



## دوره عمومی آموزش کد MCNP

دکتر یاسر کاسه‌ساز

دانشیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

[ykasesaz@aeoi.org.ir](mailto:ykasesaz@aeoi.org.ir)



# جلسه چهارم

چشمه



# چشمه هر برنامه‌ای باید شامل یک چشمه باشد

پارامترهای مختلفی برای تعریف چشمه وجود دارد

SDEF parameter=value

✓ نوع ذره

چه نوع ذره یا ذراتی از چشمه گسیل می‌شوند؟

✓ انرژی

انرژی ذرات گسیلی از چشمه چیست؟

✓ مکان

چشمه در چه مکان و مختصات قرار دارد؟

✓ شکل هندسی

شکل هندسی چشمه چگونه است (خط، دیسک، کره، مکعب و...)

✓ جهت گسیل

آیا ذرات در یک جهت خاص گسیل می‌شوند و یا به صورت همگن در همه جهات از چشمه خارج می‌شوند



# SDEF par= عدد یا نماد ذره

تعریف نوع ذره برای مشخص کردن نوع ذره از پارامتر par استفاده می‌کنم

هر ذره‌ای که در کد قابل ترابرد و ردگیری است با یک نماد یا یک عدد مشخص می‌شود که از این عدد یا نماد در تعریف نوع ذره استفاده می‌کنیم

SDEF par=n

یا

SDEF par=1

SDEF par=2

یا

SDEF par=p

مثلا برای یک چشمه نوترونی داریم:

مثلا برای یک چشمه فوتونی داریم:

نماد	عدد	
n	1	نوترون
p	2	گاما
e	3	الکترون
h	9	پروتون



# SDEF ERG=E

تعریف انرژی برای مشخص کردن انرژی ذره از پارامتر ERG استفاده می کنیم

که E مقدار انرژی بر حسب MeV است

SDEF ERG=2.4

چشمه‌ای با انرژی ۲,۴ مگا الکترون ولت

SDEF ERG=0.5E-6

چشمه‌ای با انرژی ۰,۵ الکترون ولت

SDEF ERG=8E-3

چشمه‌ای با انرژی ۸ کیلو الکترون ولت

# SDEF POS=X<sub>0</sub> Y<sub>0</sub> Z<sub>0</sub>

مکان چشمه برای مشخص کردن مکان چشمه از پارامتر POS استفاده می کنیم

که در آن (X<sub>0</sub> Y<sub>0</sub> Z<sub>0</sub>) مختصات مکان چشمه است

SDEF POS=0 0 0

چشمه‌ای در مختصات (۰ ، ۰ ، ۰)

SDEF POS=10 0 -5

چشمه‌ای در مختصات (۱۰ ، ۰ ، -۵)

SDEF POS=-2 1 -3

چشمه‌ای در مختصات (-۲ ، ۱ ، -۳)



به مثال‌های زیر دقت کنید!

SDEF Par=1 ERG=0.5E-6 POS=0 0 0 چشمه نقطه‌ای نوترون با انرژی ۰.۵ الکترون ولت در مختصات (۰ ۰ ۰)

-----

SDEF Par=e ERG=8E-3 POS=5 0 -2 چشمه نقطه‌ای الکترون با انرژی ۸ کیلو الکترون ولت در مختصات (۵ ۰ -۲)

-----

SDEF Par=2 ERG=2.1 POS=3 -5 4 چشمه نقطه‌ای گاما با انرژی ۲.۱ مگا الکترون ولت در مختصات (۳ -۵ ۴)

-----

SDEF Par=h ERG=80 POS=2 7 6 چشمه نقطه‌ای پروتون با انرژی ۸۰ مگا الکترون ولت در مختصات (۲ ۷ ۶)



## تعریف تابع توزیع برای پارامترهای چشمه

- ✓ در اکثر مسائل پارامترهای چشمه تک مقدار نیستند. مثلاً انرژی ذرات تک مقدار نیست و دارای یک تابع توزیع گسسته یا هیستوگرام است.
- ✓ مثل چشمه نوترونی که ذرات را با دو انرژی مختلف گسیل می‌کند

SDEF ERG=Dn

- ✓ در این موارد مقدار پارامترهای چشمه را به صورت زیر تعریف می‌کنیم

- ✓ این بدان معناست که انرژی ذرات را از تابع توزیع شماره n بردار!

