5265CH13

باب تیرہ

مرکزے

(NUCLEI)

13.1 تعارف (INTRODUCTION)

پچھلے باب میں ہم سیکھ چکے ہیں کہ ہر ایٹم میں مثبت چارج اور کمیت بہت زیادہ کثافت کے ساتھ ایٹم کے مرکز پر مرتکز ہوتے ہیں اور اس کا مرکزہ (نیوکلیس Nucleus) تشکیل دیتے ہیں۔ ایک نیوکلیس کے مجموعی ابعاد ایک ایٹم کے متطابق ابعاد سے بہت زیادہ خفیف ہوتے ہیں۔ α ذرات کے انتشار پر کیے گئے تجربات نے یہ ظاہر کر دیا کہ ایک نیوکلیس کا نصف قطر ایک ایٹم کے نصف قطر سے 10^4 کے جز ضربی سے کم ہوتا ہے۔ اس کا مطلب ہوا کہ ایک نیوکلیس کا حجم ایک ایٹم کے حجم کا 10^{-12} گنا ہوگا۔ دوسرے لفظوں میں ایک ایٹم تقریباً خالی ہے۔ اگر ایٹم کو کمرہ جماعت جتنا بڑا کر دیا جائے تو نیوکلیس ایک سوئی کی نوک کے سائز کا ہوگا۔ پھر بھی نیوکلیس میں ایٹم کی زیادہ تر کمیت (99.9% سے زیادہ) سمائی ہوتی ہے۔

کیا جس طرح ایٹم کی ساخت ہوتی ہے، نیوکلیس کی بھی ساخت ہوتی ہے؟ اگر ہاں، تو نیوکلیس کے اجزائے ترکیبی کیا ہیں؟ یہ آپس میں ایک ساتھ کیسے رکھے جاتے ہیں؟ اس باب میں ہم ایسے سوالات کے جواب تلاش کریں گے۔ ہم نیوکلیسوں کی مختلف خاصیتوں، جیسے ان کے سائز، کمیتیں، استحکام، سے بحث کریں گے اور ساتھ ہی ان سے جڑے ہوئے نیوکلیائی مظاہر جیسے تابکاری، انشقاق اور گداخت سے بھی بحث کریں گے۔

© NCERT not to be republished

13.2 ایٹمی کمیتیں اور نیوکلیس کے اجزائے ترکیبی (ATOMIC MASSES AND COMPOSITION OF NUCLEUS)

ایک ایٹم کی کمیت ایک کلوگرام کے مقابلے میں بہت خفیف ہے، مثلاً ایک کاربن ایٹم، ^{12}C ، کی کمیت 1.992647×10^{-26} kg ہے۔اتنی خفیف مقداروں کی پیمائش کے لیےکلوگرام ایک مناسب اکائی نہیں ہے۔اس لیے ایٹمی کمیتوں کو ظاہر کرنے کے لیے ایک مختلف کمیت اکائی استعمال کی جاتی ہے۔ یہ اکائی ''ایٹمی کمیت اکائی'' [atomic mass unit (u)] ہے،جس کی تعریف اس طرح کی جاتی ہے:یہ کاربن (^{12}C) کی کمیت کی $\frac{1}{12}$ ہے۔

اس تعریف کے مطابق:

$$1u = \frac{\text{ایک } ^{12}C \text{ ایٹم کی کمیت}}{12}$$

$$= \frac{1.992647 \times 10^{26} \text{ kg}}{12}$$

$$= 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg} \qquad (13.1)$$

مختلف عناصر کی ایٹمی کمیتیں جب ایٹمی اکائی (u) میں ظاہر کی جاتی ہیں تو وہ ایک ہائیڈروجن ایٹم کی کمیت کے صحیح عددی اضعاف کے نزدیک ہوتی ہیں۔لیکن اس قاعدے کے کئی واضح استثنٰی بھی ہیں۔ جیسے کلورین ایٹم کی ایٹمی کمیت 35.46 u ہے۔

ایک کمیتوں کی درستی صحت کے ساتھ پیمائش ایک کمیت طیف پیما (mass spectrometer) کے ذریعے کی جاتی ہے۔ایٹمی کمیتوں کی پیمائش سے یہ واضح ہوتا ہے کہ ایک ہی عنصر کے مختلف قسم کے ایٹموں کا وجود ہے جو یکساں کیمیائی خاصیتیں ظاہر کرتے ہیں لیکن ان کی کمیتیں مختلف ہوتی ہیں۔ایک ہی عنصر کی ایسی ایٹمی انواع (atomic species) جو کمیت کے لحاظ سے مختلف ہیں، ہم جا (isotopes) کہلاتی ہیں۔[یونانی زبان میں isotope کا مطلب ہے یکساں مقام،یعنی کہ یہ عناصر کے دوری جدول میں یکساں مقام پر ہوتے ہیں]۔ یہ معلوم ہوا کہ عملی شکل میں ہر عنصر ہی کئی ہم جاؤں کے آمیزہ کی شکل میں پایا جاتا ہے۔مختلف ہم جاؤں کی نسبتی افراط (relative abundance) ایک عنصر سے دوسرے عنصر میں مختلف ہوتی ہے۔مثلاً کلورین کے دو ہم جا ہیں،جن کی کمیتیں 34.98 u اور 36.98 u ہیں،جو کہ ہائیڈروجن ایٹم کی کمیت کے تقریباً صحیح عددی اضعاف ہیں۔ان ہم جاؤں کی نسبتی افراط 75.4 اور 24.6 فیصد، بالترتیب ہیں۔اس لیے ایک کلورین ایٹم کی اوسط کمیت، دونوں ہم جاؤں کی کمیتوں کے وزنیاتی اوسط (weighted average) سے حاصل کی جاتی ہے۔جو نکالا جاتا ہے:

$$= \frac{75.4 \times 34.98 + 24.6 \times 36.98}{100}$$

$$= 35.47 \text{ u}$$

© NCERT not to be republished

جوکلورین کی ایٹمی کمیت سے ہم آہنگ ہے۔

سب سے ہلکے عنصر، ہائیڈروجن کے بھی تین ہم جا ہیں، جن کی کمیتیں 1.0078 u، 2.0141 u اور 3.0160 u ہیں۔ ہائیڈروجن کے سب سے ہلکے ایٹم کے نیوکلیس کو، جس کی نسبتی افراط 99.985% ہے، پروٹان کہتے ہیں۔ ایک پروٹان کی کمیت ہے:

$$m_p = 1.00727\,\text{u} = 1.67262 \times 10^{27}\,\text{kg} \qquad (13.2)$$

یہ ایک ہائیڈروجن ایٹم کی کمیت (= 1.00783u) نفی ایک الیکٹران کی کمیت $(m_e - 0.00055\ \text{u})$ کے مساوی ہے۔ ہائیڈروجن کے دیگر دو ہم جا ڈیوٹیریم (deuterium) اور ٹرائی ٹیم (tritium) کہلاتے ہیں۔ ٹرائی ٹیم مرکزے (nuclei)، کیونکہ غیر مستحکم ہوتے ہیں، اس لیے قدرتی طور پر نہیں پائے جاتے اور مصنوعی طریقے سے تجربہ گاہ میں پیدا کیے جاتے ہیں۔

نیوکلیس میں مثبت چارج، پروٹانوں کا چارج ہوتا ہے۔ ایک پروٹان میں ایک اکائی مثبت چارج ہوتا ہے اور یہ مستحکم ہوتا ہے۔ پہلے یہ سمجھا جاتا تھا کہ نیوکلیس میں الیکٹران بھی ہو سکتے ہیں لیکن بعد میں کوانٹم نظریہ کے استدلال کو استعمال کرتے ہوئے اس امکان کو خارج کر دیا گیا۔ ایک ایٹم کے تمام الیکٹران نیوکلیس کے باہر ہوتے ہیں۔ ہم جانتے ہیں کہ نیوکلیس کے باہر پائے جانے والے ان الیکٹرانوں کی تعداد، ایٹمی عدد Z ہے۔ اس لیے ایٹمی الیکٹرانوں کا کل چارج $(-Ze)$ ہے اور کیونکہ ایٹم تعدیلی ہے، نیوکلیس کا چارج $(+Ze)$ ہے۔ اس لیے ایٹم کے نیوکلیس میں پروٹانوں کی تعداد بھی بالکل درست طور پر، Z ہے، یعنی کہ ایٹمی عدد۔

نیوٹران کی دریافت (Discovery of Neutron)

