

Ле Ван Нгок, Шмаков С. Ю,

Б1-2-85-47

СЗ47Г



2240/85

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б 1-2-85-47

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 19 85

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

Б1-2-85-47

Ле ван Нгок, С.Ю.Шмаков

ПРОГРАММА РАСЧЕТА НУКЛОН-МЕЗОННОГО КАСКАДА В АТМОСФЕРЕ
ЗЕМЛИ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Рисунки поступили
в редакцию 23.01.85

Дубна, 1984 г.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИН ИЯС

Для решения различных научных и прикладных задач (изучение взаимодействий высокоэнергетических частиц по характеристикам вторичных частиц, порождаемых ими в атмосфере, прогнозирование радиационной обстановки на различных высотах, расчет защиты высотных летательных аппаратов, оценка доз радиоактивного излучения в воздухе вокруг ускорителей и т.п.) требуется знание пространственных и энергетических распределений частиц различных типов.

Наиболее адекватным методом решения подобных задач в настоящее время является метод Монте-Карло, позволяющий достаточно легко учитывать сложную геометрию и состав среды, в которой распространяется излучение. Достижимая на современных ЭВМ точность (~5%), как правило, достаточна для этого круга задач.

В данной работе описаны программы монте-карловского моделирования каскада ядерных частиц в атмосфере Земли. В качестве иллюстрации возможностей программы приводятся результаты расчетов протонных и нейтронных спектров на различных глубинах и широтах в сравнении с экспериментальными данными и расчетами других авторов (см. рис. 1, 2).

Описание модели

1. Первичное космическое излучение в околоземном пространстве представляет собой изотронный поток (в периоды спокойного Солнца) ядер атомов, большей частью водорода. Спектр космических протонов ^{/1/} приведен на рис. 1. В области энергий $T_p > 3.8$ ГэВ этот спектр может быть аппроксимирован степенными зависимостями

$$\frac{\partial^3 N}{\partial T_p \partial^2 \Omega} = \begin{cases} \left(\frac{T_p}{1.43}\right)^{-2} \text{ мэВ}^{-1} \text{ сек}^{-1} \text{ м}^{-2} \text{ стер}^{-1} & 3.8 < T_p < 10 \text{ ГэВ} \\ \left(\frac{T_p}{2.3}\right)^{-2.65} \text{ мэВ}^{-1} \text{ сек}^{-1} \text{ м}^{-2} \text{ стер}^{-1} & 10 < T_p < 80 \text{ ГэВ} \end{cases} \quad (1)$$

Спектр первичных протонов моделируется методом инверсии ^{/2/}. В области энергий $T_p < 3.8$ ГэВ применяется численное обращение функции, описывающей спектр. В модели учитывается магнитное поле Земли: считается, что в атмосферу попадают только протоны с

импульсом больше

$R_{\text{мин.}} / 3/$

$$R_{\text{мин}} = \frac{59,3 \cos^3 \chi}{(1 + \sqrt{1 - \cos \omega \cos^3 \chi})^2} \left(\frac{\Gamma_{\text{эВ}}}{c} \right) \quad (2)$$

где χ - геомагнитная широта, а ω - угол между нормально к меридиональной плоскости и направлением полета частицы (подпрограмма SPECTR).

2. Свойства атмосферы и моделирование свободного пробега частиц.

В модели принимается, что атмосфера состоит из азота (78,1%, $Z=7$, $A=14$) и кислорода (21,9%, $Z=8$, $A=16$), соотношение которых не меняется с высотой. Зависимость плотности от высоты h аппроксимируется экспонентой

$$\rho(h) = \begin{cases} \rho_0 e^{-\frac{h}{\alpha}} & h < 50 \text{ км} \\ 0 & h \geq 50 \text{ км} \end{cases} \quad (3)$$

где $\rho_0 = 1,443 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$, $\alpha = 7,327 \text{ км}$. Полная толщина атмосферы 1033 г/см^2 , максимальное отклонение от "стандартной" атмосферы $/3/$ составляет около 10%, что сравнимо с климатическими и погодными изменениями плотности воздуха (подпрограмма PLOTN). Кривизной атмосферы мы пренебрегаем и рассматриваем задачу распространения излучения в слое толщиной 50 км, свойства которого зависят только от высоты.

Длина свободного пробега l для незаряженных частиц определяется решением уравнения

$$\int_0^l \frac{dl'}{\lambda(\vec{r} + \vec{n} l')} = - \ln \xi \quad (4)$$

здесь $\lambda^{-1}(\vec{r}) = \frac{N}{A} \rho(\vec{r}) \sigma_t$

N - число Авогадро

σ_t - полное сечение взаимодействия частицы с ядром

A - среднее массовое число ядер атмосферы

$\rho(r)$ - плотность атмосферы

ξ - случайное число равномерно распределенное в интервале (0,1)

Решение этого уравнения с учетом (3) дает

$$L = \frac{\alpha}{\cos\theta} \ln \left(1 + \frac{\lambda \cos\theta}{\alpha} \ln \xi \right) \quad (5)$$

(θ - угол между направлением полета частицы и осью Z , ось Z направлена вертикально вверх). Для заряженных частиц потери энергии на ионизацию учитываются методом выравнивания полного сечения ^{/4/} (подпрограмма: ENLOSS).

3. Взаимодействие частиц с ядрами.

В основу моделирования неупругих взаимодействий частиц с ядрами положена каскадно-испарительная модель адрон-ядерных реакций ^{/5/}.

При энергиях $T_p > 10$ ГэВ используются программы ^{/6/}, учитывающие эффект "лидирования" в адрон-адронных столкновениях.

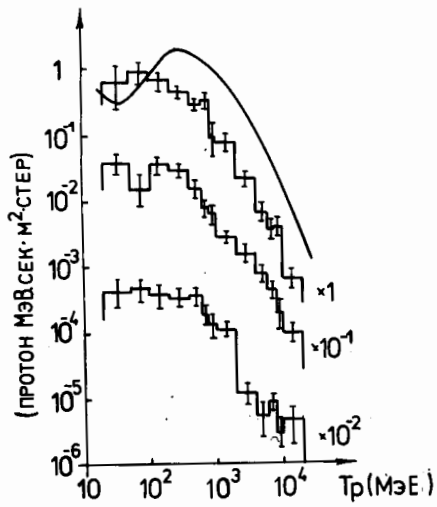


Рис. 1. Энергетические спектры протонов на глубине 200 г/см^2 на полюсе ($\times 1$), на широте 42° ($\times 10^{-1}$) и на экваторе ($\times 10^{-2}$). Кривая - спектр первичных космических протонов /1/.

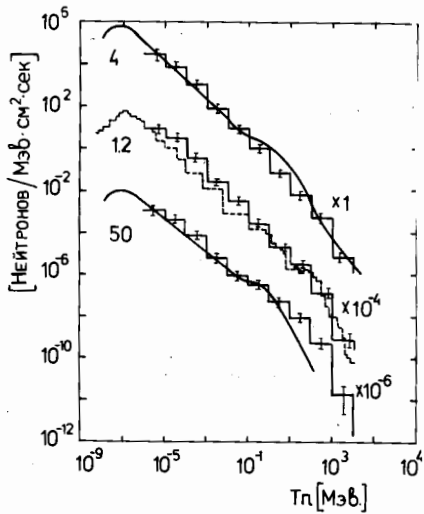


Рис. 2. Спектры нейтронов на высотах 4, 12 и 50 км. Гистограммы - наш расчет, кривые - экспериментальные данные, пунктир - результат расчета /9/.

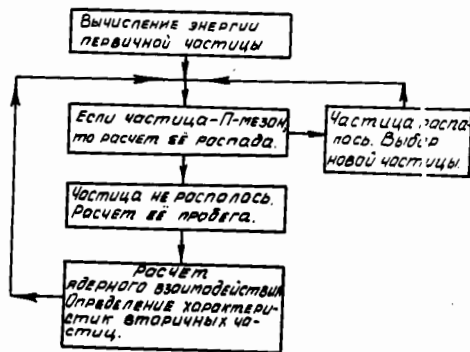


Рис. 3. Блок-схема программы.

Литература

- I. Mc Donald F.B., IQSY observations of low energy galactic and solar cosmic rays, Annals of the IQSY v.4, p.187-216, MIT Press, Cambridge, 1969.
2. Михайлов Г.А. Некоторые вопросы теории методов Монте-Карло "Наука", Новосибирск, 1974.
3. Мурзин В.С. Введение в физику космических лучей. М., Атомиздат, 1979.
4. Coleman Nucl. Sci. and Eng, 1968, v.32, p. 76-81.
5. Барашенков В.С., Тонеев В.Д. Взаимодействие высокоэнергетических частиц и ядер с ядрами. М., Атомиздат, 1972.
6. Барашенков В.С., Костенко Б.Ф. Множественное образование частиц в адрон-ядерных столкновениях при очень высоких энергиях. ОИЯИ, P2-II648, Дубна, 1978.
7. Соболевский Н.М. Программа расчета нуклон-мезонного каскада в веществе методом Монте-Карло. ОИЯИ, Б-I-2-5458, Дубна, 1975.
8. Абагян Л.П. и др. Групповые константы для расчета ядерных реакторов. Атомиздат, М., 1964.
9. Armstrong T.W. et al Journ. of Geoph. Res. 1973, v.78, No.16.
10. Sternheimer R.M., Peierls R.F. Phys. Rev. B, 1971, 3, 3681-3692.
- II. Тонеев В.Д., Чигринов С.Е. Программа расчета взаимодействия частиц и ядер высоких энергий с веществом. ОИЯИ, БI-I6-9304, Дубна, 1975.

Кур
Александр

PROGRAM NMCSCN

Головная программа.

Вызываемые подпрограммы

DEPODX, BENPAK, MAINMC.