SDEF ERG=Dn

- ✓ برای تعریف تابع توزیع شماره n داریم:

مقادیر      نماد مشخص کننده نوع تابع توزیع      SIn  
احتمالات      SPn

SDEF ERG=D6

SI6 L 1 4

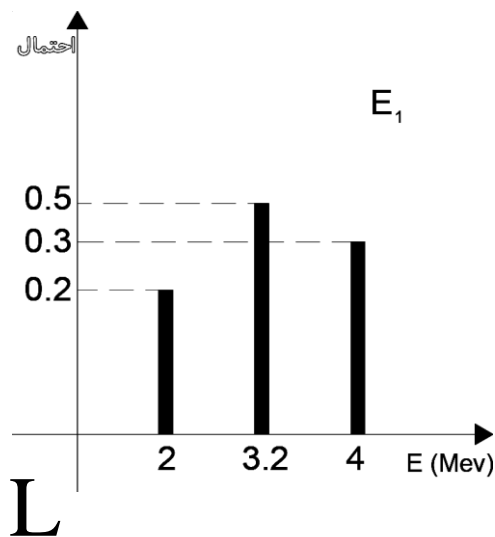
SP6 0.3 0.7

در این مثال انرژی چشمه برابر تابع توزیع شماره ۶ است  
تابع توزیع شماره ۶ یک توزیع گسسته را مشخص می‌کند (حرف L)  
چشمه دارای دو انرژی مختلف است: ۱ مگاالکترون ولت با احتمال ۳۰ درصد و ۴ مگاالکترون ولت با احتمال ۷۰ درصد



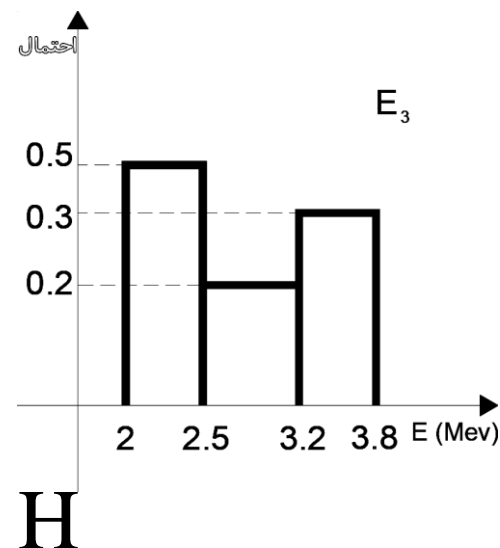
# انواع تابع توزیع برای پارامترهای چشمه

توزیع گسسته



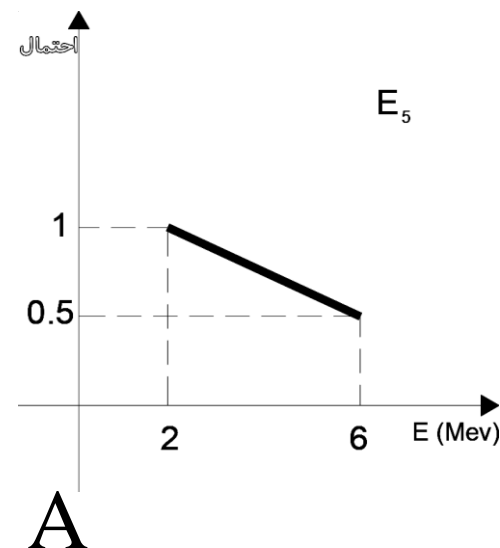
SDEF ERG=Dn  
SIn **L** E<sub>1</sub> E<sub>2</sub> E<sub>3</sub>  
SPn P<sub>1</sub> P<sub>2</sub> P<sub>3</sub>

توزیع هیستوگرام



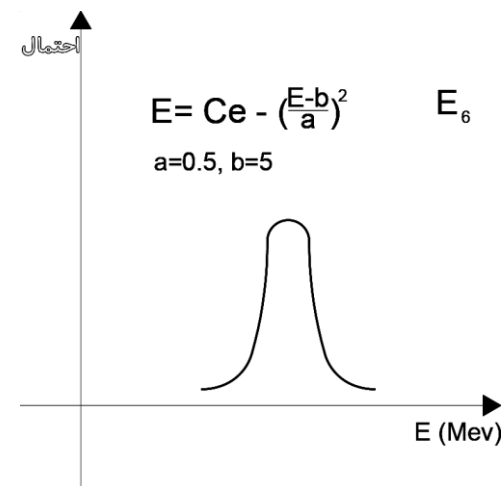
SDEF ERG=Dn  
SIn **H** E<sub>1</sub> E<sub>2</sub> E<sub>3</sub>  
SPn 0 P<sub>1</sub> P<sub>2</sub>

توزیع درونیابی شده



SDEF ERG=Dn  
SIn **A** E<sub>1</sub> E<sub>2</sub> E<sub>3</sub>  
SPn P<sub>1</sub> P<sub>2</sub> P<sub>3</sub>