کیونکہ ڈیوٹیریم اور ٹرائی ٹیم کے مرکزے (Nuclei)، ہائیڈروجن کے ہم جا ہیں، ان میں سے ہر ایک میں ایک ہی پروٹان ہونا لازمی ہے۔ لیکن ہائیڈروجن، ڈیوٹیریم اور ٹرائی ٹیم کی کمیتیں، 1:2:3 کی نسبت میں ہیں۔ اس لیے ڈیوٹیریم اور ٹرائی ٹیم کے نیوکلیسوں میں، پروٹان کے ساتھ ساتھ کچھ تعدیلی مادہ بھی ہونا چاہیے۔ ان ہم جاؤں کے نیوکلیسوں میں پائے جانے والے تعدیلی مادہ کی مقدار کو اگر پروٹان کی کمیت کی اکائیوں میں ظاہر کیا جائے تو وہ تقریبی طور پر، بالترتیب، ایک اور دو ہوگی۔ یہ حقیقت اشارہ کرتی ہے کہ ایٹموں کے نیوکلیسوں میں پروٹانوں کے ساتھ ساتھ ایک بنیادی اکائی کے اضعاف میں تعدیلی مادہ بھی ہوتا ہے۔ اس فریضہ (hypothesis) کی تصدیق 1932 میں چاڈوک نے کی جنھوں نے بیریلیم کے نیوکلیسوں پر α - ذرات کی بمباری کر کے (α - ذرات ہیلیم کے مرکزے ہیں، جن سے بعد کے حصے میں بحث کی جائے گی)، تعدلی اشعاع کا مشاہدہ کیا۔ یہ پایا گیا کہ یہ تعدیلی اشعاع ہلکے نیوکلیسوں، جیسے، ہیلیم، کاربن اور نائٹروجن کے نیوکلیس، میں سے پروٹان باہر نکال سکتے ہیں۔ اس وقت تک صرف ایک ہی تعدیلی اشعاع معلوم تھا جو فوٹان تھے (برق-مقناطیسی اشعاع)۔ توانائی اور معیارِ حرکت کی بقا کے اصولوں کے اطلاق نے یہ ظاہر کر دیا کہ اگر تعدیلی اشعاع

© NCERT not to be republished

فوٹانوں پر مشتمل ہوتا تو فوٹانوں کی توانائی اس سے کہیں زیادہ ہوتی جو بیریلیم کے نیوکلیسوں کی α-ذرات سے بمباری کرنے پر دستیاب کی گئی تھی۔ اس معمے کا حل یہ تھا جسے چاڈوِک نے حاصل کرلیا، کہ یہ فرض کرلیا جائے کہ تعدیلی اشعاع ایک نئے قسم کے تعدیلی ذرات پر مشتمل ہے، جنھیں نیوٹران کہا جاتا ہے۔ توانائی اور معیارِ حرکت کی بقا سے وہ اس نئے ذرے کی کمیت معلوم کرسکے جو کہ قریب قریب پروٹان کی کمیت کے مساوی تھی۔

اب ایک نیوٹران کی کمیت درستی صحت کی بہت زیادہ ڈگری کے ساتھ معلوم ہے۔ یہ ہے

$$m_n = 1.00866\ u = 1.6749\times10^{-27}\ kg \qquad (13.3)$$

چاڈوک کو نیوٹران دریافت کرنے کے لیے 1935 میں طبیعیات کے نوبل انعام سے نوازا گیا۔

ایک آزاد نیوٹران، ایک آزاد پروٹان کے برخلاف، غیر متحکم ہے۔ یہ ایک پروٹان، ایک الیکٹران اور ایک اینٹی نیوٹرینو (ایک اور بنیادی ذرہ) میں تنزل پذیر ہوتا ہے اور اس کی اوسط زندگی تقریباً 1000s ہے۔ لیکن یہ نیوکلیس کے اندر متحکم ہوتا ہے۔

اب نیوکلیس کی ترکیب (composition) مندرجہ ذیل اصطلاحات اور علامتیں استعمال کرکے بیان کی جاسکتی ہے۔

پروٹانوں کی تعداد = ایٹمی عدد –Z [13.4(a)]

نیوٹرانوں کی تعداد = نیوٹران عدد –N [13.4(b)]

کمیت عدد –A = Z+N

= نیوٹرانوں اور پروٹانوں کی کل تعداد [13.4(c)]

ایک پروٹان یا نیوٹران کے لیے اصطلاح نیوکلان بھی استعمال کی جاتی ہے۔ اس لیے ایک ایٹم میں نیوکلیانوں کی تعداد اس کا کمیت عدد ہے۔

نیوکلیائی انواع یا نیوکلائیڈوں (Nuclides) کو علامت $^{A}_{Z}X$ سے ظاہر کیا جاتا ہے، جہاں X نوع کی کیمیائی علامت ہے۔ مثلاً سونے کے نیوکلیس کو $^{197}_{79}Au$ سے ظاہر کرتے ہیں۔ اس میں 197 نیوکلیون ہیں، جس میں سے 79 پروٹان ہیں اور باقی 118 نیوٹران ہیں۔

اب ایک عنصر کے ہم جاؤں کی ترکیب کی بہ آسانی وضاحت کی جاسکتی ہے۔ ایک دیے ہوئے عنصر کے ہم جاؤں کے نیوکلیسوں میں پروٹانوں کی تعداد یکساں ہوتی ہے، لیکن وہ ایک دوسرے سے نیوٹرانوں کی تعداد کے لحاظ سے مختلف ہوتے ہیں۔ ڈیوٹیریم $^{2}_{1}H$ میں، جو کہ ہائیڈروجن کا ایک ہم جا ہے، ایک پروٹان اور ایک نیوٹران ہوتا ہے۔ اس کے دوسرے ہم جا ٹرائی ٹیم $^{3}_{1}H$ میں ایک پروٹان اور دو نیوٹران ہوتے ہیں۔ عنصر سونے کے 32 ہم جا ہیں، جن کی سعت A=173 سے A=204 تک ہے۔ ہم پہلے ہی بتا چکے ہیں کہ عناصر کی کیمیائی خاصیتیں ان کی الیکٹرانی ساخت (electronic structure) کے تابع ہیں۔ کیونکہ ہم جاؤں کے ایٹموں کی الیکٹرانی ساخت متماثل ہوتی ہے، اس لیے ان کا کیمیائی برتاؤ بھی متماثل ہوتا ہے اور انھیں دوری جدول میں یکساں مقام پر رکھا جاتا ہے۔

© NCERT not to be republished

وہ تمام نیوکلیائڈ جن کے کمیت عدد یکساں ہوتے ہیں، ہم بار (isobar) کہلاتے ہیں، مثلاً نیوکلائیڈ $^{3}_{1}H$ اور ہم بار ہیں۔ ایسے نیوکلیائڈ جن کے نیوٹران عدد N یکساں ہوتے ہیں لیکن ایٹمی عدد Z مختلف ہوتے ہیں، جیسے اور $^{197}_{79}Au$، ہم طِناب (آئسوٹون isotone) کہلاتے ہیں۔

13.3 نیوکلیس کا سائز (SIZE OF THE NUCLEUS)

جیسا کہ ہم باب 12 میں دیکھ چکے ہیں ردرفورڈ وہ رہنما تھے جنھوں نے ایٹمی نیوکلیس کی موجودگی کا دعویٰ کیا اور اسے ثابت کردکھایا۔ ردرفورڈ کی تجویز پر گیگر اور مارسڈین نے سونے کی پنّی سے α–ذرات کے انتشار کا اپنا کلاسیکی تجربہ کیا۔ ان کے تجربات نے یہ ظاہر کیا کہ ایک 5.5MeV حرکی توانائی کے α–ذرہ کا ایک سونے کے نیوکلیس کے قریب ترین آنے کا فاصلہ تقریباً 4.0×10^{-14} m ہے۔ سونے کی چادر کے ذریعے α–ذرات کے انتشار کی ردرفورڈ نے اس طرح وضاحت کی کہ انھوں نے یہ فرض کیا کہ انتشار کے لیے صرف کولمب دفاعی قوت ہی ذمہ دار ہے۔ کیونکہ مثبت چارج نیوکلیس ہی میں مرتکز ہے، اس لیے نیوکلیس کا حقیقی سائز 4.0×10^{-14} m سے کم ہونا لازمی ہے۔

اگر ہم 5.5MeV سے زیادہ توانائیوں کے α–ذرات استعمال کریں تو α–ذرہ کے نیوکلیس سے قریب ترین ہونے کا فاصلہ اور کم ہوگا اور کسی ایک نقطہ پر انتشار، مختصرسعتی نیوکلیائی قوتوں سے متاثر ہونا شروع کردے گا اور ردرفورڈ کی تحسیب سے مختلف ہوگا۔ ردرفورڈ کی تحسیب، α–ذرات کے مثبت چارجوں اور سونے کے نیوکلیس کے درمیان خالص کولمب دفاع پر مبنی ہے۔ جس فاصلے سے انحراف پایا جانا شروع ہوتا ہے، اس فاصلے سے نیوکلیر سائز اخذ کیا جاسکتا ہے۔

ایسے انتشار تجربوں کے ذریعے جن میں α–ذرات کی جگہ تیز رفتار الیکٹرانوں کو بہ طور پروجیکٹائل مختلف عناصر سے بنے ہوئے ہدفوں پر بمباری کرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے، مختلف عناصر کے نیوکلیسوں کے سائزوں کی درستی صحت کے ساتھ پیمائش کی گئی ہے۔

یہ معلوم ہوا ہے کہ کمیت عدد A کے ایک نیوکلیس کا نصف قطر R ہوتا ہے:

$$R = R_0\ A^{1/3} \qquad (13.5)$$

جہاں $R_0=1.2\times10^{-15}m$ (=1.2 fm; 1 fm = 10 – 15 m)، اس کا مطلب ہوا کہ نیوکلیس کا حجم، جو R^3 کے متناسب ہے، تمام مرکزوں کے لیے A کے متناسب ہے۔ اس لیے نیوکلیس کی کثافت ایک مستقلہ ہے، A کے غیر تابع ہے۔ مختلف مرکزے، مستقلہ کثافت کے مائع کے قطروں کی طرح ہیں۔ نیوکلیائی مادے کی کثافت، تقریبی طور پر، 2.3×10^{17} kg m^{-3} ہے۔ عام مادے کی کثافت کے مقابلے میں یہ کثافت بہت زیادہ ہے۔ یہ قابل فہم ہے، کیونکہ ہم پہلے ہی دیکھ چکے ہیں کہ ایٹم کا بیشتر حصہ خالی ہوتا ہے۔ عام مادہ میں، جو ایٹموں پر مشتمل ہے، خالی فضا کی مقدار بہت زیادہ ہے۔

