

ПДР: результаты и перспективы

С.П. Камерджи́ев, А.В. Авдеенков
О.И. Ачаковский
(ФЭИ)

Семинар НИИЯФ МГУ
06.02.2014

План:

1. Гигиенический резонанс

1.1 мини-обзор

2. Радиационные силовые функции

2.1 Перспективы экспериментов в ПДР

2.2 самосогласованные расчеты с учетом связи с фононами

3. Заключение

1.Пигми-дипольный резонанс (ПДР)

Обзоры:

Nils Paar et al., Rep. Progr. Phys.70, 691 (2007)

D.Savran et al., Progr. Part. Nucl. Phys. 70, 210 (2013)

Мини-обзоры:

1.Avdeenkov, Kamerdzhiev Phys. At. Nucl.72, 1332 (2009)

2.Камерджи́ев, Авдеенков , ЯФ, 2014

“О некоторых проблемах описания радиационных силовых функций”

Статьи:

Камерджи́ев, Ковалев , ЯФ, 69, 442 (2006)

A. Avdeenkov et.al., Phys. Rev. C83, 064316 (2011)

Определения: обычно 1-2% EWSR, $E=0-10$ MeV

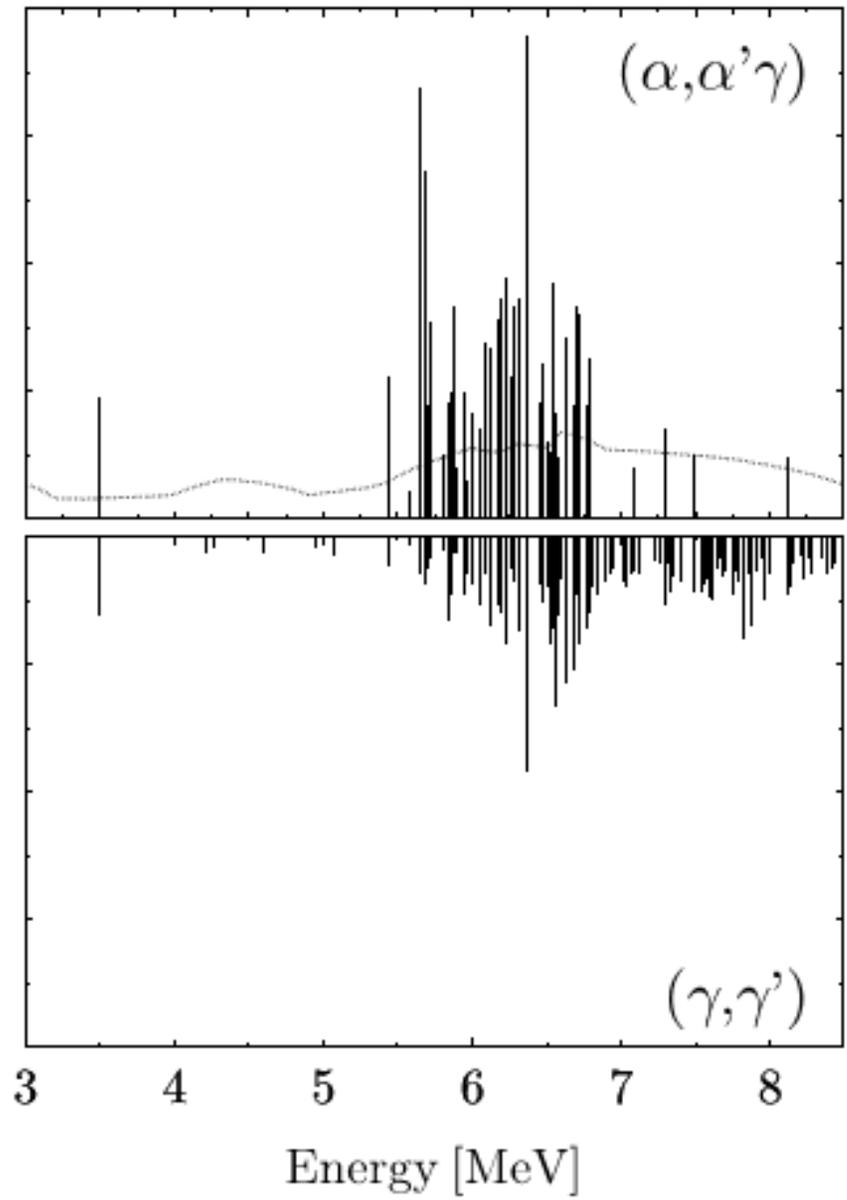
Макроскопическая модель (устарела !)

**Тороидальная (вихревая) и
компрессионная природа**

**Изоспиновое расщепление (пигми-
дипольная сила (ПДС))**

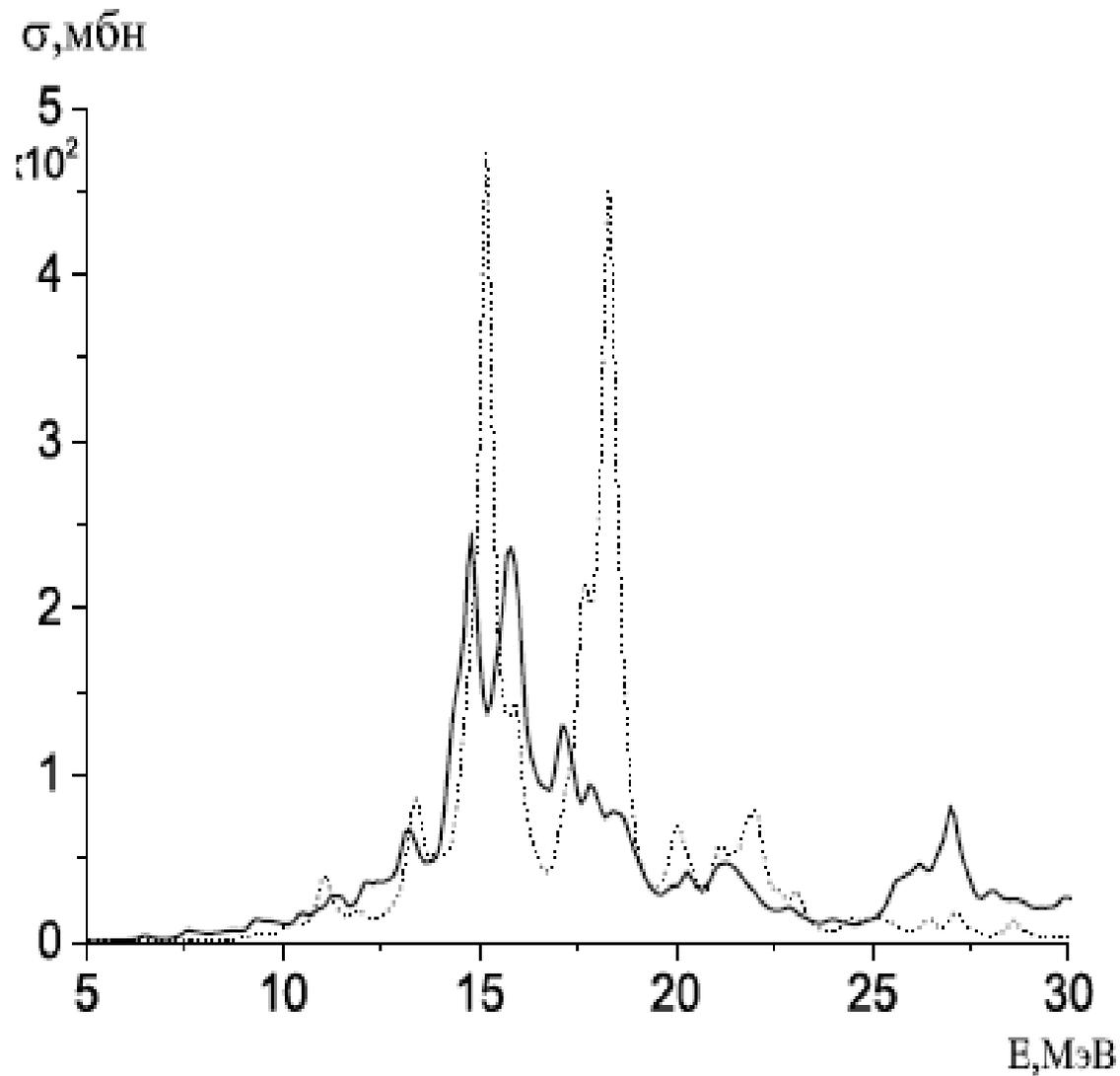
**Коллективность ?! –в изоскалярном
канале (?)**