توزیع با تابع ریاضی



SDEF ERG=Dn  
~~SIn A E<sub>1</sub> E<sub>2</sub> E<sub>3</sub>~~  
SPn f a b



چشمه نوترونی در مبداء مختصات با دو انرژی مختلف

```
SDEF par=1 pos=0 0 0 ERG=D1
SI1 L 0.5 1.7
SP1 0.4 0.6
```

دو چشمه نقطه‌ای گاما در نقاط (۰ ۰ ۵) و (۰ ۰ ۰) با انرژی ۲ مگاالکترون ولت

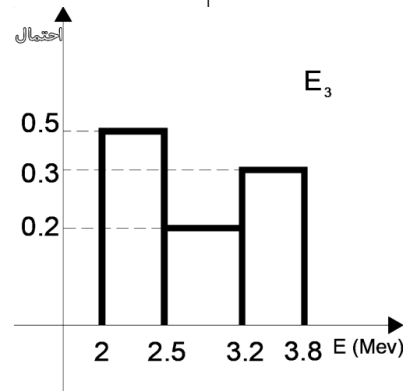
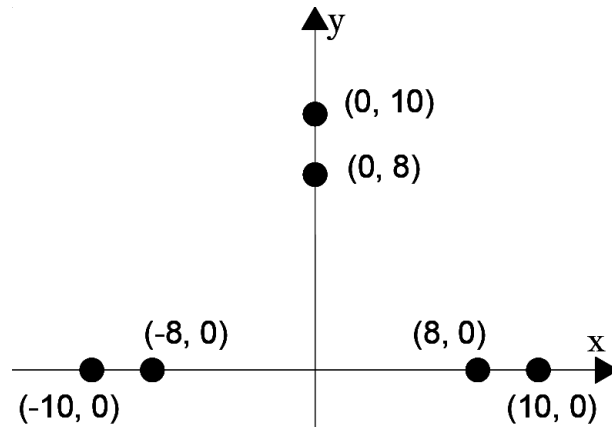
```
SDEF par=2 pos=D1 ERG=2
SI1 L 0 0 0 0 0 5
SP1 0.5 0.5
```

یک چشمه نقطه‌ای الکترون که ذرات را با انرژی بین ۱ تا ۶ مگاالکترون ولت  
(به صورت یکنواخت) گسیل می‌کند  
دقت شود که عدد اول در SPn الزاما باید صفر باشد

```
SDEF par=2 pos=0 0 0 ERG=D9
SI9 H 1 6
SP9 0 1
```



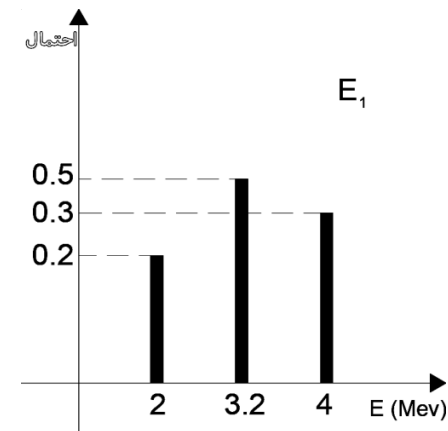
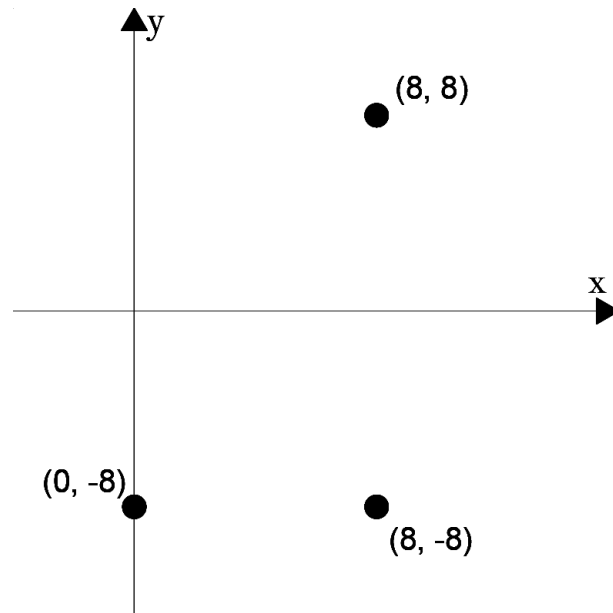
مثال شش چشمه نقطه‌ای فوتون داریم که طیف انرژی داده شده را گسیل می‌کنند



```
SDEF POS=D1
      ERG=D5
      PAR=2
SI1 L -10 0 0 -8 0 0 8 0 0 10 0 0 0 8 0 0 10 0
SP1 1 1 1 1 1 1
SI5 H 2 2.5 3.2 3.8
SP5 0 0.5 0.2 0.3
```



