

сообщения  
Объединенного  
Института  
Ядерных  
Исследований  
Дубна

3749/82

9/8-82

P10-82-369

В.В.Глаголев, Н.Н.Говорун, В.С.Гоман,  
А.Дирнер, В.Г.Иванов, И.Паточка, В.В.Первушов

К ВОПРОСУ ПРОГРАММНОГО ОТБОРА  
ФИЗИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ  
В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ  
ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

1982

Наиболее трудоемким этапом процесса обработки фильмовой информации является физическая интерпретация (идентификация) событий, т.к. она, как правило, связана с большими затратами ручного труда на разбор и анализ результатов счета на ЭВМ, а также с дополнительным просмотром фотоплёнок<sup>1/</sup>.

Для упрощения процедуры идентификации событий и уменьшения затрат ручного труда на ее проведение была разработана методика программного отбора физических гипотез, описанию которой и посвящено содержание данного сообщения.

### § I. Методика идентификации событий

Рассмотрим процедуру идентификации событий на примере анализа 2-лучевых звезд, образованных ядрами  ${}^3\text{He}$  с импульсом около 13,5 ГэВ/с при взаимодействии с водородом. Каждое событие такого типа может возникнуть в результате протекания любой из следующих реакций, не считая реакций с несколькими нейтральными частицами:

1.  ${}^3\text{He} + p \rightarrow {}^3\text{He} + p$ ,
2.  ${}^3\text{He} + p \rightarrow {}^4\text{He} + \pi^+$ ,
3.  ${}^3\text{He} + p \rightarrow {}^3\text{He} + p + \pi^0$ ,
4.  ${}^3\text{He} + p \rightarrow {}^3\text{He} + \pi^+ + n$ ,
5.  ${}^3\text{He} + p \rightarrow {}^4\text{He} + \pi^+ + \pi^0$ .

Исходными данными для идентификации событий являются результаты геометрической реконструкции и данные о плотности почернения (инициации) изображений треков на стереоснимках. При восстановлении пространственной картины событий параметры треков (импульсы и углы) вычисляются, как правило, для нескольких предположений о массах образовавших их частиц. Так, например, для событий, образуемых в приведенных выше реакциях, параметры лучей звезды вычисляются для четырех предположений о массах образовавших их частиц ( $\pi^+$ ,  $p$ ,  ${}^3\text{He}$ ,  ${}^4\text{He}$ ).

Задача идентификации заключается в определении реакции, в которой было образовано данное событие, и установлении природы пучковой и каждой вторичной частицы. Обычно она решается в следующей последовательности<sup>1/</sup>:

- Сначала для заданного набора гипотез события проверяется соответствие измеренных значений параметров частиц закону сохранения энергии-импульса. Под гипотезой здесь понимается присвоение конкретных значений масс трекам события, а под измеренными параметрами - результаты геометрической реконструкции. Эта стадия называется кинематической идентификацией и производится с помощью специальных программ.
- Затем проверяется соответствие наблюдаемых на снимках ионизаций треков, вычисленных по величине импульса, заданному значению массы. Все гипотезы, для которых нет соответствия между наблюдаемой и вычисленной ионизацией, исключаются из рассмотрения. Для решения этой задачи используются специальные программы, если в результатах реконструкции содержатся данные о почернении следов, либо производится дополнительный просмотр фотопленок, в ходе которого производится визуальная оценка ионизации.
- Поскольку в большом числе случаев на первых двух стадиях не удается однозначно идентифицировать события, то на заключительном этапе идентификации производится окончательный выбор одной или нескольких гипотез из имеющегося списка.

Такова в самых общих чертах процедура идентификации событий в камерных экспериментах. Перейдем теперь к более подробному рассмотрению задач, решаемых на каждом из указанных этапов.

I. В ходе кинематической идентификации проверяется соответствие измеренных параметров закону сохранения энергии-импульса для каждой из заданных гипотез и из рассмотрения исключаются те, для которых это соответствие в пределах экспериментальных ошибок не выполняется. В качестве критериев отбора используются значения недостающих масс, вероятностей (или  $\chi^2$ ), а также параметры, характеризующие сходимость итерационного процесса. Кинематические программы разделяют события на следующие три группы:

- "Фитированные" (FIT).
- "Нефитированные" (NOFIT).
- Забракованные.

