

LA-UR-12-20390

Approved for public release; distribution is unlimited.

Title: MODEX EA Program for Calculation of the Energy Spectra of Particle Emitted in the Reactions of Pre-Equilibrium and Equilibrium Statistical Decays

Author(s): Mashnik, Stepan G
Toneev, Vyacheslav D

Intended for: MCNP6 references package



Disclaimer:

Los Alamos National Laboratory, an affirmative action/equal opportunity employer, is operated by the Los Alamos National Security, LLC for the National Nuclear Security Administration of the U.S. Department of Energy under contract DE-AC52-06NA25396. By approving this article, the publisher recognizes that the U.S. Government retains nonexclusive, royalty-free license to publish or reproduce the published form of this contribution, or to allow others to do so, for U.S. Government purposes. Los Alamos National Laboratory requests that the publisher identify this article as work performed under the auspices of the U.S. Department of Energy. Los Alamos National Laboratory strongly supports academic freedom and a researcher's right to publish; as an institution, however, the Laboratory does not endorse the viewpoint of a publication or guarantee its technical correctness.

MODEX – A Program for Calculation of the Energy Spectra of Particle Emitted in the Reactions of Pre-Equilibrium and Equilibrium Statistical Decays

S. G. Mashnik ^{1,*} and V. D. Toneev ^{2,#}

¹*Moscow State University, Moscow, USSR*

²*Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow Region, USSR*

Abstract

The program is described intended for calculation of the energy distribution of particles, emitted by excited nucleus, using the Modified Exciton Model (MEM). The complete text of the program is presented in FORTRAN66 language.

We reproduce here this 1974 JINR Communication as it was never published in a journal but it represents a historical interest as the first (in the world) Monte Carlo realization of the preequilibrium plus evaporation model, and was and still is used in dozens of countries all over the world. E.g., the current CEM03.03 and LAQGSM03.03 event-generators of the latest LANL Monte Carlo transport code MCNP6 have today modified parts from MODEX, the first Monte Carlo preequilibrium code in the world.

*Current and permanent address: XCP-3, Computational Physics Division, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545, USA

#Current and permanent address: Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics, Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Moscow region, Russia

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



75-2-99



P4 - 8417

С.Г.Машник, В.Д.Тонеев

MODEX - ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ЧАСТИЦ,
ИСПУЩЕННЫХ В РЕАКЦИЯХ ПРЕДРАВНОВЕСНОГО
И РАВНОВЕСНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО
РАСПАДОВ

1974

ЛАБОРАТОРИЯ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Заказ 18845. Тираж 600. Уч.-изд. листов 1,13.
Редактор Б.Б. Колесова. Подписано к печати 10.12.74 г

Машник С.Г., Тонеев В.Д.

P4 - 8417

MØDEX - программа для расчета энергетических спектров частиц, испущенных в реакциях предравновесного и равновесного статистического распада

Дано описание программы для расчета по модифицированной экситонной модели энергетических распределений частиц, испущенных возбужденным ядром. Приведен полный текст программы на языке ФОРТРАН.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1974

Mashnik S.G., Toneev V.D.

P4 - 8417

MØDEX - the Program for Calculation of the Energy Spectra of Particles Emitted in the Reactions of Pre-Equilibrium and Equilibrium Statistical Decays

The program is described intended for calculation of the energy distribution of particles, emitted by excited nucleus, using the modified exiton model. The complete text of the program is presented in FORTRAN language.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1974

Ранг публикаций Объединенного института ядерных исследований

Препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований /ОИЯИ/ являются самостоятельными публикациями. Они издаются в соответствии со ст. 4 Устава ОИЯИ. Отличие препринтов от сообщений заключается в том, что текст препринта будет впоследствии воспроизведен в каком-либо научном журнале или аperiodическом сборнике.

P4 - 8417

Индексация

Препринты, сообщения и депонированные публикации ОИЯИ имеют единую нарастающую порядковую нумерацию, составляющую последние 4 цифры индекса.

Первый знак индекса - буквенный - может быть представлен в 3 вариантах:

“Р” - издание на русском языке;

“Е” - издание на английском языке;

“Д” - работа публикуется на русском и английском языках.

Препринты и сообщения, которые рассылаются только в страны-участницы ОИЯИ, буквенных индексов не имеют.

Цифра, следующая за буквенным обозначением, определяет тематическую категорию данной публикации. Перечень тематических категорий изданий ОИЯИ периодически рассылается их получателям.

Индексы, описанные выше, проставляются в правом верхнем углу на обложке и титульном листе каждого издания.

С.Г.Машник*, В.Д.Тонеев

**MODEX - ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ЧАСТИЦ,
ИСПУЩЕННЫХ В РЕАКЦИЯХ ПРЕДРАВНОВЕСНОГО
И РАВНОВЕСНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО
РАСПАДОВ**

Ссылки

В библиографических ссылках на препринты и сообщения ОИЯИ мы рекомендуем указывать: инициалы и фамилию автора, далее - сокращенное наименование института-издателя, индекс, место и год издания.

Пример библиографической ссылки:

И.И.Иванов. ОИЯИ, P2-4985, Дубна, 1971.

В последние годы в ядерной физике широко обсуждаются различные модели для описания неравновесного статистического распада возбужденных ядер. В работе^{/1/} отмечена тесная связь этих физических явлений со случайными марковскими процессами, что позволяет для решения задач подобного класса эффективно использовать методы Монте Карло. В настоящей работе изложен алгоритм нахождения энергетических спектров частиц (в системе центра масс бомбардирующей частицы и ядра мишени) на основе модифицированной экситонной модели^{/1,2/}. Предлагаемый алгоритм реализован в написанной на языке ФОРТРАН программе МОДЕХ, которая может быть использована на ЭВМ БЭСМ-6 и машинах СДС. Полный текст программы приводится в Приложении.

Метод решения

Рассмотрим возбужденное ядро с энергией E и числом возбужденных частиц-дырок $n \approx \rho + \hbar$. Как показано в работе^{/1/}, процессу ядерной релаксации такой физической системы, описываемому соответствующим кинетическим уравнением, можно поставить в соответствие некоторый разрывный марковский процесс, где проведение системы в последующий момент времени полностью определяется заданием относительных вероятностей всех допустимых процессов в настоящий момент. В данной реализации модифицированной экситонной модели (МЭМ) учтены переходы с изменением числа экситонов $\Delta n = -2, 0$ и $+2$, вероятность которых $\omega_{\Delta n}(n, E)$, а также испускание шести типов частиц в непрерывный спектр, $\Gamma_j(n, E)$ (где индекс j принимает значения от 1 до 6, что показывает соответственно нейтрон, протон, дейтрон, тритий, гелий-3 и α -частицу);

$$\Gamma_j(n, E) \equiv W + \Gamma^j = \sum_{i=0, \dots} W_i(n, E) + \sum_{j=1} \Gamma_j^j(n, E) \quad (I)$$

Выражения для вероятностей перехода между различными состояниями ядра получены с использованием результатов недавней работы^{3/х}. В соответствии с МЭМ, квадрат усредненного матричного элемента для этих переходов оценен в предположении, что переходы с $\Delta n = +2$ можно рассматривать как квазисвободное рассеяние внутриядерных частиц^{1/У},

$$W_+(n, E) = \left\langle \frac{\delta(v) \cdot v}{V} \right\rangle$$

$$W_0(n, E) = \left\langle \frac{\delta(v) \cdot v}{V} \right\rangle \frac{(3n-2)(n+1)}{4gE}$$

$$W_-(n, E) = \left\langle \frac{\delta(v) \cdot v}{V} \right\rangle \frac{\rho h (n-2)(n+1)}{(gE)^2}$$

х) Имеется некоторое отличие в выражении для W_i от соотношений, приведенных в работе^{1/}, которые, в свою очередь, основаны на работе^{4/}. Кроме того, в данной версии МЭМ более последовательно учтено различие возбужденной частицы и дырки. В результате всех этих изменений оказалось необходимым для величины радиуса сильного взаимодействия, входящего в объем взаимодействия $V = \frac{4}{3}\pi (2r_c + \frac{1}{2})^3$, взять значение $r_c = 0,6$ фм. Такая параметризация практически повторяет все численные результаты работы^{1/}.

Здесь $\delta(v)$ - сечение рассеяния для свободных частиц, но с учетом влияния принципа Паули^{1/У}, v - относительная скорость сталкивающихся частиц, V - их объем взаимодействия.