PROGRAM NMCSCH(INPUT,OUTPUT,TAPE1,PUNCH=OUTPUT)

THE NUCLEON-MESON TRANSPORT CODE NMCSCH COMPUTES THE TRANSPORT OF NUCLEONS, PIONS, DEUTERONS AND TRITONS. MONTE-CARLO METHODS ARE EMPLOYED TO PROVIDE A DETAILED DESCRIPTION OF THE TRANSPORT PROCESS. HIGH-ENERGY NUCLEON-NUCLEUS, PION-NUCLEUS AND NUCLEUS-NUCLEUS COLLISIONS ARE TREATED USING THE INTRANUCLEAR-CASCADE-EVAPORATION MODEL. VIRTUALLY ARBITRARY GEOMETRIES CAN BE SPECIFIED.

```

COMMON /BLOK77/ SPT(9,60) /BLOK88/ SECPRT(9,150)
*/TABLES/ SIGMA(30,19),ARGUS(30,3)
*/TYPES/ ICST(28),NSICST(21)
*/COEFA/ ANKJ(4,4,29) /COEFC/ BNKJ(4,4,8),CKJ(3,8)
COMMON /HCASC/ ANUCL,ZNUCL,EP1,VP1,A,C,D,TF0
COMMON ANUCL,ZNUCL,EPS,VP1,N,FSM(10),RBIG(10),RHOP(10),RHON(10),
*/AF(10),TFP(10),TFN(10)
*/BEGIN/OME,T0,T1,T2,MEL,MOD,MSC,LL
COMMON /MANYKO/ NKOMP /BLOK2/ATG(3),ZTG(3)
COMMON /BLK100/ ENP(30,3) /TGR/TGR
*/BLK101/SGNT(30,3)/BLK102/SGPT(30,3)/BLK103/SGNI(30,3)
COMMON /BLOK1/ GH(5) /BLK104/ SGPI(30,3)
COMMON /BLGR1/ EGR(27) /BLGR2/ SGLN(26,6,3) /BLGR3/ SUV(10,11,3)
*/ /BLGR4/SPFU(5,11) /BLGR5/VNU(5)
COMMON /BLOK7/TR(85) /BLOK8/RN(85) /BLOK9/ RP(85)
COMMON /BLSA/ SD(3),ASC
*/ /BLOK3/RO(3),DI(3),R2(3)
*/ /BL1000/AM,AMF /BL999/RADNCL
*/ /BLOK13/TOBRN,TOERP /BLGR6/OLN
*/ /BLINEL/TASC,BOUNDN,BOUNDP
COMMON /WRPR1/X1,X2,X3,CT,SF,CF,T,Q,RMG
COMMON /BL1001/T1Y(130) /BL1002/T2XY(200)
*/ /BL1014/ GAM(6) /BL1016/ CC(6)
*/BL1015/AJ(6) /BL1016/ZJ(6) /BL1018/CLM(6) /BL1017/VK(6)
COMMON /NPART/ NEWP /VREMJI/ TIME /OBRDET/ TOBRD /TGRD/ TGRD

DATA (NKOMP=2),(NSTAT=100000)
+, (ASD=14.4),(ZTF=7.2),(DF=91.7),(SD=0.79,0.21,0.)
+, (RADNCL=1.3),(AM=.1),(AMF=.1)
+, (BN1=15.83),(BN2=4.14),(BP1=7.29),(BP2=.6)
+, (TOBRN=15.),(TOBRP=1.5),(TOBRNN=10.5),(OLN=.00003)
*, (TGR=1.),(TGRD=0.),(TOBRD=1000.)
+, (GH=5.E+05,7.3274E+05,0.,0.,0.,0.),(CT=1.),(SF=0.),(CF=1.)
+, (X1=0.),(X2=0.),(X3=0.),(TASC=50.)
+, (T=1000.),(Q=1.),(RMG=940.)
+, (ATG=14.,16.,0.),(ZTG=7.,8.,0.)
+, (FO=1.401E-3,1.601E-3,1.443E-3),(DI=89.,101.,0.)
+, (R2=.0088,.0092,0.)

READ 8,TIME
TIME = TIME*60.0
FORMAT(=10,2)
PAR=1. ? CONT=-1.
CALL DEPACK(PAR,ASD,ZTF,CF,RC(3),R2(3))
CALL BENPAK(TOBRNN,PAR,BN1,BN2,BN3,BP1,BP2,EP3,NSTAT)
CALL MAINMC(TOBRNN,NSTAT,CONT,BN1,BN2,BN3,BP1,BP2,BP3)
END
    
```

SUBROUTINE BERNPAK(TOBRNN, PAR, BN1, BN2, BN3, BP1, BP2, BP3, NSTAT) - служит для печати характеристик первичной частицы и атмосферы

Задаваемые величины

TOBRNN - энергия (МэВ), ниже которой перенос нейтронов осуществляется на основе 26-групповой системы констант /8/

PAR = { +I напечатать зависимость "пробег-энергия" для заряженных частиц
-I ничего не печатать

BN1, BN2 - энергии связи нейтронов в ядре азота и кислорода
BP1, BP2 - энергии связи протона в ядре азота и кислорода
BN3, BP3 - не используются
NSTAT - максимальное число моделируемых протонов

Печатается

ATG(1-3), ZTG(1-3) - массовое и атомное число составляющих атмосферу элементов

SD(1-3) - процентное содержание элементов в атмосфере

RO(1-2) - плотности атмосферы из чистых элементов на нулевой высоте

RO(3) - плотность атмосферы на нулевой высоте

DI(1-2) - потенциалы ионизации составляющих элементов

R2(1-2) - пробег заряженных частиц с энергией 2 МэВ

AM, AMF, RADNCL - параметры испарительной модели

TOBRN - энергия, ниже которой протоны считаются остановившимися из-за ионизационных потерь (МэВ)

TOBRP - то же для π^{\pm} мезонов (МэВ)

OLN - нижняя граница энергий нейтронов (МэВ)

TGR - при энергии протона $T < TGR$ используется каскадная модель без трейлинга, при $T > TGR$ - модель с трейлингом

X1, X2, X3 - координаты входа частицы в атмосферу

T - кинетическая энергия (МэВ) (в случае, если рассматривается моноэнергетический пучок первичных частиц)

$CT, SF, CF - \cos\theta, \sin\varphi, \cos\varphi$ - направление полета первичной частицы (ось Z перпендикулярна к границе атмосферы и направлена к поверхности Земли, т.е. вертикально вниз)

Q - заряд первичной частицы

AM - масса

Используемые подпрограммы

SI GAR, CABG,

DATEVP, INFORM

/7/

```

SUBROUTINE BENPAK(TOBRNN,PAR,BN1,BN2,BN3,BP1,BP2,BP3,NSTAT)
COMMON /BLOK77/ SPT(9,55) /BLOK88/ SECPRT(9,150)
COMMON/TABLCS/SIGMA(30,19),ARGUS(30,3) /TYPECS/ICST(28),NSIGST(21)
*/COEFA/ ANKJ(4,4,29) /COEFC/ BNKJ(4,4,8),CKJ(3,8)
COMMON(N/BLOK7/TR(85) /BLOK8/FN(85) /BLOK9/FP(85)
COMMON/HOASO/ ANUC1,ZNUC1,EP1,VP1,A,C,D,TFN
COMMON ANUC1,ZNUC1,EPS,VP1,N,ASA(10),RBIG(10),RHOP(10),RHON(10),
*AF(10),TEP(11),TFN(10)
*/BEGIN/CMO,T0,T1,T2,MEU,MQU,MSO,LQ
COMMON /BLK100/ ENP(30,3) /T0GR/TGR
*/BLK101/SGNT(30,3)/BLK102/SGPT(30,3)/BLK103/SGNI(30,3)
COMMON /BLGR1/ EGR(27) /BLGR2/ SGLN(25,6,3) /BLGR3/SUV(10,11,3)
*/BLGR4/SPFU(5,11) /BLGR5/VNU(5)
COMMON /BLOK1/ GH(5) /BLK104/ SGPI(30,3)
COMMON /MANYK0/ NKOMP /BLOK2/ATG(3),ZTG(3)
*/BLOK3/RO(3),DI(3),R2(3)
COMMON /BLSDA/ SD(3),ASD
*/BL1000/AM,AMF /BL0999/RADNCL
*/BLOK13/TOBRN,TOBRP /BLGR6/OLN
COMMON /NRPR11/X1,X2,X3,CT,SE,CF,T,Q,RMG
*/BLINEL/TCASC,BOUNDN,BOUNDP
COMMON /BL1001/T1Y(130) /BL1002/T2XY(200)
*/BL1015/AJ(5) /BL1016/GAM(6) /BL1016/ CC(6)
*/BL1015/ZJ(6) /BL1008/DLM(6) /BL1017/VK(6)
COMMON/NPART/ NEWP /VREMJI/ TIME /OBRDET/ TOBRD /T0GRD/ TGRD
    
```

C

```

100 JC 1 J=1,67 S DO 1 K=1,9
1 SFT(K,J)=0.
2 DC 2 J=1,150 S DO 2 K=1,9
2 SECPRT(K,J)=0.
CALL SIGAR
CALL CABO
CALL DATLVP
CALL INFOR1
111 FORMAT(2E13.5,5F13.6,2F10.5)
512 PRINT 512
512 FORMAT(14I1)
PRINT 101
PRINT 201
201 FORMAT(42X,34HCHARACTERISTICS OF TARGET MATERIAL/)
DC 220 K=1,NKOMP
PRINT 222,ATG(K),ZTG(K)
PRINT 152,3D(K)
PRINT 203,20(K)
PRINT 204,DI(K)
PRINT 205,R2(K)
220 CONTINUE
202 FORMAT(42X,20HMASS AND ATOM NUMBER,10X,F5.1,5X,F5.1)
203 FORMAT(42X,26HDENSITY OF MATTER(G/CM**3),4X,E13.6)
204 FORMAT(42X,24HIONISATION POTENTIAL(EV),6X,F7.2)
205 FORMAT(42X,26HRANGE FOR T=2.MEV(G/CM**2),4X,F9.5/)
PRINT 206
150 FORMAT(42X,4HISOTOPE#,F12.5/)
206 FORMAT(42X,33HPARAMETRS FOR NUCLEAR EVAPORATION/)
PRINT 207,AM,AMF,RADNCL
207 FORMAT(42X,5HAM=,F5.3,5X,4HAME=,F5.3/42X,7HRADNCL=,F5.3/)
PRINT 208
208 FORMAT(42X,38HTCASC AND BOUND ENERGY FOR EVAPORATION/)
PRINT 209,CASC,BN1,BN2,BN3,BP1,BP2,BP3
209 FORMAT(42X,6HTCASC=,F6.2/42X,4HBOUNDN #,3(2X,F6.2)/42X,4HBOUNDP #,3(
1 2X,F6.2)/)
PRINT 210
210 FORMAT(42X,43HOUT-OFF ENERGIES FOR P,PI+- AND LOW ENERGY N/)
PRINT 211,TOBRN,TOBRP,OLN
211 FORMAT(42X,6HTOBRN=,F6.2/42X,6HTOBRP=,F6.2/42X,4HOLN=,F14.8/)
PRINT 501,TGR,TGRD,TOBRD
501 FORMAT(42X,4HTRGRN #,F6.2,1X,4HGEV #,3X,4HTGRD #,F6.2,1X,4HGEV #,3X,4
1 HTOBRD #,F6.2,1X,4HMEV #/)
PRINT 511,TOBRNN
511 FORMAT(42X,4HTOBRNN=,F6.2,1X,4HMEV #/)
PRINT 212
212 FORMAT(42X,36H GEOMETRICAL DIMENSION OF ATMOSPHER )
PRINT 213,SH
213 FORMAT(42X,5(E13.6,3X))
PRINT 100
PRINT 101
101 FORMAT(42X,36HCHARACTERISTICS OF INSIDENT PARTICLE/)
    
```

```

102 PRINT 103,X1,X2,X3
   FORMAT(42X,15HENTRY-POINT(CM),10X,3(F8.2,2X)/)
103 PRINT 103,OT,SE,CF
   FORMAT(42X,16HDIRECTION OF FLY,9X,3(F6.3,2X)/)
104 PRINT 104,T
   FORMAT(42X,19HKINETIC ENERGY(MEV),6X,F10.3/)
105 PRINT 105,Q
   FORMAT(42X,6HCHARGE,19X,F4.1/)
106 PRINT 106,PM G
   FORMAT(42X,9HMASS(MEV),16X,F6.1)
107 PRINT 107
108 PRINT 200,NKOMP
109 PRINT 109,N,N NO. OF NUCLEUS #,I5/)
100 PRINT 100
   FORMAT(//54H *****//)
* 56H *****//)
RETURN
END

```

SUBROUTINE DEPODX (PAR, ASD, ZTF, DF, R0, R2)
 подпрограмма вычисляет и печатает значения ионизационных пробегов
 протонов и π^\pm мезонов в зависимости от их энергии. Для расчета
 используются формулы Штернхаймера /10/.

