Школа ФПН-2015, 17 декабря

Кинематика МУРН на спиновых волнах в гелимагнетиках с разными типами обменных взаимодействий

А. Суханов

ПИЯФ, СПбГУ

# #

Гелимагнетики с антисимметричным обменом (ДМ)

симметричным обменом (РККИ)

Магноны в ФМ фазе

Кинематика малоуглового рассеяния нейтронов

Определение жесткости спиновых волн

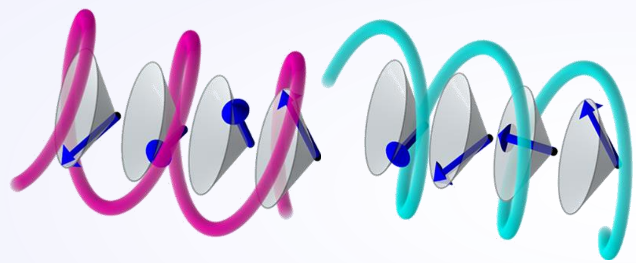
Гелимагнетики | Примеры

Взаимодействие Дзялошинского-Мория

$$k_s \sim \frac{D}{J}$$

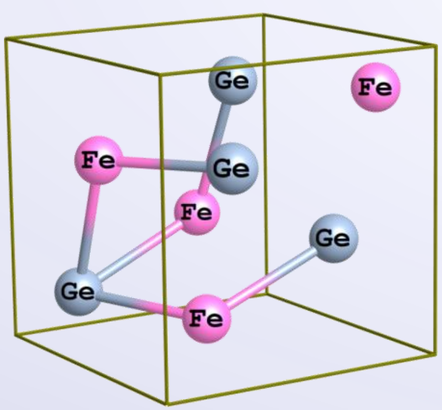
РККИ-взаимодействие

$$k_s \sim \frac{J}{J'}$$



*

Структуры типа B20



MnSi
FeGe
$Fe_{1-x}Co_xSi$
$Mn_{1-x}Fe_xGe$
MnGe

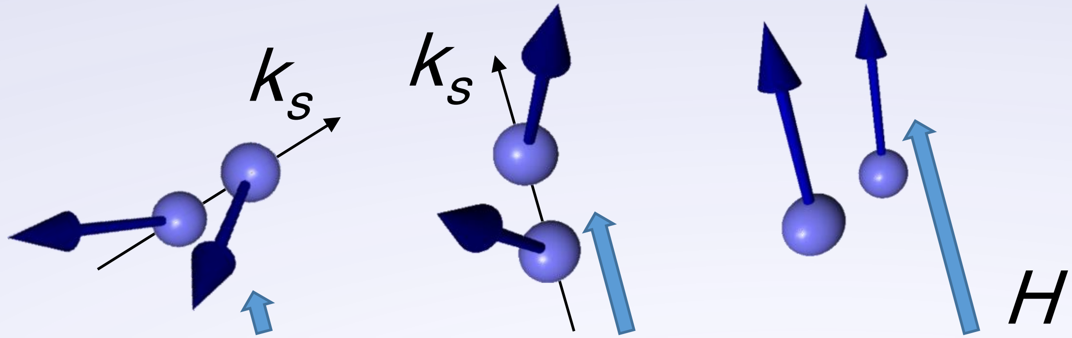
Dy
Ho
Dy/Y
Ho/Y

$d_s \sim 30 – 700$ Å

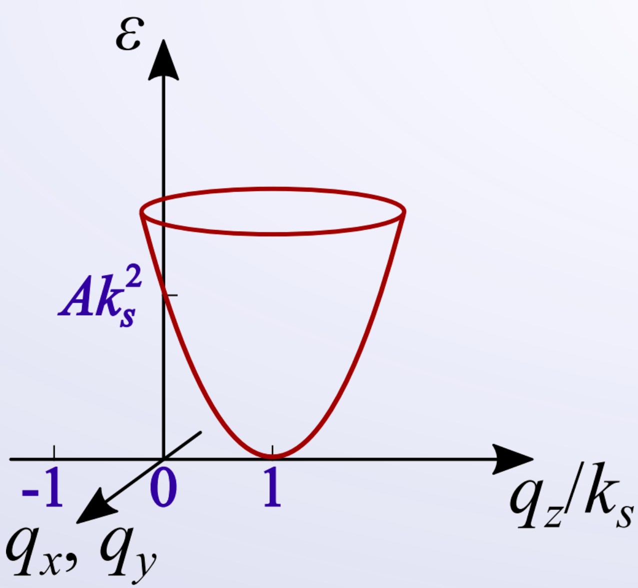
$d_s \sim 20$ Å

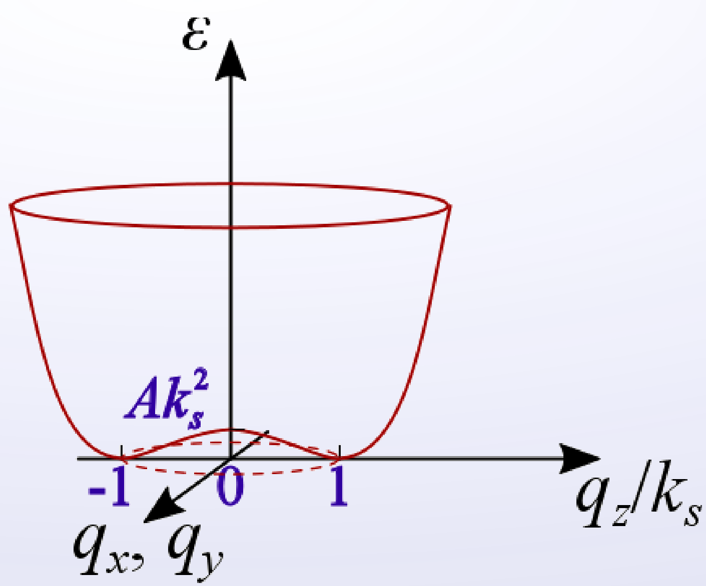
*Image from *Youtarou Takahashi, RIKEN Center for Emergent Matter Science*

Спиновые волны — ФМ состояние



Антисимметричный обмен	Симметричный обмен
$\epsilon_{\mathbf{q}} = A(\mathbf{q} - \mathbf{k}_s)^2 + (H - H_{C2})$	$\epsilon_{\mathbf{q}} = A(q^2 - k_s^2)^2 + (H - H_{C2})$