مثال 13.1

مثال 13.1 لوہے کے نیوکلیس کی کمیت 55.85 u اور A=56 دیے ہوئے ہیں۔ نیوکلیائی کثافت معلوم کیجیے۔

حل

$m_{Fe} = 55.85$

$u = 9.27\times10^{-26}$ kg

© NCERT not to be republished

مثال 13.1

$$\frac{\text{کمیت}}{\text{حجم}} = \text{نیوکلیائی کثافت} = \frac{9.27\times10^{-26}}{(4\pi/3)(1.2\times10^{-15})^3}\times\frac{1}{56}$$

$$= 2.29 \times 10^{17}\ \text{kg m}^{-3}$$

نیوٹران تاروں (فلکیاتی شے) میں مادے کی کثافت اس کثافت کے مقابلے کی ہوتی ہے۔اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ ان اشیاء میں مادہ اتنا دبا ہوا ہے کہ وہ ایک بڑے نیوکلیس کے مشابہ ہیں۔

13.4.1 کمیت-توانائی (Mass – Energy)

آ ئن اسٹائن نے اپنے خصوصی اضافیت کے نظریہ سے یہ دکھایا کہ کمیت کو توانائی کی ہی ایک دوسری شکل کے طور پر برتنا ضروری ہے۔خصوصی اضافیت کے نظریہ کے پیش کیے جانے سے پہلے تک یہ فرض کرلیا جاتا تھا کہ ایک تعامل میں کمیت اور توانائی کی علیحدہ علیحدہ بقا ہوتی ہے۔لیکن آ ئن اسٹائن نے دکھایا کہ کمیت بھی توانائی کی ایک دوسری شکل ہے اور کمیت-توانائی کو توانائی کی دوسری شکلوں میں، جیسے حرکی توانائی میں، بدلا جا سکتا ہے اور اس کے برخلاف بھی۔

آ ئن اسٹائن نے مشہور کمیت-توانائی ترادف (mass-energy equivalence) رشتہ دیا:

$$E = mc^2 \tag{13.6}$$

یہاں کمیت m کا توانائی مرادف (energy equivalent) مندرجہ بالا مساوات سے ہم رشتہ ہے اور c روشنی کی خلا میں رفتار ہے جو تقریباً $3\times10^{8}\ \text{m s}^{-1}$ کے مساوی ہے۔

مثال 13.2

مثال 13.2 ایک شے کے ایک گرام کے توانائی مرادف کا حساب لگایئے۔

حل

توانائی، $E = 10^{-3}\times(3\times10^{8})^2\ \text{J}$

$E = 10^{-3}\times9\times10^{16} = 9\times10^{13}\ \text{J}$

اسی لیے اگر ایک گرام کے مادے کو توانائی میں تبدیل کردیا جائے تو توانائی کی بہت بڑی مقدار نکلے گی۔

آ ئن اسٹائن کے کمیت-توانائی رشتے کی تجرباتی تصدیق، نیوکلیانوں، نیوکلیسوں، الیکٹرانوں اور حال ہی میں دریافت کیے گئے دیگر ذروں کے درمیان ہونے والے نیوکلیائی تعاملات کے مطالعوں کے ذریعے کی جا چکی ہے۔توانائی کی بقا کے قانون کے بیان ہے کہ ایک تعامل میں آغازی توانائی اور اختتامی توانائی مساوی ہوں گی، بشرطیکہ کمیت سے منسلک توانائی کو بھی شامل کیا جائے۔ یہ تصور نیوکلیائی کمیتوں اور نیوکلیسوں کے ایک دوسرے کے ساتھ ہونے والے باہم عملوں کو سمجھنے کے لیے بہت اہم ہے۔اگلے کچھ حصوں میں انہی سے بحث کی گئی ہے۔

© NCERT not to be republished

13.4.2 نیوکلیائی بندش توانائی (Nuclear binding energy)

حصہ 13.2 میں ہم دیکھ چکے ہیں کہ نیوکلیس نیوٹرانوں اور پروٹانوں پر مشتمل ہوتا ہے۔اس لیے یہ امید کی جاتی ہے کہ نیوکلیس کی کمیت اس کے پروٹانوں اور نیوٹرانوں کی انفرادی کمیتوں کے حاصل جمع کے مساوی ہوگی۔لیکن نیوکلیائی کمیت M ہمیشہ اس سے کم معلوم کی گئی ہے۔مثلاً ہم $^{16}_{8}O$ لیتے ہیں،اس نیوکلیس میں 8 نیوٹران اور 8 پروٹان ہیں۔ہمارے پاس ہے:

8 نیوٹرانوں کی کمیت $= 8 \times 1.00866\ u$

8 پروٹانوں کی کمیت $= 8 \times 1.00727\ u$

8 الیکٹرانوں کی کمیت $= 8 \times 0.00055\ u$

اس لیے، $^{16}_{8}O$ نیوکلیس کی متوقع کمیت $= 8 \times 2.01593\ u = 16.12744\ u$

کمیت طیف بینی (mass spectroscopy) تجربات کے ذریعہ $^{16}_{8}O$ کی معلوم کی گئی کمیت 15.99493u ہے۔اس میں سے 8 الیکٹرانوں کی کمیت (8 × 0.00055 u) نفی کرنے پر ہمیں $^{16}_{8}O$ نیوکلیس کی تجرباتی کمیت 15.99053u حاصل ہوتی ہے۔

اس طرح ہم پاتے ہیں کہ $^{16}_{8}O$ نیوکلیس کی کمیت، اس کے اجزائے ترکیبی کی کل کمیت سے 0.13691u کم ہے۔ایک نیوکلیس کی کمیت اور اس کے اجزائے ترکیبی کی کمیت کے مابین فرق ΔM کمیت کی کمی (mass defect) کہلاتی ہے اور یہ دیا جاتا ہے

$$\Delta M = [Zm_p + (A - Z)m_n] - M \qquad (13.7)$$

کمیت کمی کا مطلب کیا ہے؟ یہاں پر آئن اسٹائن کا کمیت اور توانائی کا ترادف اپنا کردار ادا کرتا ہے۔کیونکہ آکسیجن نیوکلیس کی کمیت اس کے اجزائے ترکیبی [8 پروٹان اور 8 نیوٹران، غیر مقید حالت (unbound state) میں] کی کمیتوں سے کم ہے، آکسیجن نیوکلیس کی مرادف توانائی اس کے اجزائے ترکیبی کی مرادف توانائیوں کے حاصل جمع سے کم ہے۔اگر ہم آکسیجن نیوکلیس کو 8 پروٹانوں اور 8 نیوٹرانوں میں توڑنا چاہیں تو یہ زائد توانائی $\Delta M c^2$ مہیا کرنی ہوگی۔اس درکار توانائی E_b کا کمیت کمی سے رشتہ ہے

$$E_b = \Delta M c^2 \qquad (13.8)$$

مثال 13.3 ایک ایٹمی کمیت اکائی کا توانائی مرادف پہلے J اور پھر MeV میں معلوم کیجیے۔اسے استعمال کرتے ہوئے $^{16}_{8}O$ کی کمیت کمی کو MeV/c^2 میں ظاہر کیجیے۔

حل

$$1u = 1.6605 \times 10^{-27}\ kg$$

اسے توانائی اکائیوں میں بدلنے کے لیے ہم اسے c^2 سے ضرب کرتے ہیں اور پاتے ہیں:

مثال 13.3

© NCERT not to be republished

مثال 13.3

توانائی مترادف $= 1.6605\times10^{-27}\times(2.9979\times10^{8})^2$ kg m²/s²

$$=1.4924\times10^{-10}\,\text{J}$$

$$=\frac{1.4924\times10^{-10}}{1.602\times10^{-19}}\,\text{eV}$$

$$=0.9315\times10^{9}\,\text{eV}$$

$$=931.5\,\text{MeV}$$

یا $1\text{u} = 931.5\,\text{MeV}/c^2$

${}^{16}_{8}O$ کے لیے، $\Delta M = 0.13691\,\text{u} = 0.13691\times931.5\,\text{MeV}/c^2$

$$= 127.5\,\text{MeV}/c^2$$

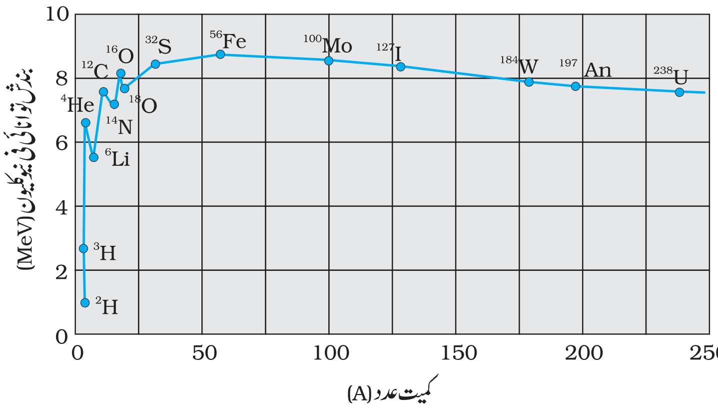
${}^{16}_{8}O$ کو اس کے اجزائے ترکیبی میں توڑنے کے لیے درکار توانائی، اس لیے، ${}^{16}_{8}O$ $127.5\,\text{MeV}/c^2$ ہے۔