تمرین سه چشمه نقطه‌ای فوتون داریم که طیف انرژی داده شده را گسیل می‌کنند





## تعریف زاویه خروج ذرات از چشمه

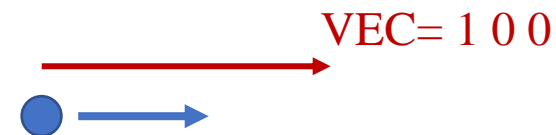
به کمک کارت‌های VEC و DIR می‌توانیم جهت خروج ذرات را مشخص کنیم

پارامتر VEC یک بردار را مشخص می‌کند که به تشخیص کاربر تعریف می‌شود. این بردار را بردار مرجع می‌نامیم. سپس با پارامتر DIR مشخص می‌کنیم که ذرات خروجی چه زاویه‌ای با بردار مرجع می‌سازند. مقدار پارامتر DIR برابر کسینوس زاویه خروج ذرات با بردار مرجع



یک چشمه نقطه‌ای همگن

SDEF POS= 1 2 3



یک چشمه نقطه‌ای جهت‌دار

SDEF POS= 1 2 3

VEC=1 0 0

DIR=1

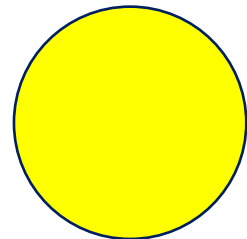


### چشمه های کروی

با استفاده از دو پارامتر POS و RAD می توانیم چشمه های کروی را تعریف کنیم

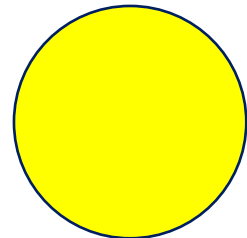
چشمه سطحی کروی به شعاع ۶ سانتی متر که مرکز آن در نقطه (۰ ۲ ۵) قرار دارد

```
SDEF POS=0 2 5
      RAD=6
      PAR=2
```



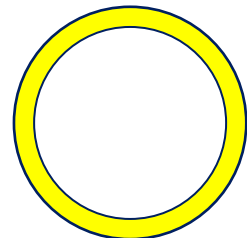
چشمه حجمی کروی به شعاع ۶ سانتی متر که مرکز آن در نقطه (۰ ۲ ۵) قرار دارد

```
SDEF POS=0 2 5
      RAD=D3
      PAR=2
SI3 H 0 6
SP3 0 1
```



یک لایه کروی به شعاع داخلی ۵ و شعاع خارجی ۶ سانتی متر که مرکز آن در نقطه (۰ ۲ ۵) قرار دارد

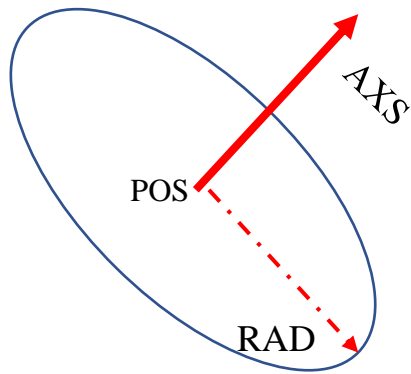
```
SDEF POS=0 2 5
      RAD=D3
      PAR=2
SI3 H 5 6
SP3 0 1
```



## حلقه، واشر و دیسک

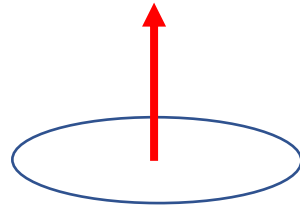
با استفاده از سه پارامتر POS و RAD و AXS

پارامتر AXS بردار عمود بر حلقه، واشر یا دیسک را مشخص می‌کند. در اینصورت پارامتر RAD یعنی فاصله عمودی از AXS



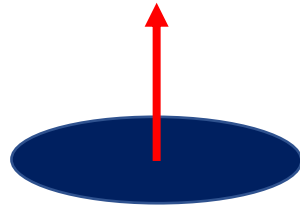
یک حلقه به شعاع ۲ سانتی‌متر  
که مرکز آن در نقطه (۰ ۲ ۵) قرار دارد

```
SDEF PAR=2
      POS=0 2 5
      RAD=2
      AXS=0 0 1
```