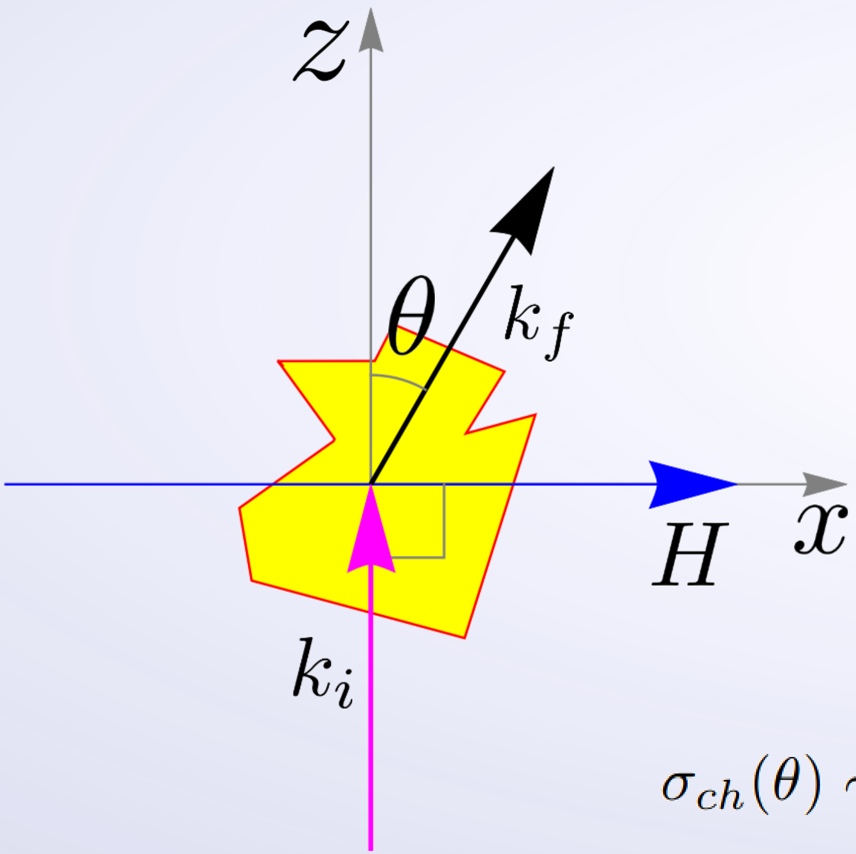
M. Kataoka, Jour. Phys. Soc. Jap. (1987)

Сечение рассеяния | Малоугловой предел

P$_0$ II H

$$\sigma_{ch}(\mathbf{Q},\omega) = \frac{k_f}{k_i} 2r^2|F_m|^2 \frac{1}{\pi\left(1-e^{-\omega/T}\right)} \langle S\rangle\, P_0(\hat{\mathbf{Q}}\hat{\mathbf{h}})^2$$

$$\times\left[\delta(\omega-\epsilon_{\mathbf{Q}})+\delta(\omega+\epsilon_{-\mathbf{Q}})\right]$$



$$Q = k_i\left[\theta_x^2+\theta_y^2+(\omega/2E_i)^2\right]^{1/2}$$

el

inel

$$\sigma_{ch}(\theta) \sim \langle S\rangle\, T P_0 \int \frac{d\omega}{\omega} \frac{(2E_i\theta_x)^2}{\omega^2+(2E_i)^2(\theta_x^2+\theta_y^2)}$$

$$\times\left[\delta(\omega-\epsilon_{\mathbf{Q}})+\delta(\omega+\epsilon_{-\mathbf{Q}})\right]$$

Сечение рассеяния

Антисимметричный случай

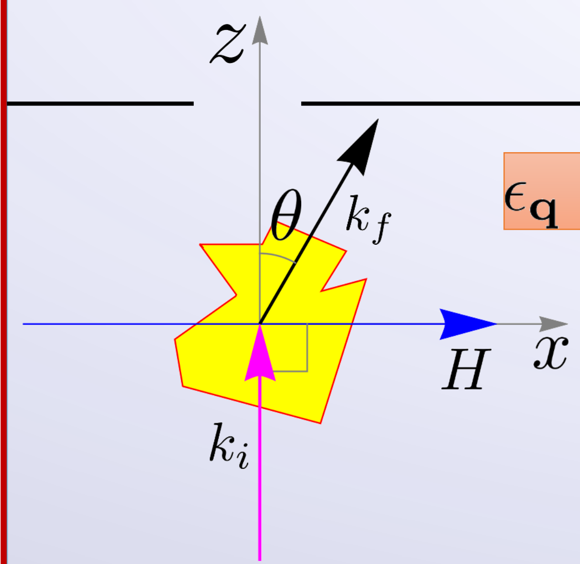
$$\sigma_{ch}(\theta) \sim \langle S \rangle T P_0 \int \frac{d\omega}{\omega} \frac{(2E_i\theta_x)^2}{\omega^2 + (2E_i)^2(\theta_x^2 + \theta_y^2)}$$

$$\times \left[\delta(\omega - \epsilon_{\mathbf{Q}}) + \delta(\omega + \epsilon_{-\mathbf{Q}})\right]$$

$$\omega - \epsilon_{\mathbf{Q}} = \omega - Ak_i^2 \left(\theta_x^2 + \theta_y^2 + \left(\frac{\omega}{2E_i}\right)^2\right) + 2Ak_i\theta_x k_s - H;$$

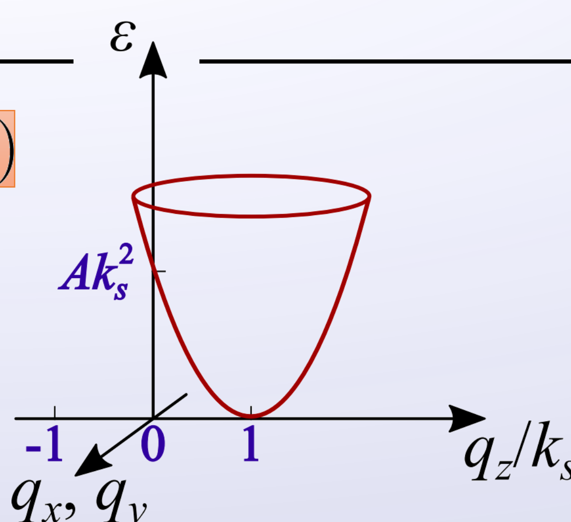
$$\omega + \epsilon_{-\mathbf{Q}} = \omega + Ak_i^2 \left(\theta_x^2 + \theta_y^2 + \left(\frac{\omega}{2E_i}\right)^2\right) + 2Ak_i\theta_x k_s + H;$$

$$= \frac{\delta(\omega - \omega_1) + \delta(\omega - \omega_2)}{|1 - \omega/(2E_i\theta_0)|} + \frac{\delta(\omega - \omega_3) + \delta(\omega - \omega_4)}{|1 + \omega/(2E_i\theta_0)|},$$



$$\boxed{\epsilon_{\mathbf{q}} = A(\mathbf{q} - \mathbf{k}_s)^2 + (H - H_{C2})}$$