^{124}Sn

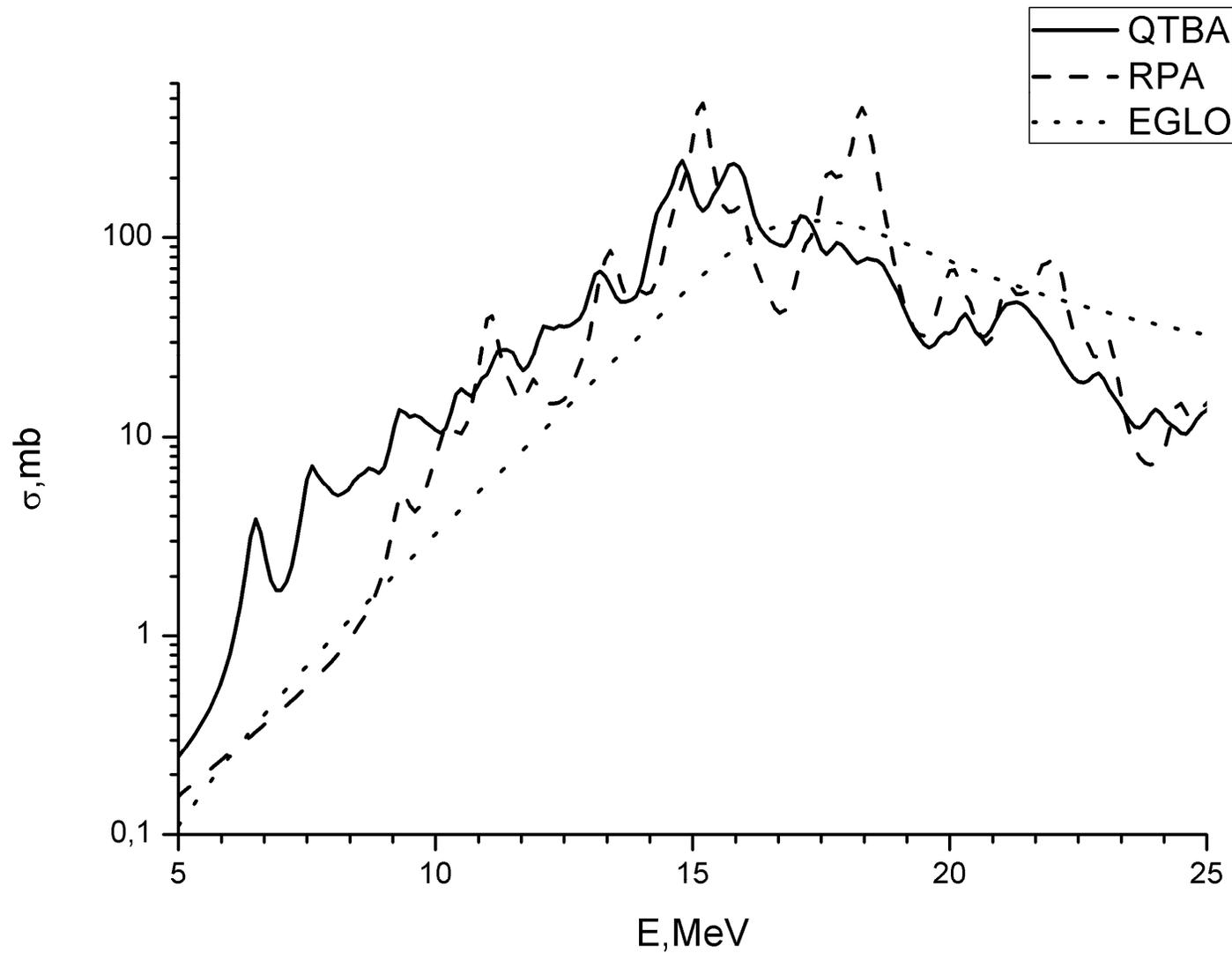


D.Savran, T.Aumann, A.Zilges
Prog. Part. Nucl. Phys.
70 (2013) 210

Сечение E1 фотопоглощения в ^{68}Ni



Сечение E1 фотопоглощения в ^{68}Ni



**Во всех расчетах по ОТКФС
использовалась силовая функция S.**

Сечение E1 фотопоглощения
выражается через S:

$$\sigma(\omega) = 4.022\omega S(\omega)$$

$$S(\omega) = \frac{dB(E1)}{dE}$$

Если верны принцип детального равновесия и гипотеза Бринка-Акселя:

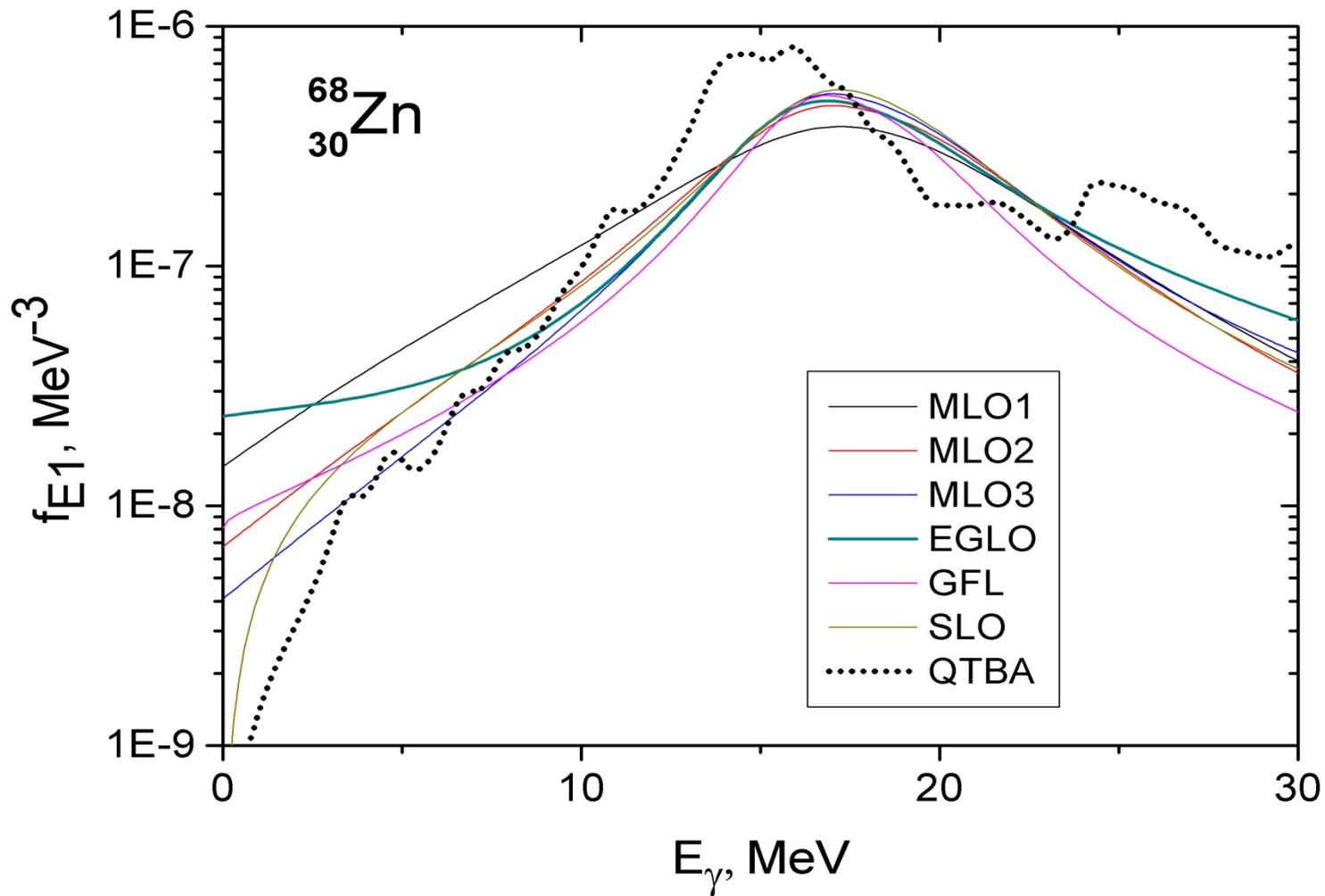
$$f(E1) = \frac{1}{3(\pi\hbar c)^2} \frac{\sigma(\omega)}{\omega} = 3.487 \cdot 10^{-7} S(\omega),$$

где S берётся в $\text{Фм}^2\text{МэВ}^{-1}$, $f(E1)$ в МэВ^{-3}

Проблемы РСФ=проблемам (ПДР + ГБА) !