اگر نیوٹرانوں اور پروٹانوں کی ایک مخصوص تعداد کو ایک دوسرے کے ساتھ لا کر ایک مخصوص چارج اور ایک مخصوص کمیت کا ایک نیوکلیس تشکیل دیا جائے تو اس عمل میں توانائی E_b باہر نکلے گی۔ توانائی E_b، نیوکلیس کی بندش توانائی (binding energy) کہلاتی ہے۔ اگر ہم ایک نیوکلیس کے اجزائے ترکیبی کو علیحدہ علیحدہ کرنا چاہیں تو ہمیں ان ذرات کو E_b کے مساوی کل توانائی مہیا کرنی ہوگی۔ حالانکہ ہم اس طرح سے ایک نیوکلیس کو توڑ نہیں سکتے، پھر بھی بندش توانائی اس بات کا ایک کارآمد ناپ ہے کہ ایک نیوکلیس کتنی اچھی طرح قائم ہے۔ نیوکلیس کے اجزائے ترکیبی کے مابین بندش کا ایک زیادہ کارآمد ناپ بندش توانائی فی نیوکلیون، E_{bn} ہے جو کہ ایک نیوکلیس کی بندش توانائی اور اس نیوکلیس میں نیوکلیانوں کی تعداد 'A' کی نسبت ہے۔

$$E_{bn} = \frac{E_b}{A} \tag{13.9}$$

ہم بندش توانائی فی نیوکلیون کو اس طرح سمجھ سکتے ہیں کہ یہ ایک نیوکلیس کو اس کے انفرادی نیوکلیانوں میں علیحدہ کرنے کے لیے درکار، اوسط توانائی فی نیوکلیون ہے۔

شکل 13.1، نیوکلیسوں کی ایک بڑی تعداد کے لیے، بندش توانائی فی نیوکلیس E_{bn} برخلاف کمیت عدد A کا گراف ہے۔ ہم گراف کی مندرجہ ذیل اہم خاصیتیں نوٹ کر سکتے ہیں:



شکل 13.1: بندش توانائی فی نیوکلیون بہ طور تفاعل کمیت عدد

(i) بندش توانائی فی نیوکلیون E_{bn}، عملی طور پر مستقلہ ہے،

یعنی کہ درمیانی کمیت اعداد (170 > A > 30) کے نیوکلیسوں کے لیے عملی طور پر ان کے ایٹمی عدد کے غیر تابع ہے۔ اس منحنی کی اعظم قدر، تقریباً 8.75 MeV، A=56 کے لیے ہے اور A=238 کے لیے اس کی قدر 7.6MeV ہے۔

(ii) E_{bn} کی قدر ہلکے نیوکلیسوں (A<30) اور بھاری نیوکلیسوں (A>170) دونوں کے لیے مقابلتاً ادنیٰ ہے۔

ان دونوں مشاہدات سے ہم کچھ نتائج اخذ کر سکتے ہیں:

(i) لگ رہی قوت کششی ہے اور اتنی طاقت ور ہے کہ چند MeV فی نیوکلیون کی بندش توانائی پیدا کر سکنے کے لیے کافی ہو۔

(ii) سعت 170 > A > 30 میں بندش توانائی کا مستقلہ ہونا اس حقیقت کا نتیجہ ہے کہ نیوکلیائی قوت ایک قریب اثر (short-range) قوت ہے۔ کوئی ایک مخصوص نیوکلیون لیجیے جو ایک کافی بڑے نیوکلیس کے اندر ہے۔ اس کے اوپر صرف اس کے چند پڑوسی نیوکلیانوں کا ہی اثر پڑے گا جو کہ نیوکلیائی قوت کے اس قریب اثر فاصلے کے اندر ہوں گے۔ اگر کوئی نیوکلیان، نیوکلیائی قوت کی سعت سے زیادہ فاصلے پر ہے تو وہ ملحوظ نظر نیوکلیون کی بندش توانائی پر کوئی اثر نہیں ڈالے گا۔ اگر ایک نیوکلیون کے نیوکلیر قوت کی سعت کے اندر زیادہ سے زیادہ p پڑوسی نیوکلیان ہو سکتے ہوں تو اس کی بندش توانائی p کے متناسب ہوگی۔ فرض کیجیے کہ نیوکلیس کی بندش توانائی pk ہے، جہاں k ایک مستقلہ ہے جس کے ابعاد توانائی کے ابعاد ہیں۔ اگر ہم مزید نیوکلیان شامل کر کے A میں اضافہ کریں تو ان سے نیوکلیس کے اندر کے ایک نیوکلیان کی بندش توانائی تبدیل نہیں ہوگی۔ کیونکہ ایک بڑے نیوکلیس میں زیادہ تر نیوکلیان، نیوکلیس کے اندرونی حصے میں ہوتے ہیں، اس کی سطح پر نہیں، بندش توانائی فی نیوکلیون میں تبدیلی، خفیف ہوگی۔ بندش توانائی فی نیوکلیون ایک مستقلہ ہے اور تقریبی طور پر pk کے مساوی ہے۔ یہ خاصیت کہ ایک دیا ہوا نیوکلیان صرف انہیں نیوکلیانوں کو متاثر کرتا ہے جو اس کے نزدیک ہوتے ہیں، نیوکلیائی قوت کی سیر شدگی خاصیت بھی کہلاتی ہے۔

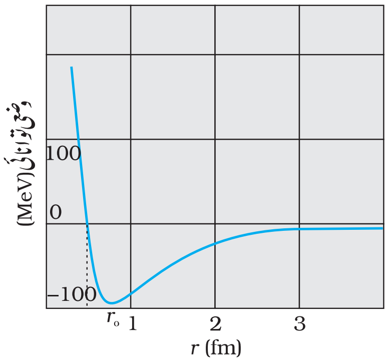
(iii) ایک بہت بھاری نیوکلیس، جیسے A=240، کی بندش توانائی فی نیوکلیون، A=120 کے نیوکلیس کی بندش توانائی فی نیوکلیون کے مقابلے میں کم ہوتی ہے۔ اس لیے اگر A=240 کا ایک نیوکلیس دو A=120 کے نیوکلیسوں میں ٹوٹ جائے تو نیوکلیانوں کی بندش زیادہ سخت ہو جاتی ہے۔ اس کا مطلب ہوا کہ اس عمل میں توانائی باہر نکلے گی۔ اس کے انشقاق کے ذریعے توانائی پیدا کرنے میں بہت اہم مضمرات ہیں، جن سے بعد میں حصہ 13.7.1 میں بحث کی جائے گی۔

(iv) دو بہت ہلکے نیوکلیسوں $(A \leq 10)$ کو لیجیے جو آپس میں مل کر ایک مقابلتاً بھاری نیوکلیس تشکیل دیتے ہیں۔ گداخت شدہ مقابلتاً بھاری نیوکلیس کی بندش توانائی فی نیوکلیون، مقابلتاً ہلکے نیوکلیسوں کی بندش توانائی فی نیوکلیان سے زیادہ ہے۔ اس کا مطلب ہوا کہ اختتامی نظام میں آغازی نظام کے مقابلے میں بندش زیادہ سخت ہے۔ اب پھر اس گداخت (Fusion) کے عمل میں توانائی باہر نکلے گی۔ سورج کی توانائی کا یہی وسیلہ ہے، جس سے بعد میں حصہ 13.7.3 میں بحث کی جائے گی۔

© NCERT not to be republished

13.5 نیوکلیائی قوت (NUCLEAR FORCE)

وہ قوت جو ایٹمی الیکٹرانوں کی حرکت متعین کرتی ہے، جانی پہچانی کولمب قوت ہے۔ حصہ 13.4 میں ہم دیکھ چکے ہیں کہ اوسط کمیت کے نیوکلیسوں کے لیے، بندش توانائی فی نیوکلیون تقریباً 8MeV ہوتی ہے، جو کہ ایٹموں میں بندش توانائی سے کہیں زیادہ ہے۔ اس لیے ایک نیوکلیس میں نیوکلیانوں کو ایک ساتھ بندھا رکھنے کے لیے بالکل مختلف قسم کی ایک طاقت ور کششی قوت کا ہونا ضروری ہے۔ اسے اتنا طاقت ور ہونا چاہیے کہ پروٹانوں (مثبت چارج شدہ) کے درمیان دفع پر قابو پا سکے اور پروٹانوں اور نیوٹرانوں دونوں کو ایک مختصر نیوکلائی حجم میں بندھا رکھ سکے۔ ہم پہلے ہی دیکھ چکے ہیں کہ بندش توانائی فی نیوکلیون کی مستقلیت کو اس قوت کے قریب اثر ہونے کی شکل میں سمجھا جاسکتا ہے۔ نیوکلیائی بندش قوت کی کئی خاصیتوں کا خلاصہ ذیل میں پیش کیا جارہا ہے۔ یہ خاصیتیں ان مختلف النوع تجربات کے نتائج سے حاصل ہوئی ہیں جو 1930 سے 1950 تک کیے گئے۔



