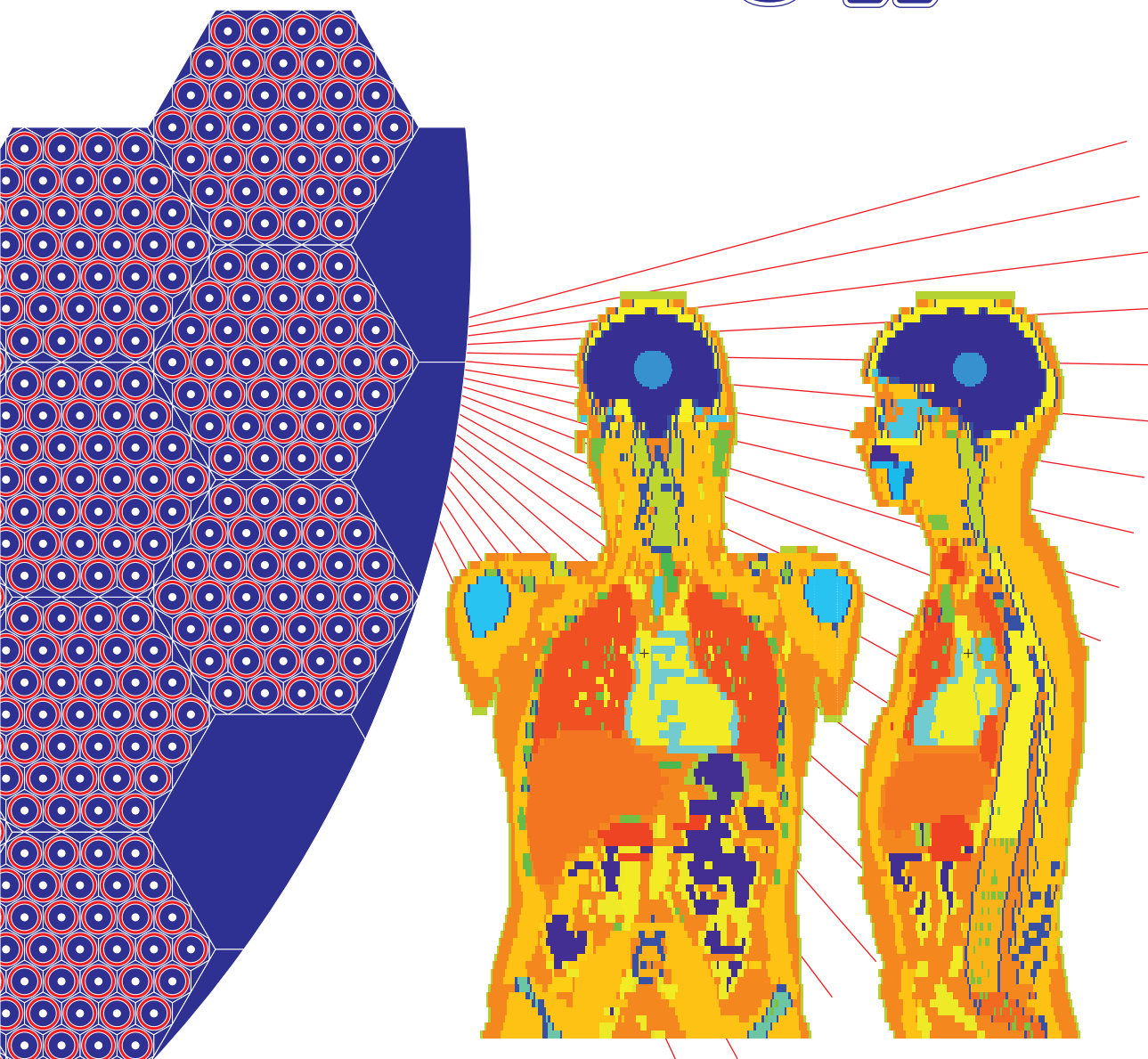


# آموزش کد MCNPX



تألیف: یاسر کاسه‌ساز - مصطفی حسن‌زاده

## آموزش کد MCNPX

تألیف: یاسر کاسه‌ساز - مصطفی حسن‌زاده



### شهید دکتر مجید شریاری

راز موفقیت شهید شاهد، دکتر شریاری و اقربان وی، پی بردن به حقیقت علم (اولاً) و هجرت از آن به معلوم (ثانیاً) و ترغیب به چنین هجرت (ثالثاً) است، زیرا علم، تفسیر و شرح معلوم است و معلوم، خلقت خداست نه طبیعت، و تبیین خلقت، تفسیر فعل خداست، و تحریر فعل خدا همانند شرح قول خدا فقط دینی است. لذا در صدر و ساقه مراکز علمی (اعم از حوزه و دانشگاه) علم غیردینی وجود ندارد؛ آنکه علم را سکولاری می‌پندارد، نه حقیقت دانش را شناخت و نه به گنه معلوم پی برد. این استاد والامقام همانند سایر اساتید وزین و برجسته دینمدار، به کمک علم به معلوم رسیدند و نشان آفریدگار را در آن و نیز در خود که مخلوق کریم خداست مشاهده نمودند و جامع علم و دین شدند که این دو در حقیقت متلازم یکدگرند. حضرت آیت ا... جوادی آملی

مطالب تکمیلی و پشتیبانی، در وب سایت [mcnp.ir](http://mcnp.ir)

حق چاپ محفوظ است.

بخشی از درآمد حاصل از فروش کتاب صرف توسعه و آموزش کدهای محاسباتی می شود. لطفاً نسخه اصلی کتاب را تهیه نمایید.

دفاتر پخش:

شماره ۱: مرکز آموزش و توسعه کدهای محاسباتی - ۰۹۳۵۵۵۶۸۷۵۸

شماره ۲: خ کارگر جنوبی - ابتدای خ آذربایجان پلاک ۱۹۵ - سروش ولایت

۶۶۹۰۰۸۵۵ - ۶۶۹۳۲۲۵۹

ISBN: 978 - 600 - 04-3375-8



9 786000 433758

## راهنمای خرید کتاب

**توجه** تاریخ فروش از اول مهر ماه ۹۴ **توجه**

**خرید حضوری و یا ارسال توسط پیک (فقط برای تهران):**

- جهت خرید حضوری کتاب با شماره زیر تماس بگیرید

۰۹۳۵۵۵۶۸۷۵۸

- جهت ارسال کتاب توسط پیک با تلفن های فوق تماس بگیرید. هزینه پیک توسط مشتری پرداخت خواهد شد.

\*\*\*\*\*

**خرید پستی:**

جهت خرید پستی فرم مربوطه را در لینک زیر تکمیل نمایید و سپس جهت پیگیری با شماره زیر تماس بگیرید:

<http://mcnp.ir/Order.php>

۰۹۳۵۵۵۶۸۷۵۸

هزینه پست توسط مشتری پرداخت خواهد شد

**ارتباط مستقیم با مولفین کتاب از طریق لینک زیر امکان پذیر است:**

<http://mcnp.ir/Show.php?SID=20>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# آموزش کد MCNPX

|                     |                                                        |
|---------------------|--------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | : کاسه ساز، یاسر، ۱۳۵۹                                 |
| عنوان و نام پدیدآور | : آموزش کد MCNPX /تالیف یاسر کاسه ساز، مصطفی حسن زاده. |
| مشخصات نشر          | : تهران: یاسر کاسه ساز، ۱۳۹۴.                          |
| شابک                | : ۹۷۸-۶۰۰-۰۴-۳۳۷۵-۸                                    |
| وضعیت فهرست نویسی   | : فیپا                                                 |
| موضوع               | : روش مونت کارلو -- داده پردازی                        |
| موضوع               | : مهندسی هسته ای -- داده پردازی                        |
| شناسه افزوده        | : حسن زاده، مصطفی، ۱۳۵۴                                |
| رده بندی کنگره      | : QA۲۹۸/ک۲۸ ۱۳۹۴:                                      |
| رده بندی دیویی      | : ۵۱۹/۲۸۲:                                             |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۳۹۱۸۵۷۲                                              |

## مرکز آموزش و توسعه کدهای محاسباتی

نام کتاب: آموزش کد MCNPX

تألیف: یاسر کاسه ساز - مصطفی حسن زاده

ناشر: یاسر کاسه ساز (با حمایت مرکز آموزش و توسعه کدهای محاسباتی)

حروفچینی و صفحه آرایی: مریم احمدی

طراح جلد: مهدی منشی زاده

نوبت و تاریخ چاپ: اول / ۱۳۹۴

قیمت: ۲۰/۰۰۰ تومان

تیراژ: ۱۵۰۰ نسخه

شماره استاندارد بین المللی کتاب (شابک): ۹۷۸-۶۰۰-۰۴-۳۳۷۵-۸



تقدیم بہ:

استاد شہید و کتر محمد شہریاری

## پیشگفتار

در عصر حاضر علوم محاسباتی و شبیه‌سازی در گستره وسیعی از پروژه‌های تحقیقاتی، به منظور دستیابی به درک دقیق‌تری از مفاهیم و جزئیات سیستم‌های مورد مطالعه، که امکان بررسی آنها در شرایط تجربی به سادگی فراهم نیست، وارد شده‌اند. این عامل باعث شده است تا تعداد علاقمندان به استفاده از انواع کدهای محاسباتی افزایش یابد. یکی از معتبرترین و پرکاربردترین کدهای محاسباتی کد MCNPX است که در حل اکثر مسائل مرتبط با انواع پرتوها قابل استفاده می‌باشد. این قابلیت باعث شده است که پژوهشگران و دانشجویان تحصیلات تکمیلی در رشته‌های مختلف از جمله فیزیک هسته‌ای، مهندسی راکتور، پرتو پزشکی، کاربرد پرتوها، فیزیک پزشکی و غیره، از این کد در انجام پژوهش‌های خود استفاده نمایند. هر چند که راهنمای اصلی کد به راحتی قابل دسترس است، اما استفاده از آن برای کسانی که هیچگونه آشنایی با کد ندارند، بسیار مشکل است. هدف از تالیف این کتاب شتاب بخشیدن به روند آموزش و توسعه استفاده از این کد در کشور می‌باشد.

این کد نسخه‌های مختلفی دارد که یکی از جدیدترین آنها نسخه X۲/۶ است که مبنای این کتاب می‌باشد. با توجه به تجربه مولفین، مطالبی در کتاب آموزش داده شده است که اساسی بوده و بیشترین کاربرد را دارند، با این وجود در قسمت‌های مختلف به دیگر قابلیت‌های کد نیز اشاره شده است که علاقمندان می‌توانند جهت آشنایی بیشتر با آنها به راهنمای اصلی کد مراجعه نمایند.

برخود لازم می‌دانیم که از کلیه اساتید، دانشجویان، همکاران و کلیه دوستانی که همواره مشوق ما بودند و ما را در تالیف این کتاب یاری نمودند تشکر نماییم.