Задаваемые величины

PAR = $\begin{cases} +I & \text{печатается зависимость "пробег-энергия"} \\ -I & \text{не печатается.} \end{cases}$

ASD - среднее массовое число атмосферы (14,4)

ZTF - среднее атомное число атмосферы (7,2)

DF - средний ионизационный потенциал атмосферы (91,6)

R0 - не используется

R2 - пробег протона с энергией $T = 2 \text{ МэВ}$ ($z/\text{см}^2$)

Выдаваемые величины

TR(1-85) - значения энергий, при которых вычисляется ионизацион-
 ный пробег

RN(1-85) - значения пробегов для протонов

RP(1-85) - то же для π^\pm мезонов

Примечание

DEPODX вызывается из NMCSCH

SUBROUTINE MAINMC (TOBRNN, NSTAT, CONT, BN1, BN2,
BN3, BP1, BP2, BP3)
Управляющая подпрограмма.

Задаваемые величины

TOBRNN, NSTAT, CONT, BN1, BN2, BN3, BP1, BP2, BP3
(см. BENPAK)

Используемые подпрограммы

SPECTR, INSPAR, BNLOSS, INELIN, ELANGL,
LOENT, CROSSI, CROSSI, PARTL, SPTSEC, GRAM,
SUBROT, SUB, SECOND, RNDM

Примечания

1. Вызывается из NMCSCM

2. Не описанные в данной работе подпрограммы см. в /II/.


```

SUBROUTINE MAIN MC(TOBRNN,NSTAT,CONT,BN1,BN2,BN3,BP1,BP2,BP3)
THE MAIN SUBROUTINE
COMMON /BLOK77/ SPT(9,6) /BLOK88/ SECPR1(9,150)
* /TABLES/ SIGMA(30,19),ARGUS(30,3)
* /TYPESCS/ ICST(28),NSICST(21)
* /COEFF/ ANKJ(4,4,29) /COEFBC/ BNKJ(4,4,8),CKJ(3,8)
COMMON /HCASO/ ANLC1,ZNUC1,EP1,VPI,A,C,D,T,E
COMMON /ANUCL,ZNUCL,EPS,VPI,N,ASM(10),RBIG(10),RHOP(10),RHCN(10),
* AF(10),TEP(10),TFN(10)
/BEGIN/OMB,TG,T1,T2,ME0,MO0,MS0,-0
COMMON /NPAR7/ NEWP /VREMJI/ TIME /OBRDET/ TOBRD /TOGRD/TGRD
COMMON /MATINE/KK /MANYKC/ JKOMP /HEFIS/ FISPL
COMMON /BLK100/ ENP(30,3) /TOGR/TGR
COMMON /BLOK1/ GH(5) /BLK104/ SGPI(30,3)
* /BLGR4/SPFU(5,11) /BLGR5/VNU(5)
* /BLK101/SGNT(30,3)/BLK102/SGPT(30,3)/BLK103/SGNI(30,3)
COMMON /BLGR1/ EGR(27) /BLGR2/ SGLN(26,6,3) /BLGR3/SUV(10,11,3)
COMMON /BLOK77/TR(85) /BLOK8/RN(85) /BLOK9/RP(85)
COMMON /ELSDA/SD(3),ASD
* /BLOK3/RO(3),DI(3),DS(3)
* /BLOK2/ATG(3),ZTG(3) /PMABSR/PIMR
* /BL1000/AM,AMF /BL0999/RADACL
* /BLOK13/TOBRN,TOBRP /BLGR6/OLN
* /WRPR11/ XL,X2,X3,TC,SF,CF,T,G,AMP
* /WRFRIN/ WPIN(9) /WRPR/ WP(9)
* /GOOLT/GOT /BLOK11/POGL /BLOK10/PI2G /PRZVNL/VINEL
* /BLOKRT/CTR,SFR,CFR,STR
* /BLFUS/ FUSION /BL1003/ U,AI,Z
COMMON /BL1001/T1Y(130) /BL1002/T2XY(200)
* /BL1014/ GAM(6) /BL1016/ CC(6)
* /BL1015/AJ(6) /BL1006/ZJ(6) /BL1008/DLM(6) /BL1017/VK(6)
* /NBROS/NBROS
DIMENSION SR(3)
DIMENSION SNI1(30),SNI2(30),SNI3(30),EN1(30),EN2(30),EN3(30)
EQUIVALENCE (SGNI(1),SNI1(1)),(SGNI(31),SNI2(1)),(SGNI(61),SNI3(1))
EQUIVALENCE (ENP(1),EN1(1)),(ENP(31),EN2(1)),(ENP(61),EN3(1))
DATA (RANDZ=00003141105364621171B)
CALL REMIN(RANDZ)
CALL SPECTR
CALL GRAM
NBROS=0
DC 777 J1=1,NSTAT
CALL REMOUT(RNUM)
CALL SECOND(CT)
IT=0.

SELECTION OF ANGULAR AND ENERGETIC CHARACTERISTICS OF A NEW
PARTICLE

CALL SPECTS
IF(CT-TIME)10,10,776
10 CALL INSPAR
11 CONTINUE
IDEUTF = -1
IF(WP(9)-1832.0) 41,41,25
41 IF(WP(9)-950.0) 42,42,43
43 IDEUTF = +1
IF(WP(7)-TOBRD) 25,44,44
44 PRINT 45
45 FORMAT(/,10X,20(1H*),# DEUTRONS #,20(1H*),/)
GO TO 105
42 KK = 1
IF(WP(9)-1000.)12,12,25
12 IF(WP(9)-500.)13,13,14
13 IF(WP(7)-TOBRP)25,25,18
14 IF(WP(8).GT.0.1)GO TO 16
15 IF(WP(7)-TOBRNN)17,17,18
16 IF(WP(7)-TOBRN)25,25,18
TOBRN - THE CUTOFF ENERGY IN MEV FOR TRANSPORTING PROTONS.
TOBRP - THE CUTOFF ENERGY IN MEV FOR TRANSPORTING PIONS.
TOBRNA - THE CUTOFF ENERGY IN MEV FOR HIGH ENERGY NEUTRONS (T=10.5 M
CONTINUE
TRANSPORT OF LOW ENERGY NEUTRON
CALL LCONT
GO TO 25

```

```

0  CALCULATION OF FREE PATH OF PROTON AND PI MESON BEFORE COLLISION
18  CALL ENLOSS
19  IF (TICEUTR) 51,53,52
52  IF (GOT.GT.0.0) GO TO 21
    IF (POGL.GT.0.0) GO TO 21
    KK=1
    BETA = SUB(WP(7),EN1,EN3,30) / SUB(WP(7),EN1,EN2,30)
    GO TO 155
53  IF (GOT) 19,19,21
    IF (POGL) 22,22,21
    IF (PIING) 22,22,21
    VINEL=0.
    IF (PIMR) 25,25,222
    WP(7) = 1.0/3.
    B = RNDM(1.0/3.)
0  SELECTION OF A TYPE OF THE TARGET NUCLEUS
51  DO 165 K = 1,NKOMP
    SR(K) = SD(K)*CROSST(K,WP(9),WP(7))
165  SR(K) = K = 2,NKOMP
    B = RNDM(1.0/3.)
    DO 164 K = 1,NKOMP
    IF (SR(K)) 51,161,164
164  GO CONTINUE
0  ELEMENT IDENTIFIER (K=1,2,3)
50  KK=1 BOUNDN=BN1 $ BOUNDP=BP1 $ GO TO 152
    KK=2 BOUNDN=BN3 $ BOUNDP=BP3 $ GO TO 152
    KK=3 BOUNDN=BN2 $ BOUNDP=BP2
    IF (PIING) 153,153,154
0  MESONS REACHING THEIR ENERGY CUTOFF WILL BE
    FORCED TO INTERACT VIA THE INTRA-NUCLEAR-CASCADE (PIMR=+1)
154  BETA = 1.0
    GO TO 155
153  BETA = CROSST(KK,WP(9),WP(7))/CROSST(KK,WP(9),WP(7))
0  CHOICE OF THE INTERACTION TYPE
153  IF (RNDM(-1)-BETA) 23,23,24
23  VINEL=1.
0  DETERMINATION OF THE CHARACTERISTICS OF SECONDARIES
0  CALL INELIN
0  STORING PARTICLES IN TO THE MEMORY
0  CALL SET SEC
    FISSPL = -1.0
    GO TO 25
24  VINEL=-1.
    CALL FISSOUT
    CALL SBLANG(ATG(KK),WP(7),WP(9),CTE,SFE,CFE)
    CALL SUBROT(WP(4),WP(5),WP(6),CTE,SFE,CFE)
    WP(4)=CTE $ WP(5)=SFE $ WP(6)=CFE
    GO TO 25
25  CONTINUE
0  MEMORY IS EMPTY OR NOT
0  IF (SECPRT(7,1)) 777,777,26
0  CHOICE OF A NEW PARTICLE FROM THE MEMORY
26  CALL PARTL
    GO TO 14
777  CONTINUE
776  PRINT 775,CT,RT,TIME
    PRINT 38,N3FOS
38  FORMAT(/,30(1H*),6HN9ROS=,I8,30(1H*),/)
775  FORMAT(/30X,CT=*,F10.2,2XRT=*,F10.2,2XTIME=*,F10.2,2X*SECCNO=/)
    CALL ENDS
    END FILE
0  STOP
    RETURN
    END

```

SUBROUTINE SPECTR служит для розыгрыша энергии первичного протона с учетом магнитного поля Земли.

