

Механизм устойчивости атомов на примере атома водорода

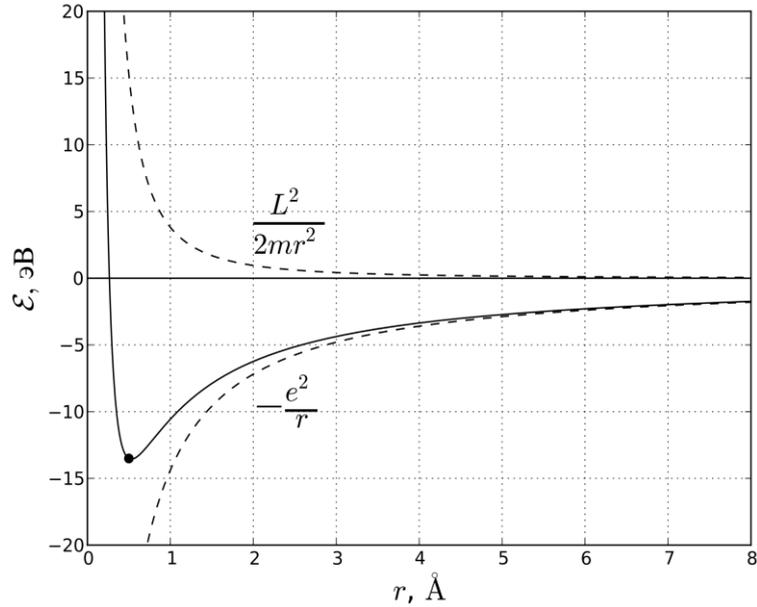
Потапов Алексей Алексеевич

Для атома водорода разработана всесторонне апробированная планетарная модель Резерфорда-Бора. Задача описания атома весьма близка к задаче о движении планеты вокруг солнца, известной как кеплерова задача [1]. В основе решения кеплеровой задачи лежат законы сохранения энергии \mathcal{E} и момента количества движения L . В случае кругового движения уравнение движения электрона можно представить в виде

$$\mathcal{E}(r) = \mathcal{E}_k + \mathcal{E}_p = \frac{L^2}{2mr^2} - \frac{Ze^2}{r},$$

где r – действительное расстояние между ядром и электроном; L – момент количества движения, равный $L = mvr$; v – орбитальная скорость движения электрона с массой m ; eZ – заряд ядра. Энергия $\mathcal{E}(r)$ представляет сумму кинетической энергии движения электрона (первое слагаемое) и потенциальной энергии (второе слагаемое), как кулоновское взаимодействие заряда $+eZ$ с электроном.

На рисунке показаны притягивательная (кулоновская) и отталкивательная (центробежная) составляющие потенциальной функции и сама функция $\mathcal{E}(r)$. Устойчивое состояние атома соответствует минимуму его потенциальной энергии, который находится стандартным путем (путем нахождения экстремума). Экстремальный характер потенциальной функции $\mathcal{E}(r)$ позволяет объяснить *устойчивость* атома водорода. Равновесному состоянию атома соответствует минимум функции $\mathcal{E}(r)$. В основе явления устойчивости атома лежит закон сохранения момента количества движения $L = const$. Механизм поддержания атома как системы в устойчивом состоянии заключается в следующем.



Всякое внешнее воздействие на атом (соударение атомов, внешнее электромагнитное поле и т.д.) приводит к возмущению состояния атома, проявляющемуся в изменении его радиуса a_B на Δa . Это вызывает изменение потенциальной энергии на $\Delta \mathcal{E}_\Pi = \mathcal{E}_\Pi \frac{\Delta a}{a_B}$. Если энергия \mathcal{E}_Π увеличивается на $\Delta \mathcal{E}_\Pi$, то в соответствии с законом сохранения энергии кинетическая энергия \mathcal{E}_K должна уменьшаться на $\Delta \mathcal{E}_K$ и наоборот, уменьшение энергии \mathcal{E}_Π неизбежно сопровождается увеличением энергии \mathcal{E}_K . Уменьшение (или увеличение) кинетической энергии связано с соответствующим уменьшением (или увеличением) орбитальной скорости v электрона, что в силу константности момента количества движения $L = mva$ приводит к ответному увеличению (или уменьшению) радиуса a_B атома. Система вырабатывает сигнал, направленный на компенсацию внешнего возмущения и восстановление исходного состояния $a = a_B$, обеспечивая тем самым устойчивое состояние атома. По сути, атом представляет систему автоматического регулирования, в которой управление осуществляется по сигналу обратной связи, возникающему при отклонении радиуса на Δa относительно его равновесного состояния a_B . Аналогичным образом строится объяснение устойчивости многоэлектронных атомов, а также явление квантования энергии атомов, проявляющееся в оптических спектрах атомов[1].

1. Потапов А.А. Ренессанс классического атома.- М.: Издательский дом «Наука», 2011. – с.444.

© Потапов Алексей Алексеевич, 2012