К первой группе относятся события, в которых после кинематической идентификации осталась одна или несколько гипотез с числом

нейтральных частиц меньше двух. Эти гипотезы в дальнейшем будут называться "фитированными" или FIT-гипотезами. Гипотезы этой группы в свою очередь делятся на три подгруппы в соответствии с числом уравнений связи, использовавшихся в процессе "подгонки".

- К подгруппе 4C-FIT относятся гипотезы, в которых нет нейтральных частиц.
- Частным случаем этой подгруппы являются 3C-FIT-гипотезы, которые проверяются для событий, в которых неизвестен импульс одного из треков. Для его вычисления используется одно из уравнений связи.
- К подгруппе 1C-FIT относятся гипотезы с одной нейтральной частицей.

Ко второй группе - события, в которых были забракованы все FIT-гипотезы, но наблюдаемое значение недостающей массы таково, что оно не противоречит гипотезе с образованием двух или большего числа нейтральных частиц. При исследовании взаимодействий частиц высоких энергий число событий такого типа достаточно велико и для исследования распределений недостающих масс их также необходимо идентифицировать, как и FIT-гипотезы.

К третьей группе относятся события, забракованные кинематической программой. Это имеет место при грубых ошибках, допущенных в процессе измерений или просмотра. События этой группы анализируются и либо исключаются из рассмотрения, либо направляются на повторные измерения.

II. Поскольку при больших энергиях налетающих частиц вероятность однозначной идентификации событий с помощью закона сохранения энергии-импульса достаточно мала, то требуются дополнительные критерии. В качестве одного из наиболее эффективных критериев используются данные об ионизации, получаемые путем измерений или визуальной оценки. Все гипотезы, для которых вычисленные значения ионизации противоречат наблюдаемым, исключаются из рассмотрения. При этом часть FIT-событий может перейти в группу NOFIT или забракованных, а NOFIT-события браковаться. Таким образом, результат идентификации события после проверки по ионизации может измениться.

III. Что касается процедуры выбора гипотез для неоднозначно идентифицированных событий, то она будет рассмотрена в дальнейшем на примере <sup>3</sup>нер-эксперимента<sup>2/</sup>.

После завершения идентификации необходимо на ленте результатов кинематической программы отыскать "отобранные гипотезы" и переписать информацию о них на ленты суммарных результатов, вычислив одновре-

менно те величины, которые потребуются для статистического анализа.

Для поиска "отобранных гипотез" первоначально использовались специальные карты, которые выдавались для каждой гипотезы, прошедшей кинематические проверки. На этих картах отбора (slice-картах) задается номер события, номер гипотезы и другая служебная информация, необходимая для идентификации гипотезы на ленте результатов. С помощью этих карт специальная программа находит отобранные гипотезы и переписывает информацию о них на ленту суммарных результатов<sup>/3/</sup>.

Поскольку даже при небольших энергиях налетающих частиц в среднем на каждое событие выдавалось по несколько перфокарт, что представляло определенные неудобства в работе, то принимались меры по сокращению их числа<sup>/4/</sup>. Для этого на автоматах наряду с координатами также измеряется и ионизация, что позволяет автоматизировать процедуру отбора физических гипотез, либо дополнительный просмотр фотопленок производится на линии с ЭВМ. Однако ни один из этих путей в нашем случае не мог быть использован, т.к. измерения ионизации на сканирующих автоматах ОИИИ не производятся, а просмотрные столы не снабжены устройствами для связи с ЭВМ.