Вероятность испускания в непрерывный спектр частицы типа j дается соотношением

$$\Gamma_j^j(n, E) = \int_0^{E-B_j} \omega^j(n, E, \epsilon) d\epsilon \quad (2)$$

где $\omega^j(n, E, \epsilon) d\epsilon$ определяет спектр испущенных частиц

$$\omega^j(n, E, \epsilon) = \frac{2s+1}{\pi^2 h^3} \mu \sigma_{inv}(\epsilon) \epsilon \frac{\rho_{n-j}(E-B_j-\epsilon)}{\rho_n(E)} \quad (3)$$

через соответствующие плотности экситонных состояний

$$\rho_n(E) = \frac{g(gE)^{n-1}}{\rho! h! (n-1)!} \quad (4)$$

Выше были использованы следующие обозначения: s и μ - спин и приведенная масса испущенной частицы, B_j - ее энергия связи, σ_{inv} - сечения обратной реакции, g - плотность одночастичных состояний.

Если возбужденная ядерная система достигает равновесного состояния, определяемого значением $n_{равн} = \sqrt{0,5 + 2gE}$, которое следует из условия $W_+(n_{равн}, E) \approx W_-(n_{равн}, E)$, то отпадает необходимость в последующем слежении за квантовым числом n . При этом оставшимися конкурирующими процессами являются лишь процессы испускания частиц, вероятности которых $\Gamma_j^j(E)$ можно вычислять по тем же формулам (2)-(3), но с заменой выражения (4) для плотности возбужденных состояний на равновесное

$$P_0(E) \rightarrow P(E) = \exp 2\sqrt{aE} \quad (5)$$

Поскольку наша задача заключается в нахождении интегральных спектров испущенных частиц, то нет необходимости в детальном прослеживании временного развития системы: достаточно лишь знать, что такое-то событие действительно имело место.

Таким образом, схема расчета оказывается чрезвычайно простой:

1. Задается исходное возбужденное ядро и его начальное состояние.
2. Проверяется, какие каналы испускания частиц открыты. Если энергия возбуждения ядра E ниже порога реакции для вылета всех рассматриваемых частиц, то расчет данного события ("испытания") заканчивается. (Предполагается, что оставшаяся энергия возбуждения снимается за счет эмиссии γ -квантов). Далее имитируется новое событие (пункт 1) или весь расчет заканчивается, если проведенное число испытаний достаточно.
3. Если открыт хотя бы один канал испускания, то в зависимости от значений n, E определяется, какой процесс реализуется - равновесный (см. пункт 5) или предравновесный (см. далее пункт 4). Процесс будет предравновесным, если $n \leq n_{\text{равн}}$.
4. На предравновесной стадии с относительными вероятностями $\omega_i(n, E)/\Lambda(n, E)$ и $\Gamma_j(n, E)/\Lambda(n, E)$ конкурирует между собой процессы перехода между различными состояниями возбужденного ядра и процессы испускания частиц. С помощью случайного числа выбирается, какой процесс осуществляется, и вычисляются характерис-

тики ядра в новом состоянии. Если выбранный процесс оказался эмиссией частицы, то нахождение характеристик остаточного ядра включает выбор с помощью случайного числа значения кинетической энергии испущенной частицы согласно нормированному распределению $\omega^i(n, E)$. Зная характеристики нового (остаточного) ядра, нужно вновь обратиться к пункту 2.

5. Расчет на равновесной стадии проводится по той же схеме, что и на предравновесной с точностью до исключения внутриядерных переходов и замены (5).

Нетрудно видеть, что алгоритм естественным образом учитывает последовательное испускание нескольких частиц, различие протонных и нейтронных возбужденных частиц, допускает дальнейшую детализацию процесса ядерной релаксации.

Описанная схема отвечает так называемому прямому методу моделирования. При всей своей универсальности она, однако, связана со значительной затратой машинного времени, например, для получения высокой статистической точности на "хвостах" спектральных распределений. В данной задаче наряду с прямым моделированием использован метод весовых функций, позволяющий существенно уменьшить дисперсию получаемых результатов и тем самым сократить требуемое машинное время.

Идея этого метода состоит в том, что вероятность испускания заданного типа частиц может быть оценена на любой стадии ядерной релаксации как

$$W = \Gamma_j(n, E) / \Lambda(n, E)$$

Поскольку испускание частицы на данном этапе не зависит от предистория ядра, можно получить полный спектр частиц, если в ходе прямого моделирования дополнительно вычислять функцию $\omega^j(n, E, \epsilon)$, нормированную в интеграле на W , с последующим суммированием ее по всем этапам снятия возбуждения для всех испытаний. Нетрудно видеть, что это суммирование отвечает усреднению по всем допустимым состояниям ядра или, другими словами, по всем возможным траекториям процесса девозбуждения в пространстве состояний промежуточного ядра. Именно с тем фактом, насколько прослеженные события соответствуют "средней" траектории для обсуждаемой характеристики, связан выбор необходимого числа испытаний.

Описание программы. Основные обозначения

Структура программы: главная программа и пакет подпрограмм.

Наименование главной программы: `MDEX`.

Библиотечные подпрограммы: `RNDM` - датчик случайных чисел равномерно распределенных на интервале (0,1); `GRAPH4` - программа графического представления результатов с помощью АЦПУ.

Собственно программа (без `RNDM` и `GRAPH4`) занимает 13614₈ ячеек оперативной памяти.

Барабаны и магнитные ленты не используются.

Входная информация задается одной п/м в следующем формате:

READ 2, *NO, PO, HO, AM, RM, DE, BE, U, A, 2, LIM, L1*
2 *FORMAT (I3, 2F3.0, 2F5.3, 3F6.1, 2F5.1, T10, I2)*

Здесь

- NO, PO, HO* - определяют входное состояние ядра: начальные числа экситонов, возбужденных частиц и дырок соответственно;
- AM* - значение параметра плотности уровней Q , отнесенное к массовому числу ядра; обычно $AM = (A/7 \div A/10) \text{ МэВ}^{-1}$;
- RM* - параметр r_0 (в фм) в выражении для эффективного радиуса ядра $R = r_0 A^{1/3}$; используется при вычислении величины кулоновского барьера (сечения для обратной реакции аппроксимированы с использованием значения $r_0 = 4,5 \text{ фм} / I$);
- DE, BE* - относятся к организации выдачи результатов и характеризуют соответственно шаг и максимальную длину (в МэВ) гистограммы по кинетической энергии частицы типа $L1$, при этом должно выполняться условие $BE/DE < 95$.
- U, A, Z* - энергия возбуждения (в МэВ), массовое и зарядовое числа образованной составной ядерной системы;

- LIM - число независимых испытаний (статистика);
- $L1$ - тип частиц f , для которых проводится расчет методом весовых функций ($L1=1$ означает нейтроны, $L1=2$ - протоны и т.д., см. выше).

После ввода входных данных в ЭВМ эта информация печатается за исключением LIM , которая выдается после завершения вычисления, указывая действительное число прослеженных событий. В программе предусмотрена возможность прерывания счета с пульта управления путем нажатия 1-й клавиши 4-го тумблерного регистра (для ЭВМ БЭСМ-6).

Головная подпрограмма $PREC\beta$ осуществляет прослеживание "судьбы" данного входного состояния, имитирует одну из возможных "траекторий" процесса. Результаты прямого моделирования каждого события, т.е. характеристики всех испущенных в данном событии частиц заносятся в массив $SPT(5,100)$. Элементы массива для k -ой частицы ($k < 100$) определены следующим образом:

- $SPT(1,k)$ - синус угла вылета частицы,
- $SPT(2,k)$ - косинус угла вылета частицы,
- $SPT(3,k)$ - ее кинетическая энергия (в Мэв),
- $SPT(4,k)$ - заряд частицы,
- $SPT(5,k)$ - ее масса (в Мэв).

Параметр $K1$ указывает номер k первой частицы, испущенной на равновесной стадии, т.е. число предравновесных частиц равно ($K1 - 1$).

Обработкой массива SPT можно получить любые характеристики реакции. В программе $MODEX$ вычисляются спектры для частиц,

тип которых фиксирован значением параметра $L1$. При этом используется подпрограмма для построения гистограмм функции $f(x)$ $HIST(X, A, B, H, RX, N, W)$, которая заносит в массив $RX(N)$ значение $W=f_i$ в ячейку, зависящую от переменной X , заданной на отрезке $[A, B]$ с шагом H . Последние шесть элементов массива $RX(N)$ имеют следующий смысл:

$RX(N-5)$	число обращений к гистограмме для $A \leq x \leq B$
$RX(N-4)$	$\sum f_i$ для $x < A$
$RX(N-3)$	$\sum f_i$ для $A \leq x \leq B$
$RX(N-2)$	$\sum f_i$ для $x > B$
$RX(N-1)$	$\sum x \cdot f_i$ для $A \leq x \leq B$
$RX(N)$	$\sum x \cdot f_i$ для всех значений x .