شکل 13.2: دو نیوکلیانوں کے جوڑے کی وضعی توانائی بہ طور ان کے درمیانی فاصلے کے تفاعل۔ r_0 سے زیادہ درمیانی فاصلوں کے لیے قوت کششی ہے اور r_0 سے کم درمیانی فاصلوں کے لیے بہت زیادہ دفاعی ہے۔

(i) نیوکلیائی قوت، چارجوں کے درمیان کام کررہی کولمب یا کمیتوں کے درمیان کام کر رہی مادی کشش قوتوں کے مقابلے میں بہت زیادہ طاقت ور ہوتی ہے۔ نیوکلیس کے اندر، نیوکلیائی بندش قوت کو پروٹانوں کے درمیان کولمب دفع پر حاوی آنا ضروری ہے۔ ایسا صرف اس لیے ہوتا ہے کیونکہ نیوکلیائی قوت، کولمب قوت کے مقابلے میں کہیں زیادہ طاقت ور ہے۔ مادی کشش قوت، کولمب قوت سے بھی بہت کمزور ہے۔

(ii) دو نیوکلیانوں کے درمیان نیوکلیائی قوت، ان کے درمیان چند فیمٹو میٹرس سے زیادہ فاصلے ہونے پر تیزی سے صفر ہوجاتی ہے۔ اس کی وجہ سے ایک اوسط یا بڑے سائز کے نیوکلیسوں میں قوتوں کی سیر شدگی عمل میں آتی ہے، جو کہ بندش توانائی فی نیوکلیون کی مستقلیت کی وجہ ہے۔

دو نیوکلیسوں کے درمیان وضعی توانائی بہ طور ان کے درمیانی فاصلے کے تفاعل کا ایک گراف شکل 13.2 میں دکھایا گیا ہے۔ وضعی توانائی کی اقل ترین قدر تقریباً 0.8fm فاصلے r_0 پر حاصل ہوتی ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ قوت 0.8fm سے زیادہ کے فاصلوں کے لیے کششی ہے اور اگر نیوکلیانوں کے درمیان فاصلہ 0.8fm سے کم ہو تو یہ دفاعی ہے۔

(iii) نیوٹران-نیوٹران، نیوٹران-پروٹان اور پروٹان-پروٹان کے درمیان نیوکلائی قوت تقریباً یکساں ہے۔ نیوکلیائی

© NCERT not to be republished

قوت برقی چارج کے تابع نہیں ہے۔

کولمب کے قانون اور مادی کشش کے نیوٹن کے قانون کے برخلاف، نیوکلیائی قوت کی کوئی سادہ ریاضیاتی شکل نہیں ہے۔

13.6 تابکاری (RADIOACTIVITY)

اے-ایچ بیکیوریل (A. H. Becquerel) نے 1896 میں بالکل اتفاقی طور پر تابکاری کو دریافت کیا۔ مرکبات کو بصری روشنی سے اشعاع شدہ کرنے پر ثانوی درخشانی (fluorescence) اور خود درخشانی (phosphorescence) کا مطالعہ کرتے ہوئے بیکیوریل نے ایک دلچسپ مظہر کا مشاہدہ کیا۔ یورانیم-پوٹاشیم سلفیٹ کے کچھ ٹکڑوں پر بصری روشنی سے اشعاع کرنے کے بعد انھوں نے ان ٹکڑوں کو کالے کاغذ میں لپیٹ دیا اور درمیان میں ایک چاندی کا ٹکڑا رکھ کر ایک فوٹو گرافک پلیٹ رکھ دی۔ کئی گھنٹے کی اثر آشکاری (exposure) کے بعد جب فوٹو گرافک پلیٹ کو ڈیولپ (Develope) کیا گیا تو اس میں کچھ سیاہ رنگت دکھائی دی، جس کی وجہ کوئی ایسی شے ہی ہو سکتی تھی جو اس مرکب سے خارج ہوئی ہو اور چاندی اور کالے کاغذ دونوں میں سے گذر سکنے کے قابل ہو۔

اس کے بعد کیے گئے تجربات سے یہ معلوم ہوا کہ تابکاری ایک نیوکلیائی مظہر ہے، جس میں ایک غیر مستحکم نیوکلیس تنزل پذیر ہوتا ہے۔ اسے تابکار تنزل (radioactive decay) کہتے ہیں۔ قدرت میں تین قسم کے تابکار تنزل ہوتے ہیں:

(i) α-تنزل، جس میں ایک ہیلیم نیوکلیس $^{4}_{2}He$ خارج ہوتا ہے۔

(ii) β-تنزل، جس میں الیکٹران یا پوزی ٹران (وہ ذرات جن کی کمیت الیکٹرانوں کی کمیت کے یکساں ہوتی ہے لیکن چارج، الیکٹران کے چارج کے بالکل مخالف ہوتا ہے) خارج ہوتے ہیں۔

(iii) γ-تنزل، جس میں اعلیٰ توانائی (سینکڑوں keV یا اس سے زیادہ) کے فوٹان خارج ہوتے ہیں۔

13.6.1 تابکار تنزل کا قانون (Law of radioactive decay)

کسی بھی تابکار نمونے میں، جو α، β یا γ تنزل سے گزرتا ہے، یہ پایا گیا ہے کہ اکائی وقت میں تنزل پذیر ہونے والے نیوکلیسوں کی تعداد نمونے میں نیوکلیسوں کی کل تعداد کے متناسب ہوتی ہے۔ اگر نمونے میں نیوکلیسوں کی تعداد N ہے اور ΔN، وقت Δt میں تنزل پذیر ہوتے ہیں تو

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} \propto N$$

یا

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N \qquad (13.10)$$

جہاں λ تابکار تنزل مستقلہ (Radioactive decay constant) یا تکسیر مستقلہ (Disintegration constant) نمونے* میں نیوکلیسوں کی تعداد میں، وقت Δt میں تبدیلی ہے: $dN = -\Delta N$، اس لیے N کی تبدیلی کی شرح

* ΔN نیوکلیانوں کی وہ تعداد ہے جو تنزل پذیر ہوتی ہے اور اس لیے ہمیشہ مثبت ہوگی۔ dN، N میں تبدیلی ہے، جس کی کوئی بھی علامت ہوسکتی ہے۔ یہاں یہ منفی ہے، کیونکہ شروعات میں جو N نیوکلیان تھے، ان میں سے ΔN کا تنزل ہوگیا اور $(N-\Delta N)$ باقی بچے۔

© NCERT not to be republished

ہے($\Delta t \to 0$ حد میں):

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

یا
$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

اب مندرجہ بالا مساوات کی دونوں اطراف کا تکملہ کرنے پر، ہمیں حاصل ہوتا ہے

$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_{t_0}^{t} dt \qquad (13.11)$$

یا

$$\ln N - \ln N_0 = -\lambda (t - t_0) \qquad (13.12)$$

یہاں N_0، دیے ہوئے نمونے میں، کسی اختیاری وقت t_0 پر تابکار نیوکلیسوں کی تعداد ہے اور N، اس کے بعد کے کسی وقت t پر تابکار نیوکلیسوں کی تعداد ہے۔ $t_0 = 0$ رکھنے پر اور دوبارہ ترتیب دینے پر ہمیشہ مساوات (13.13) حاصل ہوتی ہے۔

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \qquad (13.13)$$

جس سے حاصل ہوتا ہے:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \qquad (13.14)$$

نوٹ کریں، کہ مثال کے طور پر روشنی کے بلب کسی ایسے قوت نمائی قانون کی پابندی نہیں کرتے۔ اگر ہم 1000 بلبوں کی مدتِ زندگی (عرصہ وقت جس میں وہ خراب یا فیوز ہوجائیں گے) کی جانچ کریں تو ہم توقع کرتے ہیں کہ ان میں سے ہر ایک تقریباً یکساں وقت میں ہی تنزل پذیر ہوگا (یعنی کہ بیکار ہوجائے گا)۔ لیکن تابکار نیوکلیائڈوں کا تنزل ایک بڑی حد تک مختلف قانون کی پابندی کرتا ہے۔ تابکار تنزل کا قانون مساوات (13.14) سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

ہمیں اکثر خود N سے زیادہ تنزل شرح R $\left(= \frac{-dN}{dt}\right)$ میں دلچسپی ہوتی ہے۔ یہ ایک اکائی وقت میں تنزل پذیر ہونے والے نیوکلیسوں کی تعداد بتاتا ہے۔ مثلاً، فرض کیجیے ہمارے پاس ایک تابکار شے کی کچھ مقدار ہے۔ ہمیں اس میں موجود نیوکلیسوں کی تعداد جاننے کی ضرورت نہیں ہے۔ لیکن ہم ایک دیے گئے وقفہ وقت، جیسے 10 سیکنڈ یا 20 سیکنڈ میں α، β یا γ ذرات کے اخراج کی تعداد ناپ سکتے ہیں۔ فرض کیجیے ہم وقفہ وقت dt کے لیے یہ پیمائش کرتے ہیں اور اپنے آلے سے تنزل کا شمار ΔN (-dN) حاصل کرتے ہیں، تب تنزل شرح R کی تعریف اس طرح کی جاتی ہے:

$$R = -\frac{dN}{dt}$$

مساوات (13.14) کا تفرق کرنے پر، ہمیں حاصل ہوتا ہے:

