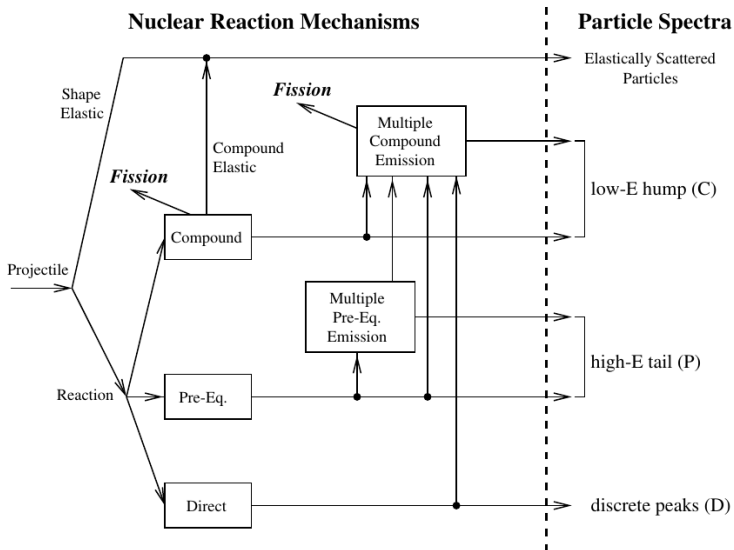


Моделирование ядерных реакций с использованием пакета TALYS

21.04.2023

- ▶ Универсальный пакет моделирования ядерных реакций под действием $\gamma, p, n, \alpha, d, t$ до области энергий 200 МэВ.
- ▶ Упругое рассеяние и захват n, γ . $(A + n \rightarrow B + \gamma)$
- ▶ Неупругое рассеяние с возбуждением уровней в ядре-мишени. $(A + p \rightarrow A^* + p)$
- ▶ Прямые реакции. $(A + p \rightarrow B + d)$.
- ▶ Образование составного ядра и предравновесный процесс. $((N, Z) + \gamma \rightarrow (N - 1, Z) + n)$
- ▶ Вынужденное деление.



Прямые реакции. Оптический потенциал

Волновая функция системы взаимодействующих частиц представляется в виде произведения функции движения их центра масс и в.ф. их внутреннего состояния $\Psi = \varphi(\mathbf{R})\psi(\mathbf{r})$. Реакция описывается уравнением Шредингера для $\psi(\mathbf{r})$

$$H\psi = E\psi,$$

где $H = (T + U_0) + U(\mathbf{r})$, а потенциал взаимодействия в оптической модели представлен в виде суммы действительной и комплексной частей

$$U(r) = V(r) + iW(r),$$

описывающих упругое рассеяние налетающих частиц и их поглощение (неупругое рассеяние). Параметры $R_V, R_{WS}, R_{WV}, R_{sl}, R_C, a_V, a_{WS}, a_{WV}, a_{sl}, V_0, W_S, W_V, V_{sl}, W_{sl}$. Решение в виде плоской и сферической волн

$$\psi(\mathbf{r}) \sim e^{ikz} + f(\theta, \phi) \frac{e^{ikr}}{r}, \quad f = \frac{1}{2i\sqrt{k_i k_f}} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) S_l P_l(\cos \theta).$$

Прямые реакции. Формализм связанных каналов

Связь между упругими и неупругими каналами реакции.

$$[T_1 + V_1 - E_1]\psi_1(\mathbf{r}) + V_{12}\psi_2(\mathbf{r}) = 0$$

$$[T_2 + V_2 - E_2]\psi_2(\mathbf{r}) + V_{21}\psi_1(\mathbf{r}) = 0$$

Отличные от нуля матричные элементы V_{ij} приводят к взаимному влиянию каналов. Условие малости влияния неупругого канала приводит к приближению искаженных волн (DWBA).