Энергетические спектры, рассчитанные по методу весовых функций, содержатся в массивах $WSP1(200)$ - предравновесная часть и $WSP2(200)$ - равновесная часть, причем три последние элемента массивов несут следующую информацию:

- $WSP1(200), WSP2(200) - \sum n_i$ - суммарное число частиц типа $L1$, испущенных за все LIM прослеженные события;
- $WSP1(199), WSP2(199)$ - число обращений из программы к данному массиву;
- $WSP1(198), WSP2(198) - \sum T_i$ - суммарная кинетическая энергия всех испущенных частиц типа $L1$.

Таким образом, последние элементы в массивах $WSP1$ и $WSP2$ (а также в массивах RX , используемых при построении гистограмм) позволяют найти среднюю множественность $\langle n \rangle = \sum n_i / LIM$ и среднюю кинетическую энергию частиц $\langle T \rangle = \sum T_i / \sum n_i$.

Рассчитанный обоими методами спектр кинетической энергии (в системе центра масс) в нормировке на число испытаний LIM выдается на печать. Результаты, полученные по методу весовых функций, отнормированные на одно неупругое взаимодействие (т.е. деленные на LIM), представляются в виде графика, причем отдельно указываются также равновесная и предравновесная компоненты. Последнее обстоятельство позволяет вычислить долю частиц, испущенных на стадии установления статистического равновесия, тогда как в других феноменологических моделях эта величина является подгоночным параметром.

Назначение других подпрограмм и подпрограмм-функций разъясняется в комментариях листинга (см. Приложение).

Время счета определяется в основном начальной энергией возбуждения и необходимой статистикой. При энергии возбуждения $E \approx 25$ МэВ для основного, нейтронного канала оказывается достаточно взять $LIM = 100$ (для нейтронных спектров, полученных методом весовых функций), что требует примерно две минуты счетного времени ЭВМ БЭСМ-6.

```

PROGRAM MOEX(INPUT,OUTPUT)
*****
PROGRAM FOR CALCULATION OF EQUILIBRIUM AND PRE-EQUILIBRIUM
EMISSION OF PARTICLES FROM EXCITED NUCLEUS ACCORDING TO
MOJIFIED EXCITON MODEL. SEE PREPRINT JINR R4-7821 (1974)
BY K.K.SUDHIA G.A.OSOJKOV V.O.TONEEV
*****
DIMENSION SPP1(100), SPP2(100), WSP1(200),
*GRU(200), SR1(200), SR2(200), GR3(200), SR4(200)
COMMON /BLK77/ SPT(5,100)
*/HIST01/ WSP1(200), WSP2(200)
*/BL1005/AJ(6) /BL1005/ZJ(5)
*/B.WGH/ L1,DE,BE
CALL DATEV
1 READ 2, NJ,PD,ND,AM,R1,DE,BE,U,A,Z,LIM,L1
2 FORMAT(I3,2F3.1,2F5.3,3F6.1,2F5.1,I10,I2)
PRINT 3
3 FORMAT(1H1)
PRINT 4, A,Z,J,N,PJ,H),AM,L1,DE
4 FORMAT(////51X,24HENTRANCE CHARACTERISTICS//
123X,17HCOMPOSITE NUCLEUS,5X,6+MASS =,F5.1,5X,5HCHARGE =,F5.1,
25X,12HEXCITATION =,F5.1,4+ MEV//27X,13HINITIAL STATE,5X,
310HEXCITONS =,I2,4X,114PARTICLES =,F3.0,5X,74HOLES =,F3.0//
420X,26HLEVEL DENSITY PARAMETER =,F6.4,124+ MEV*(-1),5X,
532HINDEX FOR PARTICLE OF INTEREST =,I2//
548X,21HSTEP OF HISTOGRAMMS =,F6.1,4+ MEV//
A1=AJ(L1)*94. & Z1=ZJ(L1) & P20=21
DO 5 J=1,100
WSP1(J)=0. & WSP1(J+100)=.
WSP2(J)=0. & WSP2(J+100)=.
WSP3(J)=0. & WSP3(J+100)=.
SPP1(J)=0.
5 SPP2(J)=0.
DO 13 I=1,L1
CALL PRECO(J,A,Z,J.,0.,0.,AM,RH,1,N0,PD,H),PZJ,K1)
DO 12 M=1,100
T=SPT(3,M) & Q=SPT(4,M) & PM=SPT(5,M)
IF(ABS(PM-A1)-.001) 6,6,1)
6 IF(ABS(Q-Z1)-.001) 7,7,10
7 IF(K1-M) 8,8,9
8 CALL HIST(T,J.,3E,DE,SPP1,100,1.) & GO TO 11
9 CALL HIST(T,J.,BE,DE,SPP2,100,1.) & GO TO 11
11 CONTINUE
DO 11 L=1,5
11 SPT(L,M)=.
12 CONTINUE
I1=I & B=I1
13 CONTINUE
14 PRINT 15, I1
15 FORMAT(//50X,19HNUMBER OF EVENTS =,I8//
*45X,38HENERGY PARTICLE SPECTRUM CALCULATED BY//
*50X,24HDIRECT SIMULATION METHOD//
*35X,8HCOMPOUND,5X,11HPRECOMPOUND/)

```

```

10 15 K=1,25
15 PRINT 17, SPP1(K), SPP1(K+25), SPP1(K+50), SPP1(K+75),
    SPP2(K), SPP2(K+25), SPP2(K+50), SPP2(K+75)
17 FORMAT(10X,4(F10.2,2X),5X,4(F10.2,2X))
PRINT 3 & PRINT 18
18 FORMAT(//5X,22HHEIGHT FUNCTION METHOD//53X,11HPRECOMPOJN//)
DO 19 J=1,25
19 PRINT 20, WSP1(J), WSP1(J+25), WSP1(J+50), WSP1(J+75)
20 FORMAT(10,4X,6E20.12,4X))
PRINT 21
21 FORMAT(//52X,3HCOMPOUND//)
DO 22 J=1,25
22 PRINT 23, WSP2(J), WSP2(J+25), WSP2(J+50), WSP2(J+75)
ALOW=10.**(-3)
DO 23 J=1,203
WSP3(J)=WSP1(J)+WSP2(J)
SG1=WSP1(J)/B $ IF(SS1-ALOW) 23,23,24
23 SG1=ALOW
24 SG2=WSP2(J)/B $ IF(SS2-ALOW) 25,25,26
25 SG2=ALOW
26 SG3=WSP3(J)/B $ IF(SS3-ALOW) 27,27,28
27 SG3=ALOW
28 SF1(J)=ALOG10(SS1) $ GR2(J)=ALOG10(SS2) $ GR3(J)=ALOG10(SS3)
AC=J $ GR(J)=DE*(A)-.51
29 CONTINUE
30 SF(50)=1.
PRINT 30
31 FORMAT(141/52X,7HSUMMARY//)
DO 31 J=1,25
31 PRINT 23, WSP1(J), WSP2(J+25), WSP3(J+50), WSP3(J+75)
PRINT 3
CALL GRAPH4(5J,GR0,GR1,GR2,GR3,GR3)
GO TO 1
END

```

```

MODEX*55
MODEX*57
MODEX*58
MODEX*59
MODEX*60
MODEX*61
MODEX*62
MODEX*63
MODEX*64
MODEX*65
MODEX*66
MODEX*67
MODEX*68
MODEX*69
MODEX*70
MODEX*71
MODEX*72
MODEX*73
MODEX*74
MODEX*75
MODEX*76
MODEX*77
MODEX*78
MODEX*79
MODEX*80
MODEX*81
MODEX*82
MODEX*83
MODEX*84
MODEX*85
MODEX*86
MODEX*87
MODEX*88
MODEX*89