Задаваемые величины:

NBR05 - число смоделированных протонов

C3, C4 - $\cos^3 \lambda$, $\cos^4 \lambda$; λ - геомагнитная широта

ELOG(1-2) - логарифмы значений энергий для интерполяции спектра в области $T_p < 3,8$ ГэВ

VLOG(1-2) - соответствующие им логарифмы значений спектра

Выдаваемые величины

NBR05 - новое число смоделированных протонов (в том числе учитываются и протоны, отклоненные магнитным полем Земли)

T - кинетическая энергия (МэВ)

Используемые подпрограммы

ARSTMP - вычисление интеграла по методу Симпсона

Примечание

Подпрограмма имеет два входа:

SPECTR используется для вычисления вспомогательных величин, необходимых для моделирования; для моделирования первичных протонов используется вход SPECTS

SUBROUTINE SPECTR

DETERMINATION OF THE ENERGY OF A PRIMARY PARTICLE ACCORDING TO
THE GIVEN ENERGETIC SPECTRUM

COMMON/N3R031/X1,X2,X3,CT,SF,CF,IT,Q,AM

COMMON/N3R037/NBROS

DIMENSION ELOG(21),VLOG(21)

DIMENSION ELO(5),ELO1(5),FLO2(5),ELO3(5),ELO4(5),ELO5(5),FLO6(5),
ELO7(5)

DIMENSION FLO(5),FLO1(5),FLO2(5),FLO3(5),FLO4(5),FLO5(5),FLO6(5),
FLO7(5)

DIMENSION F(5),F1(5),F2(5),F3(5),F4(5),F5(5),F6(5),F7(5)

DIMENSION I(9),GIN(9)

REAL IT,IT1,IT2,IT3,IT4,IT5,IT6,IT7,I1,I10

REAL I2

JAT1(=8.,10.,50.,80.,100.,500.,1000.,2000.,3800.)

JAT1(ELO=2.070,2.14,2.2,2.25,2.3026)

JAT1(ELO1=2.3126,2.995,3.471,3.888,3.912)

JAT1(ELO2=3.9126,4.452,4.174,4.2(4,4.382)

JAT1(ELO3=4.382,4.443,4.5,4.553,4.625)

JAT1(ELO4=4.625,5.298,5.704,5.991,6.215)

JAT1(ELO5=5.215,6.438,6.62,6.774,6.928)

JAT1(ELO6=5.918,7.1389,7.3132,7.4674,7.6)

JAT1(ELO7=7.5,7.804,7.973,8.117,8.2428)

JAT1(ELOG=2.070,2.3126,2.995,3.471,3.888,3.912,4.0943,4.2485,
4.332,4.3,4.625,5.2983,5.7038,5.9915,6.2146,6.3969,6.5511,
6.9178,7.6,8.2428)

JAT1(VLOG=-1.1625,-0.3567,-0.9163,-0.9676,-1.05,-0.9943,-0.916,
-1.594,
-0.98,-0.511,-0.185,0.6419,1.6932,0.5878,0.5356,0.4055,
-0.1051,-0.799,-1.347,-1.609)

DOC1=1.141392 DOC3=0.410823 DOC4=0.305403

DOC2=1.5

SEL1=ELO1(I) SEL2=ELO2(I) SEL3=ELO3(I)

SEL4=ELO4(I) SEL5=ELO5(I) SEL6=ELO6(I) SEL7=ELO7(I)

FLO(I)=QINT(F1,ELOG,VLOG,21) SF(I)=EXP(FLO(I))

FLO2(I)=QINT(SEL2,ELOG,VLOG,21) SF2(I)=EXP(FLO2(I))

FLO3(I)=QINT(SEL3,ELOG,VLOG,21) SF3(I)=EXP(FLO3(I))

FLO4(I)=QINT(SEL4,ELOG,VLOG,21) SF4(I)=EXP(FLO4(I))

FLO5(I)=QINT(SEL5,ELOG,VLOG,21) SF5(I)=EXP(FLO5(I))

FLO6(I)=QINT(SEL6,ELOG,VLOG,21) SF6(I)=EXP(FLO6(I))

FLO7(I)=QINT(SEL7,ELOG,VLOG,21) SF7(I)=EXP(FLO7(I))

CONTINUE

CALL ARSIMP(5,7.5,F,R) SIT=R

CALL ARSIMP(5,10.,F1,R) SIT1=R

CALL ARSIMP(5,7.5,F2,R) SIT2=R

CALL ARSIMP(5,5.,F3,R) SIT3=R

CALL ARSIMP(5,100.,F4,R) SIT4=R

CALL ARSIMP(5,125.,F5,R) SIT5=R

CALL ARSIMP(5,250.,F6,R) SIT6=R

CALL ARSIMP(5,450.,F7,R) SIT7=R

GIN(1)=1 GGIN(2)=IT GGIN(3)=GIN(2)+IT1

GIN(4)=GIN(3)+IT2 GGIN(5)=GIN(4)+IT3 GGIN(6)=GIN(5)+IT4

GIN(7)=GIN(6)+IT5 GGIN(8)=GIN(7)+IT6 GGIN(9)=GIN(8)+IT7

I1=GIN(9)

I2=I1+329.84

I10=I2+117.3

DOC10(=1,3)

GIN(J)=GIN(J)/I10

CONTINUE

AR1=I1/I10 SAR2=I2/I10

RETURN

ENERGY SPECTS

NBROS=N3R03+2

S=RNDM(-1) STF(B,GE,AR1) GOTO5

T=QINT(3,GIN,S,9) SGOTO8

IF(3,GE,AR2) GOTO6

T=THE SELECTED KINETIC ENERGY OF A PRIMARY PARTICLE

T=2.21394*(I1+532.-I10**9)

CT=1.-RNDM(-1) SF=SQRT(1.-CT**2)

FI=3.*PI*RNDM(-1) SCF=COS(FI) SSI=SIN(FI)

PL=59.3*04/(1.+SQRT(1.-SF*ST*03)**2

IF(CT,GE,03R) GOTO7

NBROS=N3R03+2

```

6  GOTO3
   CONTINUE
   AE=4.82552E+8/(I1+451.-ITO*B)
   T=THE SELECTED KINETIC ENERGY OF A PRIMARY PARTICLE
   T=AE*.693
7  GOTO8
   RETURN END

```

SUBROUTINE ENLOSS

Подпрограмма для моделирования пробега частицы до взаимодействия, остановки из-за ионизационных потерь или распада (в случае π^\pm мезонов)

Задаваемые величины

- WP(1-3) - x, y, z - координаты частицы
WP(4-6) - $\cos \theta, \sin \varphi, \cos \varphi$ - направление полета частицы
WP(7) - энергия (МэВ)
WP(8) - заряд частицы
WP(9) - масса частицы (МэВ)
TR(1-85), RN(1-85), RP(1-85) - характеристики ионизирующей способности частицы (см. BENPAC)
TOBRN, TOBRP - энергии обрезания для протонов и π^\pm -мезонов (см. BENPAC)
ENOC - энергия (МэВ), при которой сечение взаимодействия протона имеет максимальное значение
EPIC - то же для π^- -мезонов

Выдаваемые величины

- PIMR - признак поглощения медленного π^- -мезона ядром (+I - поглощение было)
PI2G - признак распада $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ или $\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm + \nu$ (+I - был распад)
PFGC - признак остановки положительно заряженной частицы (+I - частица остановилась)
WP(1-3) - координаты частицы в конце пробега
WP(7) - энергия частицы в конце пробега
RBO - значения ионизационного пробега заряженной частицы.

Используемые подпрограммы

NEWCOR, OUT, ZAPOLN, PROTON, PASSVA, DLINA, ENCHA, PREST, CROSS

Примечание

ENLOSS вызывается из MAIN/МС/II/

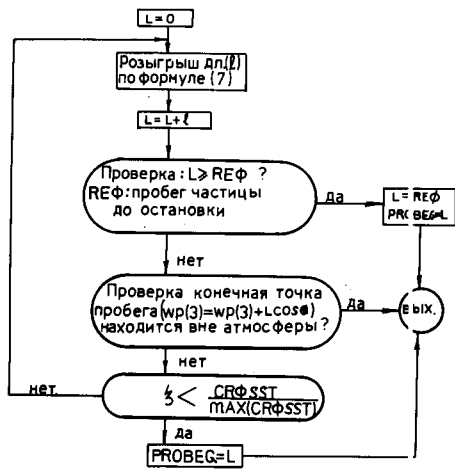


Рис. 4 Блок-схема розыгрыша пробега заряженных частиц

SUBROUTINE ENLOSS

COMMON/WRPR/WP(9)/BLOK7/TR(85)/BLOK8/RN(85)/BLOK9/PP(85)

* /GOOUT/GOT/BLCK10/PI2G/BLOK11/POGL

M/BLOK13/TOBRN,TOBRP/BLOK14/XG,YG,ZG/WRPRIN/WPIN(9)

* /PMASSE/PIHR/MANYKO/NKOMP/BLGRB/PRLN

* /BLOK3/RO(3),SI(3),R2(3)

COMMON/ZAP/COST

COMMON/RZ/RZ(100)

COMMON/INTER/WX

COMMON/OIO/REC,RE,IPN

DATA(ENUC=20.), (EPI=175.)

PI2G=-1. \$ POGL=-1. \$ DELTA=J. \$ PRBG=0.

0
0
0

IPN-THE AUXILIARY PARAMETER USED HERE AND IN PROTON

IPN=0

IM=J \$ IN=0

PLEN=-1. \$ PIMR=-1.

DC 601 J=1,9

601 WPIN(J)=WP(J)

IF(WP(9)-510.) 3,3,400

400 IF(WP(8)) 3,4,8

B=RNDM(-1)

BL=-ALOG(B)

COST=WF(4)

PROBEG=PASSVA(940.,WP(7),BL)

IF(PROBEG.EQ.1.) GO TO 833

GO TO 834

833 WF(3)=0.

CALL ZAPCLV(WFIN(3),WP(3),WP(7))

GOT=1. \$ RETURN

834 CCONTINUE

CALL NEWCOR(PROBEG,1)

CALL ZAPCLV(WFIN(3),WP(3),WP(7))

CALL CUT(WP(1),WP(2),WP(3))

RETURN

3 IF(WP(8).NE.0.) GO TO 7

B=RNDM(-1) \$ BL=-ALOG(B)

PRASP=BL*5.4E-06*SQRT(WP(7)*(WP(7)+280.))/140.

B=RNDM(-1) \$ BL=-ALOG(B)

PRBG=PASSVA(140.,WP(7),BL)

IF(PROB.EQ.1.) GO TO 831

GO TO 832

831 CCONTINUE

PI2G=1. \$ WP(3)=WFIN(3)

CALL NEWCOR(PRASP,1) \$CALL OUT(WP(1),WP(2),WP(3))

IF(GOT.GE.1.) GOTO100

CALL PROTON \$RETURN

100 IF(WP(3).LT.0.) GOTO105

WF(3)=RZ(100) \$CALL PROTON \$RETURN

105 WP(3)=0. \$CALL PROTON \$RETURN

832 CCONTINUE

IF(PRBG-PRASP) 5,5,6

52 IF(WP(8)) 7,5,7

CALL NEWCOR(PRBG,-1)

CALL OUT(XG,YG,ZG)

IF(GOT) 101,101,102

102 WF(3)=WPIN(3) \$CALL NEWCOR(PRASP,1)

PI2G=1.