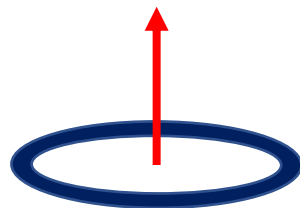
یک دیسک به شعاع ۲ سانتی‌متر  
که مرکز آن در نقطه (۰ ۲ ۵) قرار دارد

```
SDEF PAR=2
      POS=0 2 5
      RAD=D8
      AXS=0 0 1
SI8 0 2
SP8 0 1
```



یک واشر به شعاع داخلی ۱٫۵  
و شعاع خارجی ۲ سانتی‌متر  
که مرکز آن در نقطه (۰ ۲ ۵) قرار دارد

```
SDEF PAR=2
      POS=0 2 5
      RAD=D8
      AXS=0 0 1
SI8 1.5 2
SP8 0 1
```

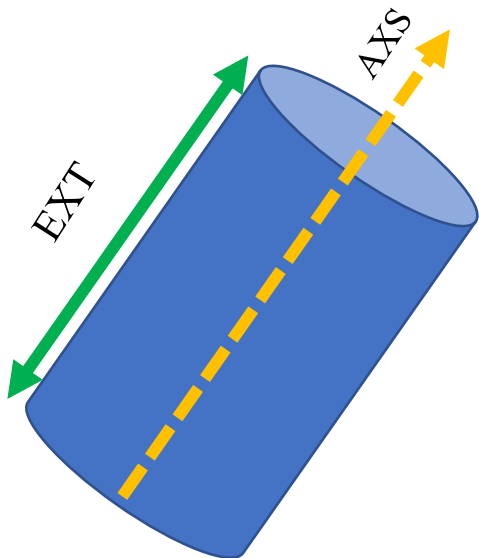


## حلقه، واشر و دیسک

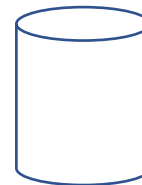
با استفاده از چهار پارامتر POS و RAD و AXS و EXT

پارامتر AXS برداری است که جهت گیری استوانه را نشان می‌دهد. پارامتر RAD یعنی فاصله عمودی از AXS

پارامتر EXT یعنی فاصله از POS در جهت AXS



یک چشمه سطحی استوانه‌ای به شعاع ۲ و ارتفاع ۴ سانتی‌متر که مرکز آن در نقطه (۰ ۲ ۵) قرار دارد



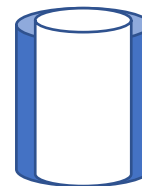
```
SDEF PAR=1 POS=0 2 5 AXS=0 0 1
      RAD=2 EXT=D6
SI6 -2 2 $ H= 4 cm
SP6 0 1
```

یک چشمه حجمی استوانه‌ای به شعاع ۲ و ارتفاع ۴ سانتی‌متر که مرکز آن در نقطه (۰ ۲ ۵) قرار دارد



```
SDEF PAR=1 POS=0 2 5 AXS=0 0 1
      RAD=D4 EXT=D6
SI4 0 2
SP4 0 1
SI6 -2 2 $ H= 4 cm
SP6 0 1
```

یک چشمه حجمی استوانه‌ای به شعاع داخلی ۲، شعاع خارجی ۳ و ارتفاع ۴ cm که مرکز آن در نقطه (۰ ۲ ۵) قرار دارد



```
SDEF PAR=1 POS=0 2 5 AXS=0 0 1
      RAD=D4 EXT=D6
SI4 2 3
SP4 0 1
SI6 0 4
SP6 0 1
```



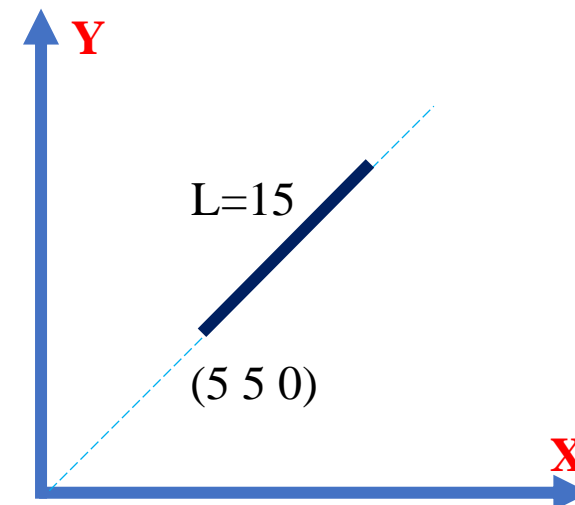
برای تعریف چشمه های خطی که منطبق بر یا موازی با یکی از محورهای مختصات هستند به جای پارامتر POS از پارامترهای X, Y, Z استفاده می کنیم

```
SDEF Y=0 Z=0 X=D1
SI1 H -10 10
SP1 0 1
```