2. Радиационные силовые функции (РСФ)

1. Определения (два !).
2. 6 феноменологических моделей в EMPIRE -упрощенные теоретич. подходы, основанные на лоренцевской аппроксимации !



2.1 Перспективы эксперимента в ПДР и РСФ

- 1.Изучение структур (эксп. разрешение ?)
- 2.Четно-нечетные эффекты

- 3.Новые ядра
- 4.Изучение вклада M1-резонанса
- 5. Экзотические ядра (например, ^{68}Ni)

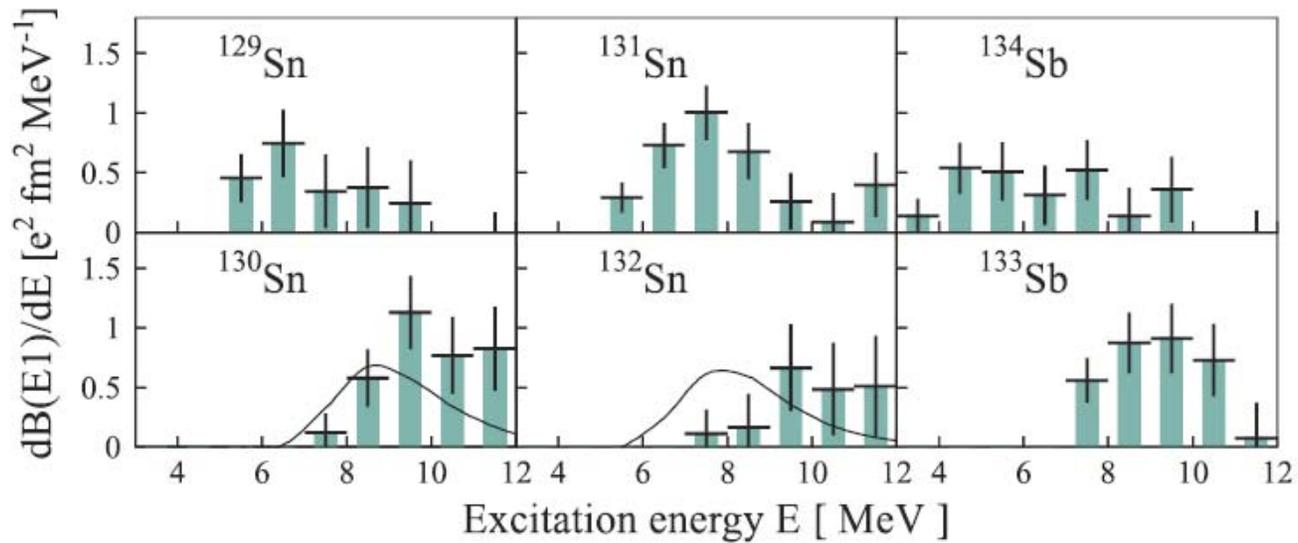


Fig. 18. Pygmy dipole strength distribution $dB(E1)/dE$ obtained for unstable Sn and Sb isotopes [64] with odd-neutron number (upper row) and with even-neutron number (bottom row). The solid lines show results for $^{130,132}\text{Sn}$ from the RQRPA calculation with a particular choice of the DD-ME interaction [151].
 Source: Reprinted figure with permission from [64].
 © 2007, by the American Physical Society.

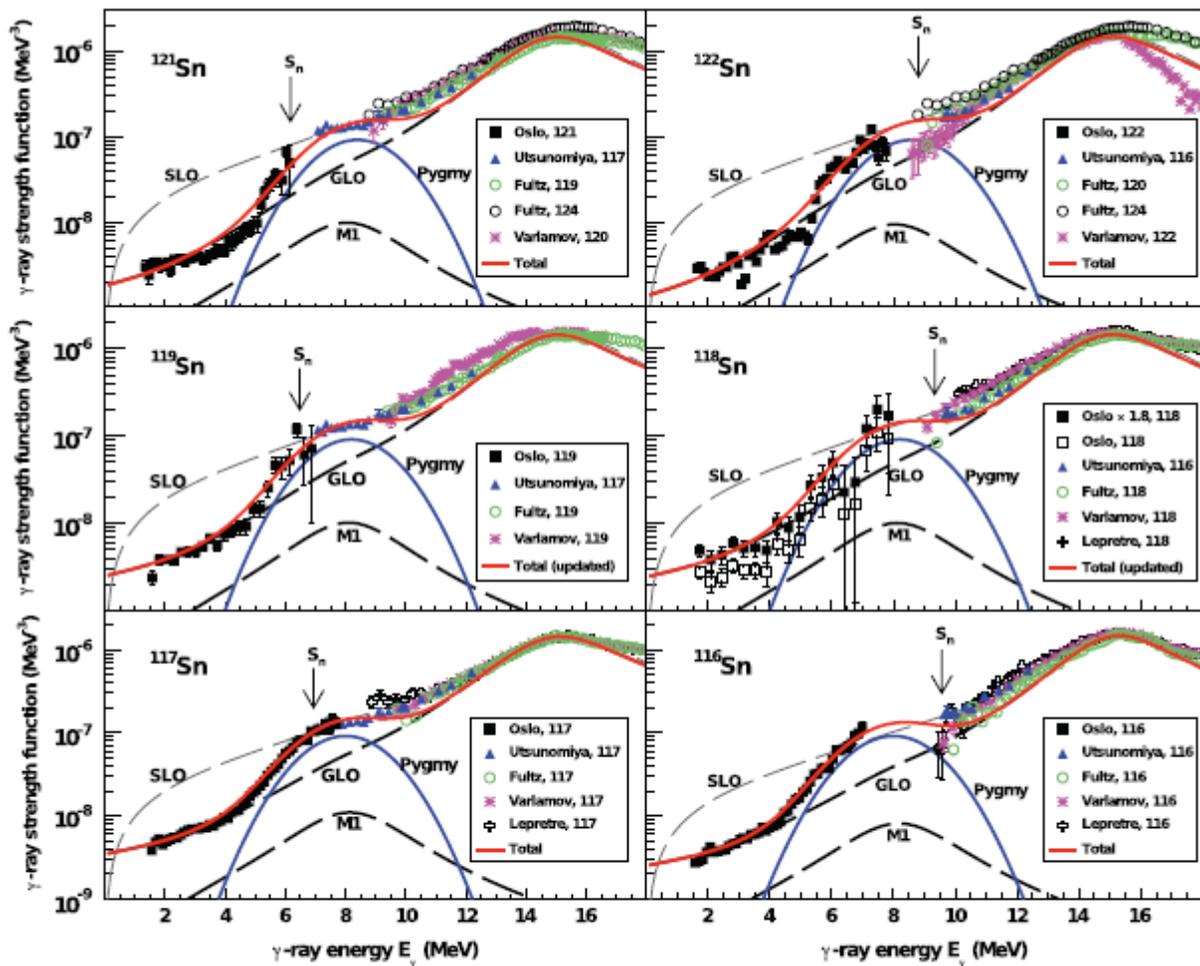


Fig. 25. Comparison of experimental data from the Oslo group (low-energy part) and other experiments with predictions for the γ -ray strength function. The inclusion of a E1 PDR around 8–8.6 MeV is necessary to explain the measured data.

Source: Reprinted figure with permission from [174].

© 2011, by the American Physical Society.