CALL CUT(WP(1),WP(2),WP(3))

IF(GOT.GE.1.) GOTO200

CALL PROTON \$RETURN

200 IF(WP(3).LT.0.) GOTO201

WF(3)=RZ(100) \$CALL PROTON \$RETURN

201 WF(3)=0. \$CALL PROTON \$RETURN

101 WF(1)=XG \$ WP(2)=YG \$ WP(3)=ZG

CALL PROTON

RETURN

6 PI2G=1.

WF(3)=WPIN(3)

CALL NEWCOR(PRASP,1)

CALL OUT(WP(1),WP(2),WP(3))

IF(GOT.GE.1.) GOTO300

CALL PROTON \$RETURN

300 IF(WP(3).LT.0.) GOTO301

WF(3)=RZ(100) \$CALL PROTON \$RETURN


```

301 WP(3)=0. $CALL PROTON $RETURN
3 CONTINUE
WX=GM(WPIN(3))
RE=QINT(WP(7),TR,RN,85)
REC=RE QWD=WPIN(3)

WX-COORDINATE (Z) OF THE INITIAL POINT OF A PARTICLE CALCULATED
IN UNITS OF (G/CM**2)
REC-TOTAL IONIZATION FREE PATH TO REST OF A PARTICLE CALCULATED
CALCULATED IN UNITS OF (G/CM**2)

CONTINUE

PROTON FREE PATH SIMULATION

B=RNDM(-1) $BL=-ALOG(B)
TRACE=PASSVA(940.,ENUC,BL)
IF(TRACE.EQ.0.) GO TO 11
CALL FREST(WC)

DETERMINATION OF TOTAL IONIZATION FREE PATH INCM
CALCULATED IN UNITS OF (CM) CORRESPONDING TO REC
WC-COORDINATE (Z) OF THE FINAL POINT OF A PARTICLE
RC-TOTAL IONIZATION FREE PATH TO REST OF A PARTICLE CALCULATED
IN UNITS OF (CM)

RC=ABS((WC-WD)/WP(4))
IF(TRACE.GT.RC)GOTO17
CALL NEWCOR(TRACE,1) $GOTO19
17 CALL NEWCOR(RC,1) $WP(7)=0.
IM=1
19 CALL CUT(WP(1),WP(2),WP(3))
IF(GOT.GE.1.) GO TO 9
IF(IM.GT.0)GOTO71

TRAG-FITIOUS FREE PATH CALCULATED IN UNITS OF (G/CM**2)
WY-COORDINATE (Z) OF THE FINAL POINT CORRESPONDING TO FREE PATH

WY=GM(WP(3)) $TRAG=ABS((WY-WX)/WFIN(4))
RE=RE-TRAG $WP(7)=ENCHA(TRACE,1)
71 IF(WP(7).LE.TCBRN)GOTO10

MAKING AN INTERACTION OCCURED

IF(RNDM(-1).LE.CROSST(1,940.,WP(7))/CROSST(1,940.,ENUC))GOTC41
9 WX=WY $WD=JLINA(WX) $GOTO90C
IF(WP(3).LT.0.)GOTO40
40 WP(3)=JZ(120) $CALL PROTON $RETURN
41 WP(3)=0. $CALL PROTON $RETURN
CALL PROTON $RETURN
POGL=1. $CALL PROTON $RETURN
WP(3)=0. $GOT=1. $CALL PROTON $RETURN
CONTINUE

PI MESON PATH SIMULATION

WX=GM(WPIN(3))
RE=QINT(WP(7),TR,RP,85)
REC=RE QWD=WPIN(3)
JHEN=1 $JHAX=1

WX-COORDINATE (Z) OF THE INITIAL POINT OF A PARTICLE CALCULATED
IN UNITS OF (G/CM**2)
REC-TOTAL IONIZATION FREE PATH TO REST OF A PARTICLE
CALCULATED IN UNITS OF (G/CM**2)

B=RNDM(-1) $BL=-ALOG(B)
12 PRASP=EL*750.45*SQRT(WP(7)*(WP(7)+280.))/140.
B=RNDM(-1) $BL=-ALOG(B)
TRACE=PASSVA(140.,EPI,BL)
IF(TRACE.EQ.0.) GO TO 16
CALL FREST(WC)

DETERMINATION OF TOTAL IONIZATION FREE PATH IN CM
WC-COORDINATE (Z) OF THE FINAL POINT OF A PARTICLE
CALCULATED IN UNITS OF (CM) CORRESPONDING TO REC
RC-TOTAL IONIZATION FREE PATH TO REST OF A PARTICLE CALCULATED

```

```

0      IN UNITS OF (CM)
0
0      RC=ABS((WC-WD)/WP(4))
0      IF(TRACE.GT.0)GOTO22
22     CALL NEWCOR(TRACE,1) $GOTO21
0      CALL NEWCOR(RC,1) $WP(7)=0.
0      IN=1
21     CALL OUT(WP(1),WP(2),WP(3))
0      IF(GCT.GE.1.)GOTO13
0      IF(IN.GT.0)GOTO81
0
0      TRAG-FITIOUS FREE PATH CALCULATED IN UNITS OF (G/CM**2)
0      WY-COORDINATE OF (Z) THE FINAL POINT CORRESPONDING TO FREE PATH
0
0      WY=GM(WP(3)) $TRAG=ABS((WY-WX)/WPIN(4))
0      RE=RE-TRAG $WP(7)=ENCHA(TRACE,2)
81     IF(WP(7).LT.TCBRP)GOTO14
0      PRBG=PRBG+TRACE
0      IF(PREG.GE.PRASP) GO TO 15
0
0      MAKING AN INTERACTION OCCURED
0
0      IF(RNDM(-1).LE.CROSST(1,140.,WP(7))/CROSST(1,140.,EPI))GOTO31
13     WX=WY $WD=DLINA(WX) $GOTO12
0      WF(3)=WPIN(3) $PI2G=1. $CALL NEWCOR(PRASP,1)
0      CALL OUT(WP(1),WP(2),WP(3))
0      IF(GCT.GE.1.)GOTO500
0      CALL PROTON $RETURN
500    IF(WP(3).LT.0.)GOTO501
0      WP(3)=RZ(100) $CALL PROTON $RETURN
501    WF(3)=0. $CALL PROTON $RETURN
31     CALL PROTON $RETURN
14     PCGL=1. $IF(WP(8).LT.0.)PIMR=1. $CALL PRCTON $RETURN
15     PI2G=1. $IF(WP(8).LT.0.)PIMR=1.
0      WF(3)=WPIN(3)
0      CALL NEWCOR(PRASP,1) $CALL PRCTON $RETURN
16     CONTINUE
0      PI2G=1. $WP(3)=WPIN(3)
0      CALL NEWCOR(PRASP,1) $CALL OUT(WP(1),WP(2),WP(3))
0      IF(GCT.GE.1.)GOTO700
0      CALL PROTON $RETURN
700    IF(WP(3).LT.0.)GOTO701
0      WP(3)=RZ(100) $CALL PROTON $RETURN
701    WF(3)=0. $CALL PROTON $RETURN
0      END

```

FUNCTION PASSVA (P, Q, X)

Вычисление пробега частицы в атмосфере до взаимодействия

Задаваемые величины

P - масса частицы (МэВ)

Q - для нейтральных частиц - кинетическая энергия, для заряженных - энергия, при которой сечение взаимодействия максимально

$X = -\rho_m \xi$; ξ - равномерно распределенное в интервале (0,1) - случайное число.

Выдаваемые величины

PASSVA - пробег до взаимодействия в (см.)

Используемые подпрограммы

PLOTN, CROSS

Примечание

PASSVA вызывается из ENLOSS

```

FUNCTION PASSVA(P,Q,X)
COMMON /BLSDA/ SD(3), ASD /MANYKC/ NKOMP /WRPR/ WP(3) /BLOK1/ GH(5)
COMMON /BLOK2/ ATG(3), ZTG(3)
P/TH=3.0
DO 1 K=1, NKOMP
PATH=PATH+(1.7706025*SD(K)*PLCTN(WP(3),K)*CROSST(K,P,Q))/ATG(K)
CONTINUE
R=WP(4)/GH(2)
V=X/PATH*R

```

1

IF V IS SMALLER THAN -1 THE FREE PATH IS INFINITE

```

IF(V.LE.-1.) GO TO 2
PASSV)=ALOG(1.+V)/R $ RETURN
PASSVA=1.
RETURN 1 ENI

```

000

2

SUBROUTINE LOENT

Подпрограмма моделирования историй низкоэнергетических ($T < 10,5$ МэВ) нейтронов на основе 26-групповой системы констант /8/.

Задаваемые величины

WP(1-9) - кинематические и квантовые характеристики частицы (см. ENLOSS)

