

**А. Ф. Беленов**  
ГБОУ ДПО «НИРО»

## ЗНАКОМСТВО УЧАЩИХСЯ СО СВОЙСТВАМИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ В РАМКАХ АВТОРСКОГО КУРСА «АСТРОФИЗИКА»

Современные школьные образовательные стандарты предполагают знакомство учащихся с основами современной физики микромира – квантовой механики. Однако, как правило, изучение основ квантовой механики происходит в отрыве от практической деятельности школьников и сводится к «заучиванию» некоторых аксиом. По мнению автора тезисов, некоторые астрофизические задачи могут помочь в понимании некоторых закономерностей микромира, т.е. сделать изучение основ квантовой механики менее абстрактным. Приведем несколько примеров, иллюстрирующих, с одной стороны, закономерности микромира, а, с другой стороны – взаимосвязь основ классической механики с закономерностями, присущими малым масштабам.

### Пример 1

Оценка температур, необходимых для термоядерного синтеза. В качестве «разгонной» задачи учащиеся оценивают температуру  $T$  в центре Солнца из условия баланса сил гравитации и давления:

$$T = \frac{\mu GM}{R_1 R}$$

Здесь

$\mu$  – молярная масса,  
 $G$  – гравитационная постоянная,  
 $M$  – масса Солнца,  
 $R_1$  – универсальная газовая постоянная,  
 $R$  – радиус Солнца.

Численная оценка дает результат порядка 14 млн. градусов. Затем учащимся предлагается другой способ оценивания температуры, необходимой для термоядерного синтеза. Этот способ основан на сопоставлении тепловой энергии двух удаленных протонов и потенциальной энергии их кулоновского взаимодействия при сближении на расстояние  $r_n$  действия ядерных сил (порядка  $10^{-15}$  м):

$$T = \frac{2 \cdot 10^9 e^2}{k r_n}$$

Здесь

$k$  – постоянная Больцмана,  
 $e$  – заряд электрона.

Возникает кажущийся парадокс: две оценки температуры расходятся на несколько порядков! Разгадка парадокса заключается том, что нет необходимости сближать протоны на  $r_n$  из-за соотношения неопределенностей импульса и координаты:

$$\Delta p \cdot \Delta x = h$$

Можно сопоставить  $\Delta p$  с классической оценкой наибольшего сближения  $\Delta x_c$  двух протонов с энергией каждого  $3/2 kT$ , полагая  $\Delta p \approx (3kTm)^{0.5}$ , здесь  $m$  – масса протона,  $h$  – постоянная Планка. Результат такого сопоставления дает разумное соответствие с температурами в центре Солнца, а также оценку  $\Delta x_c \approx 10^{-12}$  м.

*Пример 2*

Иллюстрация «самосжатия» сверхплотных звезд – белых карликов. Эта тема в значительной степени рождается из вопросов учащихся «А что будет со звездой, когда всё термоядерное горючее «выгорит?» Здесь опять на помощь приходит соотношение неопределенностей: локализуясь в пространстве при сжатии звезды, электроны обязаны расширять интервал скоростей. Таким образом, появляются новые газовые закономерности:

1) давление  $P$  определяется в основном электронами;

2) давление практически перестает зависеть от температуры, а определяется в основном плотностью  $\rho$  и массой электронов.

Используя метод размерностей, учащиеся находят закономерность:  $P \sim \rho^{5/3}$ . Далее, исследуя условия равновесия давления и гравитации, делается вывод о связи массы  $M$  и радиуса  $R$  белого карлика:  $R \sim M^{1/3}$ , т.е., наращивая массу, звезда уменьшается в размерах!

Резюмируя, можно сказать, что такая совместная работа с учащимися полезна, как обучаемым, так и обучающим – в ходе решения задач – оценок нередко возникают дискуссии, которые в значительной мере помогают преподавателю совершенствовать материал для последующих занятий.

**Список литературы:**

[1] Каплан С.А. Физика звезд. М. Наука 1977 г.

[2] Сурдин В.Г. Звезды. Москва. Физматлит 2008 г.

[3] Беленов А.Ф. Астрофизика в задачах и оценках. LAP Publishing (Germany, ISBN 978-3-8473-7346-9) 2012 г.

**В.Н. Бельков, А.В. Кузнецов**  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ЗНАКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭСТАФЕТНОГО СПОСОБА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

В настоящее время оценка состояния навигационного оборудования, размещенного на внутренних водных путях Российской Федерации, производится путем внешнего осмотра, что сопряжено с большими временными затратами, а следовательно и с низким темпом обновления необходимой информации, а так же необходимостью задействовать обслуживающий персонал, транспортные и технические средства. С целью устранения указанных недостатков предполагается, что для контроля своего местоположения на навигационный знак устанавливается GPS/Глонасс модуль, который через спутники отслеживает свои координаты, так же дополнительно могут быть установлены датчики контроля скорости течения воды, температуры окружающего воздуха и температуры воды около навигационного знака, дополнительно может быть установлен эхолот для оценки глубины судового хода. Вся полученная информация записывается в одноплатный миникомпьютер Raspberry, а так же в него записываются данные об исправности/неисправности световой индикации навигационного знака. Через интернет по каналам операторов GSM мобильной связи собранная информация должна быть передана на сервер, где хранятся данные о состоянии всех контролируемых навигационных знаках [1]. На данный момент на территории РФ операторами мобильной связи не обеспечивается полное покрытие внутренних водных путей, по-