برای تعریف چشمه های خطی که موازی با محورهای مختصات نیستند، خط را به عنوان استوانه ای با شعاع صفر تعریف می کنیم

با استفاده از چهار پارامتر POS و RAD=0 و AXS و EXT

```
SDEF POS=5 50
      AXS=1 1 0
      RAD=0 EXT=D1
SI1 H 0 15
SP1 0 1
```



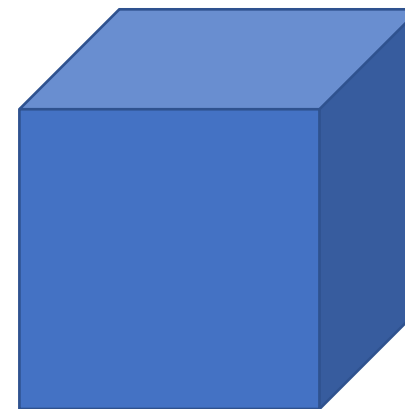




برای تعریف چشمه های صفحه ای که موازی صفحات مختصات هستند و یا چشمه های مکعبی به جای پارامتر POS از پارامترهای X, Y, Z استفاده می کنیم



```
SDEF Y=D2
      Z=0
      X=D1
SI1 H -10 10
SP1 0 1
SI2 H -20 20
SP2 0 1
```

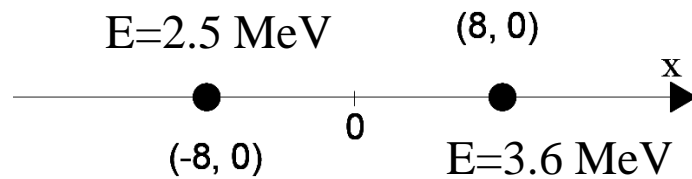


```
SDEF Y=D2
      Z=D3
      X=D1
SI1 H -10 10
SP1 0 1
SI2 H -20 20
SP2 0 1
SI3 H -15 15
SP3 0 1
```

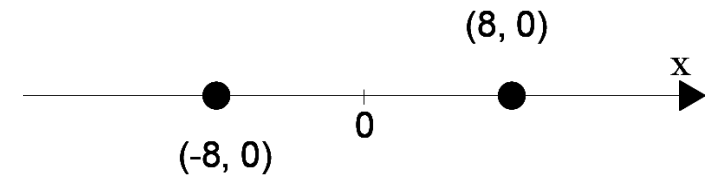
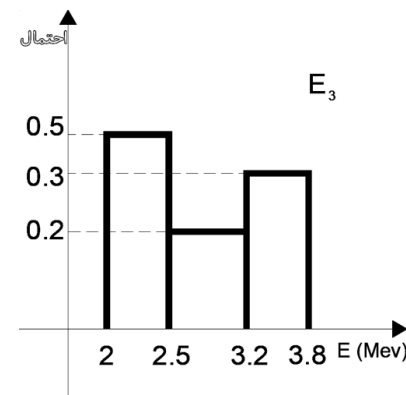
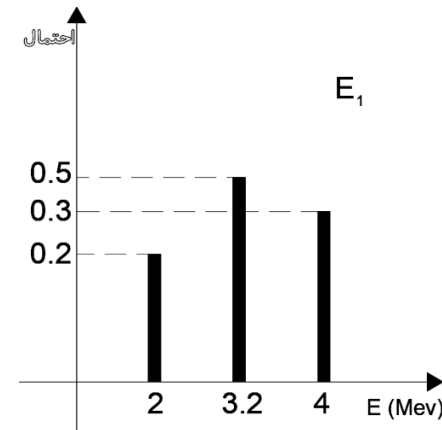


# پارامترهای وابسته

فرض کنید دو چشمه نقطه‌ای داریم که هر کدام دارای انرژی خاص خود هستند. در اینجا انرژی چشمه تابعی از مکان است



```
SDEF PAR=1
      POS=D1
      ERG=FPOS=D2
SI1 L -8 0 0 8 0 0
SP1 1 1
DS2 L 2.5 3.6
```