$$Q = k_i \left[\theta_x^2 + \theta_y^2 + (\omega/2E_i)^2\right]^{1/2}$$



Сечение рассеяния

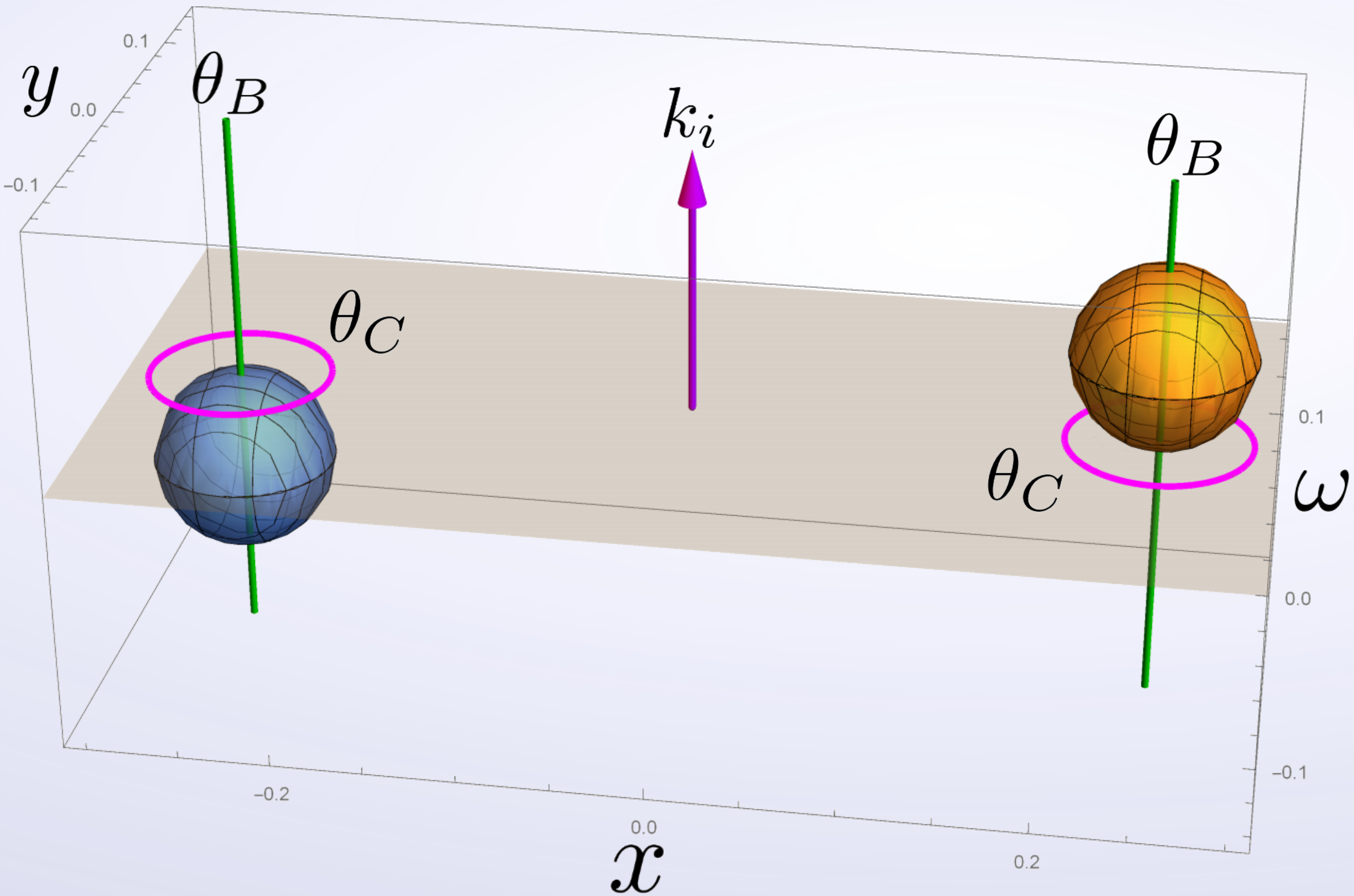
Антисимметричный случай

$$\frac{\omega_{1,2}}{2E_i} = \theta_0 \pm \sqrt{\theta_C^2 - (\theta_x - \theta_B)^2 - \theta_y^2},$$

$$\frac{\omega_{3,4}}{2E_i} = -\theta_0 \pm \sqrt{\theta_C^2 - (\theta_x + \theta_B)^2 - \theta_y^2},$$