ادب ایجاب می‌کند تا یادی از استاد شهید دکتر مجید شهریاری نمایم که سهم بسزایی در آموزش و توسعه استفاده از این کد در کشور داشتند. روحش شاد و راهش پر رهرو باد!

مصطفی حسن زاده

یاسر کاسه ساز

اعضای هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای ایران

تابستان ۹۴



## فهرست مطالب

|       |                                              |    |
|-------|----------------------------------------------|----|
| ۱     | مقدمه.....                                   | ۱  |
| ۱-۱   | معرفی کد.....                                | ۱  |
| ۲-۱   | کاربردهای کد.....                            | ۲  |
| ۳-۱   | توصیه‌هایی جهت استفاده از کد.....            | ۲  |
| ۴-۱   | محدودیت‌های کد.....                          | ۴  |
| ۵-۱   | معرفی چند مرجع کاربردی مرتبط با کد.....      | ۵  |
| ۲     | ساختار فایل ورودی و نحوه اجرای برنامه.....   | ۹  |
| ۱-۲   | ساختار فایل ورودی.....                       | ۹  |
| ۲-۲   | ساختار عمودی.....                            | ۱۲ |
| ۳-۲   | آماده‌سازی و اجرای کد.....                   | ۱۲ |
| ۴-۲   | اجرای کد.....                                | ۱۴ |
| ۱-۴-۲ | روش اول: استفاده از نرم‌افزار Textpad.....   | ۱۴ |
| ۲-۴-۲ | روش دوم: استفاده از بچ فایل.....             | ۱۵ |
| ۵-۲   | نامگذاری فایل‌های خروجی.....                 | ۱۵ |
| ۶-۲   | اجرای چندین برنامه به صورت متوالی.....       | ۱۵ |
| ۷-۲   | پردازش موازی.....                            | ۱۶ |
| ۸-۲   | خواندن و رمز گذاری فایل ورودی.....           | ۱۸ |
| ۳     | تعریف هندسه.....                             | ۲۱ |
| ۱-۳   | تعریف سلول‌ها.....                           | ۲۱ |
| ۲-۳   | تعریف سطوح.....                              | ۲۶ |
| ۱-۲-۳ | تعریف سطح با معلوم بودن معادله ریاضی آن..... | ۲۶ |

|    |                                                          |
|----|----------------------------------------------------------|
| ۳۴ | ۲-۲-۳ تعریف سطح با استفاده از مختصات نقاط واقع بر روی آن |
| ۳۹ | ۳-۲-۳ تعریف سطح با استفاده از کارت‌های ماکروبادی         |
| ۳۹ | ۱-۳-۲-۳ استوانه سر و ته بسته - RCC                       |
| ۴۰ | ۲-۳-۲-۳ جعبه و مکعب - RPP و BOX                          |
| ۴۲ | ۳-۳-۲-۳ استوانه با قاعده شش ضلعی - HEX یا RHP            |
| ۴۴ | ۴-۳-۲-۳ کره - SPH                                        |
| ۴۴ | ۵-۳-۲-۳ استوانه با قاعده بیضی - REC                      |
| ۴۵ | ۶-۳-۲-۳ مخروط ناقص - TRC                                 |
| ۴۶ | ۷-۳-۲-۳ بیضی گون - ELL                                   |
| ۴۷ | ۸-۳-۲-۳ گوه - Wedge                                      |
| ۴۸ | ۹-۳-۲-۳ چند وجهی - ARB                                   |
| ۵۱ | ۳-۳ استفاده از سطوح و سلول‌های دوران یافته               |
| ۵۶ | ۴-۳ استفاده از دستور # (به جز) در تعریف هندسه            |
| ۵۷ | ۵-۳ استفاده از دستور U=n و Fill=n                        |
| ۵۹ | ۶-۳ تعریف هندسه‌های تکراری                               |
| ۵۹ | ۱-۶-۳ دستور Like n but                                   |
| ۶۳ | ۲-۶-۳ دستورهای u, lat و fill                             |
| ۶۴ | ۱-۲-۶-۳ شبکه‌بندی سلول اصلی                              |
| ۶۹ | ۲-۲-۶-۳ پر کردن عناصر شبکه                               |
| ۶۹ | ۳-۲-۶-۳ مدیریت در پر کردن عناصر شبکه                     |
| ۷۷ | ۷-۳ سطوح و سلول‌های کمکی در هندسه                        |
| ۷۸ | ۸-۳ نکات پایانی در تعریف هندسه                           |
| ۸۱ | ۹-۳ تمرین                                                |
| ۸۵ | ۴ تعریف ماده                                             |
| ۸۵ | ۱-۴ تعریف یک ماده معمولی                                 |
| ۸۷ | ۲-۴ تعریف آلیاژ                                          |

|         |                                                             |     |
|---------|-------------------------------------------------------------|-----|
| ۳-۴     | تعریف محلول.....                                            | ۸۸  |
| ۴-۴     | در نظر گرفتن درصد غنا در یک ماده.....                       | ۸۹  |
| ۵-۴     | تبدیل درصدهای وزنی و اتمی به یکدیگر.....                    | ۹۰  |
| ۱-۵-۴   | تبدیل درصد وزنی به اتمی.....                                | ۹۰  |
| ۲-۵-۴   | تبدیل درصد اتمی به وزنی.....                                | ۹۰  |
| ۶-۴     | مشخص کردن نوع سطح مقطع و کد شناسایی آن.....                 | ۹۱  |
| ۷-۴     | اثر شبکه و کارت MTn.....                                    | ۹۳  |
| ۸-۴     | کارت MXn.....                                               | ۹۶  |
| ۹-۴     | اضافه کردن سطح مقطع به کتابخانه کد.....                     | ۹۷  |
| ۱۰-۴    | تمرین.....                                                  | ۹۹  |
| ۵       | تعریف چشمه.....                                             | ۱۰۱ |
| ۱-۵     | چشمه عمومی.....                                             | ۱۰۱ |
| ۲-۵     | مقدار دهی به پارامترهای چشمه.....                           | ۱۰۸ |
| ۱-۲-۵   | تعریف یک مقدار مشخص و ثابت.....                             | ۱۰۸ |
| ۲-۲-۵   | تعریف یک تابع توزیع مستقل.....                              | ۱۰۹ |
| ۱-۲-۲-۵ | حالت گسسته.....                                             | ۱۰۹ |
| ۲-۲-۲-۵ | حالت پیوسته (هیستوگرام).....                                | ۱۱۰ |
| ۳-۲-۲-۵ | حالت پیوسته با تعریف تابع توزیع ریاضی.....                  | ۱۱۰ |
| ۴-۲-۲-۵ | حالت پیوسته با معلوم بودن چند نقطه از تابع توزیع.....       | ۱۱۱ |
| ۵-۲-۲-۵ | تعریف توابع توزیع مختلف برای بازه‌های مختلف یک پارامتر..... | ۱۱۲ |
| ۳-۲-۵   | تعریف یک تابع توزیع وابسته.....                             | ۱۱۳ |
| ۳-۵     | تعریف چشمه‌های حجمی با هندسه‌های غیر متعارف.....            | ۱۱۶ |
| ۴-۵     | تعریف چشمه در هندسه‌های تکراری.....                         | ۱۱۷ |
| ۵-۵     | چشمه محاسبات بحرانی.....                                    | ۱۱۹ |

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| ۶-۵ چشمه‌های سطحی پیشرفته (کارت‌های SSR و SSW).....   | ۱۲۱ |
| ۷-۵ بررسی تعریف چشمه در فایل خروجی.....               | ۱۲۳ |
| ۸-۵ چند مثال.....                                     | ۱۲۴ |
| ۹-۵ تمرین.....                                        | ۱۳۱ |
| ۶ تعریف انواع خروجی.....                              | ۱۳۳ |
| ۱-۶ خروجی‌های استاندارد یا تالی‌ها.....               | ۱۳۳ |
| ۱-۱-۶ تالی جریان سطحی.....                            | ۱۳۵ |
| ۲-۱-۶ تالی شار سطحی.....                              | ۱۳۶ |
| ۳-۱-۶ تالی شار حجمی.....                              | ۱۳۷ |
| ۴-۱-۶ تالی شار نقطه‌ای.....                           | ۱۳۸ |
| ۵-۱-۶ تالی انرژی.....                                 | ۱۳۹ |
| ۶-۱-۶ تالی نوع هشت.....                               | ۱۴۰ |
| ۲-۶ نکاتی در مورد تالی‌ها.....                        | ۱۴۰ |
| ۳-۶ تعریف خروجی در هندسه‌های تکراری.....              | ۱۴۱ |
| ۱-۳-۶ هندسه‌های شامل Like n But.....                  | ۱۴۱ |
| ۲-۳-۶ هندسه‌های شامل lat, fill, u.....                | ۱۴۳ |
| ۴-۶ مش تالی.....                                      | ۱۴۶ |
| ۱-۴-۶ نحوه تعریف مش تالی.....                         | ۱۴۶ |
| ۲-۴-۶ انواع مش تالی.....                              | ۱۴۸ |
| ۳-۴-۶ کارت‌های جانبی در مش تالی.....                  | ۱۵۰ |
| ۴-۴-۶ خروجی مش تالی.....                              | ۱۵۱ |
| ۵-۴-۶ تبدیل فایل mdata با استفاده از کد gridconv..... | ۱۵۱ |
| ۵-۶ تالی رادیوگرافی.....                              | ۱۵۴ |
| ۱-۵-۶ تالی PIn.....                                   | ۱۵۴ |
| ۲-۵-۶ تالی TIRn یا TICn.....                          | ۱۵۵ |
| ۳-۵-۶ خروجی تالی رادیوگرافی.....                      | ۱۵۶ |