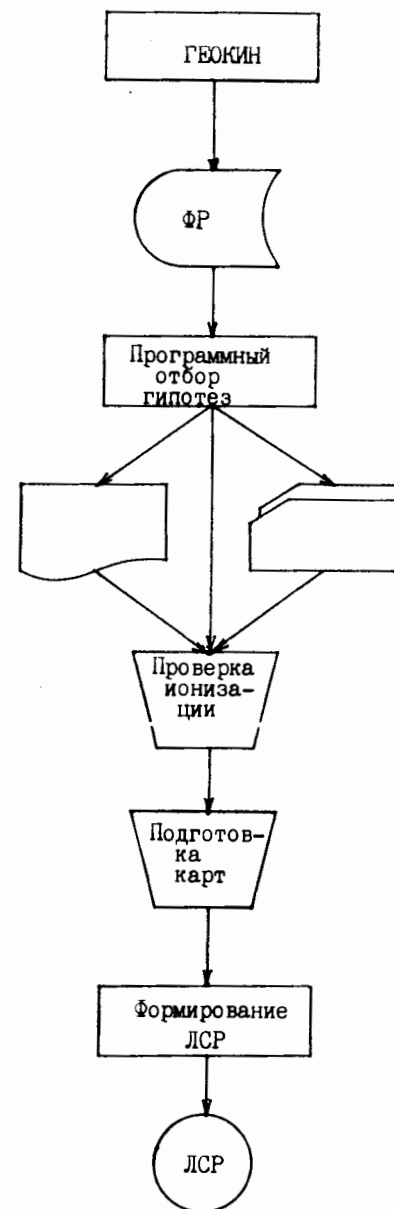
В связи с этим как временная мера была разработана процедура идентификации событий с предварительным программным отбором физических гипотез, которая рассматривается в следующем параграфе.

## § 2. Идентификация событий с программным отбором физических гипотез

Принципиальная схема организации процедуры идентификации событий с программным отбором физических гипотез показана на рисунке.

Пространственная реконструкция и кинематическая идентификация событий производится с помощью программы ГЕОКИН<sup>/3/</sup>, которая записывает результаты счета на файл результатов (ФР). На печать выдаются лишь номера обчисленных событий. Никаких карт на этом этапе не создается.

После этого специальная программа "Физический глаз" "просматривает" результаты кинематической идентификации и из имеющегося для каждого события списка гипотез отбирает только те, которые удовлетворяют ряду критериев, вырабатываемых специально для каждого эксперимента<sup>/5/</sup>. Выбранные таким образом гипотезы располагаются в определенном порядке и данные о них выдаются на печать. Образец выдачи на печать приведен в приложении. Кроме того, на каждое событие создается карта отбора, на которой указывается его номер, координаты



главной вершины, название пучковой частицы, мишень, номер набора титлов и т.п. Выдача программы "Физический глаз" анализируется в ходе дополнительного просмотра фотопленок. На этом этапе проверяется соответствие наблюдаемой на снимках картины результатам счета и по ионизационному критерию производится окончательный отбор физических гипотез. По результатам дополнительного просмотра события можно разделить на следующие три подгруппы:

- события, в которых результат идентификации по ионизационным критериям совпадает с программным. В этом случае на файл результатов переписывается одна или несколько гипотез, находящихся в начале соответствующего списка;
- события, в которых одна или несколько первых гипотез списка бракуются по ионизационным критериям. В этом случае для последующего отбора гипотез на ленте суммарных результатов (ЛСР) их номера пробиваются на специальной карте, которая помещается сразу же за картой отбора соответствующего события;
- если событие было забраковано, то за соответствующей ему картой отбора помещается карта со словом

вад. После подготовки массива карт отбора производится формирование лент суммарных результатов по стандартной процедуре.

Рассмотренная процедура идентификации позволяет существенно сократить количество анализируемой информации и число перерабатываемых перфокарт. Для оценки сокращения объема выполняемых в этом случае работ по сравнению с традиционной методикой рассмотрим результаты анализа группы, состоящей из 1381 3х-лучевого события, образованного ядрами  $^3\text{He}$  с импульсом около 13,5 ГэВ/с.

В таблице приведены данные о числе событий и гипотез, оставляемых программами ГЕОКИН и "Физический глаз" и их распределении по различным группам ( FIT, NOFIT, забракованные).

Таблица

ГЕОКИН		"Физический глаз"			
Число событий	Число FIT-гипотез	Число NOFIT-гипотез	Число событий FIT-гипотез	Число NOFIT-гипотез	Число гипотез
1130	6108	21447	562	918	1293
251	-	5168	724	-	4134
-	-	-	95	-	-
1381			1381		

Из приведенных в таблице данных следует:

- Программный отбор позволяет более чем в пять раз сократить число анализируемых гипотез.
- После программного отбора число FIT-событий уменьшилось в два раза, а NOFIT возросло почти в три раза.
- Около 7% событий были забракованы, т.к. после дополнительных проверок для них были отброшены все гипотезы как "фитированные", так и "нефитированные".