$$\theta_0 = (2Am_n)^{-1}$$

$$\boxed{\theta_C^2(H) = \theta_0^2 - \frac{\theta_0}{E_i} H + \theta_B^2}$$



Сечение рассеяния

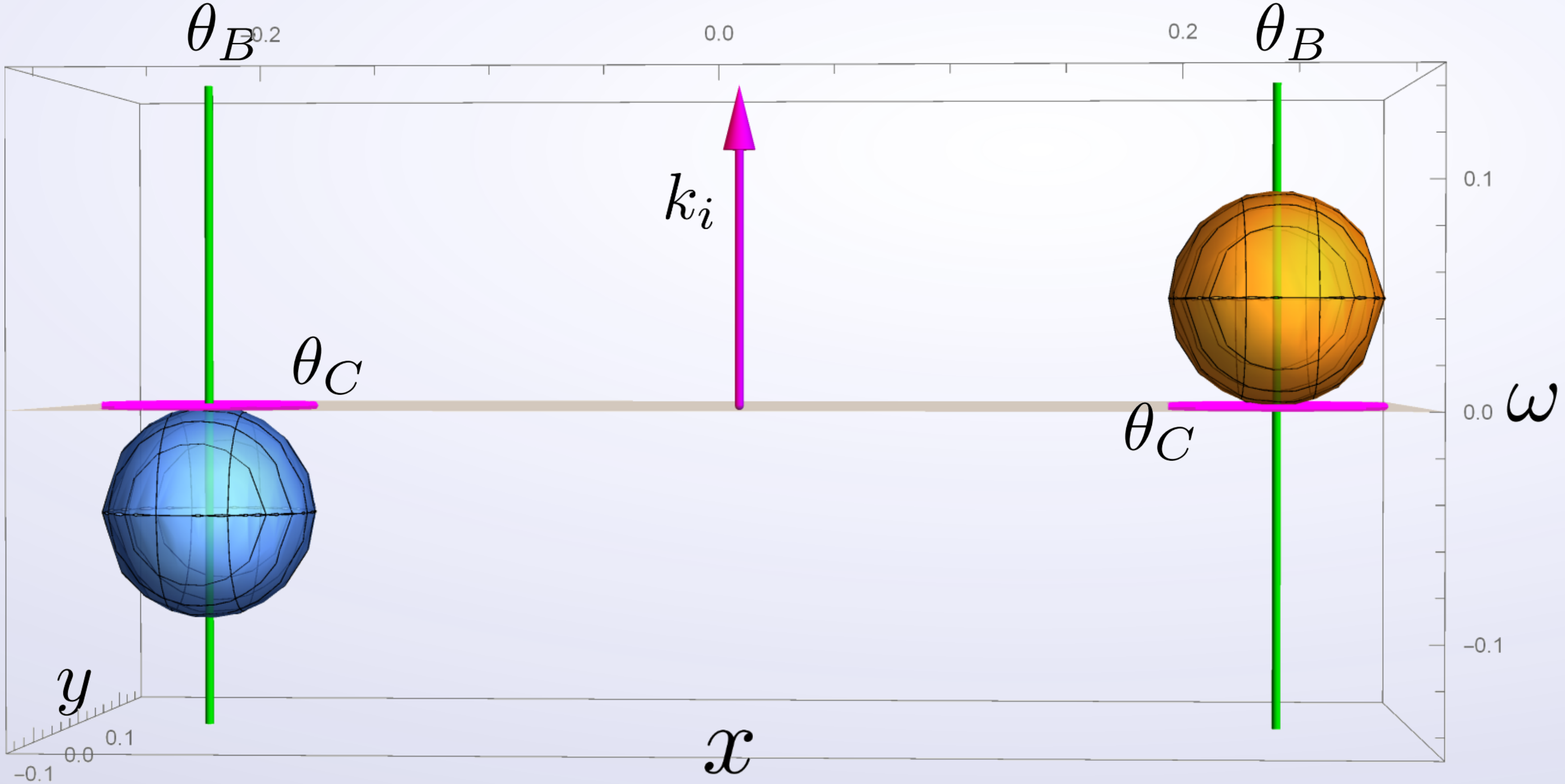
Антисимметричный случай

$$\frac{\omega_{1,2}}{2E_i} = \theta_0 \pm \sqrt{\theta_C^2 - (\theta_x - \theta_B)^2 - \theta_y^2},$$

$$\frac{\omega_{3,4}}{2E_i} = -\theta_0 \pm \sqrt{\theta_C^2 - (\theta_x + \theta_B)^2 - \theta_y^2},$$

$$\theta_0 = (2Am_n)^{-1}$$

$$\boxed{\theta_C^2(H) = \theta_0^2 - \frac{\theta_0}{E_i}H + \theta_B^2}$$



Сечение рассеяния

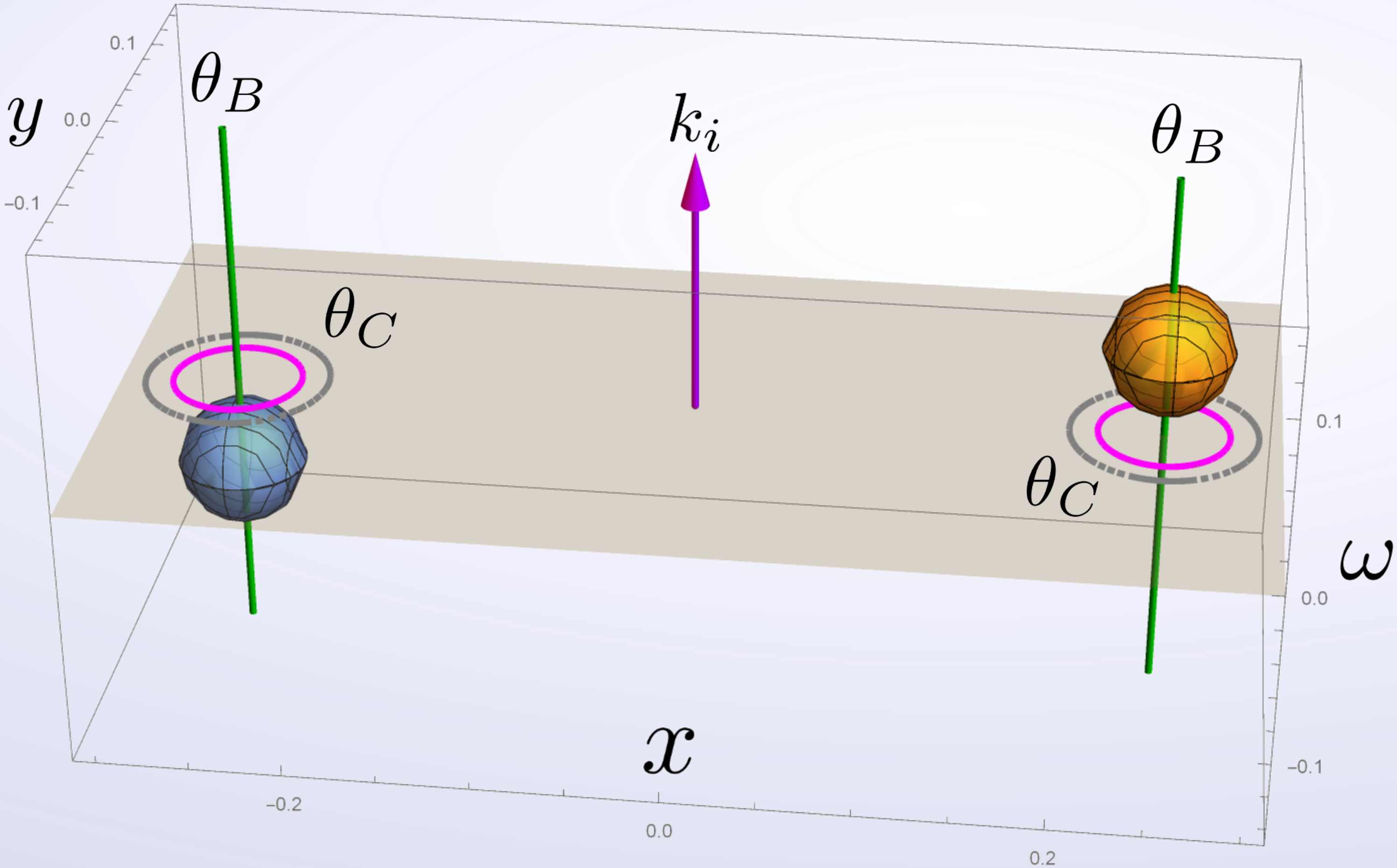
Антисимметричный случай

$$\frac{\omega_{1,2}}{2E_i} = \theta_0 \pm \sqrt{\theta_C^2 - (\theta_x - \theta_B)^2 - \theta_y^2},$$

$$\frac{\omega_{3,4}}{2E_i} = -\theta_0 \pm \sqrt{\theta_C^2 - (\theta_x + \theta_B)^2 - \theta_y^2},$$