|          |                                       |
|----------|---------------------------------------|
| ۱۵۶..... | ۶-۶ کارت BURN.....                    |
| ۱۶۵..... | ۷ کارت‌های جانبی مفید.....            |
| ۱۶۵..... | ۱-۷ کارت‌های مربوط به تالی‌ها.....    |
| ۱۶۵..... | ۱-۱-۷ کارت En.....                    |
| ۱۶۶..... | ۲-۱-۷ کارت EMn.....                   |
| ۱۶۶..... | ۳-۱-۷ کارت FMn.....                   |
| ۱۷۱..... | ۴-۱-۷ کارت Cn.....                    |
| ۱۷۲..... | ۵-۱-۷ کارت CMn.....                   |
| ۱۷۲..... | ۶-۱-۷ کارت SDn.....                   |
| ۱۷۳..... | ۷-۱-۷ کارت FCn.....                   |
| ۱۷۳..... | ۸-۱-۷ کارت FQn.....                   |
| ۱۷۶..... | ۹-۱-۷ کارت DFn و DEn.....             |
| ۱۷۸..... | ۱۰-۱-۷ کارت FTn.....                  |
| ۱۷۹..... | ۱-۱۰-۱-۷ متغیر FRV.....               |
| ۱۷۹..... | ۲-۱۰-۱-۷ متغیر GEB.....               |
| ۱۸۰..... | ۳-۱۰-۱-۷ متغیر RES.....               |
| ۱۸۰..... | ۱۱-۱-۷ کارت PERTn.....                |
| ۱۸۲..... | ۱۲-۱-۷ کارت‌های SFn و CFn.....        |
| ۱۸۳..... | ۱۳-۱-۷ کارت FSn.....                  |
| ۱۸۶..... | ۱۴-۱-۷ کارت prdmp.....                |
| ۱۸۸..... | ۲-۷ کارت داده‌های مربوط به مواد.....  |
| ۱۸۸..... | ۱-۲-۷ کارت‌های TOTNU و NONU.....      |
| ۱۸۸..... | ۲-۲-۷ کارت AWTAB.....                 |
| ۱۸۹..... | ۳-۲-۷ کارت VOID.....                  |
| ۱۹۰..... | ۳-۷ کارت داده‌های مربوط به فیزیک..... |
| ۱۹۰..... | ۱-۳-۷ کارت‌های TMP و THTME.....       |
| ۱۹۱..... | ۲-۳-۷ کارت PHYS.....                  |
| ۱۹۱..... | ۱-۲-۳-۷ کارت فیزیک نوترون.....        |
| ۱۹۴..... | ۲-۲-۳-۷ کارت فیزیک فوتون.....         |

|          |                                                       |
|----------|-------------------------------------------------------|
| ۱۹۶..... | کارت فیزیک الکترون ۳-۲-۳-۷                            |
| ۱۹۹..... | کارت فیزیک پروتون ۴-۲-۳-۷                             |
| ۲۰۱..... | کارت فیزیک ذرات دیگر ۵-۲-۳-۷                          |
| ۲۰۳..... | ۸ اجرای برنامه و فایل خروجی.....                      |
| ۲۰۳..... | ۱-۸ داده‌های ضروری برای اجرای برنامه.....             |
| ۲۰۳..... | ۱-۱-۸ کارت Mode.....                                  |
| ۲۰۴..... | ۲-۱-۸ کارت Imp.....                                   |
| ۲۰۵..... | ۳-۱-۸ کارت‌های NPS، CTME و STOP.....                  |
| ۲۰۷..... | ۲-۸ اجرای برنامه.....                                 |
| ۲۱۱..... | ۳-۸ حل یک مسئله نمونه و معرفی فایل خروجی.....         |
| ۲۲۳..... | ۴-۸ چگونه از دقت و صحت نتایج محاسبات مطمئن شویم؟..... |
| ۲۲۴..... | ۱-۴-۸ خطای نسبی.....                                  |
| ۲۲۶..... | ۲-۴-۸ ضریب شایستگی (FOM).....                         |
| ۲۲۷..... | ۳-۴-۸ واریانس در واریانس (VOV).....                   |
| ۲۲۸..... | ۵-۸ ادامه اجرای یک برنامه.....                        |
| ۲۲۸..... | ۶-۸ پیام‌ها و خطاها.....                              |
| ۲۲۹..... | ۱-۶-۸ خطاهای مرسوم.....                               |
| ۲۳۲..... | ۲-۶-۸ برخی دیگر از پیام‌ها و خطاها.....               |
| ۲۳۴..... | ۳-۶-۸ توصیه‌هایی جهت کاهش خطا در فایل ورودی.....      |
| ۲۳۵..... | ۷-۸ بهنجار کردن نتایج محاسبات.....                    |
| ۲۳۵..... | ۱-۷-۸ شدت چشمه در یک راکتور هسته‌ای.....              |
| ۲۳۶..... | ۲-۷-۸ شدت چشمه در یک شتاب دهنده.....                  |
| ۲۳۶..... | ۳-۷-۸ شدت چشمه در یک چشمه رادیواکتیو.....             |
| ۲۳۷..... | ۹ روش‌های کاهش واریانس.....                           |
| ۲۳۷..... | ۱-۹ مقدمه.....                                        |

- ۲-۹ مفهوم وزن و رد ذرات در کد ..... ۲۳۸
- ۳-۹ روش‌های برشی ..... ۲۳۹
- ۱-۳-۹ کارت CUT ..... ۲۳۹
- ۲-۳-۹ کارت ELPT ..... ۲۴۰
- ۴-۹ روش‌های مبتنی بر کنترل جمعیت آماری ..... ۲۴۱
- ۱-۴-۹ تکثیر و رولت روسی برای هندسه ..... ۲۴۱
- ۲-۴-۹ تکثیر و رولت روسی برای انرژی ..... ۲۴۵
- ۳-۴-۹ کارت‌های پنجره وزنی ..... ۲۴۵
- ۱-۳-۴-۹ کارت مولد پنجره وزنی (WWG) ..... ۲۴۷
- ۲-۳-۴-۹ کارت مولد انرژی پنجره وزنی (WWGE) ..... ۲۴۸
- ۳-۳-۴-۹ کارت مولد زمانی پنجره وزنی (WWGT) ..... ۲۴۸
- ۴-۳-۴-۹ کارت پارامترهای پنجره وزنی (WWP) ..... ۲۴۹
- ۵-۳-۴-۹ کارت مرزهای پنجره وزنی (WWN) ..... ۲۴۹
- ۶-۳-۴-۹ کارت انرژی‌های پنجره وزنی (WWE) ..... ۲۵۰
- ۷-۳-۴-۹ کارت زمانی پنجره وزنی (WWT) ..... ۲۵۰
- ۸-۳-۴-۹ کارت وزنی فوتون (PWT) ..... ۲۵۱
- ۵-۹ روش‌های مبتنی بر نمونه‌برداری اصلاح شده ..... ۲۵۱
- ۱-۵-۹ کارت EXT (انتقال نمایی) ..... ۲۵۱
- ۲-۵-۹ کارت FCL (برخورد اجباری) ..... ۲۵۲
- ۳-۵-۹ جذب مجازی ..... ۲۵۳
- ۴-۵-۹ کارت SBn ..... ۲۵۴
- ۶-۹ روش‌های شبه قطعی ..... ۲۵۵
- ۱-۶-۹ کارت DXT ..... ۲۵۵
- ۷-۹ برخی توصیه‌های مهم جهت استفاده از روش‌های کاهش واریانس ..... ۲۵۶
- ۸-۹ حل یک مسئله نمونه با استفاده از روش‌های کاهش واریانس ..... ۲۵۶
- ۱۰ کاربرد کد در محاسبات فیزیک راکتور ..... ۲۶۷
- ۱-۱۰ محاسبه ضریب تکثیر موثر ..... ۲۶۷

- ۲-۱۰ محاسبه ضریب تکثیر بی‌نهایت ..... ۲۷۰
- ۳-۱۰ محاسبه ضریب آلدو ..... ۲۷۱
- ۴-۱۰ پارامتر سطح مقطع شکافت ..... ۲۷۳
- ۵-۱۰ محاسبه تعداد نوترون‌های تولیدی به ازای هر شکافت ..... ۲۷۴
- ۶-۱۰ محاسبه راکتیویته ..... ۲۷۴
- ۷-۱۰ محاسبه ارزش میله کنترل ..... ۲۷۵
- ۸-۱۰ محاسبه راکتیویته اضافی ..... ۲۷۶
- ۹-۱۰ محاسبه حاشیه خاموش‌سازی یا راکتیویته ایمن ..... ۲۷۶
- ۱۰-۱۰ محاسبه شار و یا توان ..... ۲۷۶
- ۱۱-۱۰ محاسبه ضرایب پیک توان‌های شعاعی و محوری ..... ۲۷۷
- ۱۲-۱۰ محاسبه کسر نوتون‌های تاخیری و موثر ..... ۲۷۸
- ۱۳-۱۰ پارامتر فیدبک‌های دمایی و خلاء ..... ۲۷۹
- ۱۴-۱۰ پارامتر چهار فاکتوره ..... ۲۸۰
- ۱۵-۱۰ محاسبه طول عمر نوترون آنی ..... ۲۸۱
- ۱۶-۱۰ محاسبه میزان مصرف سوخت (برناپ) ..... ۲۸۴
- ۱۷-۱۰ تمرین ..... ۲۸۹
- ۱۱ چند مثال کاربردی ..... ۲۹۱
- ۱۱-۱ تمرین ..... ۲۹۷
- ۱۲ دستورهای رسم ..... ۲۹۹
- ۱-۱۲ رسم با استفاده از رابط گرافیکی ..... ۲۹۹
- ۲-۱۲ رسم بدون استفاده از رابط گرافیکی ..... ۳۰۰



|     |       |                                              |
|-----|-------|----------------------------------------------|
| ۳۰۱ | ..... | رسم قابلیت‌های ۳-۱۲                          |
| ۳۰۱ | ..... | رسم هندسه ۱-۳-۱۲                             |
| ۳۰۳ | ..... | رسم سطح مقطع واکنش‌ها ۲-۳-۱۲                 |
| ۳۰۴ | ..... | رسم تالی‌های معمولی ۳-۳-۱۲                   |
| ۳۰۵ | ..... | رسم خروجی همزمان با اجرای برنامه ۱-۳-۳-۱۲    |
| ۳۰۶ | ..... | رسم خروجی با متوقف کردن موقت برنامه ۲-۳-۳-۱۲ |
| ۳۰۷ | ..... | رسم خروجی پس از اجرای کامل برنامه ۳-۱-۳-۱۲   |
| ۳۰۷ | ..... | رسم مش تالی ۴-۳-۱۲                           |
| ۳۰۸ | ..... | رسم تالی رادیوگرافی ۵-۳-۱۲                   |
| ۳۱۰ | ..... | رسم kcode ۶-۳-۱۲                             |
| ۳۱۰ | ..... | رسم پارامترهای آماری TFC ۷-۳-۱۲              |
| ۳۱۲ | ..... | ۱۳ مراجع                                     |
| ۳۱۳ | ..... | ۱۴ نمایه                                     |