Оценив теперь число перфокарт, которые пришлось бы обработать при идентификации этой группы событий традиционным методом /6/.

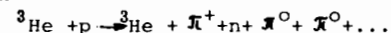
После обсчета результатов измерений этой группы событий по программе ГЕОКИН было бы получено 6359 перфокарт, по одной на каждую FIT-гипотезу и каждое NOFIT-событие. После дополнительного просмотра из этого массива нужно было бы выбрать 819 карт для NOFIT-событий (251 - после счета по программе ГЕОКИН и 568 - для событий, забракованных по дополнительным критериям) и с их помощью получить 1134 карты отбора NOFIT-гипотез. Итого: общее количество карт,

с которыми пришлось бы работать, 10493, т.е. 7,6 карты на событие, по сравнению с 1,7 в нашем случае.

### § 3. Критерии отбора физических гипотез в $^3\text{He}$ -эксперименте и возможности дальнейшего ускорения этого процесса

Для отбора физических гипотез программным путем используются следующие критерии:

- гипотезы 4,3 и 1с-FIT считаются значимыми, если их вероятности больше 0,001; 0,02 и 0,05 соответственно;
- для 1с-FIT-гипотез с  $\pi^0$ -мезоном или нейтроном значения недостающих масс не должны выходить за заданные пределы;
- значения импульсов вторичных частиц для гипотез всех типов не должны выходить за заданные пределы;
- для NOFIT-гипотез разница между теоретическими и экспериментальными значениями квадратов недостающих масс не должна превышать тройной ошибки. Здесь под теоретическим значением недостающей массы понимается сумма масс минимального набора нейтральных частиц, которые могут наблюдаться в данной реакции. Так, например, в реакции



теоретическое значение недостающей массы равно сумме масс пиона и нейтрона.

Для упорядочения физических гипотез в случае неоднозначной идентификации события используются следующие правила:

- В начале списка располагаются гипотеза 4С (или 3С) FIT в порядке убывания вероятностей их наблюдения.
- Затем следуют гипотезы типа 1с-FIT также в порядке убывания вероятностей.
- После FIT-гипотез следуют NOFIT, которые располагаются в порядке убывания величины:

$$R = \frac{(MM_{\text{экс}})^2 - (MM_{\text{т}})^2}{(\Delta MM_{\text{экс}})^2}$$

- Здесь  $MM_{\text{экс}}$  - экспериментальное значение недостающей массы;
- $MM_{\text{т}}$  - теоретическое значение недостающей массы;
- $\Delta MM_{\text{экс}}$  - ошибка экспериментального значения MM.

Примечание: Если в событии имеется один трек с неизмеренным импульсом и гипотезы типа ЗС-FIT забракованы, то оно исключается из рассмотрения.

В связи с тем, что отбор и упорядочение физических гипотез программным путем позволяют в принципе полностью автоматизировать процедуру идентификации событий, представлялось целесообразным рассмотреть возможность отказа от дополнительного просмотра или сокращения числа просматриваемых событий. В связи с этим было взято около тысячи уже проидентифицированных событий и обработано по программе "Физический глаз". Сравнение результатов показало, что только в 36% случаев они совпадают. Таким образом, практика показывает, что в данном случае отбор гипотез только по формальным критериям не позволяет получать достоверные результаты.

Более детальное рассмотрение событий этой группы показало, что в 45% событий имеется один или два трека с ионизацией, существенно большей, чем релятивистская, а в 36% - все вторичные треки имеют релятивистскую ионизацию. Если программе отбора задать дополнительную информацию о том, что в данном событии нужно отобрать гипотезы с одной или двумя нерелятивистскими частицами или только с релятивистскими, то это позволит идентифицировать программным путем около 80% событий. Причем здесь нет необходимости указывать, какие треки имеют ту или иную ионизацию, а следует лишь отметить, что они есть.

### Заключение

Практика работы показала, что применение методики программного отбора в несколько раз ускорило процесс идентификации событий в <sup>3</sup>нер-эксперименте, резко сократило выдачу на печать и число перерабатываемых перфокарт, а также позволило организовать обработку всех событий, независимо от результата их кинематической идентификации по единой технологической схеме. Последнее создало возможность для организации всего процесса математической обработки результатов обмера камерных фотографий под управлением ЭВМ.