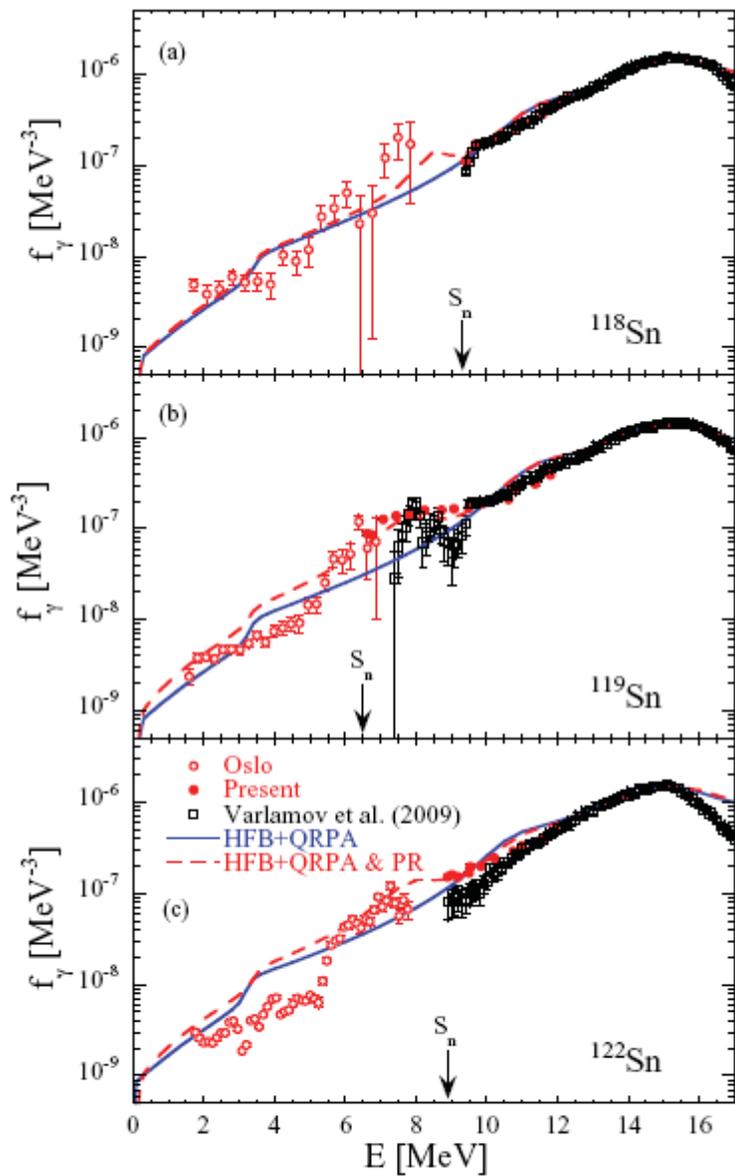
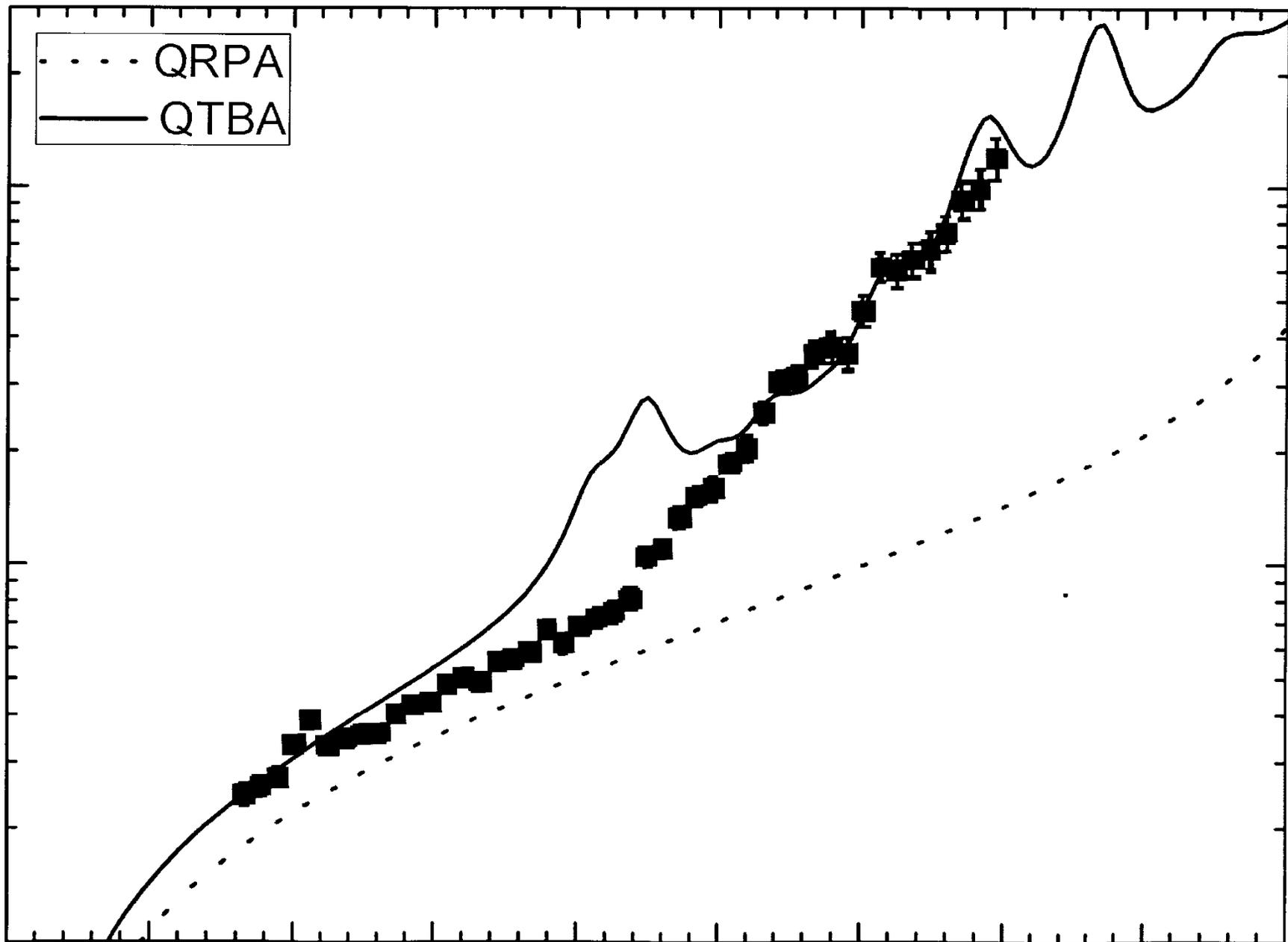


FIG. 10. (Color online) Comparison between the HFB + QRPA strength (with and without the inclusion of the PR) and the experimental data of the Oslo group [9,10], from photodata [18] as well as the present photoemission data, for ¹¹⁸Sn (a), ¹¹⁹Sn (b), and ¹²²Sn (c).

Utsunomiya, Goriely et al.,
 PRC 84, 055805(2011)



Связь с фононами

учитывалась [N.Paar et al.,2007]:

1. **NFT** (Bohr, Mottelson Vol.2)
 2. V. Ponomarev: **QPM model by Soloviev**
 3. Ka-ev, Speth, Tertychny,
ETFFS[Phys.Rep.2004]
{Isaak,....,Ka-ev !,...., Phys.Rev.C83,034304 (2011) –
PDR in ^{44}Ca }
 - !+4. Релятивистский подход (Ring, Tselyaev,
Litvinova)
- Эксперименты Utsunomiya (Phys.Rev.
2011,2009) по **Радиац. Силовой Функции** ,
(n,γ), (γ,n)-прямое док-во вклада
эффекта связи с фононами !

Микроскопический метод :
Самосогласованная Обобщенная
Теория Конечных Ферми Систем

(ОТКФС) :

Включает:

- 1.(Q)RPA
- 2.Связь с фононами
- 3.Непрерывный одночастичный спектр

Self-consistency:

1. Mean field (ground state) is determined by the first derivative of the **functional**
2. Effective pp- and ph-interactions are the second derivative of the same functional :

$$\mathcal{F}^k(\rho) = \frac{\delta^2 \mathcal{E}}{\delta v^2} \quad \mathcal{F} = \frac{\delta^2 \mathcal{E}}{\delta \rho^2},$$

Особенности ОТКФС-подхода:

1. Индивидуальный подход к каждому ядру (схема одночастичных уровней)

2. “Первопринципность”

(универсальность параметров сил Скирма или функционала)

3. Большая предсказательная сила

4. Но (!): меньшая сила, если подгоняются все параметры для каждого ядра

5. Много машинного времени !