## فهرست جداول

|           |                                                                 |     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| جدول ۱-۱  | حداقل و حداکثر انرژی ذرات در کد.....                            | ۵   |
| جدول ۱-۲  | یکای کمیت‌های مختلف در کد.....                                  | ۱۳  |
| جدول ۱-۳  | صفحه تخت.....                                                   | ۲۷  |
| جدول ۲-۳  | سطوح کروی.....                                                  | ۲۸  |
| جدول ۳-۳  | سطوح استوانه‌ای.....                                            | ۲۸  |
| جدول ۴-۳  | سطوح مخروطی.....                                                | ۲۹  |
| جدول ۵-۳  | سطوح عمومی درجه دو (بیضی‌گون، هذلولی‌گون و ...).....            | ۲۹  |
| جدول ۶-۳  | چنبره با مقطع دایره یا بیضی.....                                | ۳۰  |
| جدول ۱-۴  | پارامتر MTn برای مواد تعریف شده و نام فایل کتابخانه مربوطه..... | ۹۳  |
| جدول ۱-۵  | پارامترهای قابل تعریف برای یک چشمه عمومی.....                   | ۱۰۲ |
| جدول ۲-۵  | ذرات قابل ترابرد در کد.....                                     | ۱۰۶ |
| جدول ۳-۵  | انواع توابع توزیع قابل تعریف در کد.....                         | ۱۱۱ |
| جدول ۱-۶  | انواع تالی‌های قابل تعریف در کد.....                            | ۱۳۴ |
| جدول ۲-۶  | یکای تالی‌های مختلف.....                                        | ۱۳۴ |
| جدول ۳-۶  | رده-۱ ایزوتوپ‌های غیر آکتنید.....                               | ۱۵۷ |
| جدول ۴-۶  | رده-۲ ایزوتوپ‌های غیر آکتنید.....                               | ۱۵۸ |
| جدول ۵-۶  | رده-۳ ایزوتوپ‌های غیر آکتنید.....                               | ۱۵۹ |
| جدول ۱-۷  | شماره برخی واکنش‌ها.....                                        | ۱۶۸ |
| جدول ۲-۷  | ایزوتوپ‌های تعریف شده در کتابخانه lah150h.....                  | ۱۶۹ |
| جدول ۳-۷  | توابع دز استاندارد.....                                         | ۱۷۸ |
| جدول ۱-۸  | مقدار عدد $\pi$ به ازای N و $N_0$ های مختلف.....                | ۲۰۷ |
| جدول ۲-۸  | اطلاعات جدول‌های خروجی.....                                     | ۲۰۹ |
| جدول ۱-۱۲ | دستورهای رسم مشترک.....                                         | ۳۰۴ |
| جدول ۲-۱۲ | برخی مقادیر مختلف x در کارت Mplot.....                          | ۳۰۵ |

## ۱ مقدمه

### ۱-۱ معرفی کد

کد MCNPX یکی از قویترین کدهای محاسباتی هسته‌ای است که بر اساس روش مونت کارلو کار می‌کند. این کد در طراحی نوترونی راکتورهای هسته‌ای و بررسی ایمنی آنها، محاسبات مصرف سوخت، طراحی حفاظ، طراحی آشکارسازها، چاه پیمایی هسته‌ای، طراحی هدف در شتاب دهنده‌ها، پرتو پزشکی و .... کاربردهای بسیاری دارد. این کد برای اولین بار در سال ۱۹۶۳ در آزمایشگاه لوس آلاموس، تحت عنوان MCS، تهیه شد و در سال ۱۹۷۷ برای اولین بار با نام MCNP ارائه گردید و در ادامه نسخه‌های ۴A و ۴B، که تنها ذرات نوترون و فوتون را در نظر می‌گرفت، ارائه شد. در سال ۲۰۰۰ ذره الکترون به نسخه قبلی آن اضافه گردید و با نام MCNP۴C به بازار آمد. بعد از آن نسخه‌های X، ۵ و ۶ ارائه گردید که دارای قابلیت‌های فراوانی می‌باشند، از جمله اینکه می‌توان حداقل ۳۵ نوع ذره مختلف را در آنها در نظر گرفت. مطالب این کتاب بیشتر بر اساس نسخه X۲/۶ می‌باشد که در سال ۲۰۰۸ ارائه شده است.

برای استفاده از این کد بایستی یک فایل ورودی با ساختار مشخص شامل اطلاعات مسئله شامل هندسه، مواد، چشمه، نوع خروجی و غیره تهیه گردد. کد با در نظر گرفتن

اطلاعات فایل ورودی و استفاده از کتابخانه سطح مقطع‌ها، مسئله را حل و نتایج را در یک فایل خروجی تولید می‌کند.

### ۲-۱ کاربردهای کد

این کد تقریباً در تمام مسائلی که به نوعی با انواع پرتوها سر و کار دارند، کاربرد دارد مانند:

۱. طراحی نوترونی راکتورهای هسته‌ای
  ۲. پرتو پزشکی
  ۳. فیزیک پزشکی
  ۴. طراحی حفاظ
  ۵. طراحی هدف در شتاب دهنده‌ها
  ۶. سیستم‌های گداخت هسته‌ای
  ۷. طراحی آشکارسازها
  ۸. چاه پیمایی هسته‌ای
  ۹. رادیوگرافی
  ۱۰. طراحی حفاظ برای سفینه‌های فضایی و ماهواره‌ها
  ۱۱. محاسبات مصرف سوخت
  ۱۲. ایمنی و بحرانیت هسته‌ای
  ۱۳. ردیابی مواد هسته‌ای
- و غیره. جستجویی ساده در پایگاه‌های علمی، گستردگی کاربردهای این کد در حوزه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

### ۳-۱ توصیه‌هایی جهت استفاده از کد

کد MCNPX قابلیت‌های بسیار زیادی دارد و در واقع یک ماشین حساب بزرگ و قدرتمند در محاسبات هسته‌ای است، ولی اکیداً توصیه می‌شود که از آن فقط به عنوان یک ماشین حساب استفاده نکنید، بلکه نسبت به نحوه انجام محاسبات و اصول و قوانین

فیزیک حاکم بر آن دید کافی داشته باشید. مثلاً اگر یک مسئله نوترونی را حل می‌کنید لازم است تا از نوع کتابخانه سطح مقطع‌ها، انواع برهمکنش‌هایی که کد در نظر می‌گیرد، نحوه نمونه برداری از پارامترهای چشمه و غیره آگاهی کافی داشته باشید. توصیه می‌شود که جهت آشنایی با این موارد فصل دوم مرجع [۱] را مطالعه نمایید.

همچنین باید بتوانید نسبت به منطقی بودن نتایج خروجی اطمینان حاصل کنید. این مسئله به خصوص در راستای انجام پایان نامه‌های دانشجویی اهمیت زیادی دارد. اکثر دانشجویان دید مناسبی نسبت به کد ندارند و به همین حد که می‌توانند هندسه مسئله را با جزئیات کامل شبیه‌سازی کنند، اکتفا می‌کنند.

توصیه‌های دیگر مربوط به نحوه نوشتن برنامه است:

۱- در تعریف یک مسئله، ابتدا هندسه را تعریف کنید و سپس بخش‌های مختلف برنامه را یکی یکی اضافه نمایید و هر بار از درستی تعریف خود مطمئن شوید.

۲- در تعریف هندسه به صورت گام به گام هندسه را تعریف و در هر گام درستی آن را چک کنید.

۳- سعی کنید از سطوح و سلول‌های ساده استفاده کنید.

۴- در تعریف چشمه دقت کنید. جدول ۱۱۰ را در فایل خروجی چک کنید تا مطمئن شوید که چشمه به درستی تعریف شده است (این جدول شامل مشخصات ۵۰ ذره اول تولیدی در چشمه می‌باشد).

۵- قبل از اجرای اصلی برنامه، آن را به ازای تاریخچه‌های کم اجرا کنید.

۶- پیغام‌هایی که در پنجره اجرای کد ظاهر می‌شود را بخوانید و مفهوم آنها را درک کنید.

۷- فایل‌های خروجی `runtpe` و `srctp` جهت ادامه دادن اجرای برنامه، رسم تالی، تعریف چشمه بحرانیت و غیره مورد نیاز می‌باشند، آنها را پاک نکنید.

۸- در نام‌گذاری فایل‌های ورودی و خروجی از یک شیوه مناسب استفاده کنید.

۹- در فایل ورودی توضیحاتی در مورد بخش‌های مختلف برنامه بنویسید.  
 ۱۰- پس از تکمیل هندسه، با استفاده از کارت VOID سلول‌ها را خالی کنید و برنامه را اجرا نمایید (بخش ۷-۲-۳ را ببینید). چون با استفاده از این کارت هیچ برهمکنشی رخ نخواهد داد، لذا ذرات به سرعت بخش‌های مختلف هندسه را طی می‌کنند و خطاهای احتمالی مشخص می‌شوند.

#### ۴-۱ محدودیت‌های کد

با اینکه این کد دارای قابلیت‌های فراوانی می‌باشد، اما محدودیت‌هایی نیز در آن وجود دارد که به برخی از آنها اشاره می‌شود:

۱. از نوترون‌های تاخیری حاصل از فوتون‌ها در این نسخه چشم پوشی شده است.
  ۲. قابلیت تعریف میدان‌های الکترومغناطیسی در آن وجود ندارد.
  ۳. امکان تعریف محیط پلاسما در کد وجود ندارد.
  ۴. برهمکنش‌های گداخت DD و DT در آن تعریف نشده است.
- محدودیت‌های دیگر مربوط به نوشتن فایل ورودی است:
۵. حداکثر تعداد سلول، سطح و ماده قابل تعریف، هر یک برابر ۹۹۹۹۹ عدد می‌باشد.
  ۶. حداکثر تعداد کارت‌های TRn، TRCL، SIn قابل تعریف، هر یک برابر ۹۹۹ عدد می‌باشد.
  ۷. حداکثر تعداد کارت‌های TMP و THTME قابل تعریف، هر یک برابر ۹۹ عدد می‌باشد.
  ۸. حداکثر تعداد تالی آشکارساز قابل تعریف برابر ۲۰ عدد می‌باشد.
  ۹. حداکثر تعداد کل تالی قابل تعریف برابر ۱۰۰ عدد می‌باشد.
  ۱۰. حداکثر مقدار تاریخچه یا NPS قابل تعریف، برابر دو میلیارد ذره می‌باشد.

۱۱. در صورت استفاده از کارت CTME، هر چند حدی برای آن وجود ندارد اما محاسبات حداکثر برای دو میلیارد ذره انجام می‌شود.
۱۲. تعداد پارامترهای کارت‌های WWGE و WWGT بایستی کمتر از مقدار ۱۵ باشد.
۱۳. تعداد پارامترهای کارت‌های WWE و WWT بایستی کمتر از مقدار ۹۹ باشد.
۱۴. بیشینه تعداد کره‌های DXTRAN برابر ۵ عدد می‌باشد.
۱۵. تعداد پارامترهای کارت‌های ESPLT بایستی کمتر از مقدار ۲۰ باشد.
۱۶. حداکثر تعداد کارکترها برای توصیف یک سلول برابر ۲۰۰۰ کارکتر می‌باشد.
۱۷. تعداد لایه‌های تو در تو، در هندسه‌های تکراری، حداکثر ۱۰ لایه است.
۱۸. حداقل و حداکثر انرژی قابل تعریف و ردگیری در کد برای ذرات مختلف در جدول ۱-۱ آمده است.

