

借鉴跃迁能级图示 助力比结合能理解^{*}

顾 岩

(镇江第一中学 江苏 镇江 212000)

(收稿日期:2019-11-19)

摘要:在实际教学中发现,有相当多的学生难以较好地理解原子核中比结合能这一重要概念的内涵,从而导致学生理解其外在关联性时出现思维混乱的局面.本文从分析学生学习困难的原因入手,并借鉴玻尔原子模型中的能级图示,尝试给出有效理解比结合能的新途径.

关键词:比结合能 玻尔理论 能级图示

1 比结合能概念理解的困难所在

1.1 宏观能量概念认知的根深蒂固

认知比结合能的基础在于结合能的理解.由于学生对动能、重力势能等宏观状态性的能量概念的学习认知极为深刻,极易使学生认为结合能也是状态性能量——原子核本身具有的能量,从而使自身很难走出理解结合能这一微观过程性能量概念的思维误区.

1.2 比结合能概念本身复杂的外在关联性

比结合能概念本身与原子核的稳定性、核子平均质量大小、比结合能图线、重核裂变、轻核聚变等诸多方面联系在一起,这些方面不仅多数是学生感到陌生的,而且相互间又有许多辩证性的表述(例如:结合能大的原子核比结合能不一定大,比结合能小的原子核结合成比结合能大的原子核时要释放能量等等),这些外在的关联杂糅到一起,就更难以让学生建立起对比结合能的科学性认知,当他们不能有效建立起自己的思维认知逻辑时,只能迫使自己去死记硬背、生搬硬套,从而脱离了物理学习的本质.本文分析了学生学习困难的原因,对比玻尔原子模型中的能级图示,搭建了有效理解比结合能的支架.

2 借鉴跃迁能级图 突破教学的重点与难点

2.1 破除结合能理解的障碍

根据爱因斯坦提出的物体的质量与其能量的关系,知质量和能量间相互对应,这样,对某种原子核,可以利用图1来理解其结合能的物理意义.

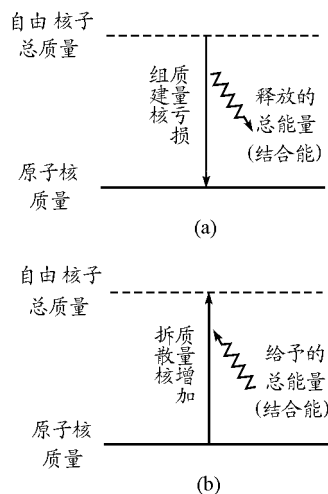


图1 某原子核结合能图示

图1中虚线表示组成某原子核前对应的所有自由核子的总质量能级,实线表示形成对应原子核后的总质量能级,两能级间的高度差表示核反应前后的能量变化.两能级间向下的箭头表示自由核子形

^{*} 2017年第12期镇江市重点立项课题“建模教学应用于高中物理教学的实践研究”,项目编号:2017jy-217

作者简介:顾岩(1985-),男,硕士,中教一级,主要从事高中物理的教学工作.

成原子核的过程,该过程中由于核力做功,发生质量亏损,释放能量;两能级间向上的箭头表示将原子核内结合在一起的所有核子拆分为自由核子的过程,该过程需要外界给予原子核能量,其最小的数值等于形成原子核过程中所释放的能量,该过程克服核力做功,发生质量增加.借鉴玻尔理论中能级图的方式,一方面可以让学生看清结合能的本质是过程性能量,另一方面也可以使学生更加直观地理解结合能的数值在“建”与“拆”两种定义角度下的一致性.

2.2 充当理解比结合能与其外在关联性的中介

由于不同原子核的核子总数不同,其结合能也不尽相同,因而结合能不能用以衡量各不同原子核的核子结合的紧密程度,而要用平均结合能,即比结合能来衡量.这有些类似于经济学当中的两个重要概念间的关系,即国内生产总值(GDP)不作为衡量国民富有程度的依据,而是用人均国内生产总值来作为重要的参考依据.

这里借鉴玻尔原子理论中的能级图示,着重从“建”的角度来阐述比结合能的大小与原子稳定性及其他方面的关联性.图2中的虚线表示与自由核子平均质量相对应的能级,某条实线表示与某种原子核中核子平均质量相对应的能级.这样任意原子核的比结合能的大小就可用虚线与实线间的高度差来表示.例如在图2中,相比于X核而言,Y核的实线与虚线间的高度差更大,即Y核的比结合能大于X核的比结合能.

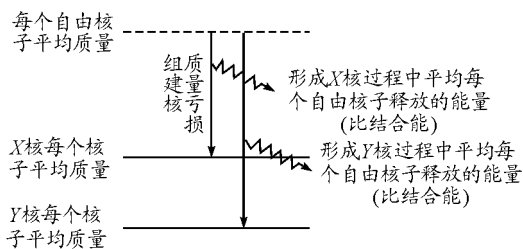


图2 从“建”的角度阐述比结合能大小与原子核稳定性等方面的关联性

以能级图示为中介,可以更加直观地帮助学生理解比结合能的外在关联性的诸多问题:

(1) 为什么原子核的比结合能越大,原子核越稳定?

某种原子核的比结合能越大,则图2中实线与虚线间的高度差越大,说明“建”该种原子核的过程中平均每个自由核子释放的能量会更多,也就意味着“拆”这种原子核的过程要平均对每个核子给予更多的能量,这就说明该种原子核本身的核子结合得非常紧密,其原子核自身因此而更稳定.