Следует также указать, что создание программы для отбора физических гипотез, учитывающей специфику конкретных задач, позволяет перейти на универсальные варианты программ типа ГЕОКИН и СЛАЙС<sup>3/</sup>, а не создавать их для каждого эксперимента на данной камере.

Проведенная работа является практически готовым вариантом для подсистемы идентификации событий в интерактивном режиме.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность М. Бано и Л. Шандору за полезные обсуждения.

### Приложение

Образец выдачи результатов счета по программе "Физический глаз"

SER= 4 EXP= 10 FILM= 56 FRAME= 399. 1.1 TYPE= 300 POINT TYPE X Y Z (CM)  
B PRIM 9.45 2.66 -19.00

NN	TRACK	TM	MOMENTUM/Z	PHI	IIP	LENGTH
1	B1+	4400	7013.7	3174.5	.7	-42.82
2	B4+	1110	1599.4	300.1	417.4	33.13
2	B3+	2300	4752.2	26.9	5.8	44.82
4	B2+	3200	4188.6	31.3	5.5	44.24

(MRAD) (MIAD) (CM)

\* WARNING \* - SMALL ANGLE

SUMMARY	CHISQ	PROB	MM**2	DM**2	THRESH	ME**2	DM**2	IONIZATION
NN NHYP ND								
1.102. 0.N	0.0	6.749	1.70	.241	-.61	3.639	.479	- B4+ B3+ B2+ 1599 4752 4188
2.103. 0.N	0.0	6.506	1.47	.215	-.5	3.607	.479	P D P 1.5 1.2 1.1
3.112. 0.N	0.0	6.233	1.35	.205	-.5	3.591	.477	P D P 1.5 1.0 1.2
4.113. 0.N	0.0	5.047	3.70	.504	-.36	3.904	.481	PI D 1.1 1.2 1.2
5.118. 0.N	0.0	5.012	3.57	.482	-.2	3.888	.479	P P P 1.5 1.0 1.1
6.119. 0.N	0.0	4.774	3.32	.454	-.2	3.856	.479	PI D P 1.1 1.2 1.1
7.125. 0.N	0.0	2.895	5.70	.749	1.28	4.153	.481	PI P P 1.1 1.0 1.1

FOR NOFIT-HYP (ND=X.N) IN COLUMN#PROB#PRINT R=(MM\*\*2-MM\*\*2(TH))/(DM\*\*2 THRESH=MM\*\*2(TH)-3\*(DM\*\*2)

### Литература

1. Villemoes P. Data Processing in Bubble Chamber Experiments. CERN, 17-6, Geneva, 1971.
2. Буздавина Н.А. и др. ОИЯИ, I-8I-530, Дубна, 1981.
3. Pagiola E. В кн.: TRACK CHAMBER PROGRAM LIBRARY, CERN, Geneva, 1968.
4. Frenkiel P. et al. В кн.: Methods in subnuclear Physics. v.4, p.3, New York, 1970.
5. Вальтер М. и др. ОИЯИ, I-7I53, Дубна, 1973.
6. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, IO-8I-359, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 мая 1982 года.

### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги,  
если они не были заказаны ранее.

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Глаголев В.В. и др.

P10-82-369

К вопросу программного отбора физических гипотез в системах обработки фильмовой информации

Для упрощения процедуры идентификации событий и уменьшения затрат ручного труда на ее проведение разработана методика программного отбора физических гипотез. Ее применение в несколько раз ускорило процесс идентификации событий в  $^3\text{He}$ -эксперименте, резко сократило выдачу на печать, а также число перерабатываемых перфокарт и позволило организовать обработку всех событий по единой технологической схеме. Это создало возможность для организации всего процесса математической обработки результатов обмера камерных фотографий под управлением ЭВМ.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Glagolev V.V. et al.

P10-82-369

On Program Selection of Physical Hypotheses in the Film Information Processing System

A method of the program selection of physical hypotheses for simplifying the procedure of event identification and decreasing manual work was developed. Its application has accelerated the process of event identification in  $^3\text{He}$  experiment, the number of listings and punch cards has been decreased. It made possible to organize handling of all events as a united technological scheme. The Mathematical Data Processing System has been organized over results of Chamber Film Measurements with control computers.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.