```

```

SUBROUTINE PRECEXNEXT, ATWGT, CHARGE, PNX, PNY, PNZ,
*AM, RADNCL, KSTART, NO, PO, MU, PZ, KI)
C ***** PRECEX *****
C THE MAIN CONTROL SUBROUTINE
C ***** PRECEX *****
COMMON /BL10J1/T1Y(133) /3_10J2/T2XY(200)
*/BL10J5/AJ(6) /BL10J6/ZJ(6) /BL10J8/DL4(6)
*/BL10J14/GAM(5) /BL10J16/CC(6) /BL10J17/VK(6)
COMMON/3L10J11/VJ(6) /3L10J19/RJ(6)
*/BL10J3/U,A,Z /BL10J9/AFJ(6) /BL10J11/ZFJ(6)
COMMON/BLOK77/SPT(5,133)/BLANGC/ANGL(14)
*/B.HG4/ L1,DE,BE
DIMENSION GJ(6),3J(6),F1(200),F2(200),F3(200)
U=ENEXT * A=ATWGT * Z=CHARGE
REMN=940.*A * VNX=PNX/REMN * VNY=PNY/REMN * VNZ=PNZ/REMN
KI=KSTART
Q1=Z/A * Q2=RNDR(-1)
IF(Q2-Q1) 1,1,2
1 PZ=PZ+L. * GO TO 3
2 PZ=PZL
3 N=NO * P=PO * I=1
DO 48 K=KSTART,100
IF(A-4.) 5,5,4
4 IF(Z-2.) 5,5,8
5 PRINT 6, U,A,Z
6 FORMAT(28X,23HNUMBER OF NUCLEONS..24,
*4H U=,F10.5,4H A=,F5.1,44 Z=,F+.1)
7 RETURN
8 DL=DELTA(A,Z)
CALL VHELP
DO 9 I=1,5
AFJ(I)=A-AJ(I) * ZFJ(I)=Z-ZJ(I)
VJ(I)=COLMB(I),RADNCL,AM)
BJ(I)=DELTA(AFJ(I),ZFJ(I))-(DL-DLM(I))
9 RJ(I)=U*(BJ(I)+VJ(I))
NSP=SQRT(1.13*AM*A*U+.5)
10 IF(N-NSP) 11,34,34
C ***** PRE-EQUILIBRIUM EMISSION *****
11 DO 16 L=1,6
IF(P-AJ(L)+.01) 12,12,13
12 GJ(L)=U. * GO TO 15
13 IF(PZ-ZJ(L)+.01) 12,12,14
14 IF(RJ(L)) 12,12,15
15 AC=.595*AM
GJ(L)=GAMMAP(L,V,P,H,AC,J,RADNCL)
16 CONTINUE
3=0.
DO 17 I=1,6
17 G=G+GJ(I)
IF(G) 7,7,18
18 IF(N) 19,19,21
19 PRINT 20
20 FORMAT(20X,21HNUMBER OF EXCITONS=0//)
RETURN
21 AC=.595*AM

```

```

PRECC*01
PRECC*02
PRECC*03
PRECC*04
PRECC*05
PRECC*06
PRECC*07
PRECC*08
PRECC*09
PRECC*10
PRECC*11
PRECC*12
PRECC*13
PRECC*14
PRECC*15
PRECC*16
PRECC*17
PRECC*18
PRECC*19
PRECC*20
PRECC*21
PRECC*22
PRECC*23
PRECC*24
PRECC*25
PRECC*26
PRECC*27
PRECC*28
PRECC*29
PRECC*30
PRECC*31
PRECC*32
PRECC*33
PRECC*34
PRECC*35
PRECC*36
PRECC*37
PRECC*38
PRECC*39
PRECC*40
PRECC*41
PRECC*42
PRECC*43
PRECC*44
PRECC*45
PRECC*46
PRECC*47
PRECC*48
PRECC*49
PRECC*50
PRECC*51
PRECC*52
PRECC*53
PRECC*54

```

```

CALL TRANS(P,H,AM,C1,C2,C3)
C=C1+C2+C3
B1=RNDM(-1) $ B2=C+G
W1=GJ(L1)/B2
CALL BUILD(AM,41,F1,F2,F3,100,N,-1.)
IF(B1-G/B2) 23,23,22
22 C11=C1/C $ C2=(C2+C1)/C
B3=RNDM(-1)
IF(B3-C11) 23,23,25
23 N = N+2 $ P = P+1. $ H = H+1.
BZ = RNDM(-1) $ BZ1 = Z/A
IF(BZ-BZ1) 24,24,1J
24 PZ = PZ+1. $ GO TO 1J
25 IF(B3-C21) 25,25,1J
26 N = N+2 $ P = P+1. $ H = H+1.
IF(PZ) 10,10,27
27 BZ = RNDM(-1) $ BZ1 = Z/A
IF(BZ-BZ1) 28,28,1J
28 PZ=PZ-1. $ GO TO 1J
29 DO 30 J=2,6
30 GJ(J)=GJ(J-1)+GJ(I)
G=RNDM(-1)*G
DO 32 J=1,6
IF(B-GJ(J)) 31,31,32
31 LM=J $ GO TO 33
32 CONTINUE
33 EPI=TKIN(PM,P,4) $ EP2=ZJ(LM) $ EP3=940.*AJ(LM)
K1=K1+1 $ GO TO 44
***** EQUILIBRIUM EMISSION *****
34 CONTINUE
CALL ARFA(PER,44)
DO 37 I=1,6
IF(RJ(I)) 35,35,35
35 GJ(I)=G. $ GO TO 37
36 GJ(I)=GAMMA(I,PER,AM,RAONCL)
37 CONTINUE
G=G.
DO 38 I=1,6
G=G+GJ(I)
IF(G) 7,7,39
39 W1=GJ(L1)/G
CALL BUILD(A4,W1,F1,F2,F3,100,N,+1.)
DO 40 J=2,6
GJ(J)=GJ(J-1)+GJ(I)
B=RNDM(-1)*G
DO 42 J=1,6
IF(B-GJ(J)) 41,42,42
41 LM=J $ GO TO 43
42 CONTINUE
43 EPI=TKIN(LM,44) $ EP2=ZJ(L4) $ EP3=940.*AJ(L4)
*****
44 P=P-AJ(L4) $ N1=AJ(L4) $ N=N-N1 $ PZ=PZ-EP2
J=(RJ(LM)-EPI)+VJ(LM) $ A=AFJ(LM) $ Z=ZFJ(LM)
VPH=SQRT((2.*EPI)/EP3) $ CALL ISANG.
VPX=VPM*ANGL(4)*ANGL(3)

```

```

PREC0*55
PREC0*56
PREC0*57
PREC0*58
PREC0*59
PREC0*60
PREC0*61
PREC0*62
PREC0*63
PREC0*64
PREC0*65
PREC0*66
PREC0*67
PREC0*68
PREC0*69
PREC0*70
PREC0*71
PREC0*72
PREC0*73
PREC0*74
PREC0*75
PREC0*76
PREC0*77
PREC0*78
PREC0*79
PREC0*80
PREC0*81
PREC0*82
PREC0*84
PREC0*83
PREC0*85
PREC0*86
PREC0*87
PREC0*88
PREC0*89
PREC0*90
PREC0*91
PREC0*92
PREC0*93
PREC0*94
PREC0*95
PREC0*96
PREC0*97
PREC0*98
PREC0*99
PREC0100
PREC0101
PREC0102
PREC0103
PREC0104
PREC0105
PREC0106
PREC0107
PREC0108
PREC0109

```

```

VPY=VPM*ANGL(4)*ANGL(2)
VPZ=VPM*ANGL(1)
VX=VNX+VPX $ VY=VNY+VPY $ VZ=VNZ+VPZ
VM=SQRT(VX**2+VY**2+VZ**2)
COT = VZ/VM $ TEMPL=1.-COT**2
IF(TEMPL) 45,45,46
45 SPT(1,K)=1. $ SPT(2,K)=1. $ GO TO 47
46 SPT(1,K)=SQRT(TEMPL) $ SPT(2,K)=COT
47 SPT(3,K)=(EP3*V1**2)/2. $ SPT(4,K)=EP2 $ SPT(5,K)=EP3
48 CONTINUE
PRINT 49, U,A,Z
49 FORMAT(35X,37HMASSIV SPT EXCEEDED AFTER EVAPORATION/
*40X,2HU=,F10.5,4H A=,F5.1,4H Z=,F4.1)
RETURN
END

```

```

PREC0110
PREC0111
PREC0112
PREC0113
PREC0114
PREC0115
PREC0116
PREC0117
PREC0118
PREC0119
PREC0120
PREC0121
PREC0122
PREC0123
PREC0124

```

```

SUBROUTINE TRANS(P,H,AM,C1,C2,C3)
*****
C CALCULATION OF TRANSITION RATES
*****
COMMON/BL1003/U,A,Z
TF=45. $ AK=1.
EST=1.6*TF+U/(P+H)
1 B1=SQRT((2.*EST/340.))
B2=B1**2
SPP=10.63/B2-29.33/31+42.3
SPN=34.14/B2-32.20/31+32.2
SF=(SPP+SPN)/2.
B3=TF/EST
IF(B3-U.5) 2,2,3
2 T=1.-7.*B3/5. $ GO TO 4
3 T=1.-7.*B3/5.+1.4*B3*((2.-1./B3)**2.5)
4 SVV=0.6J332*SF*T*SQRT(EST)/(A*((1.2+1./((4.7*B1)**3)))
C1=SVV $ TL=P+H $ GE=A4*A4
C2=(C1*P*H*(T1+1.)*(T1-2.))/GE**2
C3=C1*(T1+1.)*(P*(P+1.)+4.*P*H*(H-1.))/(T1*GE)
IF(C2) 5,5,6
5 C2=U.
6 CONTINUE
RETURN $ END