جدول ۱-۱ حداقل و حداکثر انرژی ذرات در کد

| نوع ذره         | حداقل انرژی<br>(MeV) | حداکثر انرژی<br>(GeV) |
|-----------------|----------------------|-----------------------|
| نوترون          | ۰                    | ۰/۱۵۰                 |
| الکترون و فوتون | ۰/۰۰۱                | ۱                     |
| پروتون          | ۱                    | ۳                     |
| دوترون          | ۲                    | ۳                     |
| تریتون          | ۳                    | ۳                     |
| آلفا            | ۴                    | ۳                     |

## ۵-۱ معرفی چند مرجع کاربردی مرتبط با کد

۱. خلاصه‌ای پر محتوا در مورد آموزش کد:  
Shultis, J. Kenneth, and Richard E. Faw. "An MCNP primer." Dept. of Mechanical and Nuclear (2011).
۲. گزارشی از کاربرد کد در محاسبات راکتور:

Goorley, Tim. "Criticality calculations with MCNP5: A primer." Los Alamos National Laboratory, X-5 (2004).

۳. گزارشی از کاربرد کد در فیزیک پزشکی:

Alexis, D. L. Medical Physics calculation With MCNP: A Primer. Diss. Thesis Master of Science. Texas: A&M University, 2006.

۴. کتابی در مورد کاربرد کد در جنبه‌های نوترونی گداخت:

Wasastjerna, Frej. Using MCNP for fusion neutronics. VTT, 2008.

۵. گزارشی از استفاده از روش‌های کاهش واریانس در یک مثال کاربردی:

Booth, Thomas Edward. Sample problem for variance reduction in MCNP. No. LA-10363-MS. Los Alamos National Lab., NM (USA), 1985.

۶. کتابی در مورد مشخصات مواد مختلف و کاربردی:

Williams III, R. G., Christopher J. Gesh, and Richard T. Pagh. "Compendium of material composition data for radiation transport modeling." Pacific Northwest National Laboratory (2006): 14-18.

۷. سایت دانلود کتابخانه سطح مقطع‌های هسته‌ای به فرمت کد MCNP:

<https://www-nds.iaea.org/ads/adsace.html>

۸. سایت دانلود کتابخانه سطح مقطع‌های هسته‌ای ارزیابی شده (ENDF) به صورت عددی:

<https://www-nds.iaea.org/exfor/endlf.htm>

۹. سایت نرم‌افزار تحت وب JANIS شامل سطح مقطع واکنش‌های مختلف نوترون، فوتون، پروتون و غیره:

<http://www.oecd-neo.org/janis/book/>

۱۰. سایت محاسبه توان توقف و ASTAR برد پروتون، الکترون و آلفا:

<http://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/PSTAR.html>

<http://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/ESTAR.html>

<http://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/.html>



۱۱. سایت آموزش کد MCNP:

[www.MCNP.ir](http://www.MCNP.ir)

۱۲. سایت نرم افزار رابط گرافیکی کد:

<http://www.mcnpvised.com>

۱۳. سایت دانلود ضرایب تضعیف پرتو x در مواد مختلف:

<http://www.nist.gov/pml/data/xraycoef/index.cfm>

۱۴. دانلود فایل ورودی انواع فانتوم های پزشکی استاندارد:

<http://mcnp.ir/Show.php?SID=78>



## ۲ ساختار فایل ورودی و نحوه اجرای برنامه

### ۱-۲ ساختار فایل ورودی

برای استفاده از این کد باید یک فایل ورودی، شامل اطلاعات مسئله از جمله هندسه، مواد، چشمه پرتو، خروجی‌های مورد نظر و... تهیه شود. این فایل، یک فایل متنی است که می‌تواند با استفاده از هر نرم‌افزار ویرایش فایل‌های متنی نظیر Textpad, WordPad, NotePad و ... نوشته شود.

هر فایل ورودی شامل سه قسمت اصلی است که هر قسمت با یک خط خالی<sup>۱</sup> از قسمت قبلی و بعدی جدا می‌شود. خط اول فایل ورودی می‌تواند خالی باشد و یا عنوان برنامه در آن نوشته شود. اولین قسمت اصلی، بخشی است که شامل تعریف سلول‌های مسئله می‌باشد. منظور از سلول، هر ناحیه‌ای از فضا است که توسط سطح یا سطوحی محدود شده است. مثلاً، فضای درون یک کره، یک سلول است که توسط یک سطح کروی محدود شده است و یا فضای داخل یک جعبه که توسط شش سطح تخت محدود شده است. یکی از سطوح محدود کننده یک سلول می‌تواند در بی‌نهایت قرار گرفته

---

<sup>۱</sup> Blank Line

باشد (مانند فضای خارج از یک کره). بعد از تعریف سلول‌ها یک خط خالی درج می‌شود.

دومین قسمت فایل ورودی، شامل تعریف سطوحی است که در مسئله استفاده شده است. از این سطوح در تعریف سلول‌ها استفاده می‌شود و یا در تعریف تالی‌ها به کار می‌روند.

سومین و آخرین قسمت اصلی فایل ورودی شامل داده‌های مسئله مثل، چشمه، مواد، نوع خروجی و ... می‌باشد.

در پایان برنامه نیز می‌توان یک خط خالی درج نمود. در مجموع چهار خط خالی در برنامه وجود دارد که بخش‌های مختلف برنامه را از هم جدا می‌کنند. به طور کلی ساختار فایل ورودی به صورت زیر می‌باشد:

Title Card or Blank Line

Cell Cards

Blank Line

Surface Cards

Blank Line

Data Cards

Blank Line (optional)

در نوشتن فایل ورودی باید موارد زیر را در نظر گرفت:

۱. به جز این چهار خط خالی، هیچ خط خالی دیگری نباید در برنامه وجود داشته باشد.
۲. طول هر خط نباید از ۸۰ ستون تجاوز کند. اگر طول یک خط بیشتر از ۸۰ ستون است، می‌توان از علامت & در انتهای آن خط استفاده کرد و ادامه آن را در خط بعدی نوشت و یا اینکه بدون استفاده از علامت &، ادامه یک خط را در خط بعدی و از ستون ششم به بعد نوشت (پنج ستون اول هر خط برای شماره سطح، سلول و اطلاعات دیگر در نظر گرفته می‌شود).

۳. اگر در ابتدای یک خط، حرف C به همراه یک فاصله<sup>۱</sup> درج شود، محتوای آن خط خوانده نمی‌شود. از این می‌توان برای جدا کردن بخش‌های مختلف و یا نوشتن توضیحات استفاده کرد.

۴. اگر بخواهیم بعد از نوشتن یک خط، توضیحی در همان خط بنویسیم، باید علامت \$ را در ادامه آن خط درج کنیم و توضیحات را بعد از آن بنویسیم.

۵. در فایل ورودی نباید کارکتر تب<sup>۲</sup> وجود داشته باشد. این کارکتر معمولاً بعد از کپی کردن اطلاعات از یک فایل دیگر (مثلاً از اکسل<sup>۳</sup>) و درج آن در فایل ورودی به وجود می‌آید. در صورت وجود این کارکتر، اجرای برنامه با نمایش پیام زیر متوقف می‌شود:

```
bad trouble in subroutine ckchar of imcn  
bad character, probably a control character, in column 6
```

عدد شش شماره ستونی است که این کارکتر در آنجا وجود دارد. پس از بررسی فایل ورودی، کارکتر تب را حذف می‌کنیم.

۶. هر گونه اطلاعاتی که پس از آخرین خط خالی موجود در انتهای برنامه نوشته شود، توسط کد خوانده نمی‌شود.

۷. در نوشتن فایل ورودی کوچکی و بزرگی حروف اهمیت ندارد.

۸. به جز در مورد استفاده از کارت BURN (بخش ۶-۶) در هر یک از بخش‌های اصلی، نوشتن خطوط برنامه ترتیب خاصی ندارد.

---

<sup>۱</sup> Space

<sup>۲</sup> Tab

<sup>۳</sup> Excel

## ۲-۲ ساختار عمودی

کارت داده‌ها را می‌توان به صورت عمودی نوشت. برای این کار از علامت # استفاده می‌کنیم. این علامت باید در محدوده ستون ۱ تا ۵ درج شود. به عنوان مثال می‌خواهیم اهمیت ذره در هر سلول را با ساختار عمودی تعریف کنیم:

```
#   imp:n   imp:p
      1       1
      1       1
      1       1
      .       .
      .       .
      .       .
```

یا مثلاً در تعریف توزیع احتمال در کارت چشمه:

```
#       SPn       SIn
          x1       p1
          x2       p2
          .         .
          .         .
          .         .
```

و یا تعریف DEn و DFn:

```
#       DEn       DFn
          E1       F1
          E2       F2
          .         .
          .         .
          .         .
```

## ۳-۲ آماده‌سازی و اجرای کد

درون پوشه MCNPX (در شاخه اصلی) یک پوشه به نام LIB یا XS (و یا هر نام دیگری) که فایل‌های کتابخانه‌ای در آن قرار دارند، یک فایل اجرایی (.exe) به نام MCNPX و یک فایل متنی بدون پسوند به نام xsdir وجود دارد.

برای آماده‌سازی کد ابتدا فایل xsdir را باز و خط اول آن را بررسی کنید:

اگر خط اول آن به صورت زیر باشد:

```
Datapath=D:\MCNPX\LIB
```

باید آدرس کتابخانه روی سیستم خود را پس از علامت = درج کنید. اگر خط اول خالی باشد، باید تمام محتویات پوشه را از آن خارج کرده و در شاخه اصلی بریزید که این کار مناسب نیست، زیرا شاخه اصلی را شلوغ می‌کند، پس در صورتی که خط اول خالی است آن را به صورت نمونه بالا اصلاح کنید.

پس از انجام این تنظیمات اکنون کد آماده اجراست. فایل ورودی خود را با یک نام دلخواه در شاخه اصلی کد ذخیره کنید. بهتر است فایل ورودی را با پسوند (i) ذخیره نمایید، مثلاً، BNCT.i. در نسخه ۴C نام فایل ورودی به همراه پسوند آن نباید از ۸ کاراکتر بیشتر باشد. نام BNCT.i شامل شش کاراکتر است. اما این محدودیت در نسخه X حذف شده است، به نحوی که می‌توان از نام‌های با بیش از ۸ کاراکتر نیز استفاده نمود.

یکای کمیت‌های مختلف تعریف شده در کد، در جدول ۱-۲ آورده شده است. برای نوشتن فایل ورودی باید این یکاها در نظر گرفته شود.