Структуры – в основном, за счет
связи с фононами – **ПРОРЫВ !?**

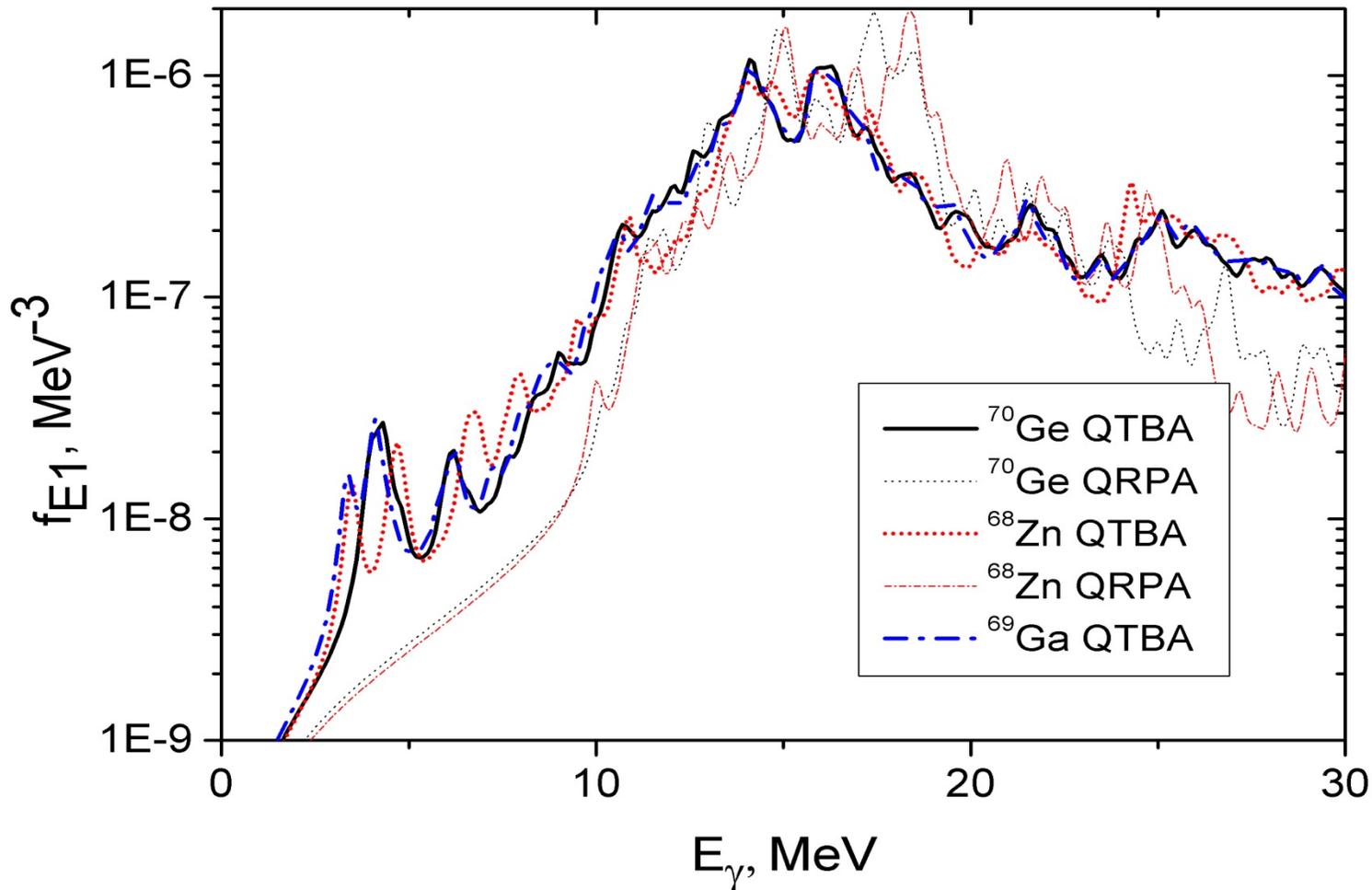


Таблица 1. Интегральные характеристики гигантского $E1$ и пигми-дипольного резонансов в рассчитанные без учёта (QRPA) и с учётом связи с фооном (ОТКФС (КПВБ)) по формулам (1)-(2)

для двух вариантов сил Скирма

Силы	Интервал (0-30) МэВ				Интервал (7-13) МэВ			
	QRPA		ОТКФС (КПВБ)		QRPA		ОТКФС (КПВБ)	
	$\langle E \rangle$, МэВ	D, МэВ	$\langle E \rangle$, МэВ	D, МэВ	$\langle E \rangle$, МэВ	%	$\langle E \rangle$, МэВ	%
<i>SLy4</i>	17.48	1.66	18.54	3.97	11.0	4.85	10.75	8.73
<i>BSk17</i>	17.82	1.92	19.03	4.38	10.24	5.32	10.28	6.85
Эксперимент	[36]		18.1 (5)	6.1 (5)	[36]		10.4 (4)	4.1 (1.9)
					[35]		≈ 11	≈ 5

Заключение

1. Новая (?) физика в области энергий
ПДР:

1.1 Изоскалярная природа ПДР

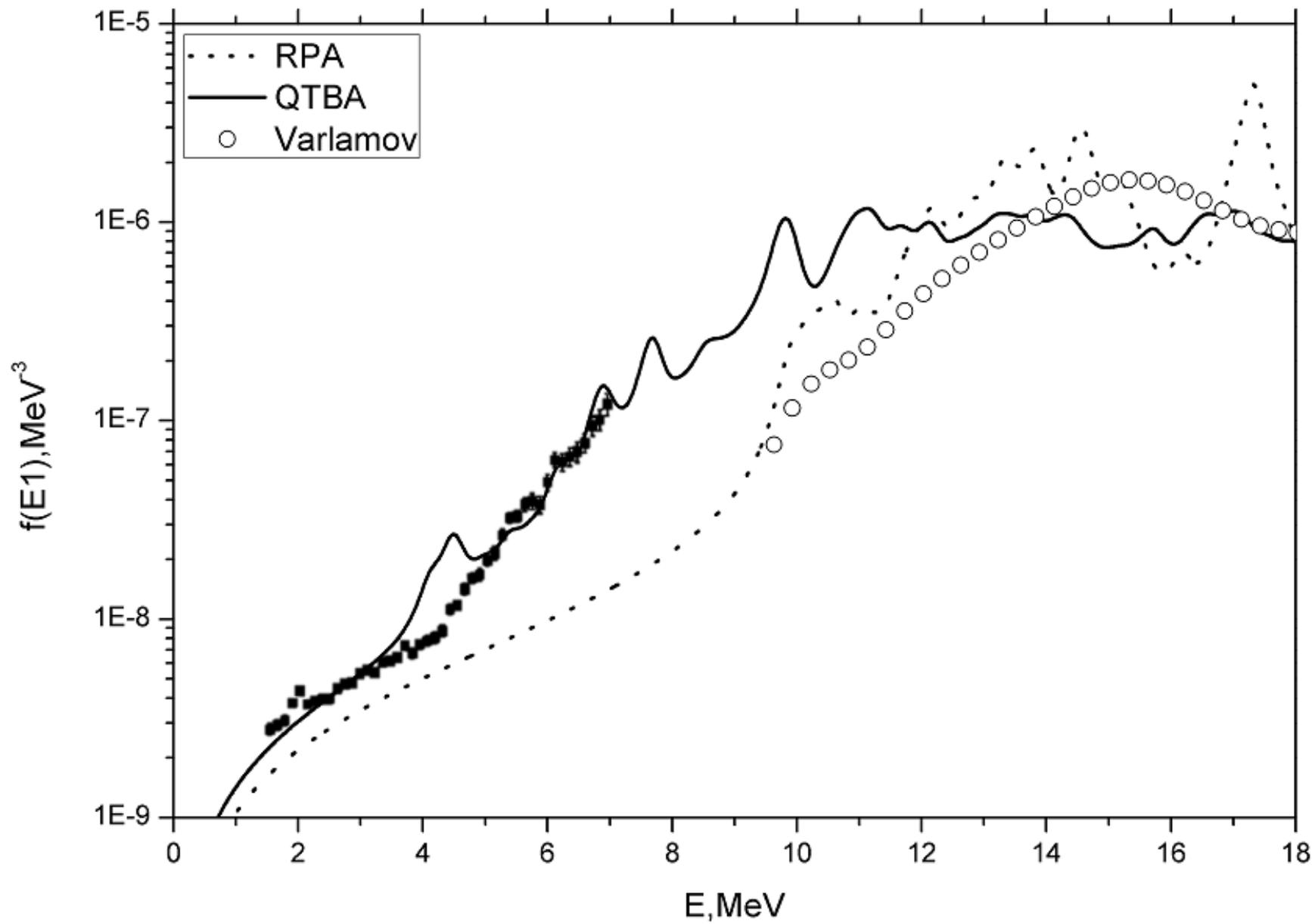
1.2 M1, E2 (PQR), M2, twist, тороидальные
и компрессионные E1 моды)