(2) 为什么原子核越稳定,其核子平均质量越小?

由于在“建”各种原子核前的自由核子的平均质量几乎是相同的,根据爱因斯坦提出的物体的质量与其能量的关系可知,图2中实线与虚线能级间的间距越大时,就说明了“建”该原子核的过程中平均每个自由核子质量亏损越大,因而形成该原子核后其核子的平均质量会越小.

(3) 为什么核子平均质量图线与比结合能图线特点不同?

由(1)、(2)可知,核子平均质量越小对应于比结合能越大,而由实验测出,自然界中现有原子核中铁原子核的平均核子质量最小,比结合能最大,最为稳定.所以两图都是以铁原子核为分界,核子平均质量图线[图3(a)]整体表现出“中间低,两边高”,而比结合能图线[图3(b)]整体则表现出“中间高,两边低”的特点.

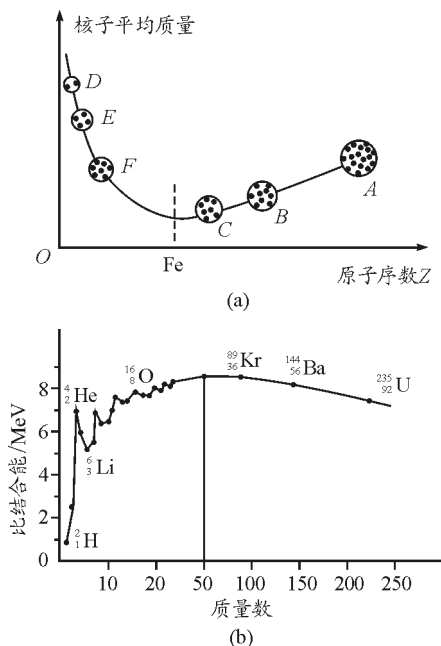


图3 核子平均质量图线与比结合能图线

(4) 为什么比结合能小的原子核结合成比结合能大的原子核会释放能量?

比结合能小的原子核结合成比结合能大的原子核,原子核中的核子由“松散”变为“紧密”,核力要继续做功,即平均每个核子要继续发生质量亏损并释放能量,在能级图上可利用实线与虚线间距离的增大而直观地反应这一放能的过程.例如图2中的X核转变成Y核.

(5) 为什么轻核聚变与重核裂变的过程会释放出核能?

由(3)、(4)可知,无论是较重的核分裂成中等大小的核,还是把较小的核合并成中等大小的核,都意味着核子的平均质量要继续减小,核子的比结合能继续增加,也就意味着会释放核能.

3 深层次理解上述借鉴的几点说明

3.1 结合能的能级图示的狭隘性

引入结合能的能级图示的核心要义是帮助学生理解结合能是过程性的能量,而不能认为其还可用于比较不同原子核的结合能的大小.这是因为不同原子核在组建之前的自由核子数量不同,形成原子核后的原子核质量也不同,因此难以在同一幅图(图1)中去画出各种不同原子核所对应的虚线与实线的能级位置,由此也就难以比较不同原子核的结合能的大小,所以结合能的能级图示有运用上的狭隘性.

3.2 比结合能的能级图示的宽泛性

因为组建任意原子核前,平均每个自由核子,即质子与中子的质量几乎都相同,因此与任意原子核的平均自由核子质量相对应的能级的虚线位置(图2)可认为是相同的.这样,就可以在同一幅图中画出与不同原子核的核子平均质量能级相对应的实线位置.据此,相比于结合能的能级图示的狭隘性而言,比结合能的能级图示具有其宽泛性.当然,这种

宽泛性显然是超出了高中范围的能力要求的.

3.3 比结合能的能级图示中同一幅图中不同实线所表示的能级的意义

在玻尔跃迁理论中,同一幅能级图示中所画的不同直线表示的是同种原子的不同能级.而借鉴到理解原子核的比结合能时,同一幅能级图示中所画的不同实线表示的是与不同原子核的核子平均质量相对应的能级.

3.4 比结合能的能级图示中两条实线能级间的高度差的意义

在玻尔跃迁理论中,同一幅能级图示中的两能级间的高度差既可定性比较也可定量计算跃迁过程中释放(吸收)能量大小.而借鉴到理解原子核的比结合能时,同一幅能级图示中两个实线能级间的高度差只能直观地用于表述核反应过程是放能还是吸能(例如图2中X核通过核反应转变成Y核,其X核自身的核子平均的表现是放出能量),而不能定性比较或定量计算核反应过程中释放的能量.这是因为玻尔跃迁理论中有具体的能级计算公式,而比结合能的能级图示是没有类似公式的.

4 结束语

综上所述,在理解结合能的意义以及比结合能的内涵和其外在关联性时,如果可以借鉴玻尔原子理论中的能级图示,将概念的产生过程以直观、形象化的能级图示展现出来,则会有助于学生及时走出理解结合能以及比结合能与其外在关联性的思维误区,从而有利于学生的思维品质更上一个新的台阶,进而达到更加高效学习的目的.

参考文献

- 1 杨三霞. 结合能、比结合能的教学误区及教学建议[J]. 高中数理化, 2018(2): 29
- 2 陆光华. 走出“结合能、比结合能”认识的误区[J]. 物理教师, 2014(11): 55 ~ 56