© NCERT not to be republished

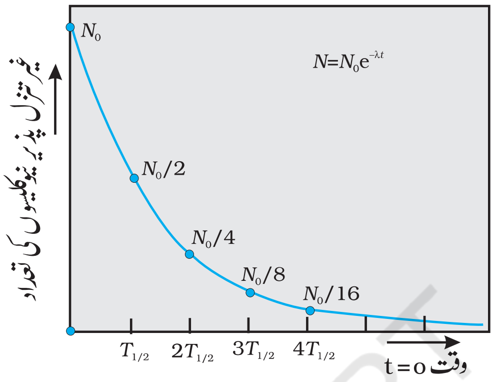
$$R = -\frac{dN}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

یا

$$R = R_0 e^{-\lambda t} \qquad (13.15)$$

جوتابکار تنزل کے قانون [مساوات13.14] کی ایک متبادل شکل ہے۔یہاں R_0، وقت $t = 0$ پر تابکار تنزل کی شرح ہے اورR بعد کے کسی بھی وقت t پر یہ شرح ہے۔اب ہم مساوات (13.10) کونمونے کی تنزل شرح R کی شکل میں ایسے لکھ سکتے ہیں:

$$R = \lambda N \qquad (13.16)$$



شکل 13.3: ایک تابکار نوع کا قوت نما تنزل۔ $T_{½}$ وقت گذرنے کے بعد، دی ہوئی نوع کی آبادی، جزضربی 2 سے کم ہوجاتی ہے۔

جہاںR کی قدر اور تاب کار نیوکلیس کی وہ تعداد جو ابھی تک تنزل پذیر نہیں ہوئی ہے، ان کی قدر یکساں لمحہ وقت پر معلوم کی جانی چاہیے۔

ایک یا ایک سے زیادہ تاب کار نیوکلیائڈوں کے نمونے کی کل تنزل شرح اس نمونے کی فعالیت (activity) کہلاتی ہے۔فعالیت کی SI اکائی بیکیوریل ہے جو تاب کاری دریافت کرنے والے سائنس داں ہنری بیکوریل کے نام پر رکھی گئی ہے۔اس کی تعریف اس طرح کی جاتی ہے:

1 تنزل فی سیکنڈ= 1Bq= 1 بیکیوریل(bacquerel)

ایک پرانی اکائی کیوری(Curie) ابھی بھی عام طور سے استعمال ہوتی ہے:

1 curie = 1 Ci = 3.7×10^{10} Bq(تنزل فی سیکنڈ)

اس پیمائش کے کہ ایک دی ہوئی قسم کا ریڈیو نیوکلیائڈ کتنے عرصے تک باقی رہے گا، دوعام وقت ناپنے کے پیمانے ہیں۔ایک ناپ ہے ایک ریڈیو نیوکلیائڈ کی نصف زندگی (half life) $T_{½}$ جو وہ عرصہ وقت ہے جس میں N اورR دونوں کی قدریں اپنی آغازی قدروں کا نصف ہوجاتی ہیں۔دوسراناپ ہے اوسط زندگی (mean life) τ، جووہ عرصہ وقت ہے جس میں N اور R دونوں کی قدریں اپنی آغازی قدروں کا e^{-1} ہوجاتی ہیں۔

اور تکسیر مستقلہ (Disintegration constant) λ میں رشتہ معلوم کرنے کے لیے، ہم

اور $t = T_{½}$ مساوات (13.15) میں رکھ کر $T_{½}$ کے لیے حل کرتے ہیں:

$$T_{½} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$= \frac{0.693}{\lambda} \qquad (13.17)$$

اوسط زندگی یا درمیانہ زندگی t بھی مساوات (13.14) سے حاصل کی جاسکتی ہے۔ نیوکلیسوں کی وہ تعداد جو t سے t + Δ t کے وقفہ وقت میں تنزل پذیرہوتی ہے: $R(t)\Delta t = (\lambda N_0 e^{-\lambda t}\Delta t)$، ان میں سے ہرایک نیوکلیس وقت t تک زندہ رہا ہے۔اس لیے ان تمام نیوکلیسوں کی کل زندگی $t\ \lambda N_0 e^{-\lambda t}\ \Delta t$ ہے۔ یہ واضح ہے کہ ان میں سے کچھ مرکزے کچھ کم وقت کے لیے زندہ رہے ہوں گے اور کچھ اس سے زیادہ۔ اس لیے اوسط زندگی معلوم کرنے کے لیے ہمیں اس عبارت کو 0 سے ∞ تک جمع کرنا (یا تکملہ کرنا) ہوگا اور t=0 پر نیوکلیسوں کی کل تعداد N_0 سے تقسیم کرنا ہوگا۔ اس لیے

$$\tau = \frac{\lambda N_0 \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt}{N_0} = \lambda \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt$$

اس تکملہ کو حل کر کے ہم دکھا سکتے ہیں کہ

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

ہم ان نتائج کا خلاصہ مندرجہ ذیل شکل میں لکھ سکتے ہیں:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2 \qquad (13.18)$$

یہ تابکار عناصر جن کی نصف زندگی، کائنات کی زندگی (13.7 کروڑ سال) کے مقابلے میں کم ہے آج قدرت میں قابل مشاہدہ شکل نہیں میں پائے جاتے۔ لیکن پھر بھی انھیں تجربہ گاہ میں نیوکلیائی تعاملات میں دیکھا گیا ہے۔ ٹرائی ٹیم اور پلوٹونیم اس قسم سے تعلق رکھتے ہیں۔

میری سکلوڈوسکا کیوری (1867–1934)

میری سکلوڈوسکا کیوری

(1867–1934)، پولینڈ میں پیدا ہوئیں۔ آپ طبعیات داں اور کیمیاداں دونوں کے بطور معروف ہیں۔ 1896 میں ہنری بیکوریل کے ذریعے کی گئی تابکاری کی دریافت نے میری اور ان کے شوہر کیوری دونوں کو ان تحقیقات اور تجربات کی تحریک بخشی، جن سے ریڈیم اور پولونیم عناصر علاحدہ کرنے کی راہیں ہموار ہوئیں۔ وہ پہلی شخصیت تھیں جنھیں دو نوبل انعام دیے گئے۔ 1903 میں طبعیات کے لیے اور 1911 میں کیمیا کے لیے۔

مثال 13.4

مثال 13.4 α - تنزل سے گذرتے ہوئے $^{238}_{92}U$ کی نصف زندگی 4.5×10^9 برس ہے۔ $^{238}_{92}U$ کے ایک گرام نمونے کی فعالیت کیا ہے؟

حل

$$T_{1/2} = 4.5 \times 10^9\ y$$
$$= 4.5 \times 10^9\ y \times 3.16 \times 10^7\ s/y$$
$$= 1.42 \times 1017 s$$

کسی بھی ہم جا کے ایک k mol میں ایووگیڈرو عدد کے مساوی ایٹموں کی تعداد ہوتی ہے۔ اس لیے $^{238}_{92}U$ میں ایٹموں کی تعداد ہوگی:

© NCERT not to be republished

مثال 13.4

$$\frac{1}{238 \times 10^3} \text{kmol} \times 6.025 \times 10^{26} \text{ atoms/kmol}$$

$$= 25.3 \times 10^{20} \text{ atoms}$$

تنزل کی شرح R ہے:

$$R = \lambda N$$

$$= \frac{0.693}{T_{1/2}} N = \frac{0.693 \times 25.3 \times 10^{20}}{1.42 \times 10^{17}} \text{ s}^{-1}$$

$$= 1.23 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$$

$$= 1.23 \times 10^4 \text{ Bq}$$

مثال 13.5

مثال 13.5

β- تنزل سے گذرتے ہوئے ٹرائی ٹیم کی نصف زندگی 12.5y ہے۔ 25y سال بعد خالص ٹرائی ٹیم کی کتنی کسر بغیر تنزل ہوئے باقی بچے گی؟

حل

نصف زندگی کی تعریف کے مطابق آغازی نمونے کا نصف 12.5y سال بعد بغیر تنزل پذیر ہوئے باقی بچے گا۔ اگلے 12.5y برسوں میں ان میں سے نصف مرکزے تنزل پذیر ہوں گے۔ اس لیے آغازی خالص ٹرائی ٹیم کے نمونے کا ایک چوتھائی 25 سال بعد بغیر تنزل پذیر ہوئے باقی بچے گا۔

13.6.2 الفا تنزل (Alpha decay)

جب ایک نیوکلیس الفا تنزل سے گذرتا ہے تو وہ ایک الفا ذرہ (ایک ہیلیم نیوکلیس، ^4_2He) خارج کر کے ایک مختلف نیوکلیس میں تبدیل ہوجاتا ہے۔ مثلاً جب $^{238}_{92}\text{U}$ الفا- تنزل سے گذرتا ہے تو وہ $^{234}_{90}\text{Th}$ میں تبدیل ہوجاتا ہے:

$$^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{234}_{90}\text{Th} + \qquad (13.19)$$

اس عمل میں، یہ مشاہدہ کیا گیا ہے کہ کیونکہ ^4_2He میں دو پروٹان اور دو نیوٹران ہوتے ہیں، اس لیے دختر نیوکلیس (daughter nucleus) کے کمیت عدد اور ایٹمی عدد میں، بالترتیب، 4 اور 2 کی کمی واقع ہوتی ہے۔ اس لیے ایک ^A_ZX نیوکلیس کی $^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ نیوکلیس میں تبدیلی کو ظاہر کیا جاسکتا ہے:

$$^A_Z\text{X} \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + ^4_2\text{He} \qquad (13.20)$$

جہاں ^A_ZX مورث نیوکلیس (Parent nucleus) اور $^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ دختر نیوکلیس ہے۔