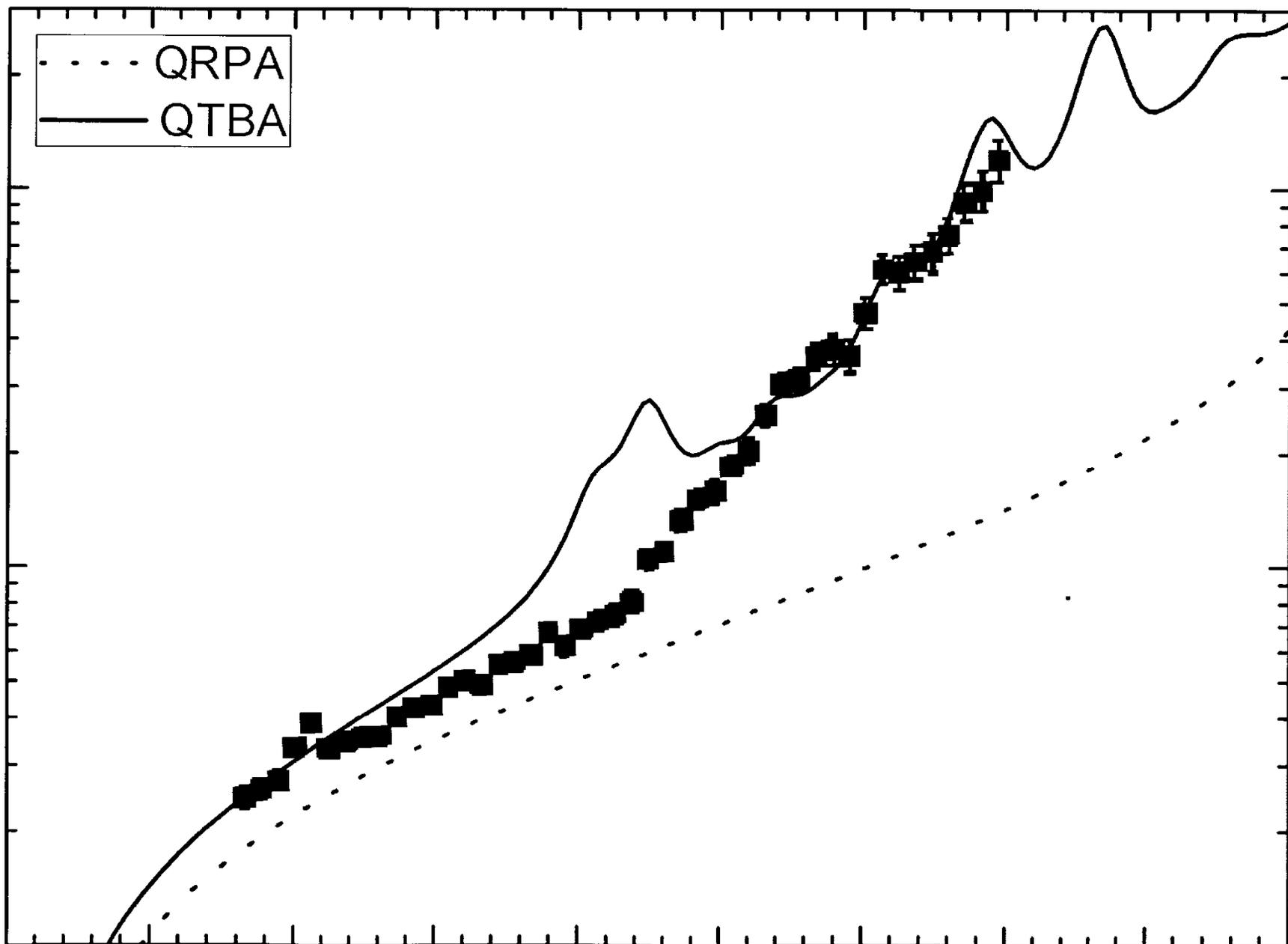
1.3 новые ядра (Mo, деформированные
ядра-”ножничные” моды)

2. Объяснены интегральные хар-ки
ПДР в ^{68}Ni (?)

Перспективы

- 1. Консенсус о природе (коллективности) ПДР -?(ПДС). Связь с фононами.
- 2. Необходимо изучать и объяснять наблюдаемые структуры ПДР
- 3. т.е. прежде всего учитывать связь с фононами (и забыть о Лоренце на хвосте !)
- 4. Четно-нечетные эффекты





Гипотеза Бринка-Акселя:

- Определение:
- Подтверждения (?)
- Нарушение ГБА в ПДР экспериментах
[Angell et al., Phys. Rev.2013] ^{142}Nd

2-3.ГБА(Бринк-Аксель) и РСФ

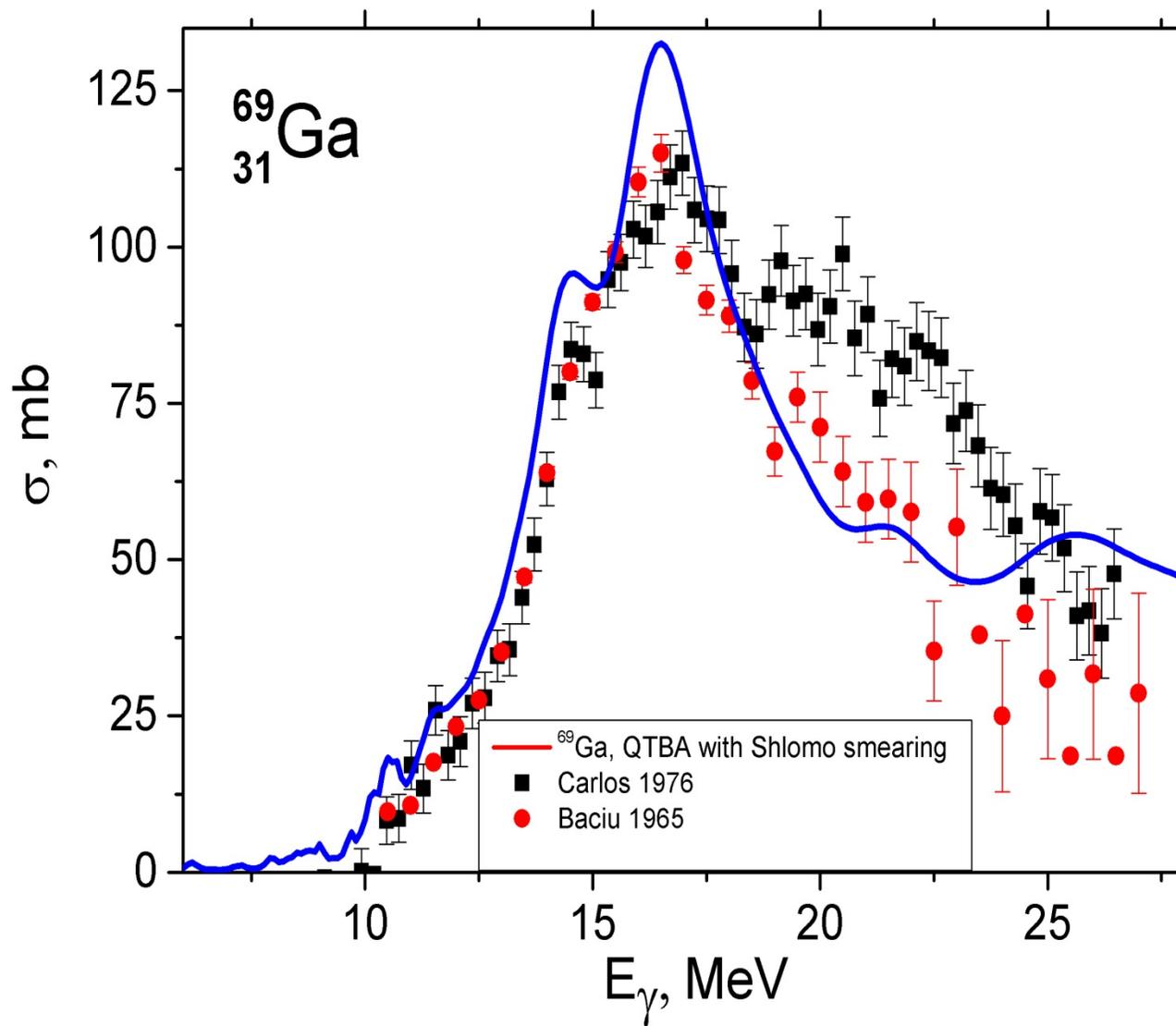
- Поставлен вопрос о справедливости ГБА, есть эксп. данные о ее нарушении
- Проблемы РСФ=проблемам (ПДР + ГБА) ,
- необходима микроскопика (many body)!