جدول ۱-۲ یکای کمیت‌های مختلف در کد

| یکای                    | کمیت       |
|-------------------------|------------|
| cm                      | طول        |
| MeV                     | انرژی      |
| shakes ( $10^{-8}$ sec) | زمان       |
| MeV (kT)                | دما        |
| atom/barn-cm            | چگالی اتمی |
| $\text{g/cm}^3$         | چگالی جرمی |
| barn                    | سطح مقطع   |

## ۲-۴ اجرای کد

چند روش برای اجرای برنامه<sup>۱</sup> وجود دارد که در اینجا به دو روش اصلی آن اشاره می‌کنیم:

۱. استفاده از نرم‌افزار TextPad

۲. استفاده از بچ فایل<sup>۲</sup>

### ۲-۴-۱ روش اول: استفاده از نرم‌افزار Textpad

۱- فایل ورودی را که در شاخه اصلی کد ذخیره کرده‌اید را با TextPad باز کنید.

۲- در منوی Tools پنجره Run را باز کنید.

۳- در پنجره باز شده سه فیلد خالی وجود دارد، در فیلد Command کلیک کرده و سپس Browse را کلیک نمایید.

۴- از پنجره باز شده فایل MCNPX.exe را انتخاب کنید (این تنظیمات فقط یکبار انجام می‌شود).

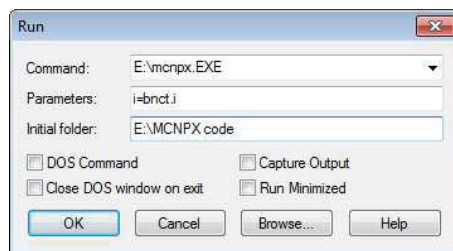
۵- دستورات اجرا در فیلد Parameters نوشته می‌شوند. برای اجرای برنامه، دستور زیر را در آنجا می‌نویسیم:

i=filename

مثلاً:

i=bnct.i

i=core.i



<sup>۱</sup> Run

<sup>۲</sup> Batch



## ۲-۴-۲ روش دوم: استفاده از بچ فایل

یک فایل متنی خالی ایجاد کنید و دستور زیر را در خط اول آن بنویسید:

```
mcnp i=filename
```

سپس فایل را با پسوند bat. در شاخه اصلی ذخیره کنید. اکنون با دابل کلیک کردن روی این فایل، برنامه اجرا می‌شود. پس از تولید این فایل برای اجرای برنامه‌های دیگر تنها کافی است که نام فایل ورودی را در بچ فایل تغییر دهیم و نیازی به تولید مجدد آن نمی‌باشد. دقت شود که ممکن است بچ فایل با پسوند txt.bat. ذخیره می‌شود که باید آن را اصلاح نمود.

نکته: اگر برنامه به هر دلیلی مشکل داشته باشد و نتواند اجرا شود، پنجره اجرای برنامه به صورت لحظه‌های باز و به سرعت بسته می‌شود و لذا کاربر نمی‌تواند پیام سیستم را مشاهده نماید. جهت باز نگهداشتن پنجره اجرای برنامه، دستور pause را در خط بعدی در بچ فایل بنویسید؛ با این کار پنجره باز باقی می‌ماند:

```
mcnp i=filename  
pause
```

## ۲-۵ اجرای چندین برنامه به صورت متوالی

گاهی لازم است که چندین برنامه را به صورت متوالی اجرا کنیم. به این منظور کافی است که در بچ فایل اجرای برنامه، دستور اجرای تک تک برنامه‌ها را به ترتیب مورد نظر بنویسیم. با اجرای بچ فایل، برنامه‌ها یکی پس از دیگری اجرا می‌شوند.

توصیه می‌شود که برای فایل‌های خروجی هر برنامه، نام مناسب انتخاب شود تا در هنگام بررسی نتایج سردرگم نشوید. به این منظور بهتر است که برنامه‌ها را با دستور n=filename اجرا کنیم تا فایل‌های خروجی هم نام فایل‌های ورودی تولید شوند (بخش ۲-۵ را ببینید). در مثال زیر دستور اجرای پنج برنامه به صورت متوالی در بچ فایل نشان داده شده است:

```
MCNPX n=B1.i
```

MCNPX n=B2.i  
 MCNPX n=B3.i  
 MCNPX n=B4.i  
 MCNPX n=B5.i

## ۶-۲ پردازش موازی

هنگامی که یک برنامه را اجرا می‌کنیم تنها از یکی از هسته‌ها یا پردازنده‌های رایانه استفاده می‌شود. در پردازش موازی می‌توان از تمام یا تعداد خاصی از هسته‌ها برای اجرای برنامه استفاده نمود که این کار باعث افزایش سرعت اجرای برنامه می‌گردد. به این منظور باید:

۱. نرم‌افزار MPI به صورت جداگانه نصب گردد که وظیفه آن موازی کردن هسته‌های رایانه است (این نرم‌افزار را از وبسایت MCNP.ir دریافت کنید).
۲. از نسخه MCNPX که با نرم‌افزار MPI سازگار شده است، استفاده گردد. در واقع باید فایل MCNPX.exe جدید را جایگزین فایل قبلی کنید. توصیه می‌شود که فایل قبلی را پاک نکنید.
۳. برای اجرا برنامه از بچ فایل با دستور زیر استفاده شود (عدد ۷ در این دستور، تعداد هسته‌های موازی شده بعلاوه یک است که به دلخواه کاربر تعیین می‌شود):

```
mpiexec -n 7 mcnp i=filename
```

پس از نصب MPI به شاخه C:\Program Files\MPICH2\bin بروید و دو فایل اجرایی درون پوشه را به شاخه اصلی کد منتقل کنید. توجه کنید که برای استفاده از این قابلیت باید حتماً به صورت مدیر<sup>۱</sup> و با استفاده از نام کاربری<sup>۲</sup> و کلیدواژه وارد رایانه خود شوید و برنامه را نصب و اجرا کنید.

پس از اجرای بچ فایل، پنجره داس<sup>۳</sup> باز می‌شود و از شما می‌خواهد که نام کاربری و کلیدواژه خود را وارد نمایید. دقت کنید که هنگام وارد کردن کلیدواژه، چیزی نمایش داده نمی‌شود. پس از وارد نمودن کلیدواژه، برنامه اجرا می‌شود.

<sup>۱</sup> Administrator

<sup>۲</sup> User account

<sup>۳</sup> Dos

نکته (۱): در صورتی که پنجره به صورت لحظه‌های باز و بسته شد، دستور pause را در خط بعدی در بیج فایل بنویسید تا پنجره باز بماند و بتوانید پیام‌ها و خطاهای احتمالی را مشاهده نمایید.

نکته (۲): این روش جهت پردازش موازی برای سیستم عامل ویندوز ۳۲ بیتی کاربرد ندارد.

## ۷-۲ نامگذاری فایل‌های خروجی

هنگامی که برنامه را با دستور رسم اجرا می‌کنیم، دو فایل خروجی با نام‌های پیش فرض outp و comout در شاخه اصلی تولید می‌شود. اگر برنامه را برای گرفتن تالی اجرا کنیم، فایل‌های خروجی outp و runtpe تولید می‌شوند. اگر مسئله دارای چشمه بحرانی باشد، یک فایل خروجی دیگر به نام srctp نیز تولید می‌شود. اگر این فایل‌ها قبلاً با همین نام‌ها در شاخه اصلی وجود داشته باشند، فایل‌های جدید با نام‌های جدید تولید می‌شوند. نام‌گذاری‌های جدید فقط حرف آخر نام فایل را به ترتیب حروف الفبا تغییر می‌دهد. مثلاً اگر فایل outp موجود باشد، فایل outq تولید می‌شود و اگر فایل outq وجود داشته باشد، فایل outr تولید می‌شود و الی آخر. به سه روش می‌توانیم نام فایل‌های تولیدی را به یک نام دلخواه تغییر دهیم:

**روش اول:** اگر به جای `i=filename` از `n=filename` در اجرای برنامه استفاده کنیم، نام تمام فایل‌های خروجی هم نام فایل ورودی می‌شوند و یک حرف به آخر آن نام اضافه می‌گردد که نشان دهنده نوع آن فایل است:

```

outp    → BNCT.io
n=BNCT.i → runtpe → BNCT.ir
          srctp    → BNCT.is

```

اگر این نام‌ها قبلاً درون شاخه اصلی وجود داشته باشند، کد قادر به تولید آنها نخواهد بود و برنامه با خطا متوقف می‌شود. اگر با بیج فایل برنامه را اجرا کنیم، می‌توانیم

با نوشتن دستورهای زیر در بچ فایل، ابتدا فایل‌های قبلی را از شاخه پاک کرده و سپس برنامه را اجرا کنیم:

```
del BNCT.io
del BNCT.ir
del BNCT.is
MCNPX n=BNCT.i
```

این کار در هنگام تعریف هندسه بسیار مناسب است، زیرا در تعریف هندسه به دفعات برنامه را برای دیدن هندسه اجرا می‌کنیم و هر بار فایل‌های خروجی outp و comout با نام‌های جدید تولید شده و باعث شلوغی شاخه اصلی کد می‌شود، ولی با این روش فایل‌های خروجی با فایل‌های موجود قبلی جایگزین می‌شود.

**روش دوم:** روش دیگر تغییر نام فایل‌های تولیدی، تعریف نام جدید برای آنها در هنگام اجرای برنامه است. به این منظور برنامه را با دستور زیر اجرا می‌کنیم:

```
i=filename o=myout r=myruntpe s=mysrctp
```

**روش سوم:** یک روش دیگر برای تغییر نام فایل‌های تولیدی، تعریف نام جدید در فایل ورودی با استفاده از کارت message است. این کارت در خط اول برنامه نوشته می‌شود و بعد از آن یک خط خالی درج می‌شود، خط بعدی نیز خط مربوط به عنوان برنامه است (که می‌تواند خالی باشد):

```
message: o=myout r=myruntpe s=mysrctp
(Balnk Line)
Title (or Balnk Line)
cell cards
```

## ۸-۲ خواندن و رمز گذاری فایل ورودی

یکی از قابلیت‌های مهم نسخه X امکان رمز گذاری روی فایل ورودی و نیز خواندن بخشی از فایل ورودی از یک فایل دیگر است.

جهت خواندن بخشی از فایل ورودی از یک فایل دیگر از کارت READ در فایل ورودی و در محل مورد نظر به صورت زیر استفاده می‌کنیم:

```
read file=filename noecho
```

پس از علامت (=) نام فایلی را که محتوی اطلاعات مورد نظر است، می‌نویسیم. دستور noecho در ادامه خط باعث می‌شود که محتویات فایل خوانده شده، در فایل خروجی چاپ نشود.