Используемые подпрограммы

NEWCOR, PLOTN, TNEUT, ISANGL, OUT, QINT, ZAPOLN, RNDM

Примечание

LOENT вызывается из MAINM²

```

SUBROUTINE LOENT
COMMON /BLGR1/ EGR(27) /BLGR2/ SGLN(26,6,3) /BLGR3/SUV(10,11,3)
*/BLGR4/SUF(5,11) /BLGR5/VNU(5) /BLGR6/OLN /BLGR11/SV(11)
*/WRWR/WP(9) /BLOK2/ATG(3),ZTG(3) /BLOK3/RO(3),DI(3),R2(3)
*/GOOUT/ GOT
*/BLK1/GH(5)
*/ELANGL/ANGL(4) /BLOK77/SPT(9,60) /BLGR7/IPR(5) /BLGR8/PRELN
COMMON /ELSHA/SD(3),ASD
*/MANYK(NKOMP)
*/MATTNE/NK
*/HEAT/EZERJ
COMMON/DISTR/FISR(40),FISZ(51)
*/RINEL(40),ZINEL(51)
*/CAPR(40),CAPZ(51)
*/ELR(40),ELZ(51)
COMMON/ZAP/COST
DIMENSION AH(5)
PFLGN=1
77 IF(WP(7)-OLN) 88,88,1
1 DO 2 J=2,27
3 IF(WP(7)-EGR(J)) 2,2,3
2 NGRUP=J-1 GO TO 4
CONTINUE
4 NGRUP=26
BL = -ALOG(RNDM(-1))
SHT = 1.0
DC 41 K=1,NKOMP

CALCULATION OF TRANSPORT CROSS SECTION

SIGTR=SGLN(NGRUP,1,K)+SGLN(NGRUP,3,K)+
*SGLN(NGRUP,4,K)+SGLN(NGRUP,5,K)*(1.-SGLN(NGRUP,6,K))
AH(K)=SIGTR*FLOTN(WP(3),K)*SD(K)+0.6025/ATG(K)
SHT=SHT+AH(K)
41 CONTINUE
AR=WP(4)/GH(2) $ AD=BL/SHT*AR $ WR=WP(3)
COST=WF(4)

IF AD IS SMALLER THAN -1,PARTICLE LEAVES OUT OF THE ATMOSPHERE

IF(AD.LE.-1.) GO TO 356
SELECTION OF FREE PATH
PROBEG=ALOG(1.+AD)/AR

CALCULATION OF THE NEW COORDINATES
CALL NEW COR (PROBEG,1)
REGISTRATION OF THE CHARACTERISTICS OF A NEUTRON
CALL ZAPOLN(ZR,WP(3),WP(7))
VERIFYING WHETHER THE END OF THE FREE PATH IS IN THE ATMOSPHERE
OR NOT
CALL OUT (WP(1),WP(2),WP(3))
IF(GOT) 5,5,88
356 GOT=1, WP(3)=0
CALL ZAPOLN(ZR,WP(3),WP(7))
GO TO 88
5 DC 7 J=1,5
7 IPR(J)=0
P=RNDM(-1)*SHT
DC 85 K=2,NKOMP
85 AH(K)=AH(K-1)+AH(K)
DC 84 K=1,NKOMP
IF(B-AH(K)) 82,82,84
82 IF(K-2) 71,71,73
84 CONTINUE
76 NK=1 GO TO 72
73 NK=3 GO TO 72
71 NK=2
72 RLIT=((ATG(NK)-1.0)/(ATG(NK)+1.0))**2

AH(1)=CROSS SECTION OF FISSION
AH(1)=SGLN(NGRUP,1,NK) $ AH(2)=SGLN(NGRUP,3,NK)
AH(2)=CROSS SECTION OF CAPTURE

```

```

0000 AH(3)=SGLN(NGRUP,4,NK) $ AH(4)=SGLN(NGRUP,5,NK)
0000 AH(3)-CROSS SECTION OF INELASTIC SCATTERING
0000 AH(4)-CROSS SECTION OF ELASTIC SCATTERING
0000 AH(4)=AH(4)*(1.-SGLN(NGRUP,6,NK))
0000 SFIS=AH(1) $ SINL=AH(3) $ SEL=AH(4) $ SCAP=AH(2)
0000 DC 3 J=2,4
0008 AH(J)=AH(J-1)+AH(J)
0000 B=RNEM(-1)*AH(4)
0000 Z=WP(1) $ R=SQRT(WP(1)**2+WP(2)**2)
0000 SFIS=SFIS/AH(4) $ SCAP=SCAP/AH(4) $ SINL=SINL/AH(4) $ SEL=SEL/AH(4)
0000 DC 9 J=1,+
0000 CHOICE OF THE INTERACTION TYPE
0000 IF(3-AH(J))10,9,9
0009 GC TO(11,21,31,41),J
0009 CONTINUE
0000 ELASTIC SCATTERING
0004 IPR(4)=1
0000 CALL ISANGL $ WP(4)=ANGL(1) $ WP(5)=ANGL(2) $ WP(6)=ANGL(3)
0000 WP(7)=WP(7)*((1.+RLIT)/2.+((1.-RLIT)/2.)*WP(4))
0000 GO TO 77
0000 CAPTURE
0021 IPR(2)=1
0000 GO TO 83
0000 INELASTIC SCATTERING
0031 IPR(3)=1
0000 DC 32 J=1,10
0032 SV(J)=SUV(J,NGRUP,NK)
0000 DC 33 J=2,11
0033 SV(J)=SV(J-1)+SV(J) $ W=SV(10)
0000 CHOICE OF SECONDARIES PRODUCED IN THE INELASTIC REACTION
0034 IF(RNEM(-1)-(SGLN(NGRUP,4,NK)/W) 34,34,35
0034 KN=1 $ GO TO 50
0034 KN=2 $ IPR(5)=1 $ GO TO 50
0000 FISSION
0041 IPR(1)=1 $ W=SGLN(NGRUP,2,NK)
0000 KN = IFIX(J+RNEM(-1))
0000 DC 12 J=1,4
0000 DC 13 L=1,5
0042 AH(L)=SPFU(L,J)
0042 SV(J) = QIIT(W,VNU,AH,5)
0000 DC 16 J=2,11
0046 SV(J)=SV(J-1)+SV(J)
0000 NGRUP=1
0049 IF(KN-1) 51,51,60
0000 CHOICE OF THE ENERGY OF A NEUTRON CREATED IN THE INELASTIC
SCATTERING OR FISSION
0051 CALL ISANGL $ WP(4)=ANGL(1) $ WP(5)=ANGL(2) $ WP(6)=ANGL(3)
0051 WP(7)=TNEUT(NGRUP,10+IPR(1)) $ GO TO 77
0051 DC 51 J=1,35
0051 IF(SPT(7,J)) 62,62,61
0051 H=J $ GO TO 64
0051 CONTINUE
0051 PRINT 63 $ GO TO 51
0051 FORMAT(4,X,35FLOW-ENERGY NEUTRONS MASSIV EXCEEDED)
0051 H=H+(KN-2)
0000 CHOICE OF THE CHARACTERISTICS OF THE PRODUCED NEUTRONS AND
STORING THEM INTO THE MEMORY
0065 DC 65 J=1,14

```

```

CALL ISANGL
SPT(1,J)=WP(1) $ SPT(2,J)=WP(2) $ SPT(3,J)=WP(3)
SPT(4,J)=ANGL(1) $ SPT(5,J)=ANGL(2) $ SPT(6,J)=ANGL(3)
SPT(7,J)=TNEUT(NGRUP,10+IPR(1)) $ SPT(8,J)=WP(8) $ SPT(9,J)=WP(9)
65  CONTINUE

```

MEMORY IS EMPTY OR NOT

```

88  GO TO 51
    IF(SPT(7,1))89,89,90

```

CHOICE OF THE FOLLOWING PARTICLE FROM THE MEMORY

```

89  PALEN=-1, 3 RETURN
90  DO 91 J=1,53
91  IF(SPT(7,J))92,92,91
92  JN=J-1 $ GO TO 93
93  CONTINUE
94  DO 94 J=1,3 $ WP(J)=SPT(J,JN)
    SPT(J,JN)=1.
    NZERC=WP(7)
    GO TO 77
END

```


FUNCTION ENCHN(TRACE, I)

Вычисление ионизационных потерь заряженных частиц на заданной длине пробега

Задаваемые величины

РБО - пробег частицы до остановки

TRACE - величина пробега частицы ($\text{г}/\text{см}^2$)

$I = \begin{cases} I & \text{— рассматриваемая частица — протон} \\ -I & \text{— рассматриваемая частица — } \pi^\pm \text{ мезон} \end{cases}$

TR(1-85), RN(1-87), RP(1-87) - таблицы зависимости "пробег-энергия" (см. ВВРОДх)

Выдаваемые величины

ENCHN - кинетическая энергия частицы в конце заданного пробега

TRACE

Используемые подпрограммы

QINT - квадратичная интерполяция

Примечание

ENCHN вызывается из ENLOSS, PROTON

FUNCTION ENCHA(TRACE,I)

CALCULATION OF THE KINETIC ENERGY OF A CHARGED PARTICLE
AT THE END OF EACH ZONE

COMMON/DIO/REC,RE,IPN

COMMON/BLOK7/TR(85)/BLOK8/RN(85)/BLOK9/RP(85)

IF(IPN.GT.0)GOTO1

IPN DEFINES WHERE THE CONTROL COMES FROM (PROTON OR ENLOSS)

RE1=RE GOTO2

RE2=REC-TRACE

IF(1.EC.2)GOTO4

IF(RE1.GE.1.01757)GOTO3

ENCHA=0. \$RETURN

ENCHA=GINT(RE1,RN,TR,85) \$RETURN

IF(RE1.GE.1.07442)GOTO6

GOTO5

ENCHA=GINT(RE1,RP,TR,85)

RETURN (END)

0000

000

3

5

3

4

5

FUNCTION GM(Z)

преобразование глубины (см) в толщину ($г/см^2$)

$$\text{толщина} = \int_0^z \rho(z') dz'$$

Задаваемые величины

Z - глубина (см)

RO(1-3) - значение плотности N, O, воздуха

GH(1-5) - параметры атмосферы (см OUT)

Выдаваемые величины

GM - толщина ($г/см^2$)

Используемые подпрограммы

PLOTN

Примечание

GM вызывается из PROTON

FUNCTION DLINA(Z)

преобразование толщины ($z/\text{см}^2$) в длину (см)
DLINA

$$Z = \int_0^Z \rho(z') dz'$$

Задаваемые величины

RO(1-3) - значения плотности N_0, O и воздуха на нулевой высоте

GH(1-5) - параметры атмосферы (см. OUT)

Z - глубина в атмосфере ($z/\text{см}^2$)

Выдаваемые величины

DLINA (см)

Используемые подпрограммы

PLOTN

Примечание

DLINA вызывается из GRAM, ENLOSS, PREST

```
FUNCTION DLINA(Z)
COMMON/BLOK3/RO(3),DI(3),R2(3)/BLOK1/GH(5)
RCZ=FLCTN(1,3)
DLINA=GH(2)*ALOG(1.+Z/GH(2)/RCZ)
RETURN
END
```

FUNCTION PLOTN(Z)

Вычисление плотности по заданной глубине Z

Задаваемые величины

P0(1-3) - плотности N, O, воздуха

Z - глубина (см)

GN(1-5) - параметры атмосферы

Выдаваемые величины

PLOTN - плотность ($г/см^3$)

Примечание

PLOTN вызывается из П/П DLINA, ENLOSS

FUNCTION PLOTN(Z,K)

CALCULATION OF THE ATMOSPHERIC DENSITY DEPENDENT ON DEPTH

COMM(N/BLOK3/RO(3),DI(3),R2(3)/BLOK1/GH(5)

PLOTN=RO(K)*EXP((Z-GH(1))/GH(2))

RETURN

END

SUBROUTINE GRAM

Разбиение атмосферы на слои толщиной 10 z/cm^2

Задаваемые величины

$Z(1-100)$ - значения глубин (z/cm^2) разбиения

Выдаваемые величины

$RZ(1-100)$ - соответствующие Z значения глубин (см)

Используемые подпрограммы

DLINA

Примечания

1. GRAM вызывается из MAINMC
2. Значения Z и RZ - печатаются

SUBROUTINE GRAM

TRANSFORMATION OF AN ATMOSPHERIC DEPTH IN UNITS OF G/CM**2 INTO CM

COMMON/PZ/RZ(100)

PRINT 1

1 FORMAT(//50X, #H - CM#,15X, #H - G/CM**2#,/)

Z=9. # RZ(1)=DLINA(Z)

PRINT 3, RZ(1),Z

DO 2 I=2,99

Z=11. #FLOAT(I) \$ RZ(I)=DLINA(Z)

PRINT 3, RZ(I),Z

Z=1133. # RZ(100)=DLINA(Z)

PRINT 3, RZ(100),Z

3 FORMAT(4#X,E13.6,10X,E13.6)

RETURN 3 END

0000

1

2

3

SUBROUTINE PREST (WC)

Определение Z координаты в конце ионизационного пробега

Задаваемые величины

REO - пробег заряженной частицы до остановки

WX - начальная Z -координата частицы (см)

RZ(1-100) - значения координат (см), разбивающие атмосферу на слои по 10 g/cm^2 (см GRAM)

Выдаваемые величины

WC - значение Z -координаты в конце ионизационного пробега, или на границе атмосферы, если частица вышла за пределы атмосферы.