```

```

TRANS*00
TRANS*01
TRANS*02
TRANS*03
TRANS*04
TRANS*05
TRANS*06
TRANS*07
TRANS*08
TRANS*09
TRANS*10
TRANS*11
TRANS*12
TRANS*13
TRANS*14
TRANS*15
TRANS*16
TRANS*17
TRANS*18
TRANS*19
TRANS*20
TRANS*21
TRANS*22
TRANS*23

```

```

FUNCTION GAMMAP(J,N,P,H,AM,U,RA)NCL)
*****
PROBABILITIES FOR PRE-EQUILIBRIUM PARTICLE EMISSION
*****
COMMON/BL1003/AFJ(5)/3.1005/AJ(5)/BL1016/CC(6)
*/BL1015/RJ(6)/3L1011/VJ(6)
IF(IJ-2) 1,1,2
1 AN=(2.*P)/N $ GO TO 7
2 IF(IJ-3) 3,3,4
3 AN=3.*P*(P-1.) $ GO TO 7
4 IF(IJ-5) 5,5,5
5 AN=2.*P*(P-1.)*(P-2.)*(N-1) $ GO TO 7
6 AN=P*(P-1.)*(P-2.)*(P-3.)*(N-1)*(N-2)
7 IF(IJ-1) 8,8,9
8 R0J=0.76+2.2/AFJ(1)**3.333333
  OJ=(2.12/AFJ(1)**3.655567-0.05)/R0J $ GO TO 10
9 R0J=1.+CC(J) $ OJ=-VJ(J)
10 T1=0.66557*AJ(J)*(AFJ(J)**0.665567)*R0J*((RADNCL*U)**2)*AN
  T2=(AM*AFJ(J)*R0J(J)**AJ(J)) $ TN=N
  T3=T1/T2
  T4=TN-AJ(J)+1.
  GAMMAP=T4*(R0J(J)/U)**(TN+1.))
RETURN
END

```

```

GAMMAP01
GAMMAP02
GAMMAP03
GAMMAP04
GAMMAP05
GAMMAP06
GAMMAP07
GAMMAP08
GAMMAP09
GAMMAP10
GAMMAP11
GAMMAP12
GAMMAP13
GAMMAP14
GAMMAP15
GAMMAP16
GAMMAP17
GAMMAP18
GAMMAP19
GAMMAP20
GAMMAP21
GAMMAP22
GAMMAP23
GAMMAP24

```

```

FUNCTION GAMMA(J,PER,AM,RADNCL)
*****
PROBABILITIES FOR EQUILIBRIUM PARTICLE EMISSION
*****
COMMON/BL1003/AFJ(5)/3L1015/RJ(6)
*/3.1014/GAM(5)/BL1015/CC(5)
IF(IJ-1) 2,1,2
1 ALFA=.75+2.2/AFJ(1)**3.33333
  BETA=(2.12/AFJ(1)**3.655567-0.05)/ALFA $ GO TO 3
2 ALFA=1.+CC(J) $ BETA=0. $ GO TO 3
3 Q1=AM*AFJ(J) $ Q2=Q1*RJ(J)
  Q3=(GAM(J)*AFJ(J)**3.655567)*(ALFA/Q1**2)
  Q4=(2.*3*BETA*Q1-3.1/2.*Q2
  Q5=(2.*3*BETA*Q1-3.1)*SQRT(Q2)-.5)+2.*Q2
  GAMMA=Q3*(Q4*EXP(-PER)+Q5*EXP(2.*SQRT(Q2)-PER))
RETURN
END

```

```

GAMMA01
GAMMA02
GAMMA03
GAMMA04
GAMMA05
GAMMA06
GAMMA07
GAMMA08
GAMMA09
GAMMA10
GAMMA11
GAMMA12
GAMMA13
GAMMA14
GAMMA15
GAMMA16

```

```

SUBROUTINE BUILD(A4,A,F1,F2,F3,N,N1,S1)
*****
BUILDING PARTICLE SPECTRA BY MEANS OF WEIGHT FUNCTION
*****
COMMON /BL1003/U,A,Z /3.1005/AJ(6) /BL1006/ZJ(6)
*/BL1009/AFJ(5) /3L1011/VJ(5) /BL1014/GAM(5)
*/BL1015/RJ(6) /3L1015/CC(5)
*/BLMGH/ L1,DE,3E
*/HISTU1/ WSP1(20),WSP2(20)
DIMENSION F1(N),F2(N),F3(N)
IF(S1) 10,10,11
10 AC=.595*AM $ GO TO 12
11 AC=AM
12 CONTINUE
  IF(W) 13,13,14
13 RETURN
14 L=L1 $ ELIM=RJ(L)+VJ(L)
  M=AJ(L)+1
  A1=(AMIN1(BE,ELI(L))/DE $ I1=A1+1.
  IF(I1-1) 15,15,16
15 IF(S1) 16,16,17
16 WSP1(I1)=WSP1(I1)+A
  WSP1(N-1)=WSP1(N-1)+L.
  WSP1(N)=WSP1(N)+W
  RETURN
17 WSP2(I1)=WSP2(I1)+A
  WSP2(N-1)=WSP2(N-1)+L.
  WSP2(N)=WSP2(N)+A
  RETURN
18 F1(I)=0. $ F2(I)=0.
  DO 28 J=2,I1
  F1(J)=F1(J-1)+DE
  IF (F1(J)-VJ(L)) 19,19,20
19 F2(J)=0. $ GO TO 28
20 IF(ELIM-F1(J)) 21,22,22
21 GO TO 19
22 X1=SQRT(AC*AFJ(L)*(ELIM-F1(J))-SQRT(A*AC*J)
  IF(L-1) 23,23,24
23 X2=(2.12*(AFJ(L)**3.655567)-.05)/(0.76+2.2*(AFJ(L)**3.33333))
  GO TO 25
24 X2=-VJ(L) $ GO TO 25
25 IF(S1) 26,26,27
26 F2(J)=(F1(J)+X2)*(L-F1(J)/ELIM)**(N1-1-M)
  GO TO 28
27 F2(J)=(F1(J)+X2)*EXP(2.*X1) $ GO TO 28
28 CONTINUE
  F3(I)=0. $ SUM1=0. $ SUM2=0.
  DO 29 J=2,I1
  A2=(F2(J)-F2(J-1))/DE
  B2=F2(J-1)-F1(J-1)*A2
  F3(J)=A01(A2,B2,F1(J))-A01(A2,B2,F1(J-1))
  SUM1=SUM1+F3(J)
  SUM2=SUM2+A02(A2,B2,F1(J))-A02(A2,B2,F1(J-1))
29 CONTINUE
  I2=I1-1

```

```

BUILD01
BUILD02
BUILD03
BUILD04
BUILD05
BUILD06
BUILD07
BUILD08
BUILD09
BUILD10
BUILD11
BUILD12
BUILD13
BUILD14
BUILD15
BUILD16
BUILD17
BUILD18
BUILD19
BUILD20
BUILD21
BUILD22
BUILD23
BUILD24
BUILD25
BUILD26
BUILD27
BUILD28
BUILD29
BUILD30
BUILD31
BUILD32
BUILD33
BUILD34
BUILD35
BUILD36
BUILD37
BUILD38
BUILD39
BUILD40
BUILD41
BUILD42
BUILD43
BUILD44
BUILD45
BUILD46
BUILD47
BUILD48
BUILD49
BUILD50
BUILD51
BUILD52
BUILD53
BUILD54

```

```

IF(S1) 30,33,34
30 IF(SUM1) 31,31,32
31 SUM1=W * F3(I1)=W
32 DO 33 J=1,I2
33 WSP1(J) = WSP1(J)+F3(J+1)*W/SUM1
WSP1(N-2) = WSP1(N-2)+SUM2*W/SUM1
WSP1(N-1) = WSP1(N-1)+L
WSP1(N) = WSP1(N)+W
GO TO 13
34 IF(SUM1) 35,33,36
35 SUM1=W * F3(I1)=W
36 DO 37 J=1,I2
37 WSP2(J) = WSP2(J)+F3(J+1)*W/SUM1
WSP2(N-2) = WSP2(N-2)+SUM2*W/SUM1
WSP2(N-1) = WSP2(N-1)+L
WSP2(N) = WSP2(N)+W
RETURN
END