$$\theta_0 = (2Am_n)^{-1}$$

$$\boxed{\theta_C^2(H) = \theta_0^2 - \frac{\theta_0}{E_i}H + \theta_B^2}$$



Сечение рассеяния

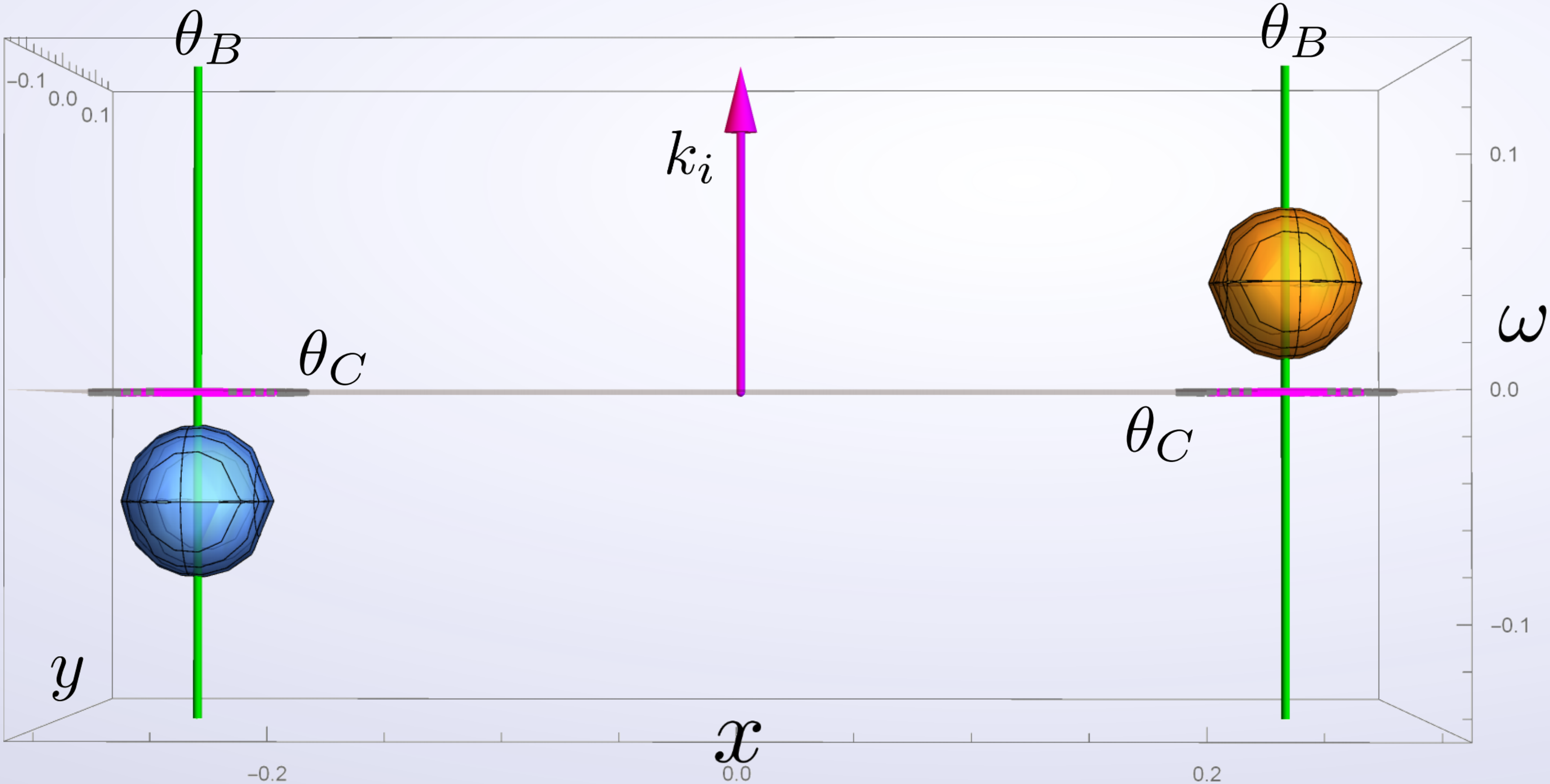
Антисимметричный случай

$$\frac{\omega_{1,2}}{2E_i} = \theta_0 \pm \sqrt{\theta_C^2 - (\theta_x - \theta_B)^2 - \theta_y^2},$$

$$\frac{\omega_{3,4}}{2E_i} = -\theta_0 \pm \sqrt{\theta_C^2 - (\theta_x + \theta_B)^2 - \theta_y^2},$$

