркало на орбите.
- 9. ГАММА-ИЗОБРАЖЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ
 - 9.1 Гамма-свечение Млечного Пути
 - 9.2 Загадочные всплески гамма-излучения
- 10. ЧАСТИЦЫ ИЗ ЗАЗЕРКАЛЬЯ
 - 10.1 Другое состояние вещества
 - 10.2 Погоня за антивеществом
- 11. ЧАСТИЦЫ ПОЛТЕРГЕЙСТА
 - 11.1 Приключения “неуловимых”
 - 11.2 Нейтринное море реликтов
 - 11.3 Нейтрино сверхновых
 - 11.4 Нейтринная астрономия сверхновой SN1987A
 - 11.5 Капканы для неуловимых
 - 11.6. О нейтрино предельно высоких энергий