```

```

BUILD*55
BUILD*56
BUILD*57
BUILD*58
BUILD*59
BUILD*60
BUILD*61
BUILD*62
BUILD*63
BUILD*64
BUILD*65
BUILD*66
BUILD*67
BUILD*68
BUILD*69
BUILD*70
BUILD*71
BUILD*72

```

```

FUNCTION SUBEV(J,E,F,N)
C*****
C QUADRATIC INTERPOLATION
C*****
DIMENSION E(N),F(N)
IF(U-E(I)) 1,1,2
1 X1=E(I) $ X2=E(2) $ X3=E(3) $ Y1=F(I) $ Y2=F(2) $ Y3=F(3)
GO TO 9
2 IF(U-E(N)) 5,3,3
3 IF (U-E(N)) 5,5,4
4 SUBEV = F(N) $ RETURN
5 X1=E(N-2) $ X2=E(N-1) $ X3=E(N) $ Y1=F(N-2) $ Y2=F(N-1) $ Y3=F(N)
GO TO 9
6 DO 8 J=2,N
IF(U-E(J)) 7,8,8
7 X1=E(J-1) $ X2=E(J) $ X3=E(J+1) $ Y1=F(J-1) $ Y2=F(J) $ Y3=F(J+1)
GO TO 9
8 CONTINUE
9 SUBEV = Y1*((U-X2)*(J-X3))/((X1-X2)*(X1-X3)) +
* Y2*((U-X1)*(J-X3))/((X2-X1)*(X2-X3)) +
* Y3*((U-X1)*(J-X2))/((X3-X1)*(X3-X2))
RETURN $ END
SUBEV*1
SUBEV*2
SUBEV*3
SUBEV*4
SUBEV*5
SUBEV*6
SUBEV*7
SUBEV*8
SUBEV*9
SUBEV*10
SUBEV*11
SUBEV*12
SUBEV*13
SUBEV*14
SUBEV*15
SUBEV*16
SUBEV*17
SUBEV*18
SUBEV*19
SUBEV*20
SUBEV*21
SUBEV*22
SUBEV*23
SUBEV*24
SUBEV*25
SUBEV*26
SUBEV*27
SUBEV*28
SUBEV*29
SUBEV*30
SUBEV*31
SUBEV*32
SUBEV*33
SUBEV*34
SUBEV*35
SUBEV*36
SUBEV*37
SUBEV*38
SUBEV*39
SUBEV*40
SUBEV*41
SUBEV*42
SUBEV*43
SUBEV*44
SUBEV*45
SUBEV*46
SUBEV*47
SUBEV*48
SUBEV*49
SUBEV*50
SUBEV*51
SUBEV*52
SUBEV*53
SUBEV*54
SUBEV*55
SUBEV*56
SUBEV*57
SUBEV*58
SUBEV*59
SUBEV*60
SUBEV*61
SUBEV*62
SUBEV*63
SUBEV*64
SUBEV*65
SUBEV*66
SUBEV*67
SUBEV*68
SUBEV*69
SUBEV*70
SUBEV*71
SUBEV*72
SUBEV*73
SUBEV*74
SUBEV*75
SUBEV*76
SUBEV*77
SUBEV*78
SUBEV*79
SUBEV*80
SUBEV*81
SUBEV*82
SUBEV*83
SUBEV*84
SUBEV*85
SUBEV*86
SUBEV*87
SUBEV*88
SUBEV*89
SUBEV*90
SUBEV*91
SUBEV*92
SUBEV*93
SUBEV*94
SUBEV*95
SUBEV*96
SUBEV*97
SUBEV*98
SUBEV*99
SUBEV*100

```

```

FUNCTION AD1(A,3,X)
C*****
AD1 = X*(X*A/2.+B)
RETURN $ END
AD1***UJ
AD1***01
AD1***02
AD1***03

```

```

FUNCTION AD2(A,3,X)
C*****
AD2 = X*X*(X*A/3.+B/2.)
RETURN $ END
AD2***UJ
AD2***01
AD2***02
AD2***03

```

```

SUBROUTINE ISANGL
C*****
C CHOOSE ISOTROPIC DISTRIBUTED ANGLE FOR PARTICLE EMITT.
C*****
COMMON /3,ANGL(3)
ISANGLU1
ISANGLU2
ISANGLU3
ISANGLU4
ISANGLU5
ISANGLU6
ISANGLU7
RETURN $ END

```

```

FUNCTION TKINP(J,3,4)
C*****
C KINETIC ENERGY FOR PARTICLES IN PRE-EQUILIBRIUM DECAY
C*****
COMMON /8,BL13/RJ(3)/3,13,5/AJ(3)
* /BL1011/VJ(6)/3,13,5/AJ(6)
IF(IJ-1) 1,1,2
1 DJ=(2.12/AJ(J)**0.656567-0.055)/(0.76+2.2/AJ(J)**0.35333)
GO TO 3
2 DJ=-VJ(J)
3 T=P+H-AJ(J)-1.
R2=RJ(J) $ R1=R2+VJ(J)
IF(T+.01) 4,+,5
4 TKINP=R1 $ RETURN
5 IF(T-.01) 6,5,7
5 B1=RNDM(-1)
TKINP=SQR(B1)*R2 $ RETURN
7 E1=(R1-0J*T)/(T+1.)
8 B1=RNDM(-1)
E=VJ(J)+B1*R2
T1=(E+DJ)/(E1+DJ)
T2=(R1-E)/(R1-E1)
T3=T1*(T2**T)
B2=RNDM(-1)
IF(B2-T3) 9,3,8
9 TKINP=E
RETURN $ END
TKINP*1
TKINP*2
TKINP*3
TKINP*4
TKINP*5
TKINP*6
TKINP*7
TKINP*8
TKINP*9
TKINP*10
TKINP*11
TKINP*12
TKINP*13
TKINP*14
TKINP*15
TKINP*16
TKINP*17
TKINP*18
TKINP*19
TKINP*20
TKINP*21
TKINP*22
TKINP*23
TKINP*24
TKINP*25
TKINP*26
TKINP*27
TKINP*28
TKINP*29
TKINP*30
TKINP*31
TKINP*32
TKINP*33
TKINP*34
TKINP*35
TKINP*36
TKINP*37
TKINP*38
TKINP*39
TKINP*40
TKINP*41
TKINP*42
TKINP*43
TKINP*44
TKINP*45
TKINP*46
TKINP*47
TKINP*48
TKINP*49
TKINP*50
TKINP*51
TKINP*52
TKINP*53
TKINP*54
TKINP*55
TKINP*56
TKINP*57
TKINP*58
TKINP*59
TKINP*60
TKINP*61
TKINP*62
TKINP*63
TKINP*64
TKINP*65
TKINP*66
TKINP*67
TKINP*68
TKINP*69
TKINP*70
TKINP*71
TKINP*72
TKINP*73
TKINP*74
TKINP*75
TKINP*76
TKINP*77
TKINP*78
TKINP*79
TKINP*80
TKINP*81
TKINP*82
TKINP*83
TKINP*84
TKINP*85
TKINP*86
TKINP*87
TKINP*88
TKINP*89
TKINP*90
TKINP*91
TKINP*92
TKINP*93
TKINP*94
TKINP*95
TKINP*96
TKINP*97
TKINP*98
TKINP*99
TKINP*100