مثال ۲-۱) در این مثال سه خط از فایل ورودی، از فایل pas.i خوانده می‌شود:

```
132 3    -2.6          -142 149 -205
133 4    -11.4         -149 616 -204
read file=pas.i noecho
137 21   -11.4         -6156 -204 195 216
138 19   -0.00129      -224
```

محتویات فایل pas.i:

```
134 17   -1.7          -114 -181 180
135 17   -1.7          -114 -182 181
136 17   -1.7          -114 182
```

رمز گذاری روی فایل کمکی صورت می‌گیرد و سپس به کمک همان رمز، فایل کمکی خوانده می‌شود. جهت رمز گذاری روی فایل کمکی از دستور زیر استفاده می‌کنیم:

```
read encode password file=filename
```

سپس برنامه را اجرا می‌کنیم. پس از اجرای برنامه فایل کمکی با یک نام مشابه و ساختار ویژه، تولید می‌شود. برای اجرای برنامه به صورت رمز گذاری شده، این فایل جدید با دستور زیر فراخوانی می‌شود:

```
read decode password file=newfilename
```

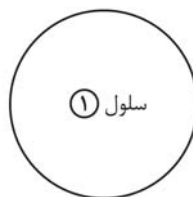


## ۳ تعریف هندسه

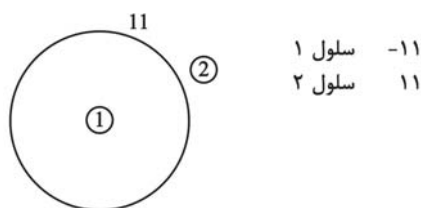
### ۱-۳ تعریف سلول‌ها

برای شبیه‌سازی توسط کد، هندسه سیستم باید به طور دقیق با ابعاد واقعی، برحسب سانتی‌متر، در فایل ورودی تعریف شود. تعریف هندسه توسط تعریف سلول‌ها و سطوح صورت می‌گیرد. منظور از سلول هر ناحیه‌ای از فضا است که توسط سطح یا سطوحی محدود شده باشد. مثلاً در شکل زیر فضای درون کره، یک سلول است که توسط یک سطح کروی محدود شده است (سلول ۱). یکی از سطوح محدود کننده یک سلول می‌تواند در بی‌نهایت قرار گرفته باشد (سلول ۲). به طور کلی هر سطح فضا را به دو سلول تقسیم می‌کند، مثلاً یک سطح کروی فضا را به دو سلول درون و بیرون کره تقسیم می‌کند.

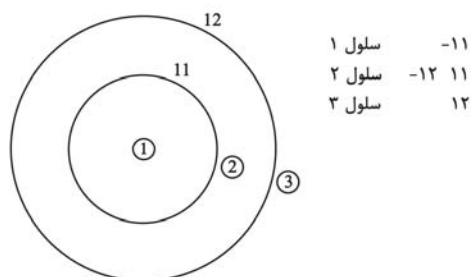
سلول ۲



اگر معادله ریاضی یک سطح به صورت  $S=F(x,y,z)=0$  معلوم باشد، آنگاه برای هر نقطه خارج این سطح،  $S$  یا مثبت است و یا منفی. مثلاً،  $S$  برای نقاط درون کره منفی و برای نقاط بیرون کره مثبت است. برای تعریف یک سلول به هر سطح در فایل ورودی یک عدد نسبت می‌دهیم و به کمک آن عدد با علامت مثبت یا منفی، سلول مورد نظر را تعریف می‌کنیم. در این تعریف باید از همه سطوحی که سلول مورد نظر را محدود کرده‌اند با علامت مناسب استفاده کنیم. در شکل زیر سلول‌های ۱ (درون کره) و ۲ (بیرون کره) هر دو تنها توسط سطح ۱۱ محدود شده‌اند (توجه کنید که فضای بیرون کره تا بی‌نهایت ادامه دارد). عددی که کنار سطح نوشته شده، شماره آن سطح و عددی که داخل دایره نوشته شده، شماره سلول را نشان می‌دهد.



اکنون مطابق شکل زیر دو کره هم مرکز را در نظر بگیرید. در اینجا سه سلول وجود دارد. سلول ۱ تنها با سطح ۱۱ و سلول ۲ تنها با سطح ۱۲ تعریف می‌شوند، ولی سلول ۳ توسط دو سطح محدود شده است. این سلول حاصل اشتراک تمام نواحی خارج سطح ۱۱ و داخل سطح ۱۲ است. درج فاصله بین شماره سطوح در تعریف یک سلول مفهوم اشتراک دارد، لذا سلول شماره ۳ به صورت زیر تعریف می‌شود:



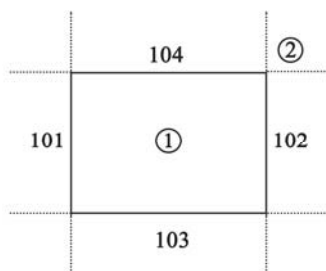


اکنون یک مکعب را در نظر بگیرید که با شش سطح تخت تعریف می‌شود. سلولی که داخل مکعب را تعریف می‌کند حاصل اشتراک نواحی مختلف نسبت به تک تک سطوح است، یعنی:

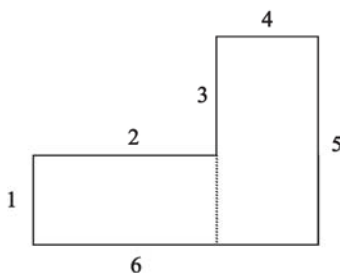
101 - 102 103 - 104 105 - 106

اما بیرون مکعب حاصل اجتماع نواحی مختلف است، یعنی تمام فضای سمت چپ سطح ۱۰۱، بعلاوه تمام فضای بالای سطح ۱۰۴، بعلاوه تمام فضای سمت راست سطح ۱۰۲ و الی آخر. درج علامت : (دو نقطه) بین شماره سطوح در تعریف یک سلول، مفهوم اجتماع دارد. به این ترتیب برای تعریف فضای داخل مکعب داریم:

101:102:-103:104:-105:106



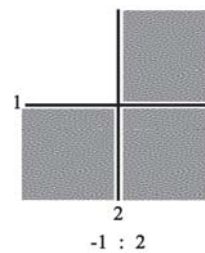
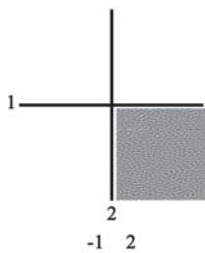
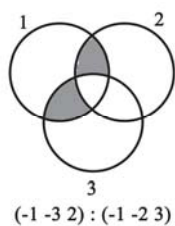
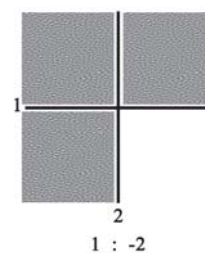
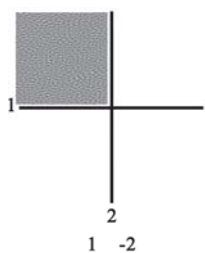
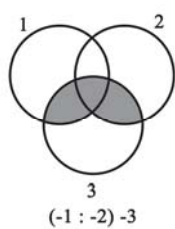
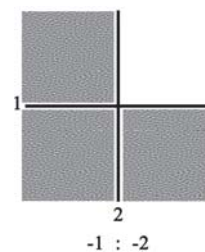
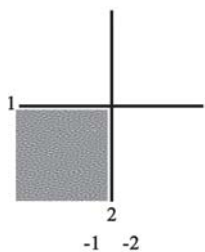
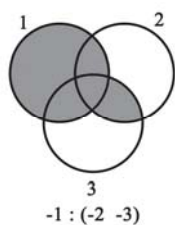
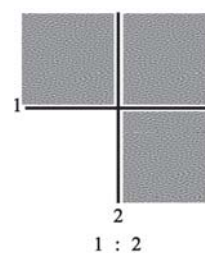
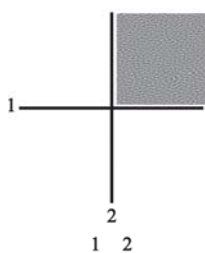
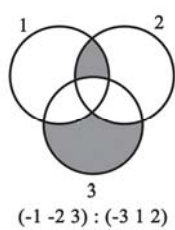
گاهی لازم است که از ترکیب اجتماع و اشتراک نواحی مختلف برای تعریف یک سلول استفاده کنیم، به این منظور می‌توان از علامت پرانتز استفاده کرد. به عنوان مثال شکل زیر را در نظر بگیرید:



برای تعریف سلول ۱ (داخل شکل) داریم:

(1 2 - 3 6):( 3 - 4 - 5 6)

جهت درک بهتر مفهوم اجتماع، اشتراک و پرانتز، شکل‌های زیر را بررسی کنید. شکل‌های سمت راست، مفهوم اجتماع، شکل‌های وسط، مفهوم اشتراک و شکل‌های سمت چپ کاربرد پرانتز را نشان می‌دهند. ناحیه‌هاشور خورده در هر شکل، ناحیه‌ای است که در زیر شکل تعریف شده است.



یعنی سلول ۲۰۸ درون سلول ۲۰۲ در عنصر [۱ ۰ ۰] که درون سلول ۲۰۱ قرار دارد. اگر سطح آخر یعنی ( $201 < U$ ) را تعریف نکنیم تالی به صورت میانگین روی تمام ( $208 < 202 [1 0 0]$ ) های ممکن، محاسبه می‌شود. ( $208 < 202 [1 0 0]$ )

۶. برای تعریف تالی در یک سلول واقع در چندین عنصر شبکه داریم:  
 $(208 < 202 [-1:1 -1:1 0:0] < 201)$   
 ۷. اگر سلولی به عنوان  $U=n$  تعریف شده باشد می‌توان از تعریف زیر استفاده نمود:  
 $(208 < u=2 < 201)$

#### ۴-۶ مش تالی<sup>۱</sup>

مش تالی یکی از قابلیت‌های مهم نسخه X است که به کمک آن می‌توان برخی کمیت‌ها مانند شار، دز و غیره را به صورت مش‌بندی شده در هر ناحیه‌ای از هندسه مسئله محاسبه و نمایش داد. نتیجه محاسبات مش تالی در یک فایل خاص به نام پیش فرض mdata ذخیره می‌شود که می‌توان آن را به کمک کد جانبی gridconv به یک فایل متنی قابل خواندن و رسم تبدیل نمود. البته در صورت استفاده از کارت prdmp نتایج مش تالی درون فایل mctal نیز چاپ خواهد شد (بخش ۷-۱۴ را ببینید). یکی از قابلیت‌های مهم مش تالی این است که می‌توان نتایج محاسبات آن را روی هندسه مسئله مشاهده نمود (بخش ۱۲-۳-۴ را ببینید).