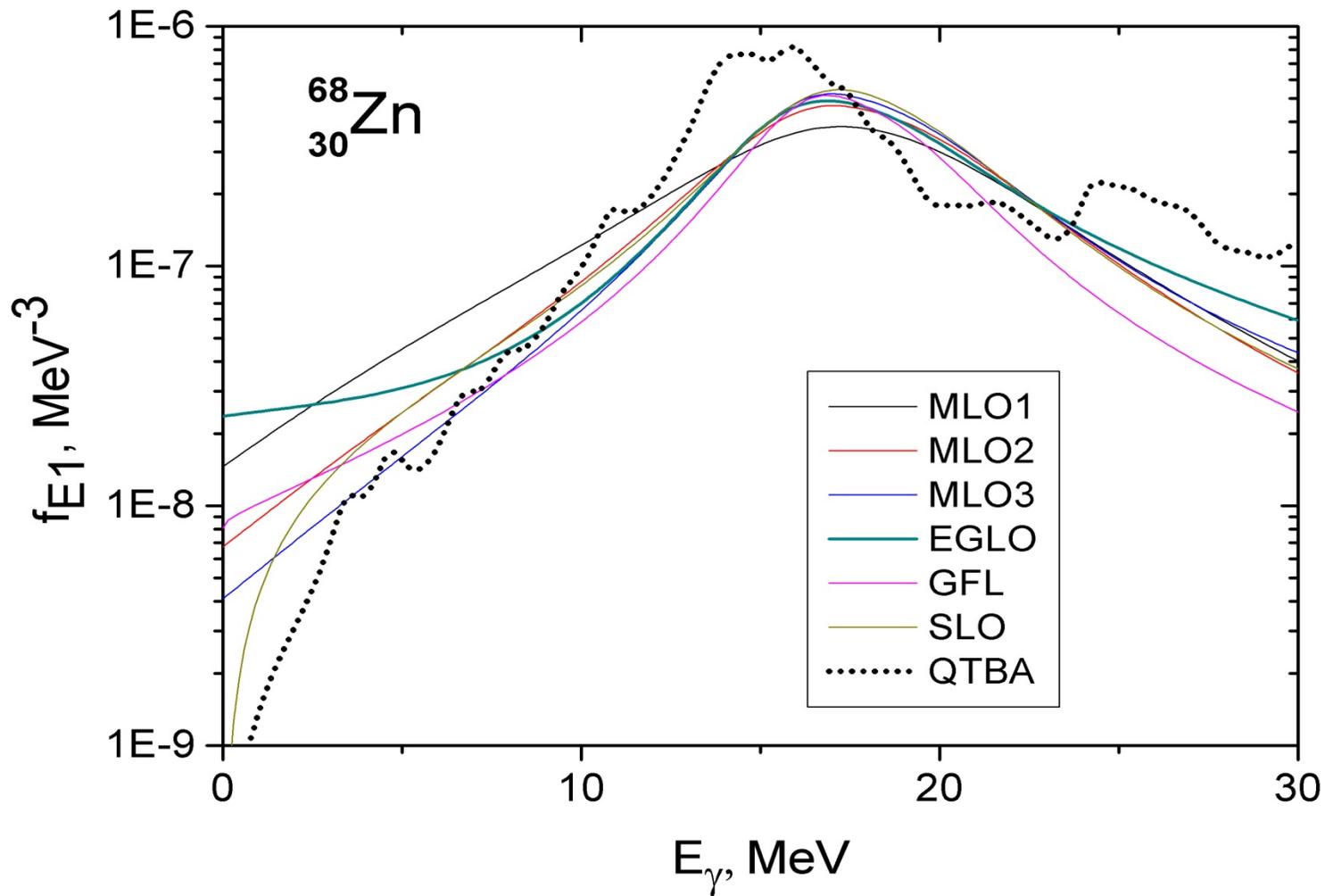
The wave function must contain simple (1p1h) and complex 1p1h \otimes phonon configurations :

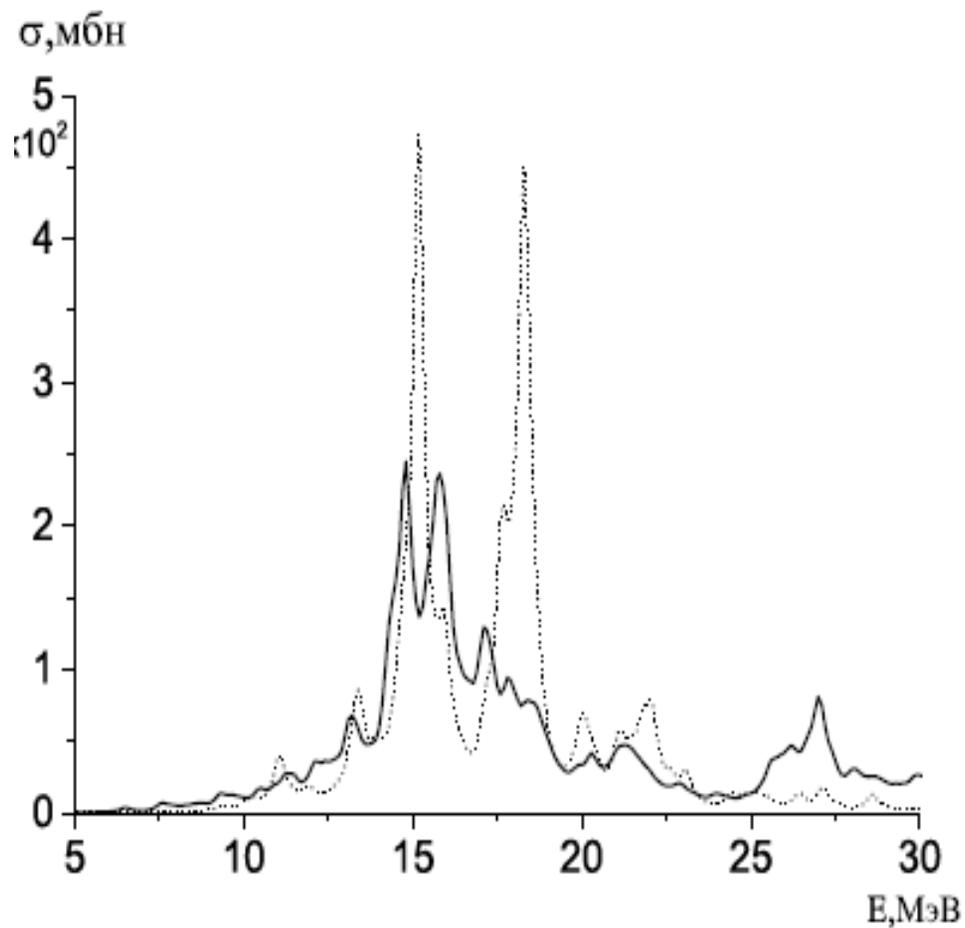
$$\Psi_i = \sum_{1,2} c_{12}^i \varphi_1^* \varphi_2 + \sum_{1,2,s} c_{12s}^i \varphi_1^* \varphi_2 \Phi_s$$

?? ? (?????)

???? ? (???????, 1983,1989)