$^{238}_{92}\text{U}$ کا الفا- تنزل ازخود (spontaneous) (بغیر کسی خارجی توانائی وسیلے کے) ہوسکتا ہے، کیونکہ تنزل

© NCERT not to be republished

ماحصلات $^{234}_{90}Th$ اور $^{4}_{2}He$ کی کل کمیت آغازی $^{238}_{92}U$ کی کمیت سے کم ہے۔اس لیے تنزل ماحصلات (decay products) کی کل کمیت توانائی، آغازی نیوکلیائڈ کی کمیت توانائی سے کم ہے۔آغازی کمیت توانائی اور تنزل ماحصلات کی اختتامی کمیت توانائی کے درمیان فرق کوعمل (process) کی Q-قدر یا تکسیر توانائی (disintegration energy) کہتے ہیں۔اس لیے ایک الفا تنزل کی Q-قدر کوظاہر کیا جاسکتا ہے:

$$Q = (m_X - m_Y - m_{He})\, c^2 \qquad (13.21)$$

یہ توانائی دختر نیوکلیس $^{A-4}_{Z-2}Y$ اور الفا ذرہ $^{4}_{2}He$ کے درمیان حرکی توانائی کی شکل میں تقسیم ہوتی ہے۔الفا-تنزل،مساوات (13.14) اور مساوات (13.15) سے دیے جانے والے تاب کاری قانون کی پابندی کرتا ہے۔

مثال: 13.6

ہمیں مندرجہ ذیل ایٹمی کمیتیں دی ہوئی ہیں:

$^{238}_{92}U = 238.05079$ u $^{4}_{2}He = 4.00260$ u

$^{234}_{90}Th = 234.04363$ u $^{1}_{1}H = 1.00783$ u

$^{237}_{91}Pa = 237.05121$ u

یہاں علامت Pa،عنصر پروٹیکٹینیم (Protactinium) (Z=91) کے لیے ہے:

(a) $^{238}_{92}U$ کے الفا تنزل کے دوران باہر نکلنے والی توانائی کا حساب لگائیے۔

(b) دکھائیے کہ $^{238}_{92}U$ ایک پروٹان ازخود نہیں خارج کر سکتا۔

حل

(a) $^{238}_{92}U$ کا الفا-تنزل مساوات (13.20) سے دیا جاتا ہے۔اس عمل میں باہر نکلنے والی توانائی ہوگی:

$$Q = (M_U - M_{Th} - M_{He})\, c^2$$

دیے ہوئے آنکڑوں کے مطابق ایٹمی کمیتیں رکھنے پر،ہمیں حاصل ہوتا ہے:

$$Q = (238.05079 - 234.04363 - 4.00260) u \times c^2$$

$$= (0.00456\ u)\, c^2$$

$$= (0.00456\ u)\, (931.5\ \text{MeV/u})$$

$$= 4.25\ \text{MeV}$$

(b) اگر $^{238}_{92}U$ ایک پروٹان کو ازخود خارج کرتا ہے،تو تنزل-عمل ہوگا:

$$^{238}_{92}U \rightarrow\ ^{237}_{91}Pa + ^{1}_{1}H$$

مثال 13.6

© NCERT not to be republished

مثال 13.6

اس عمل کے ہونے کے لیے Q قدر ہوگی:

$$= (M_U - M_{Pa} - M_H)\, c^2$$

$$= (238.05079 - 237.05121 - 1.00783)\, u \times c^2$$

$$= (-\,0.00825\ u)\, c^2$$

$$= -\,(0.00825\ u)(931.5\ MeV/u)$$

$$= -\,7.68\ MeV$$

اس طرح اس عمل کی Q قدر منفی ہے، اس لیے یہ ازخود نہیں ہوسکتا۔ $^{238}_{92}U$ کے ایک نیوکلیس سے ایک پروٹان خارج کرانے کے لیے ہمیں 7.68 MeV توانائی مہیا کرانی پڑے گی۔

13.6.3 بیٹا تنزل (Beta decay):

ایک نیوکلیس جو ازخود طور پر ایک الیکٹران یا ایک پوزی ٹران خارج کر کے تنزل پذیر ہوتا ہے، اسے بیٹا تنزل کے عمل سے گذرنے والا کہا جاتا ہے۔ الفا- تنزل کی طرح، یہ بھی ایک ازخود عمل ہے۔ الفا- تنزل کے طرح ہی، بیٹا تنزل بھی ایک شماریاتی عمل (statistical process) ہے، جو مساوات (13.14) اور مساوات (13.15) کے تحت انجام پاتا ہے۔ بیٹا منفی (β^-) تنزل میں، نیوکلیس سے ایک الیکٹران خارج ہوتا ہے۔ جیسے $^{32}_{15}P$ کے تنزل میں:

$$^{32}_{15}P \rightarrow {}^{32}_{16}S + e^- + \bar{\nu} \qquad (T_{1/2} = 14.3\ d) \qquad (13.22)$$

بیٹا مثبت (β^+) تنزل میں، نیوکلیس سے ایک پوزی ٹران خارج ہوتا ہے، جیسے $^{22}_{11}Na$ کے تنزل میں:

$$^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + e^+ + \nu \qquad (T_{1/2} = 2.6\ y) \qquad (13.23)$$

علامتیں $\bar{\nu}$ اور ν، بالترتیب، اینٹی نیوٹرینو (ضد نیوٹرینو) (anti neutrino) اور نیوٹرینو (neutrino) کو ظاہر کرتی ہیں۔ دونوں تعدیلی ذرات ہیں، جن کی کمیت بہت ہی خفیف یا نہیں کے مساوی ہوتی ہے۔ تنزل کے عمل کے دوران یہ ذرات نیوکلیس سے الیکٹران یا پوزی ٹران کے ہمراہ خارج ہوتے ہیں۔ نیوٹرینو مادہ کے ساتھ صرف بہت کمزور پر ہی باہم عمل کرتے ہیں۔ وہ زمین سے بھی بغیر جذب ہوئے گذر سکتے ہیں۔ یہی وجہ ہے کہ انھیں شناخت کرنا بے حد مشکل ہے اور بہت عرصے تک ان کی موجودگی کا پتہ نہیں چل سکا۔

بیٹا- منفی تنزل میں، ایک، نیوٹران، پروٹان میں تبدیل ہوتا ہے (نیوکلیس کے اندر)، اس طور پر۔

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu} \qquad (13.24)$$

جب کہ بیٹا- مثبت تنزل میں، ایک پروٹان، نیوٹران میں تبدیل ہوتا ہے (نیوکلیس کے اندر)، اس طور پر۔

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu \qquad (13.25)$$

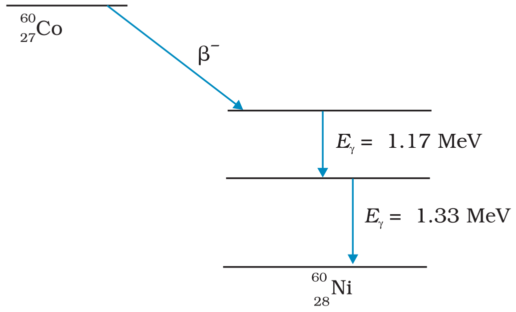
ان عملوں سے یہ ظاہر ہوجاتا ہے کہ ایک بیٹا- تنزل سے گذرنے والے نیوکلیائڈ کا کمیت عدد کیوں نہیں تبدیل

© NCERT not to be republished

ہوتا،اس کا ایک اجزائے ترکیبی نیوکلیونوں میں سے ایک صرف اپنی فطرت، مساوات (13.24) یا مساوات (13.25) کے مطابق، بدلتا ہے۔

13.6.4 گاما تنزل:(Gamma decay)

جس طرح ایٹم میں توانائی منازل ہوتی ہیں، بالکل اسی طرح نیوکلیس میں بھی توانائی منازل ہوتی ہیں۔ جب ایک نیوکلیس ایک مشتعل حالت میں ہوتا ہے تو وہ برق-مقناطیسی اشعاع کا اخراج کر کے مقابلتاً کم توانائی حالت میں عبور کرسکتا ہے۔کیونکہ ایک نیوکلیس کی توانائی منازل میں توانائی کے فرق MeV کے درجہ کے ہوتے ہیں، نیوکلیسوں سے خارج ہوئے فوٹانوں کی توانائی MeV توانائیاں ہوتی ہیں اور انھیں شعاعیں کہتے ہیں۔



شکل 13.4: توانائی-منزل ڈائیگرام، جس میں نیوکلیس کے ذریعے بیٹا تنزل کے بعد ہونے والا γ کرنوں کا اخراج دکھایا گیا ہے۔

زیادہ تر تاب کار نیوکلیائڈ الفا تنزل یا بیٹا تنزل کے بعد دختر نیوکلیس کو ایک مشتعل حالت میں چھوڑ تے ہیں۔ دختر نیوکلیس، تحتی حالت میں پہنچنے کے لیے کبھی ایک عبور اور کبھی لگاتار عبور کرتا ہے جس میں وہ ایک کرن یا کئی خارج کرتا ہے۔اس طرح کے عمل کی ایک معروف مثال $^{60}_{27}$Co کی ہے۔ بیٹا-اخراج کے ذریعے $^{60}_{27}$Co نیوکلیس $^{60}_{28}$Ni نیوکلیس میں تبدیل ہوتا ہے جو مشتعل حالت میں ہوتا ہے۔اس طرح تشکیل ہوا مشتعل $^{60}_{28}$Ni نیوکیس پھر 1.17MeV اور 1.33MeV کی γ – کرنوں کے ترتیب وار اخراج کے ذریعے اپنی تحتی حالت میں غیر مشتعل ہوتا ہے۔ یہ عمل شکل 13.4 میں ایک توانائی منزل ڈائیگرام کے ذریعے دکھایا گیا ہے۔