$$\theta_0 = (2Am_n)^{-1}$$

$$\boxed{\theta_C^2(H) = \theta_0^2 - \frac{\theta_0}{E_i}H + \theta_B^2}$$

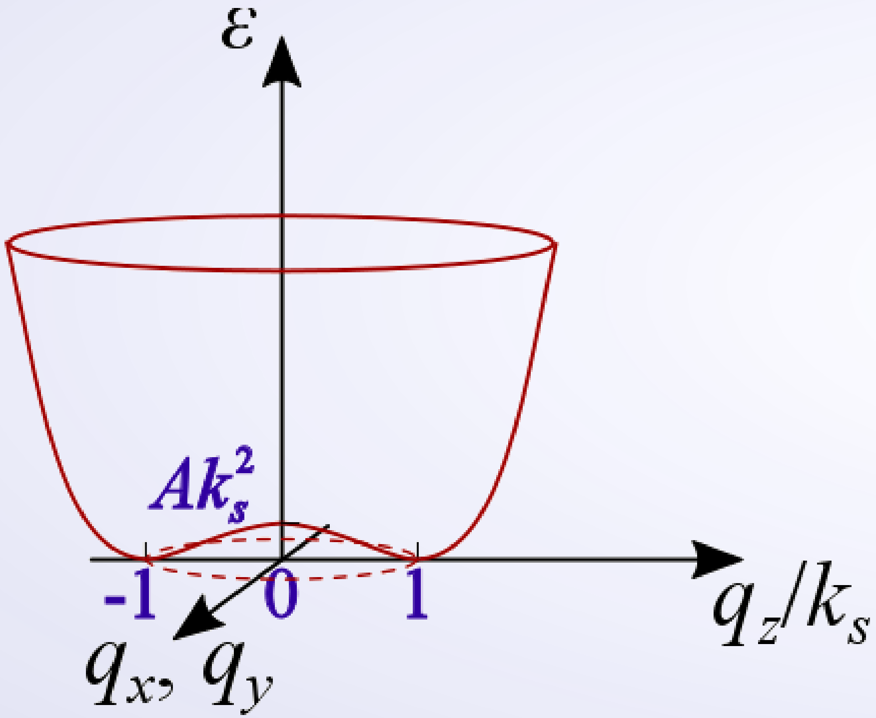


Сечение рассеяния

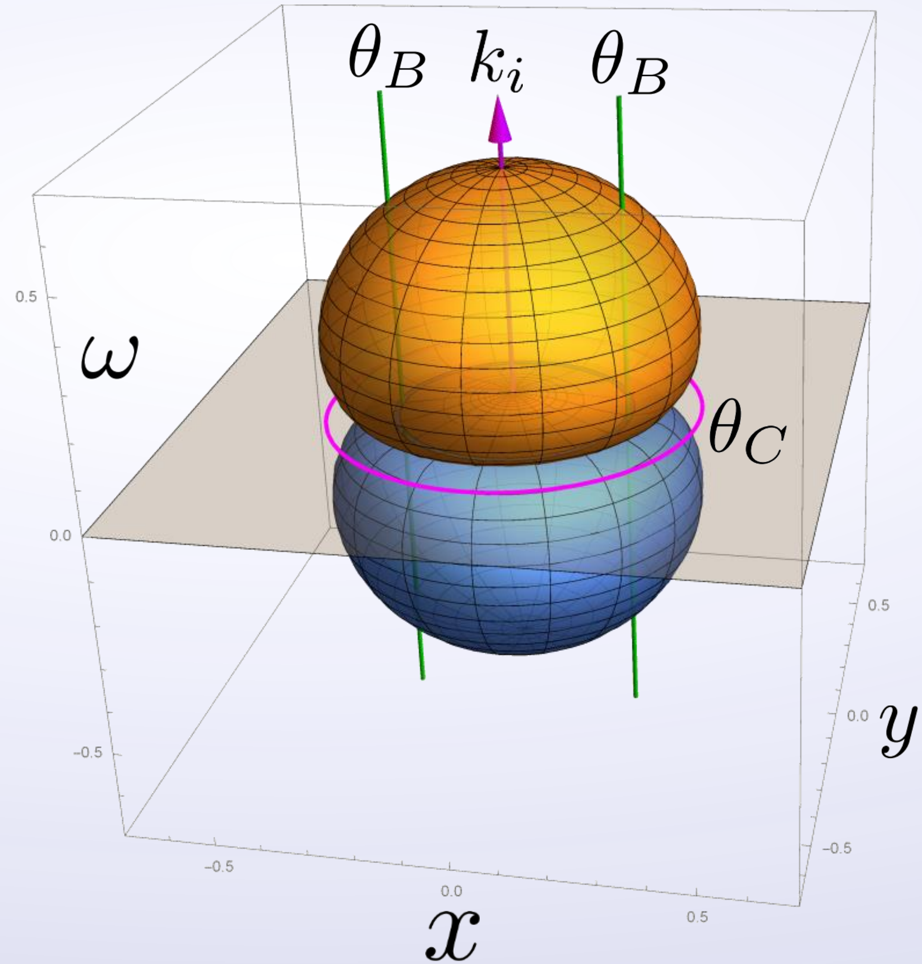
Симметричный случай

$$\sigma_{ch}(\theta) \sim \langle S \rangle T P_0 \int \frac{d\omega}{\omega} \frac{(2E_i\theta_x)^2}{\omega^2 + (2E_i)^2(\theta_x^2 + \theta_y^2)}$$
$$\times \left[\delta(\omega - \epsilon_{\mathbf{Q}}) + \delta(\omega + \epsilon_{-\mathbf{Q}})\right]$$