```

```

SUBROUTINE DATEV
C*****
C DATA FOR CALCULATING NUCLEAR MASSES AND INVERSE CROSS SECTIONS
C*****
COMMON/STMASS/ Z1(5),A1(5),C1(5),A2(5),C2(5)
*/BL1015/ AJ(5) /BL1006/ ZJ(6) /BL1008/ DLM(5)
*/BL1014/ GAM(5) /BL1011/ I1Y(130) /BL1012/ I2XY(200)
DATA ((AJ(I),I=1,5)=1.,1.,2.,3.,3.,4.),
*((ZJ(I),I=1,5)=0.,1.,1.,1.,2.,2.),
*((DLM(I),I=1,5)=8.363,7.359,13.335,15.835,15.317,3.607),
*((I1Y(I),I=1,5)=10.,21.,30.,50.,70.),
*((A1(I),I=1,5)=.42,.58,.68,.77,.80),
*((C1(I),I=1,5)=.51,.28,.21,.15,.11),
*((A2(I),I=1,5)=.88,.92,.91,.97,.99),
*((C2(I),I=1,5)=.11,.10,.11,.08,.05),
*((GAM(I),I=1,5)=1.,1.,3.,3.,3.,2.)
DATA (I1Y(J),J=1,133)=
*20.8,19.8,21.,18.8,19.8,15.5,18.8,15.5,18.5,17.2,18.23,15.05,
*10.01,12.04,13.27,11.39,12.17,11.26,11.04,8.41,9.79,7.35,9.15,
*5.63,5.88,3.17,3.32,.92,1.85,.97,2.33,1.27,2.92,1.61,2.91,1.35,
*2.4.,.89,1.74,.36,.35,.65,.04,-1.73,-.96,-2.87,-2.05,-4.05,-3.4,
*-5.72,-3.75,-4.13,-2.42,-2.85,-1.01,-1.33,.54,-.02,1.74,.75,2.24,
*1.,1.98,-.74,1.54,.39,1.18,.78,-.35,.58,-.53,.59,-.51,.59,-.35,
*.32,-.40,-.52,-2.13,-2.46,-3.64,-1.55,-.96,.97,.88,2.37,1.75,2.72,
*1.3,2.55,1.45,1.93,.85,1.17,.08,.39,-.76,-.33,-1.51,-1.17,-2.36,
*-1.95,-3.00,-2.62,-3.55,-2.95,-3.75,-3.07,-3.79,-3.06,-3.77,-3.05,
*-3.78,-3.12,-3.3,-3.35,-4.24,-3.85,-4.92,-3.35,-6.77,-7.41,-9.18,
*-10.16,-11.12,-11.75,-8.25,-7.96,-7.65)
DATA (I2XY(J),J=1,233)=
*-8.4,-12.9,-3.,-11.9,-3.2,-12.5,-10.8,-13.6,-11.2,-12.2,-12.81,
*-15.4,-13.07,-15.8,-13.91,-14.98,-12.63,-13.75,-11.37,-12.38,
*-9.23,-9.65,-7.64,-3.17,-9.05,-9.72,-8.87,-11.76,-8.61,-8.89,-6.6,
*-7.13,-4.77,-5.33,-3.06,-3.79,-1.72,-2.79,-.93,-2.19,-.52,-1.9,
*-.05,-2.0,-1.22,-3.07,-2.42,-4.37,-3.94,-5.08,-4.09,-.50,-3.14,
*-2.93,-1.04,-1.36,.69,.21,2.11,1.33,3.29,2.46,4.3,3.32,4.73,3.62,
*4.37,3.64,4.53,3.07,4.05,2.49,3.3,1.46,2.03,.51,.74,-1.18,-1.26,
*-3.54,-3.97,-3.26,-4.13,-3.71,-2.1,-1.7,-.08,-.18,.94,.27,1.13,
*.08,.91,-.31,.4,-.78,.08,-1.15,-.03,-1.41,-.42,-1.55,-.55,-1.06,
*.66,-1.73,-.75,-1.74,-.78,-1.69,-.78,-1.6,-.75,-1.46,-.67,-1.06,
*-5.1,-1.04,-.53,-1.84,-2.42,-4.52,-4.76,-5.33,-6.76,-7.81,-5.8,
*-5.37,-3.63,-3.35,-1.75,-1.88,-.61,-.9,.09,.32,.35,-.13,.7,-.66,
*.49,-.2,.4,-.22,.35,-.09,.58,.12,.75,.15,.7,.17,1.11,.89,1.85,
*1.52,2.54,2.23,3.2,2.91,3.94,3.53,4.48,4.15,5.12,.78,5.75,5.39,
*6.31,5.91,6.97,6.31,7.13,5.61,7.3,6.51,6.27,4.83,4.49,2.85,2.32,
*.58,-.11,-.93,.31,1.77,3.37,4.13,5.6,5.15,7.29,7.35,7.95,7.67,
*8.16,7.83,8.31,3.1,4.53,3.27)
PRINT 1
1 FORMAT(/5)X,6HDATEV /)
RETURN $ END
DATEV*00
DATEV*01
DATEV*02
DATEV*03
DATEV*04
DATEV*05
DATEV*06
DATEV*07
DATEV*08
DATEV*09
DATEV*10
DATEV*11
DATEV*12
DATEV*13
DATEV*14
DATEV*15
DATEV*16
DATEV*17
DATEV*18
DATEV*19
DATEV*20
DATEV*21
DATEV*22
DATEV*23
DATEV*24
DATEV*25
DATEV*26
DATEV*27
DATEV*28
DATEV*29
DATEV*30
DATEV*31
DATEV*32
DATEV*33
DATEV*34
DATEV*35
DATEV*36
DATEV*37
DATEV*38
DATEV*39
DATEV*40
DATEV*41
DATEV*42
DATEV*43
DATEV*44
DATEV*45
DATEV*46
DATEV*47
DATEV*48

```

```

SUBROUTINE ARFA(PE,AM)
C*****
C RENORMALISATION OF EMISSION PROBABILITIES
C*****
COMMON /BL1009/AFJ(6) /BL1015/RJ(5)
SFIX=36.
SMX=0.
DO 3 K=1,5
IF(RJ(K)) 1,1,2
1 Q8=0. $ GO TO 3
2 Q8=2.*SQRT(AM*AFJ(K)*RJ(K))
3 SMX=AMAX1(SMX,Q8)
IF(SMX-SFIX) 4,4,5
4 PER=0. $ RETURN
5 PER=SMX-SFIX $ RETURN
END
ARFA*00
ARFA*01
ARFA*02
ARFA*03
ARFA*04
ARFA*05
ARFA*06
ARFA*07
ARFA*08
ARFA*09
ARFA*10
ARFA*11
ARFA*12
ARFA*13
ARFA*14
ARFA*15
ARFA*16
ARFA*17
ARFA*18
ARFA*19
ARFA*20
ARFA*21
ARFA*22
ARFA*23
ARFA*24
ARFA*25
ARFA*26
ARFA*27
ARFA*28
ARFA*29
ARFA*30
ARFA*31
ARFA*32
ARFA*33
ARFA*34
ARFA*35
ARFA*36
ARFA*37
ARFA*38
ARFA*39
ARFA*40
ARFA*41
ARFA*42
ARFA*43
ARFA*44
ARFA*45
ARFA*46
ARFA*47
ARFA*48

```

```

FUNCTION TKIN(L,AM)
C*****
C KINETIC ENERGY FOR PARTICLES IN EQUILIBRIUM DECAY
C*****
COMMON /BL1009/ AFJ(6) /BL1015/RJ(5) /BL1011/ VJ(5)
RB=4.*AM*AFJ(L)*RJ(L)
1 B1=RNDRM(-1)
RK=1.+(1./SQRT(RB))*ALOG(81+(1.-B1)*EXP(-SQRT(RB)))
IF(L-1) 3,2,3
2 BETA=(2.12/AFJ(1))*0.65667-0.45)/(0.76+2.2/AFJ(1))*0.33333)
Q1 = 1.+BETA/RJ(1) $ Q2 = Q1*SQRT(Q1)
FRK=((13.*SQRT(3.)))/2./Q2)*(Q1*RK-RK**3) $ GO TO 4
3 FRK=((13.*SQRT(3.)))/2.)*(RK-RK**3) $ GO TO 4
4 B2=RNDRM(-1)
IF(B2-FRK) 5,5,1
5 TKIN=RJ(L)*(1.-RK**2)+VJ(L)
RETURN
END
TKIN*00
TKIN*01
TKIN*02
TKIN*03
TKIN*04
TKIN*05
TKIN*06
TKIN*07
TKIN*08
TKIN*09
TKIN*10
TKIN*11
TKIN*12
TKIN*13
TKIN*14
TKIN*15
TKIN*16
TKIN*17
TKIN*18
TKIN*19
TKIN*20
TKIN*21
TKIN*22
TKIN*23
TKIN*24
TKIN*25
TKIN*26
TKIN*27
TKIN*28
TKIN*29
TKIN*30
TKIN*31
TKIN*32
TKIN*33
TKIN*34
TKIN*35
TKIN*36
TKIN*37
TKIN*38
TKIN*39
TKIN*40
TKIN*41
TKIN*42
TKIN*43
TKIN*44
TKIN*45
TKIN*46
TKIN*47
TKIN*48

