

## ЗАМЕЧАНИЕ ОБ АСИМПТОТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НАСЫЩЕНИЯ ЯДЕРНЫХ СИЛ

В. Ф. Дежин

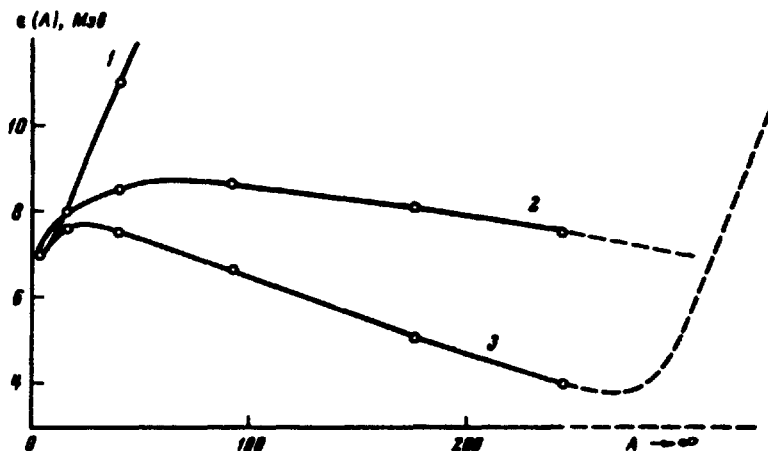
В недавних работах Симонова и Калоджеро (см., например, [1]) были выведены необходимые асимптотические условия насыщения ядерных сил и было показано, что они накладывают довольно жесткие ограничения на ядерные силы. По крайней мере, почти все известные в настоящее время  $NN$ -потенциалы не удовлетворяют этим условиям. Это означает, что при достаточно больших  $A$  ( $A$  – число нуклонов) происходит коллапсирование системы и энергия связи, приходящаяся на один нуклон, растет с ростом  $A$ .

В этой статье мы хотим обратить внимание на то обстоятельство, что не всегда асимптотические условия насыщения нужно связывать с насыщением в реальных ядрах.

На рисунке показаны три возможные зависимости энергии связи на нуклон  $\epsilon$  от числа  $A$ . Кривая 1 соответствует случаю, когда асимптотика по  $A$  начинается уже в области реальных ядер. Она получена для известного потенциала Волкова [2]; для  $He^4$  и  $O^{16}$  он дает более или менее хорошие результаты, а уже начиная с  $Ca^{40}$  происходит коллапсирование (см. [3]). Если  $NN$ -потенциал приводит к зависимости  $\epsilon(A)$  типа 1, то тогда со всей определенностью можно сказать, что он является нереалистическим. Кривая 2 соответствует случаю, когда  $NN$ -потенциал удовлетворяет всем условиям насыщения

и энергия связи на нуклон в области больших  $A$  с ростом  $A$  может даже падать из-за кулоновского взаимодействия протонов, что мы наблюдаем для тяжелых ядер.

Теперь остановимся на кривой 3. Ей отвечают  $NN$ -потенциалы, которые не удовлетворяют асимптотическим условиям насыщения, причем асимптотика по  $A$  начинается далеко за пределами области реальных ядер, а в промежутке есть провал, который обязан кулоновским силам.



Как часто может иметь место зависимость типа 3? Например, всегда, когда отсутствие насыщения связывают с наличием в  $NN$ -потенциале статического  $LS$ -взаимодействия, дающего в коллапсированном состоянии для полной энергии связи зависимость типа  $A^{7/3}$  — большую, чем центральные статические потенциалы (см. [1]).

В виду его малости по сравнению с центральными силами подъем кривой 3 начинается где-то за пределами области реальных ядер. Причем структура ядер в области реального  $A$  и в области начала подъема кривой 3 и далее существенным образом различна: в первом случае средний орбитальный и спиновый моменты малы, если не равны нулю, то во втором случае они велики (см. [1]).

Подобную же зависимость можно получить так же и для центральных статических сил. По-видимому, она будет иметь место всегда, когда потенциалы не удовлетворяют условиям насыщения, но коллапс наступает при больших  $A$  — за пределами области реальных ядер. Провал на кривой обязан кулоновскому расталкиванию. Заметим, что относительная роль кулоновских сил в сколлапсированном состоянии очень мала из-за их малости по сравнению с ядерными силами, однако в нессколлапсированном состоянии кулоновское взаимодействие при достаточно большом  $A$  существенным образом влияет на состояние ядра. Это изменение роли кулоновских сил связано с их дальностью действия.

Для определенности кривая 3 в области реальных ядер проведена по точкам, полученным в работе [3] для одного из таких потенциалов (в приближении минимального  $K$  метода  $K$ -гармоник). Подъем ее на

асимптотике, показанный пунктиром, со всей очевидностью следует из результатов работы [4], где получено асимптотическое значение ( $A \rightarrow \infty$ ) энергии связи в этом приближении.

Заметим, что такое поведение энергии связи (кривая 3), как легко понять, не есть результат сделанного приближения (минимальное  $K$ ), а оно обязано кулоновским силам. При точном расчете количественно результаты изменятся, но качественный ход кривой 3' должен остаться без изменения.

Теперь остается ответить на вопрос: следует ли считать  $NN$ -потенциал нереалистическим, если они дают зависимость типа 3? Здесь имеется две возможности: 1) подъем кривой 3 начинается при плотностях, много больших плотности реальных ядер; при этих плотностях становятся существенными релятивистские эффекты и мы не имеем права придавать этой части кривой 3 какой-либо физический смысл, потому что потенциальная постановка задачи становится не применимой; в этом случае безусловно мы такой потенциал должны считать реалистическим; 2) подъем кривой 3 начинается при плотностях, хотя и больших обычной плотности, но недостаточно больших, чтобы релятивистские эффекты стали подавляющими. И в этом случае вряд ли стоит объявлять такой потенциал нереалистическим. Правда, встает вопрос о реальности существования таких экзотических ядер, о чем уже писалось авторами работы [1].

Здесь необходимо отметить следующее: даже если такие ядра существуют, то они отделены от области реальных ядер гигантским барьером, исключаяющим в обычных условиях переходы между этими состояниями, если они где-нибудь и образуются, то это имеет место где-то в "особых точках" Вселенной, например, в ядрах галактик или при гравитационном коллапсе звезд.

Из всего сказанного следует, что не всегда асимптотические условия насыщения являются безусловным тестом при поиске  $NN$ -потенциалов.

В заключение выражаю благодарность А.И.Базю за обсуждения.

Поступила в редакцию  
25 октября 1971 г.

### Литература

- [1] F. Calogero, Yu. A. Simonov. Necessary conditions for saturation of nuclear forces. Preprint №257, Istituto di Fisica "G. Marconi", Universita di Roma, 1970.
- [2] S. B. Volkov. Nucl. Phys., 74, 33, 1965.
- [3] А.И.Базь, А.М.Горбатов, В.Ф.Демин, И.Г.Пасынков. Препринт ИАЭ – 2061, 1971.
- [4] F. Calogero, Yu. A. Simonov, E. L. Surkov. Preprint №282, Istituto di Fisica "G. Marconi", Universita di Roma, 1970.