#### ۴-۶-۱ نحوه تعریف مش تالی

تمام کارت‌های مربوط به مش تالی در یک بلوک مشخص نوشته می‌شوند که ابتدای آن بلوک با کارت tmesh و انتهای آن با کارت endmd مشخص می‌شود. برای استفاده از مش تالی باید سه چیز را مشخص کنیم:

۱. نوع مش‌بندی
۲. ابعاد مش‌بندی
۳. نوع کمیت مورد نظر یا همان نوع مش تالی

<sup>۱</sup> Mesh Tally

در ادامه با ذکر یک مثال، روش تعریف این سه عامل را توضیح می‌دهیم. مثال زیر را در نظر بگیرید:

مثال ۶-۸)

```
Tmesh
Rmesh1:p flux
Cora1 -10 10
Corb1 1 8i 10
Corc1 2 4 6
Endmd
```

۱. کارت‌های tmesh, endmd ابتدا و انتهای بلوک مش‌تالی را مشخص می‌کند.
۲. کلمه rmesh مشخص می‌کند که نوع مش‌بندی دکارتی یا مستطیلی است. برای مش‌بندی کروی از Smesh و برای استوانه‌ای از Cmesh استفاده می‌کنیم.
۳. عدد ۱ در rmesh نوع مش‌تالی را مشخص می‌کند. توجه کنید که نوع مش‌تالی‌ها با تالی‌های نوع Fn کاملاً متفاوت است.
۴. ابعاد مش‌بندی با کارت‌های cora, corb و corc تعریف می‌شود. عدد ۱ که به این سه کارت متصل شده‌اند مشخص می‌کند که این مش‌بندی برای تالی شماره ۱ تعریف شده است. این سه کارت در مش‌بندی دکارتی به ترتیب معرف راستای X، Y و Z هستند و اعدادی که مقابل هر یک از آنها درج شده است ابعاد مش‌بندی را مشخص می‌کند. در این مثال در راستای X از مختصات ۱۰- تا ۱۰ به صورت یک قسمت تعریف شده است و در راستای Y از مختصات ۱ تا ۱۰ به ده قسمت مساوی تقسیم شده است. راستای Z نیز به دو قسمت مساوی به طول ۲ سانتی‌متر تقسیم شده است و لذا ابعاد هر مش برابر  $2 \times 1 \times 20$  cm<sup>3</sup> و تعداد آنها برابر  $2 \times 9 \times 1$  است.
- برای نوع استوانه‌ای، cora معادل راستای شعاعی، corb معادل راستای Z و corc معادل راستای زاویه سمتی است. بدیهی است که شعاع و زاویه همواره مقادیر مثبتی دارند. عدد اول در cora باید برابر صفر و در corc نباید برابر صفر باشد. آخرین عدد در corc باید برابر ۳۶۰ باشد.

برای نوع کروی، cora معادل راستای شعاعی، corb معادل راستای زاویه قطبی (زاویه با محور Z) و corc معادل راستای زاویه سمتی است. عدد اول در cora باید برابر صفر و در corb و corc نباید برابر صفر باشد. عدد آخر در corb باید برابر ۱۸۰ و در corc برابر ۳۶۰ باشد. در صورتی که ناحیه مورد نظر ما در مبداء مختصات قرار نداشته باشد و یا مثلاً محور ناحیه استوانه‌ای مورد نظر ما روی محور Z نباشد، باید با استفاده از کارت TRANS مش‌بندی را به ناحیه مورد نظر منتقل نمود. این کارت را در توضیح مش‌تالی نوع ۱ معرفی می‌کنیم (بند ۷ در بخش ۲-۴-۶ را ببینید).

همانطور که اشاره شد، عدد ۱ در این مثال معرف مش‌تالی نوع ۱ است. چهارنوع مش‌تالی وجود دارد که تعریف آنها با تالی‌های نوع Fn متفاوت است، با این حال در یک برنامه نباید شماره تالی‌های Fn با شماره مش تالی‌ها یکسان باشد.

۵. کلمه flux و p نشان می‌دهد که کمیت مورد نظر ما شار فوتون است.

### ۲-۴-۶ انواع مش تالی

چهار نوع مش‌تالی وجود دارد که نوع آنها با عدد ۱ تا ۴ مشخص می‌شود. اگر از یک نوع مش‌تالی بیش از یکبار استفاده شود باید از اعداد دو رقمی، که رقم آخر آنها نوع مش‌تالی را مشخص می‌کند، استفاده کنیم. در اینجا تنها مش‌تالی نوع ۱ که کاربرد بیشتری دارد را توضیح می‌دهیم. برای آشنایی بیشتر با مش‌تالی مرجع [۳] را ببینید.

به کمک مش‌تالی نوع ۱ می‌توان شار، دز، تعداد ذرات و غیره را در هر مش محاسبه نمود. ساختار تعریف این مش‌تالی به صورت زیر است:

(R/C/S)Meshn:p1 keyword parameter=value

به جای کلمه keyword می‌توان یکی از کلمات زیر را قرار داد که معرف نوع کمیت

مورد نظر است:

۱- tracs جهت محاسبه تعداد طول مسیرها<sup>۱</sup> در هر مش

<sup>۱</sup> Track length

۲- Flux جهت محاسبه شار در هر مش

۳- Dose جهت محاسبه دز در هر مش. محاسبه دز با استفاده از توابع استاندارد تبدیل شار به دز صورت می‌گیرد. البته کاربر نیز می‌تواند هر تابع دلخواهی را نیز برای این کار تعریف نماید. جهت استفاده از توابع استاندارد، بعد از کلمه Dose پارامترهای زیر را می‌نویسیم:

Dose Ic Int Iu fac

که مقادیر مختلف IC در جدول ۷-۳ آمده است. پارامتر Int مربوط به نوع درونیابی تابع پاسخ است، به این ترتیب که اگر برابر ۱ باشد، درونیابی لگاریتمی (حالت پیش فرض) و اگر برابر ۲ باشد، درونیابی خطی خواهد بود. پارامتر Iu مربوط به واحد دز است، به این ترتیب که اگر برابر ۱ باشد، واحد دز  $(\text{rem/h})/(\text{particles/cm}^2/\text{s})$  و اگر برابر ۲ باشد (حالت پیش فرض)، واحد دز به صورت  $(\text{Sv/h})/(\text{particles/cm}^2/\text{s})$  خواهد بود. پارامتر fac نیز هر عددی است که بخواهیم در نتایج خروجی ضرب کنیم. برای استفاده از یک تابع پاسخ جدید، ابتدا با استفاده از کارت MSHMFm آن تابع را تعریف می‌نماییم، که m یک عدد دلخواه بین یک تا نه است. سپس بعد از کلمه dose عدد m را وارد می‌کنیم.

۴- Popul جهت محاسبه تعداد ذرات در هر مش

۵- Pedep جهت محاسبه انرژی تخلیه شده در واحد حجم هر مش

۶- MFACT جهت محاسبه کمیت‌هایی به صورت زیر در هر مش:

$$C \int \phi(E) R(E) dE$$

که ساختار آن به شکل زیر است:

MFACT m a b c

m شماره‌ای است که به تابع پاسخ  $R(E)$  که در کارت MSHMFm تعریف کرده‌ایم،

نسبت داده‌ایم. پارامتر a عددی است که نوع درونیابی خطی (عدد ۱) یا لگاریتمی

(عدد ۲) را مشخص می‌کند. پارامتر b عددی است که مشخص می‌کند که تابع پاسخ

$R(E)$  وابسته به انرژی تخلیه شده است (عدد صفر) و یا وابسته به جریان انرژی است

(عدد ۱). عدد C نیز هر عدد دلخواهی است که بخواهیم در نتیجه محاسبات ضرب شود.

TRANS-۷ جهت چرخش یا انتقال مش‌بندی است که به صورت زیر استفاده می‌شود:  
 $Trans\ n$   
 که n عددی است که به کارت  $TRn$  مربوطه نسبت داده‌ایم (بخش ۳-۳ را ببینید).  
 به کمک این کارت می‌توان مش‌بندی را پس از تعریف، دوران یا انتقال داد. مثلاً اگر در مش‌بندی کروی، ناحیه مورد نظر در مبداء مختصات قرار نداشته باشد، با این کارت می‌توان مش‌بندی را به آنجا منتقل نمود.

### ۳-۴-۶ کارت‌های جانبی در مش‌تالی

#### ۱- کارت $ERGshn$

برای تقسیم‌بندی مش‌تالی شماره n بر حسب انرژی و البته به صورت تک گروهی از این کارت به صورت زیر استفاده می‌شود:

$ERGshn\ E_1\ E_2$

که  $E_1$  و  $E_2$  حدود بازه انرژی مورد نظر را مشخص می‌کند.

#### ۲- کارت $Mshmf$

این کارت برای معرفی یک تابع پاسخ دلخواه به صورت زیر استفاده می‌شود:

$Mshmf\ E_1\ f_1\ E_2\ f_2\ \dots$

که  $E_i$  بازه انرژی  $f_i$  مقدار تابع پاسخ در آن بازه را مشخص می‌کند.

#### ۳- کارت $FMn$

این کارت برای ضرب مش‌تالی در یک عدد دلخواه و یا محاسبه نرخ واکنش‌ها استفاده می‌شود (بخش ۳-۱-۷ را ببینید). این کارت نباید داخل بلوک مخصوص مش‌تالی نوشته شود.

#### ۶-۴-۴ خروجی مش تالی

نتایج محاسبات مش تالی در فایل outp چاپ نمی‌شود، بلکه در یک فایل جداگانه به نام پیش فرض mdata تولید می‌شوند. این فایل دارای ساختار باینری<sup>۱</sup> است و قابل خواندن نمی‌باشد. برای استفاده از این فایل باید ابتدا آن را توسط کد جانبی gridconv به ساختار دلخواه خود تبدیل نماییم. در صورت استفاده از کارت prdmp و تولید فایل mctal (بخش ۷-۱-۱۴ را ببینید)، نتایج مش تالی در فایل mctal نیز چاپ خواهد شد که می‌توان آن را نیز با استفاده از کد gridconv به ساختار دلخواه خود تبدیل نمود. در ادامه روش استفاده از کد gridconv را توضیح می‌دهیم.

#### ۶-۴-۵ تبدیل فایل mdata با استفاده از کد gridconv

پس از اجرای کد gridconv، مراحل زیر را طی می‌کنیم:

- ۱- ابتدا نوع فایل اصلی را تعیین می‌کنیم، که در اینجا mdata را وارد می‌کنیم:  
Enter the type of data file: mdata or mctal.  
<default=mdata>:  
mdata
- ۲- نام فایل اصلی را مشخص می‌کنیم:  
Enter name of input file. <default=mdata>:  
Filename
- ۳- آیا نوع فایل باینری است؟ بله  
Is this a binary data file? y/n  
<default=yes>:
- ۴- در مرحله چهارم، حالت پیش فرض را انتخاب می‌کنیم:  
Do you wish to create a text file? y/n  
This file is portable to any system.  
<default=no>:
- ۵- در این مرحله، فایل توسط کد خوانده می‌شود و اطلاعات مربوط به مش تالی‌های موجود نمایش داده می‌شود، از جمله نوع مش تالی، شماره مش تالی، تعداد مش در هر بعد و ...:

---

<sup>۱</sup> Binary