```

```

SUBROUTINE VHELP
C*****
C AUXILIARY BLOCK FOR NUCLEAR DATA EXTRACTION
C*****
COMMON/STMASS/ Z1(5),A1(5),C1(5),A2(5),C2(5)
*/BL1016/CC(6) /BL1017/VK(5) /BL1013/J,A,Z
CC(1) = 0. $ VK(1) = 0.
CC(2) = SUBEV(Z,Z1,C1,5)
VK(2) = SUBEV(Z,Z1,A1,5)
CC(3) = SUBEV(Z,Z1,C2,5)
VK(3) = SUBEV(Z,Z1,A2,5)
CC(4) = CC(2)/2. $ VK(4) = VK(2)+.12
CC(5) = CC(2)/3. $ VK(5) = VK(2)+.12
CC(6) = CC(6)*4./3. $ VK(6) = VK(6)-.36
RETURN
END
VHELP*00
VHELP*01
VHELP*02
VHELP*03
VHELP*04
VHELP*05
VHELP*06
VHELP*07
VHELP*08
VHELP*09
VHELP*10
VHELP*11
VHELP*12
VHELP*13
VHELP*14
VHELP*15
VHELP*16
VHELP*17
VHELP*18
VHELP*19
VHELP*20
VHELP*21
VHELP*22
VHELP*23
VHELP*24
VHELP*25
VHELP*26
VHELP*27
VHELP*28
VHELP*29
VHELP*30
VHELP*31
VHELP*32
VHELP*33
VHELP*34
VHELP*35
VHELP*36
VHELP*37
VHELP*38
VHELP*39
VHELP*40
VHELP*41
VHELP*42
VHELP*43
VHELP*44
VHELP*45
VHELP*46
VHELP*47
VHELP*48

```



```

FUNCTION DELTA4(X,Y)
.....
) CALCULATION OF MASS DEFECT
.....
COMMON /BL1001/T1Y(130) /BL1002/T2XY(200)
ES=(25.3357-44.2355*((X-2.*Y)/X)**2)*
*(11.-.62125/(X**.66667)**2)*(X**.66667)
LC=.779*((Y*(Y-1.))/X**.33333)*
*((1.-1.5849/X**.66667)+(1.2273/X+(1.5772/X**1.33333)))
EALFA=(-.3323*(Y**1.33333)/(X**.33333))
*(11.+49537/X)-(1.57811/X**.33333+(1.14518/X**.66667))
EJOB=(14.367*(X+1.4505*((X-2.*Y)**2/X))-1.783*Y+17.0354*X)
I=X $ J=Y $ L=I-J $ T1=T1Y(I) $ T2=T2XY(L)
DELTA4=(ES+ED)+(EALFA+EJOB)+(T1+T2)
RETURN $ END

```

```

DELTA40
DELTA401
DELTA402
DELTA403
DELTA404
DELTA405
DELTA406
DELTA407
DELTA408
DELTA409
DELTA410
DELTA411
DELTA412
DELTA413
DELTA414

```

```

FUNCTION COLO43(L,RAJNCL,AM)
.....
) CALCULATION OF COULOMB ENERGY
.....
COMMON /BL1005/ZJ(5) /BL1010/ZFJ(5)
/BL1009/AFJ(5) /BL1015/AJ(5) /BL1017/VK(6) /BL1003/U,A,Z
IF(L-1)1,1,2
1 COLOM3=J. $ RETURN
2 T4PI=VK(L)*(1.44/RADNCL)
COLOM3=TLMP1*(ZJ(L)*ZFJ(L))/(AJ(L)**.33333+AFJ(L)**.33333)
COLOM3=COLOM3*(L.-U/(81.*A*AM))
IF(COLOM3) 1,1,3
3 RETURN
END

```

```

COLOM30
COLOM301
COLOM302
COLOM303
COLOM304
COLOM305
COLOM306
COLOM307
COLOM308
COLOM309
COLOM310
COLOM311
COLOM312
COLOM313

```

```

SUBROUTINE HIST(X,A,B,4,RX,N,M)
.....
) BUILDING UP HISTOGRAMS WITH WEIGHT
.....
DIMENSION RX(N)
LE=(B-A)/M+6
IF(LE-N) 3,3,1
PRINT 2, LE,N
FORMAT(5X,31#ERROR IN DIMENSION IN HIST, L=,I4,64, N=,I4)
RETURN
3 CONTINUE
RX(N) = RX(N)+X*M
IF(X-A) 4,5,5
4 RX(N-1) = RX(N-1)+M $ RETURN
5 IF(X-B) 7,6,5
6 RX(N-1) = RX(N-2)+M $ RETURN
7 L = (X-A)/4 $ RX(L+1) = RX(L+1)+4
RX(N-1) = RX(N-1)+L
RX(N-1) = RX(N-1)+X*M $ RX(N-3) = RX(N-3)+M $ RETURN
END

```

```

HIST**00
HIST**01
HIST**02
HIST**03
HIST**04
HIST**05
HIST**06
HIST**07
HIST**08
HIST**09
HIST**10
HIST**11
HIST**12
HIST**13
HIST**14
HIST**15
HIST**16
HIST**17
HIST**18
HIST**19

```

Литература:

1. К.К.Гудима, Г.А.Ососков, В.Д.Тонеев; Препринт ОИЯИ Р4-782I, Дубна, 1974.
2. В.К.Дукьянов, В.А.Селиверстов, В.Д.Тонеев; Препринт ОИЯИ Р4-800I, Дубна, 1974.
3. P.Oblozinsky, I.Ribansky, E.Betak; Nucl.Phys. A226, 347 (1974).
4. F.C.Williams, Jr.; Phys.Lett. 31B, 184 (1970).

Рукопись поступила в издательский отдел

2 декабря 1974г.

**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 физики твердого тела

Нет ли пробелов в Вашей библиотеке

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

- | | | | |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|
| 16-4888 | Дозиметрия излучений и физика защиты ускорителей заряженных частиц. Дубна, 1969. | 250 стр. | 2 р. 64 к. |
| Д-6004 | Бинарные реакции адронов при высоких энергиях. Дубна, 1971. | 768 стр. | 7 р. 60 к. |
| Д13-6210 | Труды VI Международного симпозиума по ядерной электронике. Варшава, 1971. | 372 стр. | 3 р. 67 к. |
| Д10-6142 | Труды Международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер. Дубна, 1971. | 564 стр. | 6 р. 14 к. |
| Д-6465 | Международная школа по структуре ядра. Алушта, 1972. | 525 стр. | 5 р. 85 к. |
| Д-6840 | Материалы II Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Штрбске-Плесо, ЧССР, 1972. | 398 стр. | 3 р. 96 к. |
| Д2-7161 | Нелокальные, нелинейные и нерегулярные теории поля. Алушта, 1973. | 280 стр. | 2 р. 75 к. |
| | Глубокоупругие и множественные процессы. Дубна, 1973. | 507 стр. | 5 р. 66 к. |
| P1,2-7642 | Международная школа молодых ученых по физике высоких энергий. Гомель, 1973. | 623 стр. | 7 р. 15 к. |
| Д13-7616 | Труды VII Международного симпозиума по ядерной электронике. Будапешт, 1973. | 372 стр. | 3 р. 65 к. |

- D10-7707 Совещание по программированию и математическим методам решения физических задач, Дубна, 1973. 564 стр. 5 р. 57 к.
- 13-7154 Пропорциональные камеры. Дубна, 1973. 173 стр. 2 р. 20 к.
- D1,2-7781 Материалы III Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Свияга, 1973. 478 стр. 4 р. 78 к.
- D3-7991 II Международная школа по нейтронной физике. Алушта, 1974. 552 стр. 2 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:

101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79,

издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

Условия обмена

Препринты и сообщения ОИЯИ рассылаются бесплатно, на основе взаимного обмена, университетам, институтам, лабораториям, библиотекам, научным группам и отдельным ученым более 50 стран.

Мы ожидаем, что получатели изданий ОИЯИ будут сами проявлять инициативу в бесплатной посылке публикаций в Дубну. В порядке обмена принимаются научные книги, журналы, препринты и иного вида публикации по тематике ОИЯИ.

Единственный вид публикаций, который нам присылать не следует, - это репринты /оттиски статей, уже опубликованных в научных журналах/.

В ряде случаев мы сами обращаемся к получателям наших изданий с просьбой бесплатно прислать нам какие-либо книги или выписать для нашей библиотеки научные журналы, издающиеся в их странах.

Отдельные запросы

Издательский отдел ежегодно выполняет около 3000 отдельных запросов на высылку препринтов и сообщений ОИЯИ. В таких запросах следует обязательно указывать индекс запрашиваемого издания.

Адреса

Письма по всем вопросам обмена публикациями, а также запросы на отдельные издания следует направлять по адресу:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79.
Издательский отдел
Объединенного института
ядерных исследований.*

Адрес для посылки всех публикаций в порядке обмена, а также для бесплатной подписки на научные журналы:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79.
Научно-техническая библиотека
Объединенного института
ядерных исследований.*