Механизм составного ядра

Формула Брейта-Вигнера

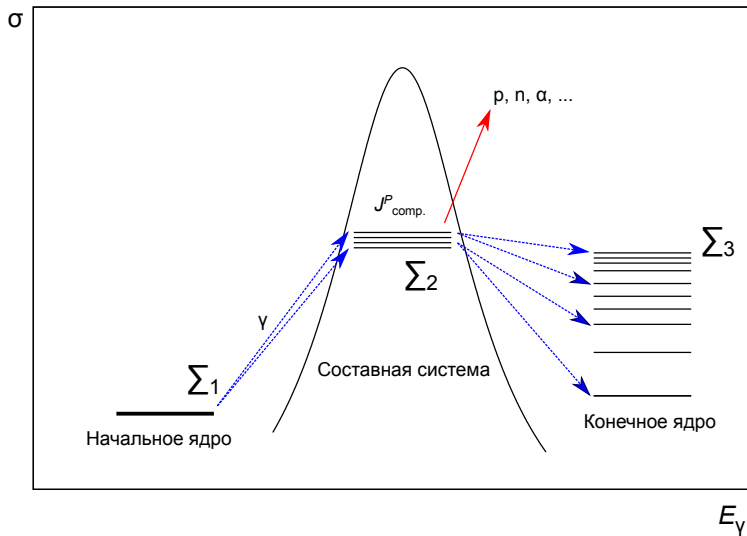
$$\sigma_{ab} = \frac{\lambda_a^2}{4\pi} \frac{\Gamma_a \Gamma_b}{(E - E_0)^2 + \frac{\Gamma^2}{4}}$$

$$\sigma_{ab} = \sigma_a C \frac{\Gamma_b}{\Gamma}$$

При больших энергиях отдельные резонансы сливаются, что приводит к испарительной (или статистической) модели.

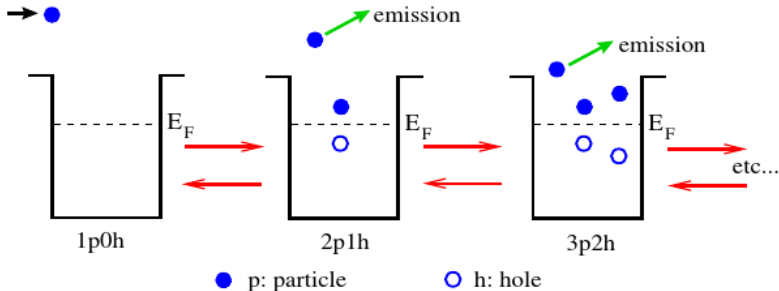
$$(4.173) \quad \sigma_{\alpha\alpha'}^{comp} = \sum_{J=\text{mod}(I+s,1)}^{l_{max}+I+s} \sum_{\Pi=-1}^1 \sigma_{J\Pi}^{CF}(E^{tot}) \frac{\Gamma_{\alpha'}(E^{tot}, J, \Pi \rightarrow E_x, I', \Pi_f)}{\Gamma^{tot}(E^{tot}, J, \Pi)}$$

Механизм составного ядра



Предравновесный механизм реакций

Процесс хаотизации входного состояния реакции, т.е. перераспределение исходного возбуждения между всеми нуклонами ядра.



Задание

1. Создать новую рабочую папку и выполнять задание, находясь в ней.
2. С помощью пакета TALYS рассчитать сечение фотоядерных реакций на ^{106}Cd в области энергий от 0 до 50 МэВ. Для этого создать входной файл TALYS 106-cd-input

```
projectile g
energy 5 50 1
element cd
mass 106
```

После чего запустить TALYS командой

```
/opt/talys196/talys/source/talys < 106-cd-input >
106-cd-output
```

Задание

Продолжение

3. Изучить содержимое рабочей директории после запуска.
Файл 106-cd-output содержит результат работы TALYS, а в файлы rp00Z00A.tot записано суммарное сечение реакций, приводящих к образованию ядра с данными A и Z .
4. Построить график рассчитанного сечения искомой реакции с помощью ROOT.

```
TGraph *g1 = new TGraph("rp048105.tot");  
g1->SetTitle("106Cd(gamma,1n)105Cd");  
TGraph *g2 = new TGraph("rp048104.tot");  
g2->SetTitle("106Cd(gamma,2n)104Cd");  
TGraph *g3 = new TGraph("rp048103.tot");  
g3->SetTitle("106Cd(gamma,3n)103Cd");  
g1->Draw("APL PLC PMC");  
g2->Draw("PL PLC PMC");  
g3->Draw("PL PLC PMC");  
gPad->BuildLegend();
```

Примечание

- ▶ Добавляя во входной файл TALYS параметр `ldmodel X`, где X — число от 1 до 6, можно использовать различные модели плотностей уровней конечного ядра.
- ▶ Задание выполняется в удаленном режиме на компьютере 213.131.7.83. Удаленный вход по протоколу SSH осуществляется командой
`ssh -X -p 11110 user@213.131.7.83`
Пароль: *****
- ▶ TALYS установлен в папке `/opt/talys196/talys`, т.е. для его запуска указывается полный путь:
`/opt/talys196/talys/source/talys`.
- ▶ Для загрузки переменных окружения ROOT выполняется команда
`source /opt/root/bin/thisroot.sh`.