$$\epsilon_{\mathbf{q}} = A(q^2 - k_s^2)^2 + (H - H_{C2})$$



$$Q = k_i\left[\theta_x^2 + \theta_y^2 + (\omega/2E_i)^2\right]^{1/2}$$



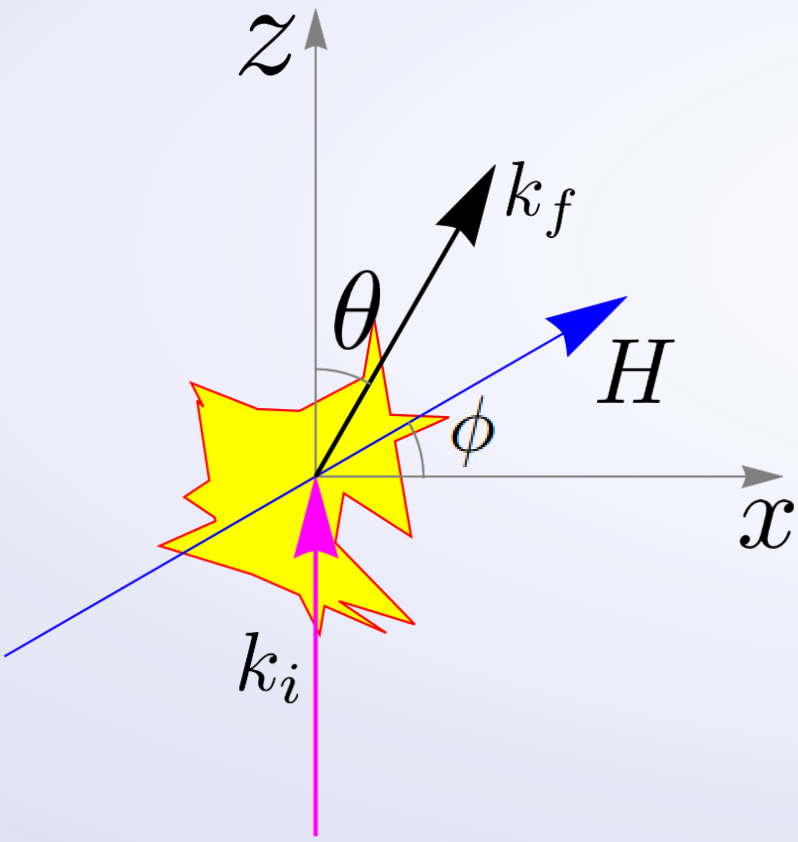
Сечение рассеяния

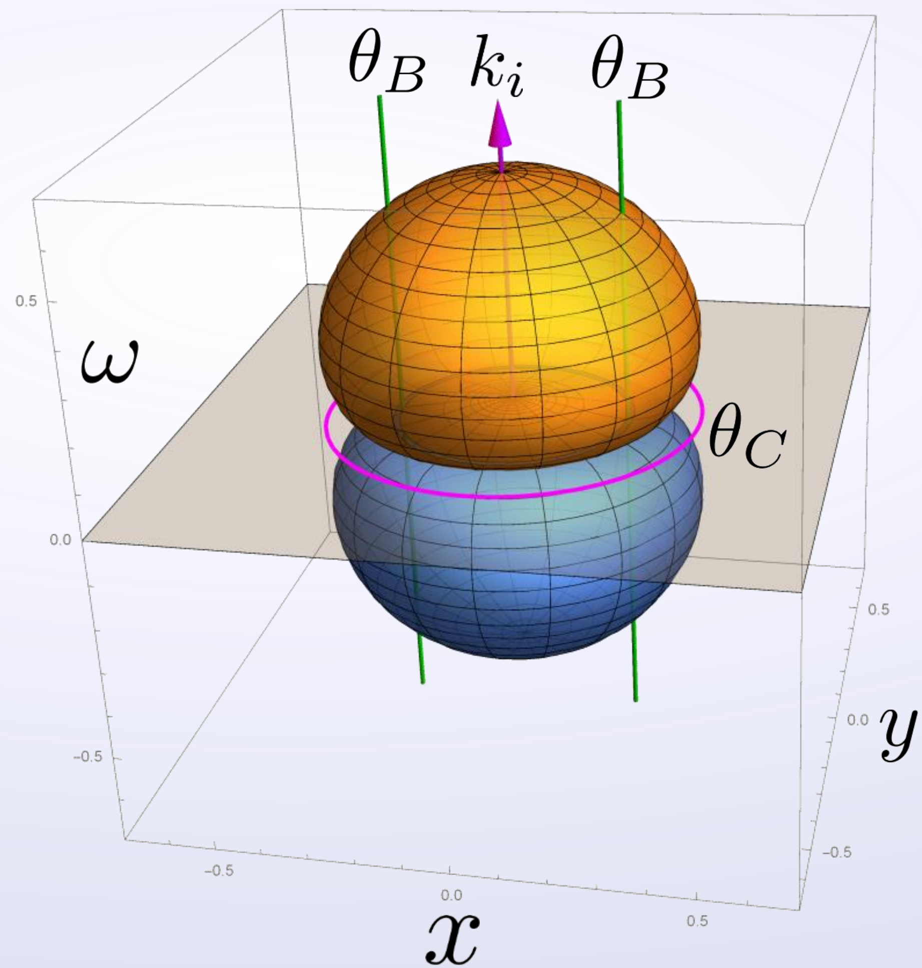
Симметричный случай

$$\sigma_{ch}(\mathbf{Q},\omega) = \frac{k_f}{k_i} 2r^2 |F_m|^2 \frac{1}{\pi\left(1-e^{-\omega/T}\right)} \langle S\rangle\, P_0(\hat{\mathbf{Q}}\hat{\mathbf{h}})^2$$

$$\times\left[\delta(\omega-\epsilon_{\mathbf{Q}})+\delta(\omega+\epsilon_{-\mathbf{Q}})\right]$$

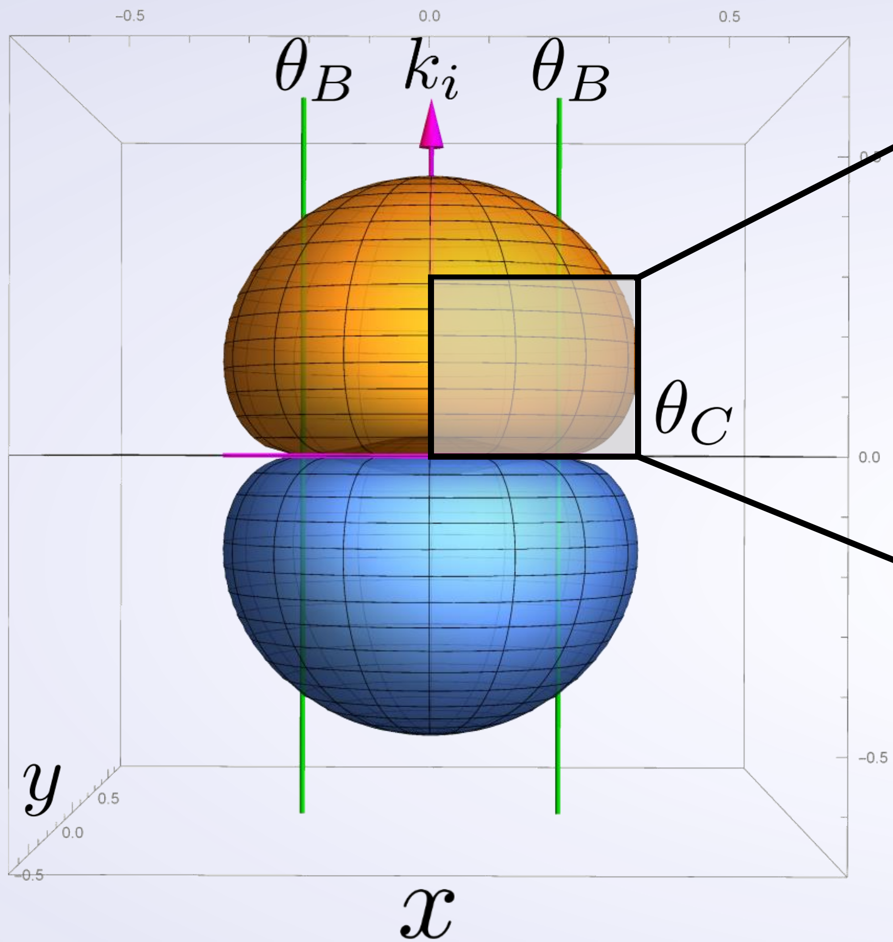
$$\epsilon_{\mathbf{q}} = A(q^2-k_s^2)^2 + (H-H_{C2})$$

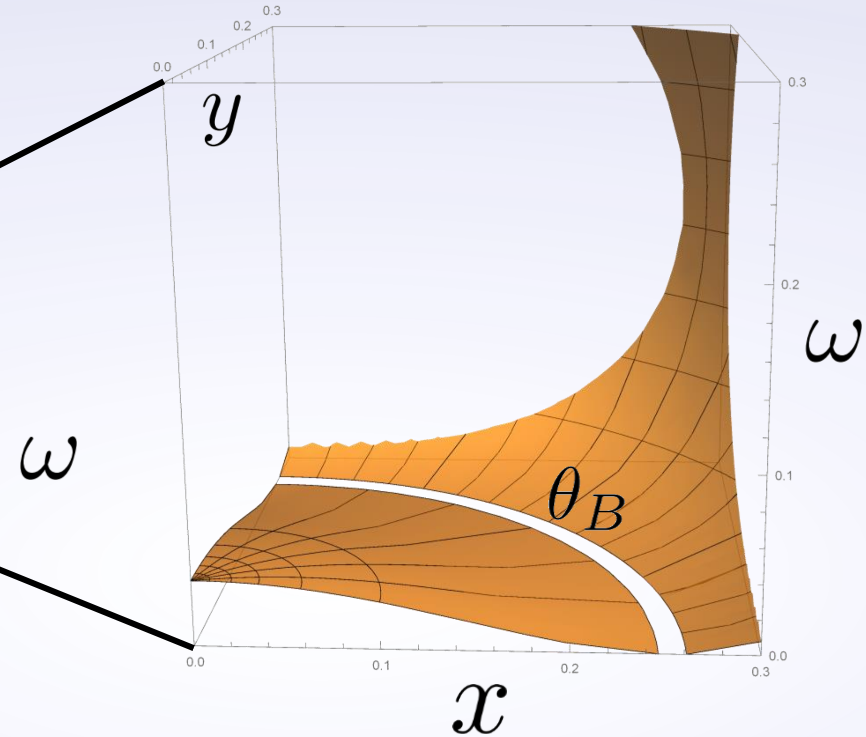




Сечение рассеяния

Симметричный случай





$$\theta_C^2 = \theta_B^2 - \omega_0^2 + \sqrt{\theta_0(2\omega_0 - \Delta H/E_i)}$$

$$\omega_0 = f^+\left(\frac{\Delta H}{6E_i}, \frac{\theta_0}{16}\right) + f^-\left(\frac{\Delta H}{6E_i}, \frac{\theta_0}{16}\right) + \frac{\Delta H}{6E_i}$$