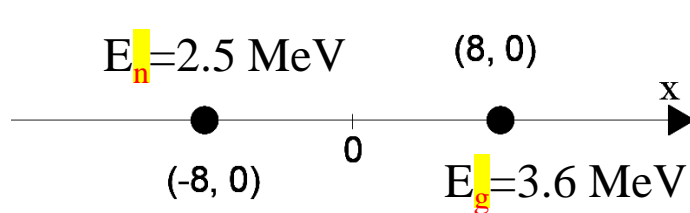


```
SDEF PAR=1
      POS=D1
      ERG=FPOS=D2
SI1 L -8 0 0 8 0 0
SP1 1 1
DS2 S D21 D22
SI21 L 2 3.2 4
SP21 0.2 0.5 0.3
SI22 H 2 2.5 3.2 3.8
SP22 0 0.5 0.2 0.3
```



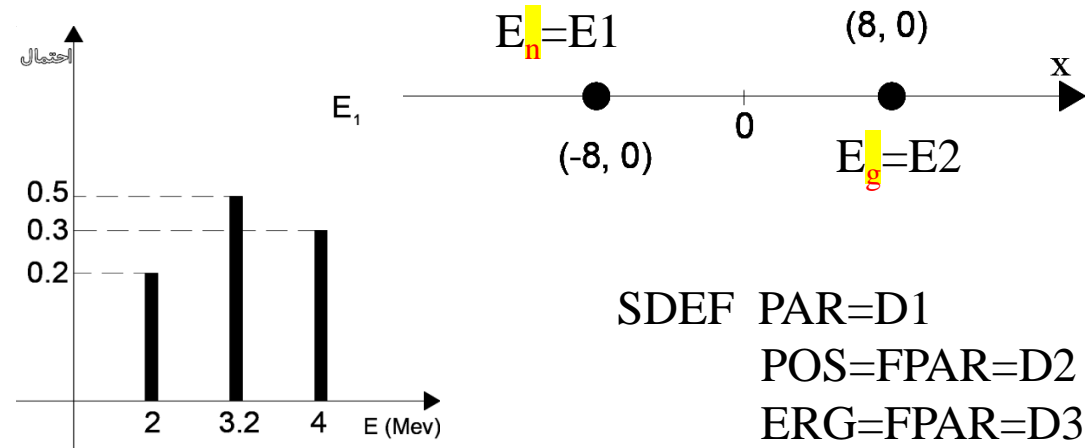
# پارامترهای وابسته

فرض کنید دو چشمه نقطه‌ای داریم که هر کدام دارای انرژی خاص خود هستند. در اینجا انرژی چشمه تابعی از مکان است



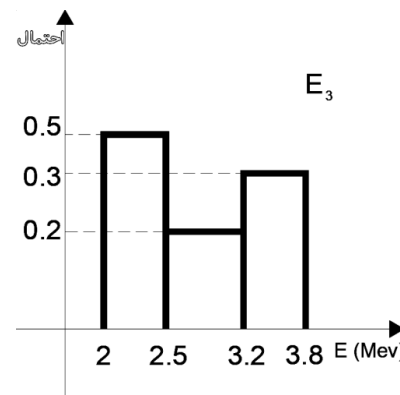
SDEF PAR=D1  
POS=FPAR=D2  
ERG=FPAR=D3

SI1 L n p  
SP1 1 1  
DS2 L -8 0 0 8 0 0  
DS2 L 2.5 3.6



SDEF PAR=D1  
POS=FPAR=D2  
ERG=FPAR=D3

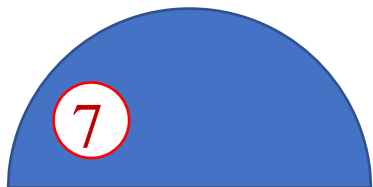
SI1 L n p  
SP1 1 1  
DS2 L -8 0 0 8 0 0  
DS3 S D31 D32  
SI31 L 2 3.2 4  
SP31 0.2 0.5 0.3  
SI32 H 2 2.5 3.2 3.8  
SP32 0 0.5 0.2 0.3





گاهی هندسه چشمه به گونه ای است که نمی توان آن را تنها با پارامترهای گفته شده آن را تعریف کرد.  
مثلا یک چشمه حجمی به صورت نیم کره را در نظر بگیرید:

مرحله ۱



7 0 -11 12

سلول ۷ نیم کره

11 SO 6

را تعریف می کند

12 PZ 0

مرحله ۲



SDEF X=D1 Y=D2 Z=D3

SI1 -6 6

SP1 0 1

SI2 -6 6

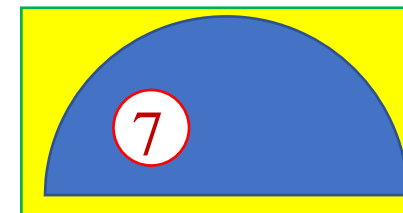
SP2 0 1

SI3 0 6

Sp3 0 1

سپس با کارت های X, Y و Z  
در کارت چشمه یک چشمه  
حجمی را تعریف می کنیم به  
نوعی که سلول ۷ را به طور  
کامل در بر بگیرد. هر چه  
کوچکتر، بهتر