Используемые подпрограммы

DLINA

Примечание

PREST вызывается из ENLOSS

SUBROUTINE PREST(WC)
 COMMON/WBPR/WP(9)/RZ/RZ(100)/B10/PEO,RE,IPN
 COMMON/INTER/WX

DETERMINATION OF THE COORDINATE (Z) OF THE FINAL POINT OF
 A PARTICLE CORRESPONDING TO THE TOTAL IONIZATION FREE PATH
 IN CM

RY=GM(RZ(100)) SWY1=WX+RE*WP(4)
 IF(WY1.LT.0.)GOTO1
 IF(WY1.GT.RY)GOTO2
 WC=DLINA(WY1) SRETURN
 WY1=0. SWC=0. SRETURN
 WC=RZ(100)
 RETURN SEND

0
0
0
0
0

FIN

SUBROUTINE OUT(X,Y,Z) - для определения местонахождения частицы.

Задаваемые величины

Z - глубина частицы в (см) в атмосфере
X, Y - не используются
GN(1) - толщина атмосферы (50 км)
GN(2) - параметр α атмосферы (см (3))
GN(3-5) не используются

Выдаваемые величины

GOТ = $\begin{cases} +1 - \text{частица в атмосфере} \\ -1 - \text{частица покинула атмосферу} \end{cases}$

```
SUBROUTINE OUT(X,Y,Z)
COMMON/GOOUT/GOT/BLOCK1/GH(5)
GOT=-1.0 IF(Z.LE.0..OR.Z.GE.GH(1)) GOT=1.
RETURN 0 END
```

SUBROUTINE ZAPOLN (Z0, Z1, T)

Подпрограмма для записи траекторий нейтронов на внешний носитель для последующей их обработки.

Задаваемые величины

- Z0 - координата Z (см) в начале пробега
Z1 - Z - координата (см) в конце пробега
T - кинетическая энергия частицы (МэВ)
COST - $\cos\theta$; θ - угол между осью Z и направлением полета нейтрона
NBROS - номер первичного моделируемого протона
RZ (1-100) - разбиение атмосферы на слои по $10^z / \text{см}^2$ (см. GRAM)

Выдаваемые величины

- IMIN, IMAX - минимальный и максимальный номера слоев атмосферы, в которых находится траектория
- IA = $\left\{ \begin{array}{l} 1 - \text{записывается начальная часть траектории, целиком лежащая в одном слое} \\ 2 - \text{записывается часть траектории, целиком пересекающая несколько слоев} \\ 3 - \text{записывается конечная часть траектории, целиком лежащая в одном слое.} \end{array} \right.$
- IM, IN - начальный и конечный номера слоев, в которых лежит записываемая часть траектории.
- AZ - конечная Z - координата нейтрона
T - кинетическая энергия нейтрона
COST - $\cos\theta$; θ - угол между осью Z и направлением полета нейтрона
DL - доля слоя, пересекаемая нейтроном

Примечания

1. ZAPOLN вызывается из ENLOSS, LOENT

2. На внешний носитель записываются I MIN, I MAX, IA, IM,
IN, AZ, T, COST, DN, NBROS

```

SUBROUTINE ZAPOLN(Z0,Z1,T)
0000  REGISTRATION OF THE CHARACTERISTICS OF THE NEUTRON PRODUCED IN
0000  THE ATMOSPHERE
0000  COMMON/ZAP/COST/RZ/RZ(100)/NBROS/NBROS
0000  COMMON/IDF/IM,DL
0000  COMMON/WRP/IN/WPIN(9)
0000  COMMON/HCU/SI,COS
0000  IF(Z0.EQ.0..AND.Z1.EQ.0.)RETURN
0000  AZ-THE END POINT OF THE NEUTRON TRAJECTORY
0000  AZ=Z1
0000  DO1 I=1,100
0000  IF(Z0.LE.RZ(I))GOTO2
0000  CONTINUE
0000  RETURN
0000  I0-THE INDEX OF THE ZONE WHERE THE INITIAL POINT OF THE NEUTRON
0000  TRAJECTORY IS
0000  I0=1
0000  DO4 J=1,100
0000  IF(Z1.GT.0..AND.Z1.LE.RZ(J))GOTO5
0000  CONTINUE
0000  IF(Z1.LE.0.)GOTO100
0000  I1-THE INDEX OF THE ZONE WHERE THE END POINT OF THE NEUTRON
0000  TRAJECTORY IS
0000  I1=101 $GOTO6
0000  Z1=0. $I1=1 $GOTO6
0000  I=J
0000  IMIN=MIN0(I0,I1) $IMAX=MAX0(I0,I1)
0000  IF(I0.LT.I1)GOTO7
0000  IF(I0.GT.I1)GOTO8
0000  GOTO9
0000  IH,IL-THE AUXILIARY PARAMETERS USED FOR DIFFERING THE CASE
0000  I0 SMALLER THAN I1 FROM THE CASE I0 GREATER THAN I1
0000  IH=0 $IL=1
0000  IF(I0.EQ.1)GOTO10
0000  DL=ABS(Z1-RZ(IH))/(RZ(I0)-RZ(I0-1))
0000  IA=1
0000  IM,IN-THE INDEXS OF THE ZONES TO WHICH A PART OF THE NEUTRON
0000  TRAJECTORY BELONGS
0000  IM=I0 $IN=I0
0000  GOTO11
0000  DL=ABS(Z1-RZ(1))/RZ(1)
0000  IA=1
0000  IM=1 $IN=1
0000  T-THE KINETIC ENERGY OF THE NEUTRON
0000  COST-COSINE OF THE ENTER ANGL OF THE NEUTRON
0000  DL-THE PART OF THE NEUTRON PASSING THROUGH A ZONE
0000  NBROS-NUMBER OF THE SIMULATED PRIMARY PARTICLES
0000  CONTINUE
0000  WRITE(1)IMIN,IMAX,IA,IM,IN,AZ,T,COST,DL,NBROS
0000  IF(IMIN.EQ.IMAX-1)GOTO16
0000  DL=1. $IM=IMIN+1 $IN=IMAX-1
0000  WFL=0(1)IMIN,IMAX,IA,IM,IN,AZ,T,COST,DL,NBROS
0000  IF(I1.GT.100)RETURN
0000  IA=3
0000  IF(I1.EQ.1)GOTO20
0000  DL=ABS(RZ(I1-IL)-Z1)/(RZ(I1)-RZ(I1-1))
0000  IM=I1 $IN=I1
0000  GOTO21
0000  DL=(RZ(1)-Z1)/RZ(1) $IM=1 $IN=1
0000  WRITE(1)IMIN,IMAX,IA,IM,IN,AZ,T,COST,DL,NBROS
0000  RETURN

```



```
16 IF (I0.EQ.100.AND.I1.GT.100) RETURN
   GOTO13
8  IH=1  IIL=0
   GOTO12
9  IA=1
   IF (I0.EQ.1) GOTO14
   CL=ABS(Z0-Z1)/(RZ(I0)-RZ(I0-1))
   IM=I0  IIN=I0
   GOTO15
14 CL=ABS(Z0-Z1)/RZ(1)
   IM=1  IIN=1
15 WRITE (1) IMIN,IMAX,IA,IM,IN,AZ,I,COST,CL,NBROS
   RETURN 0END
```

SUBROUTINE PROTON

Подпрограмма для записи на внешний носитель траекторий протонов и π -мезонов для последующей их обработки.

Задаваемые величины

WP(1-9) - характеристики частиц (см. ENLOSS) в конце пробега
WPIN(1-9) - характеристики частиц в начале пробега
RZ(1-100) - разбиение атмосферы (см. GRAM)

Выдаваемые величины

IMIN, IMAX, IM, IN, TK, DL (см. ZAPOLN)

Используемые подпрограммы

ENCHA, GM

Примечания

1. PROTON вызывается из ENLOSS
2. На ленту записываются IMIN, IMAX, IM, IN, TK, WP(3), WP(4), WP(9), WP(8), DL, NBROS

SUBROUTINE PROTON

REGISTRATION OF THE CHARACTERISTICS OF A CHARGED PARTICLE
PASSING THROUGH THE ATMOSPHERE

COMMON/WRPRIN/WPIN(9)/WRPR/WP(9)/RZ/RZ(100)/BLOK11/PCGL
/BLOK7/TR(35)/BLOK8/RN(85)/BLOK9/RP(85)/NBROS/NBROS

COMMON/JOIO/REC,RE,IPN
IF(WFIN(3).EQ.0..AND.WP(3).EQ.1.)RETURN

IPN=1

DO1 I=1,10

IF(WFIN(3).LE.RZ(I))GOTO2

CONTINUE

RETURN

I0-THE INDEX OF THE ZONE WHERE THE INITIAL POINT OF THE
TRAJECTORY OF THE CHARGED PARTICLE IS

I0=I

DO4 J=1,100

IF(WP(3).LE.RZ(J))GOTO5

CONTINUE

RETURN

I1-THE INDEX OF THE ZONE WHERE THE END POINT OF THE
TRAJECTORY OF THE CHARGED PARTICLE IS

I1=J

IMIN=MIN0(I0,I1) \$IMAX=MAX0(I0,I1)

WZ=GM(WPIN(3)) \$WZ1=GM(WP(3))

IF(I0.LT.I1)GOTO7

IF(I0.GT.I1)GOTO8

GOTO9

INCR,IC,ID-THE AUXILIARY PARAMETERS USED FOR DIFFERING
THE CASE I0 SMALLER THAN I1 FROM THE CASE I0 GREATER THAN I1

INCR=1 \$IC=0 \$ID=1

I=I0+INCR

RF=GM(RZ(I+IC)) \$RH1=GM(RZ(I))