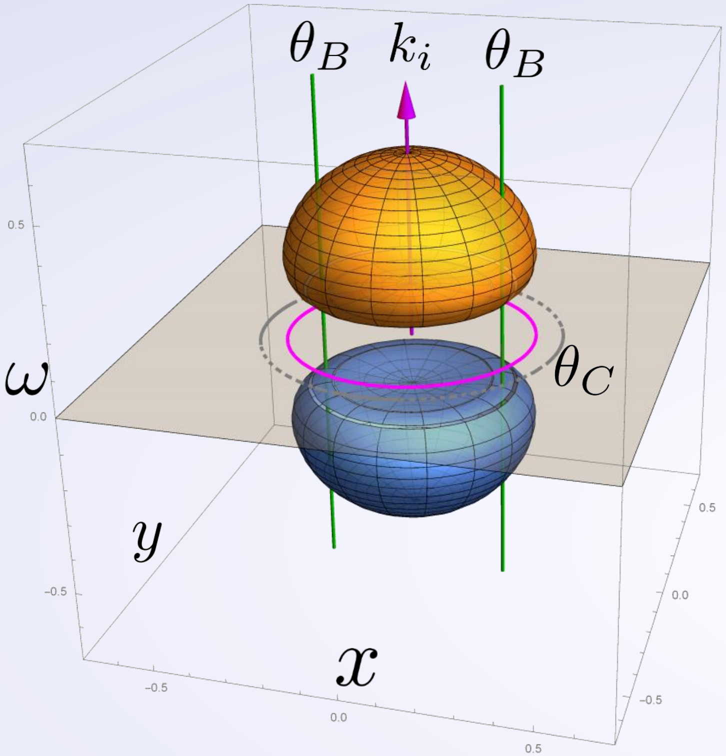
$$\epsilon_{\mathbf{q}} = A(q^2 - k_s^2)^2 + (H - H_{C2})$$

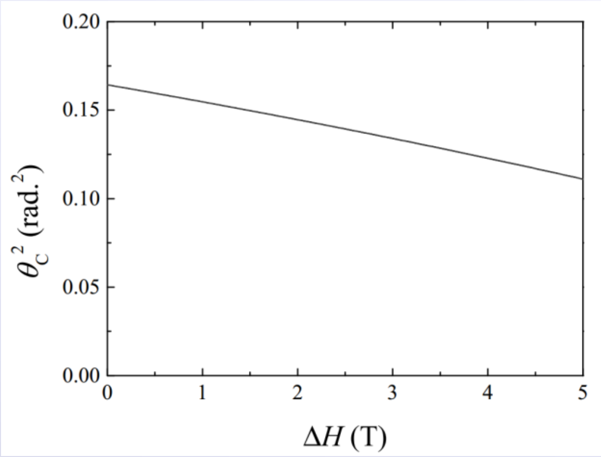
$$f(x,y)^{\pm} = \left(x^3 + y \pm \sqrt{2x^3y + y^2}\right)^{1/3}$$

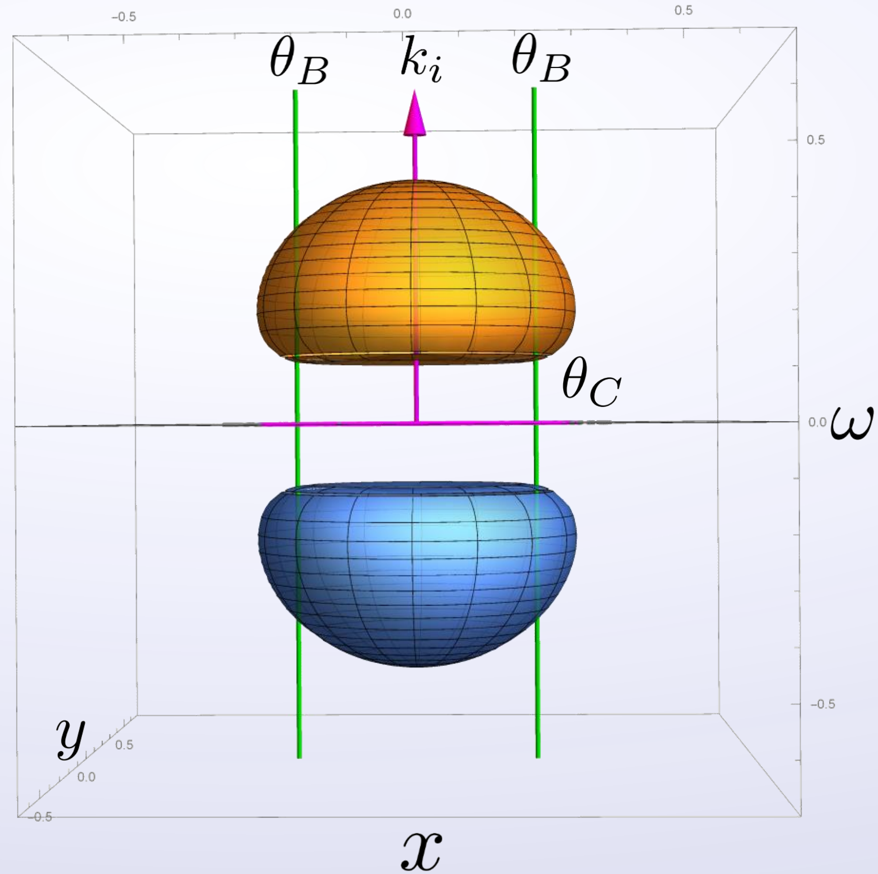
Сечение рассеяния

Симметричный случай

$$\epsilon_{\mathbf{q}} = A(q^2 - k_s^2)^2 + (H - H_{C2})$$







Заключение

- Путем наблюдения в интенсивности кирального рассеяния угла отсечки можно измерить жесткость спиновых волн в гелимагнетиках
- В случае антисимметричного обмена для наблюдения кирального вклада достаточно поля, перпендикулярного к падающему пучку
- Для случая симметричного обмена необходима наклонная геометрия
- Угловая зависимость интенсивности рассеяния должна существенно различаться в двух рассмотренных случаях

Спасибо за внимание!