مرحله ۳

SDEF X=D1 Y=D2 Z=D3 **CEL=7**

SI1 -6 6

SP1 0 1

SI2 -6 6

SP2 0 1

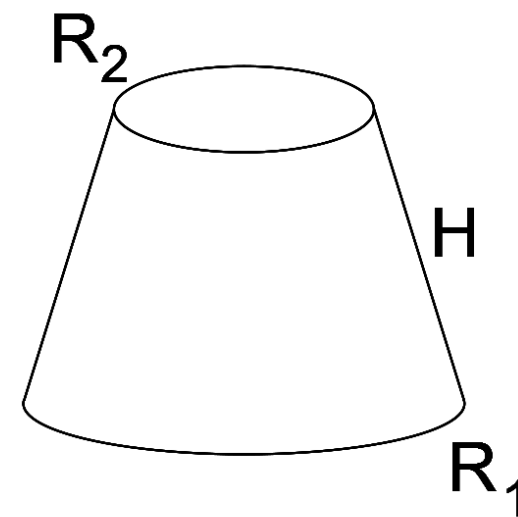
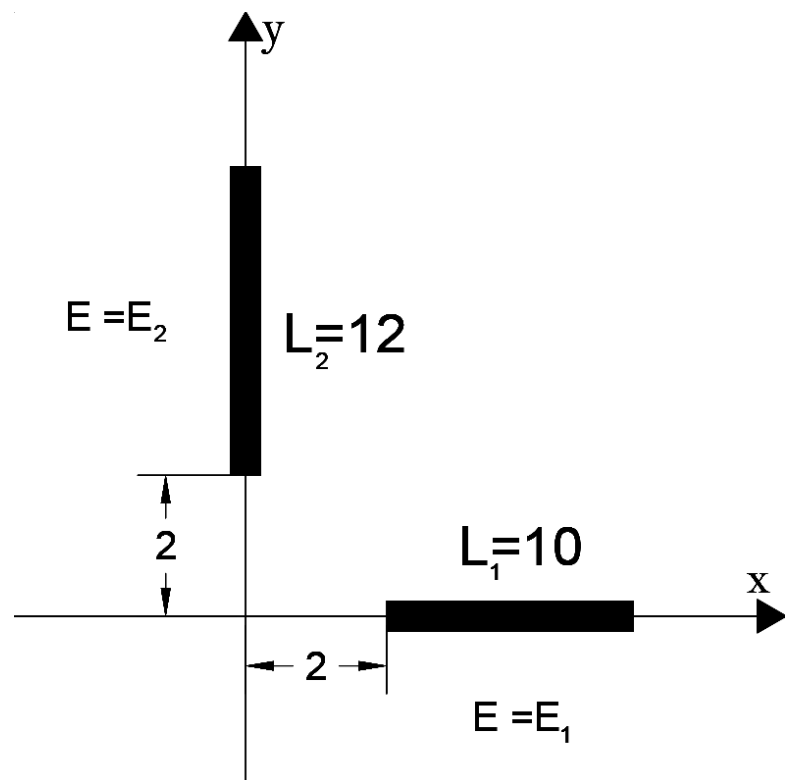
SI3 0 6

Sp3 0 1

در پایان با اضافه کردن  
کارت cel=7 به  
چشمه، هندسه مورد نظر  
به عنوان چشمه تعریف  
می شود



# تمرین



$$R_1=3, R_2=2, H=4$$

# چشمه محاسبات بحرانی

دوره عمومی آموزش کد MCNP



تعداد کل  
سیکل‌هایی است  
که باید طی شوند

عدد است که  
برای Keff  
حدس می‌زنیم

Kcode	NSRCK	RKK	IKZ	KCT
-------	-------	-----	-----	-----

تعداد ذراتی است  
که در هر سیکل  
رد گیری می‌شوند

تعداد سیکل‌هایی است  
که در محاسبات لحاظ  
نمی‌شوند

Kcode 1e5 1 10 100

معمولاً برای تعریف چشمه در محاسبات بحرانی از کارت KSRC به همراه کارت Kcode استفاده می‌شود. در این کارت باید مختصات نقاطی را وارد نمود که درون ماده شکافت‌پذیر قرار دارند. این نقاط نباید روی سطوح مرزی سلول‌ها قرار داشته باشند.

KSRC  $x_1$   $y_1$   $z_1$   $x_2$   $y_2$   $z_2$



# پایان جلسه چهارم

موفق باشید!  
کاسه ساز