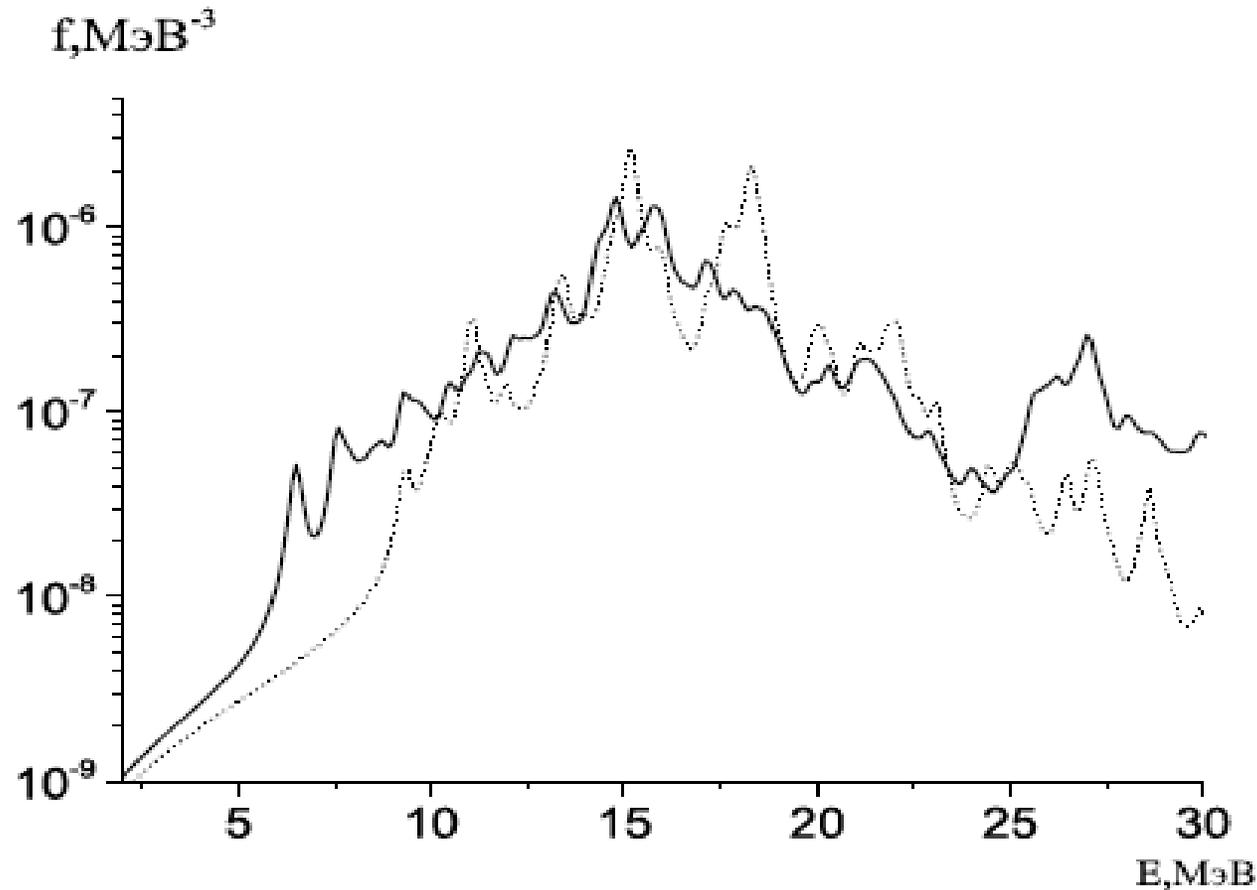




Полное сечение
E1 фотопоглощения
в ^{68}Ni

Radiative strength function in ^{68}Ni

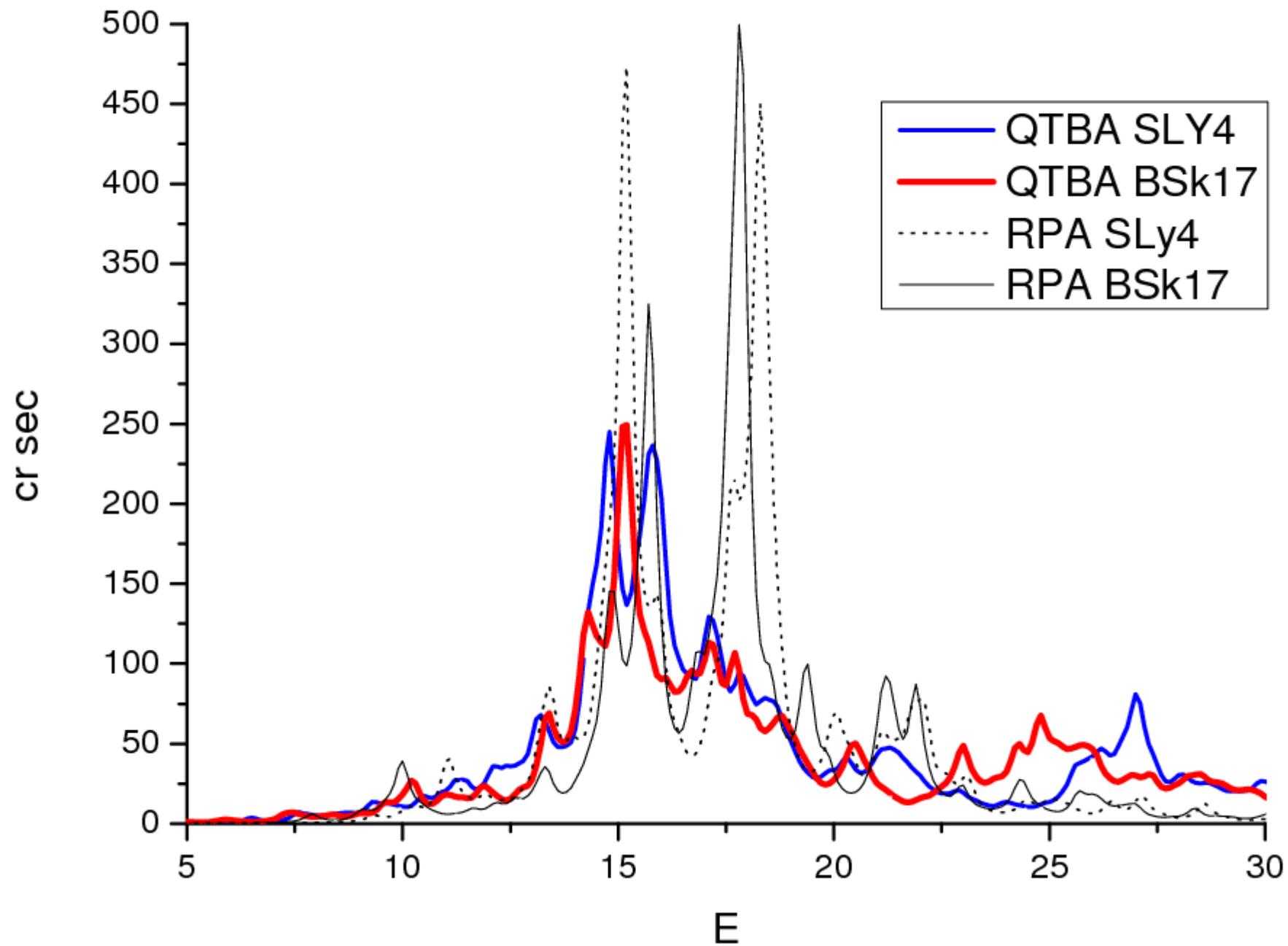
[O. Wieland et al., Phys. Rev.Lett. 2009]



2-3.ГБА(Бринк-Аксель) и РСФ

- Поставлен вопрос о справедливости ГБА, есть эксп. данные о ее нарушении
- Проблемы РСФ=проблемам (ПДР + ГБА) ,
- необходима микроскопика (many body)!
- **В некотором смысле, это-частичные итоги 4-го семинара (Осло, май 2013)!**

Ni68



Структуры ПДР. [Laszewsky, 1986]

D. Savran et al. / Progress in Particle and Nuclear Physics 70 (2013) 210–245

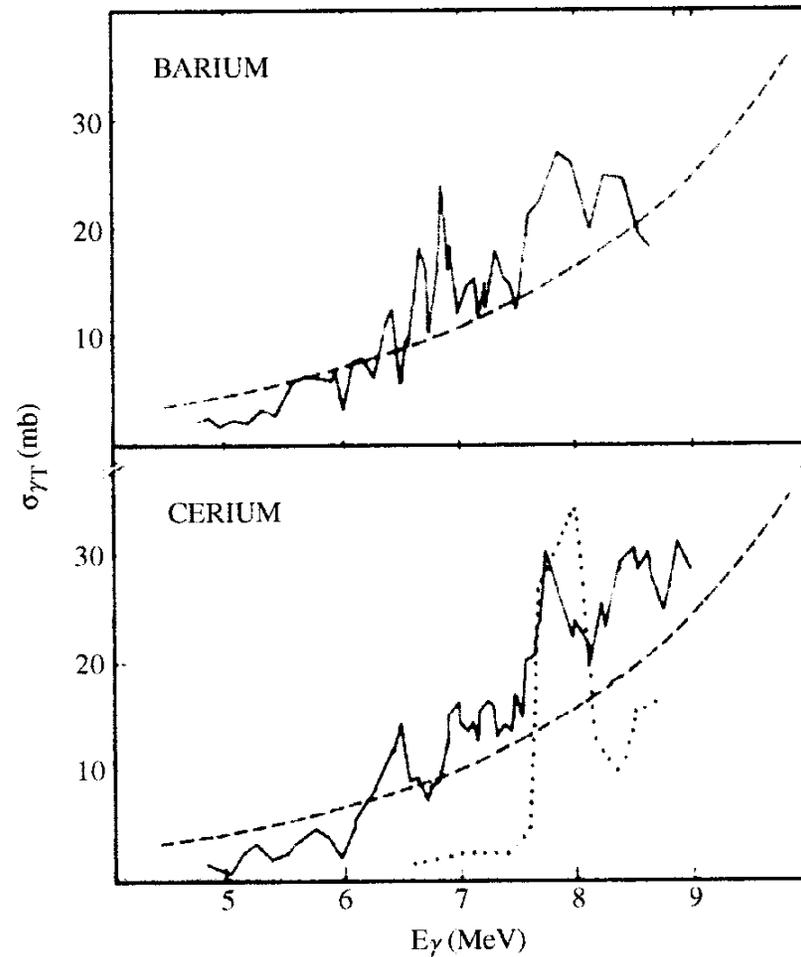


Fig. 1. Photo-absorption cross section in Ba and Ce from tagged photon experiments by Laszewski. The dashed lines are Lorentzian fits to the GDR region. Source: Reprinted figure with permission from [12].

© 1986, by the American Physical Society.