IF(I0.EQ.1)GOTO11

DL=ABS((RZ(I+IC)-WPIN(3))/(RZ(I0)-RZ(I0-1)))

TRACE=ABS((RH1-WZ)/WPIN(4))

IM=I0 \$IN=I0 \$GOTO12

DL=(RZ(I)-WPIN(3))/RZ(I) \$IM=1 \$IN=1

TRACE=ABS((RH1-WZ)/WPIN(4))

IF(WP(8).EQ.0.)GOTO27

IRA=1

IF(WP(9).LT.510.)IRA=2

TK=ENCF1(TRACE,IRA)

GOTO21

TK=WP(7)

WRITE(3)IMIN,IMAX,IM,IN,TK,WP(3),WP(4),WP(9),WP(8),DL,NBROS

IF(I.EQ.I1)GOTO24

IF(WP(8).NE.0.)GOTO26

DL=1. \$IM=IMIN+1 \$IN=IMAX-1 \$TK=WP(7)

IM,IN-THE INDEXS OF THE ZONES TO WHICH A PART OF THE
TRAJECTORY OF THE CHARGED PARTICLE BELONGS
TK-THE KINETIC ENERGY OF THE CHARGED PARTICLE
WP(3)-THE END POINT OF A PART OF THE TRAJECTORY
WP(4)-COSINE OF THE ENTER ANGL OF THE CHARGED PARTICLE
WP(9)-THE MASS OF A CHARGED PARTICLE
WP(8)-THE CHARGE
DL-THE PART OF THE CHARGED PARTICLE PASSING THROUGH A ZONE
NBROS-NUMBER OF THE SIMULATED PRIMARY PARTICLES

WRITE(3)IMIN,IMAX,IM,IN,TK,WP(3),WP(4),WP(9),WP(8),DL,NBROS

GOTO23

DL=1. \$IM=I \$IN=I

RA=GM(RZ(I)) \$RB=GM(RZ(I-1))

TRACE1=ABS((RA-RB)/WPIN(4))

TRACE=TRACE1+TRACE1

IRA=1

IF(WP(9).LT.510.)IRA=2

TK=ENCF1(TRACE,IRA)

```

23 WRITE (3) IMIN, IMAX, IM, IN, TK, WP(3), WP(4), WP(9), WP(8), DL, NBROS
   IF (I+INCR.LT.1) GOTO50
   IF (I-I1) 23, 24, 25
35 IF (I-I1) 25, 24, 23
   IF (I-I1) 23, 24, 25
34 DL=ABS((WP(3)-RZ(I-ID))/(RZ(I)-RZ(I-1)))
   IM=I
   IN=I
   IF (WP(8).EQ.0.) GOTO41
   PHD=GM(RZ(I-ID))
   TRACE2=ABS((WZ1-RH2)/WPIN(4))
33 TRACE=TRACE+TRACE2
   IRA=1
   IF (WP(9).LE.500.) IRA=2
   IF (WP(7).EQ.0.) GOTO35
   TK=INCHA(TRACE, IRA) $GOTO36
35 TK=0.
36 WRITE (3) IMIN, IMAX, IM, IN, TK, WP(3), WP(4), WP(9), WP(8), DL, NBROS
   GOTO33
37 DL=ABS((WP(3)-RZ(1))/RZ(1)) $I4=1 $IN=1
   IF (WP(8).EQ.0.) GOTO41
   TRACE2=ABS((WZ1-RH1)/WPIN(4))
   GOTO33
25 RETURN
8 INCR=-1
   IC=I
   ID=1 $GOTO15
9 IF (I1.EQ.1) GOTO60
   DL=ABS((WP(3)-WPIN(3))/(RZ(I0)-RZ(I0-1)))
   IM=I0 $IN=I1 $GOTO61
67 DL=ABS((WP(3)-WPIN(3))/RZ(1)) $IM=1 $IN=1
61 IF (WP(8).EQ.0.) GOTO41
   IRA=1
   IF (WP(9).LE.500.) IRA=2
   TRACE=ABS((WZ-WZ1)/WPIN(4))
   IF (WP(7).EQ.0.) GOTO42
   TK=INCHA(TRACE, IRA)
   GOTO40
42 TK=1. $GOTO40
41 TK=WP(7)
40 WRITE (3) IMIN, IMAX, IM, IN, TK, WP(3), WP(4), WP(9), WP(8), DL, NBROS
   RETURN (END)

```

SUBROUTINE INFORM

COMMON/HASC/ ANUC1,ZNUC1,EP1,VP1,A,C,D,TFD
 COMMON/ANUC,ZNUC,EPS,VPI,N,#SM(10),R8IG(10),RHOP(10),RHON(10),
 * AF(10),TFP(10),TFN(10)
 /BEGIN/CH0,T0,T1,T2,MEB,MOJ,MSI,LD
 * /BLK101/SGNT(3,3)/BLK102/SGPT(30,3)/BLK103/SGNI(3,3)
 COMMON/BLGR1/EGR(27)/BLGR2/SGLN(26,6,3)/BLGR3/SUV(10,11,3)
 * /BLK100/ENP(3,3)/BLK104/SGPI(30,3)
 /BLGR4/SPFU(5,11) /BLGR5/VNU(5)

DIMENSION SUV1(110),SUV2(110),SUV3(110)
 DIMENSION EN1(30),EN2(30),EN3(30)
 DIMENSION SNT1(30),SNT2(30),SNT3(30)
 DIMENSION SNI1(30),SNI2(30),SNI3(30)
 DIMENSION SLN1F(26),SLN1N(26),SLN1C(26),
 SLN2F(26),SLN2N(26),SLN2C(26),
 SLN3F(26),SLN3N(26),SLN3C(26),
 SLN1I(26),SLN1E(26),SLN1M(26),
 SLN2I(26),SLN2E(26),SLN2M(26),
 SLN3I(26),SLN3E(26),SLN3M(26)

DIMENSION SPT1(30),SPT2(30),SPT3(30)
 DIMENSION SPI1(30),SPI2(30),SPI3(30)
 EQUIVALENCE (ENP(1),EN1(1)),(ENP(31),EN2(1)),(ENP(61),EN3(1))
 EQUIVALENCE (SGNT(1),SNT1(1)),(SGNT(31),SNT2(1)),
 (SGNT(61),SNT3(1))

EQUIVALENCE (SGLN(1),SLN1F(1)),(SGLN(27),SLN1N(1)),
 (SGLN(51),SLN1C(1)),(SGLN(75),SLN1I(1)),(SGLN(115),SLN1E(1)),
 (SGLN(131),SLN1M(1))

EQUIVALENCE (SGLN(157),SLN2F(1)),(SGLN(183),SLN2N(1)),
 (SGLN(219),SLN2C(1)),(SGLN(235),SLN2I(1)),(SGLN(261),SLN2E(1)),
 (SGLN(287),SLN2M(1))

EQUIVALENCE (SGLN(313),SLN3F(1)),(SGLN(339),SLN3N(1)),
 (SGLN(365),SLN3C(1)),(SGLN(391),SLN3I(1)),(SGLN(417),SLN3E(1)),
 (SGLN(443),SLN3M(1))

EQUIVALENCE (SNI(1),SNI1(1)),(SNI(31),SNI2(1)),
 (SNI(61),SNI3(1))
 (SGPT(1),SPT1(1)),(SGPT(31),SPT2(1)),(SGPT(61),SPT3(1))
 (SGPI(1),SPI1(1)),(SGPI(31),SPI2(1)),(SGPI(61),SPI3(1))

EQUIVALENCE (SUV(1),SUV1(1)),(SUV(11),SUV2(1)),(SUV(22),SUV3(1))
 DATA(SLN1F=26(0.))
 DATA(SLN2F=26(0.))
 DATA(SLN3F=26(0.))

* 1.5,6.5,4.,2.5,1.4,.,8.,4.,2.,1.,.0465,.,0215,.,01,
 .,465,.,10215,.,5001,.,000465,.,000215,.,0001,.,0000465,.,0000215,
 .,101,.,1000465,.,10000215,.,000001,.,00000465,.,00000215,
 DATA(SPTJ=)

* .115,.,017,.,018,.,020,.,021,.,088,.,092,.,095,.,098,.,101,
 .,181,.,186,.,188,.,190,.,192,.,271,.,270,.,269,.,268,.,267,
 .,252,.,251,.,199,.,196,.,194,.,141,.,139,.,137,.,135,.,133,
 .,251,.,009,.,009,.,009,.,009,.,009,.,024,.,023,.,023,.,022,.,022,
 * .015,.,009,.,009,.,009,.,009,.,5(.003),5(.001))
 DATA(VNU=2,4,6,2,8,3,3,2)

INFORMATION ON CROSS SECTION N-2, 0-2
 DATA(SLN1C=.2,.,22,.,2,.,085,.,01,.,045,.,0016,.,0015,.,0015,.,0017,
 .,24,.,073,.,52,.,0078,.,011,.,017,.,024,.,035,.,052,.,077,
 3.112,.,165,.,241,.,354,.,520,.,185E+11)

DATA(SLN2C=.2,.,075,.,003,.,23(.0))
 DATA(SLN1I=.3,.,15,.,24(.0))
 DATA(SLN2I=.16,.,25(.0))

DATA(SLN1E=.8,1.23,1.45,1.86,1.79,2.25,3.20,4.15,6.1,7.2,
 28.3,8.79,9.09,9.39,9.48,9.6,9.7,9.8,9.8,9.8,9.8,9.8,9.8,9.8,9.8,9.8)

DATA(SLN2E=.76,1.38,1.9,1.75,4.3,5.6,3.8,3.5,3.55,3.6,3.65,3.7,
 2.4(3.7))

DATA(SLN1M=.35,.,25,.,21,.,13,.,06,21(.05))
 DATA(SLN3M=.33,.,26,.,26,.,15,.,08,.,23,.,03,19(.04))
 DATA(SUV1=.3,.,02,.,08,.,11,.,07,.,15,.,02,.,0,.,0,.,0,.,0,.,01,.,15,.,06,.,0

23,04(.0))
 DATA(SUV2=.9,.,0,.,02,.,05,.,05,.,03,.,01,103(.0))
 DATA(SM1=

* 1.5,6.5,4.,25,30,.,37.5,45,.,55,70,.,85,100,.,120,.,135,.,150,.,
 .,200,.,220,.,260,.,300,.,375,.,450,.,550,.,775,.,1000,.,2000,.,3500,.,
 * 700,.,1000,.,2000,.,3000,.)

INFORMATION ABOUT THE TOTAL AND INELASTIC CROSS SECTION N-2, 0-2
 DATA(SNT1=

1 210,.,140,.,147,.,140,.,126,.,110,.,100,.,85,.,66,.,57,.,48,.,
 2 415,.,36,.,36,.,315,.,30,.,296,.,230,.,280,.,288,.,296,.,312,.,355,.