13.7 نیوکلیائی توانائی (NUCLEAR ENERGY)

شکل 13.1 میں دیے ہوئے بندش توانائی فی نیوکلیون E_{bn} منحنی میں ایک لمبا ہموار درمیانی علاقہ A = 30 اور A =170 کے درمیان پایا جاتا ہے۔اس علاقے میں بندش توانائی فی نیوکلیون قریب قریب مستقلہ ہے، (8.0MeV)۔ مقابلتاً ہلکے نیوکلیائی علاقے 'A < 30' کے لیے اور مقابلتاً بھاری نیوکلیائی علاقے 'A >170' کے لیے بندش توانائی فی نیوکلیون 8.0 MeV سے کم ہے، جیسا کہ ہم پہلے بھی نوٹ کر چکے ہیں۔ بندش توانائی منحنی کی اس خاصیت کا مطلب ہے کہ درمیانی علاقے '$30 \le A \le 170$' میں مرکزے A < 30 اور A > 170 والے مرکزوں کے مقابلے میں زیادہ سختی سے بندھے ہوتے ہیں۔اس لیے اگر مقابلتاً کم مضبوطی سے بندھے ہوئے نیوکلیون کا مقابلتاً زیادہ مضبوطی سے بندھے ہوئے نیوکلیون میں تحول (Transmutation) کیا جا سکے تو توانائی باہر نکلے گی۔ ایسے دو عمل، جن کا ذکر ہم پہلے ہی کر چکے ہیں، انشقاق اور گداخت ہیں۔

© NCERT not to be republished

توانائی کے عام ماخذوں جیسے کوئلہ یا پٹرولیم، میں توانائی کیمیائی تعامل کے ذریعے خارج ہوتی ہے۔اس لیے شمول توانائیاں الیکٹران وولٹ فی ایٹم کے درجے کی ہوتی ہیں۔جیسا کہ ہم دیکھ چکے ہیں کہ نیوکلیائی عملوں میں شامل توانائیاں اس سے دس لاکھ گنا (MeV فی نیوکلیون کی) زیادہ ہوتی ہیں۔اس کا مطلب ہوا کہ مادہ کی یکساں مقدار کے ساتھ، نیوکلیائی ماخذ، عام ماخذوں کے مقابلے میں دس لاکھ گنا زیادہ توانائی فراہم کریں گے۔کوئلے کے ایک گرام کو جلانے پر توانائی حاصل ہوتی ہے، جبکہ یورینیم کے ایک کلوگرام سے، جو انشقاق (Fission) کے عمل سے گذرتا ہے، اس کے انشقاق کے ذریعے توانائی کے 10^{14} J پیدا ہوں گے۔

13.7.1 انشقاق (Fission)

چیڈوک کے ذریعے نیوٹران دریافت کیے جانے کے بعد جلد ہی ایزکوفرمی (Enrico Fermi) نے یہ معلوم کیا کہ جب مختلف عناصر پر نیوٹرانوں کی بمباری کی جاتی ہے تو نئے تابکار عناصر پیدا ہوتے ہیں۔لیکن جب ایک یورینیم ہدف پر ایک نیوٹران سے بمباری کی گئی تو یورینیم نیوکلیس دو تقریباً مساوی جزوں میں ٹوٹ گیا اور ساتھ ہی توانائی کی بڑی مقدار رہا ہوئی۔ایسے تعامل کی ایک مثال ہے۔

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{236}_{92}U \rightarrow {}^{144}_{56}Ba + {}^{89}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n \qquad (13.26)$$

انشقاق میں ہمیشہ بیریم اور کرپٹون ہی نہیں بنتے ہیں۔ایک مختلف جوڑا بھی پیدا ہوسکتا ہے، مثلاً

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{236}_{92}U \rightarrow {}^{133}_{51}Sb + {}^{99}_{41}Nb + 4\,{}^{1}_{0}n \qquad (13.27)$$

ایک اور مثال ہے۔

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n \qquad (13.28)$$

انشقاق میں پیدا ہوئے اجزا مرکزے بہت نیوٹران۔افزودہ (Neutran rich) ہوتے ہیں اور بہت زیادہ متحکم ہوتے ہیں۔یہ تابکار ہوتے ہیں اور لگاتار بیٹا ذرات خارج کرتے ہیں، یہاں تک کہ ہر ایک جزا ایک متحکم اختتامی ماحصل (end product) تک پہونچ جاتا ہے۔

یورینیم جیسے نیوکلیسوں کے انشقاق تعامل میں رہا ہونے والی توانائی (Q قدر)، 200MeV فی انشقاق پذیر نیوکلیس کے درجہ کی ہوتی ہے۔اس کا تخمینہ مندرجہ ذیل طریقے سے لگایا جاتا ہے۔

ہم ایک نیوکلیس لیتے ہیں جس کا کمیت عدد A = 240 ہے جو دو اجزاء میں ٹوٹتا ہے، ہر جز کا کمیت عدد A = 120 ہے۔تب

A = 240 نیوکلیس کے لیے E_{bn} تقریباً 7.6 MeV ہے۔

A = 120 کے دو نیوکلیسوں کے لیے E_{bn} تقریباً 8.5 MeV ہے۔

نیوکلیون کے لیے بندش توانائی کا حصول تقریباً 0.9 MeV ہے۔

اس لیے بندش توانائی کا کل حصول 240 x 0.9 یا 216 MeV ہے۔

© NCERT not to be republished

انشقاق وقوعات میں تکسیر توانائی (Disintegration energy) پہلے اجزا اور نیوٹرانوں کی حرکی توانائی کی شکل میں ظاہر ہوتی ہے۔ آخرکار یہ آس پاس کے مادہ کو منتقل ہو جاتی ہے اور حرارت کی شکل میں ظاہر ہوتی ہے۔ نیوکلیائی ری ایکٹر، جو بجلی پیدا کرتے ہیں، میں توانائی کا ماخذ نیوکلیائی انشقاق ہے۔ ایک ایٹم بم میں رہا ہونے والی توانائی کی بے کراں مقدار غیر قابو شدہ نیوکلیائی انشقاق سے ہی پیدا ہوتی ہے۔ ہم اگلے حصے میں ایک نیوکلیائی ری ایکٹر کیسے کام کرتا ہے، اس بارے میں کچھ تفصیلات سے بحث کریں گے۔

13.7.2 نیوکلیائی ری ایکٹر (Nuclear reactor)

جب ایک نیوٹران کی بمباری کے ذریعے ایک $^{235}_{92}U$ کا انشقاق ہوتا ہے تو ساتھ ہی ایک زائد الیکٹران بھی رہا ہوتا ہے۔ یہ زائد الیکٹران اب ایک دوسرے $^{235}_{92}U$ نیوکلیس کا انشقاق کرنے کے لیے دستیاب ہو جاتا ہے۔ دراصل اوسطاً 2½ نیوٹران فی یورینیم نیوکلیس انشقاق رہا ہوتے ہیں۔ یہ حقیقت کہ جتنے نیوٹران استعمال ہوتے ہیں اس سے زیادہ انشقاق میں پیدا ہوتے ہیں، ایک زنجیر عمل (chain reactor) کے امکانات میں اضافہ کر دیتی ہے۔ جس میں ہر پیدا ہونے والا نیوٹران ایک دوسرے انشقاق کے عمل کو شروع کر دیتا ہے۔ ایز یکوفرمی نے سب سے پہلے 1933 میں اس طرح کا امکان تجویز کیا۔ زنجیر عمل یا تو غیر قابو شدہ اور بہت تیز رفتار (جیسے نیوکلیائی بم میں) ہو سکتا ہے یا کنٹرول شدہ اور قائم (steady) ہو سکتا ہے (جیسے ایک نیوکلیائی ری ایکٹر میں)۔ پہلے سے تباہی پھیلتی ہے اور دوسرے کو مناسب روک لگا کر برقی پاور پیدا کرنے کے لیے استعمال کیا جا سکتا ہے۔

ہندوستان کا ایٹمی توانائی پروگرام
(INDIA'S ATOMIC ENERGY PROGRAMME)

ہندوستان میں ایٹمی توانائی پروگرام کا آغاز آزادی حاصل ہونے کے بعد ہی ہوئی جے۔ بھابھا (1909-1966) کی سرکردگی میں ہو گیا تھا۔ ایک ابتدائی تاریخی کامیابی اس وقت حاصل ہوئی جب ہندوستان نے اپنا پہلا نیوکلیائی ری ایکٹر (جس کا نام اپسرا رکھا گیا) ڈیزائن کیا اور بنایا جس نے 4/اگست 1956 سے کام کرنا شروع کر دیا۔ اس ری ایکٹر میں افزودہ یورینیم (enriched Uranium) کو بہ طور ایندھن اور پانی کو بہ طور اعتدال کار (ماڈریٹر Moderator) استعمال کیا گیا۔ اس کے بعد دوسرا قابل ذکر اہم امتیازی نشان تھا: 1960 میں CIRUS (کینڈا انڈیا ریسرچ یو۔ایس) ری ایکٹر کی تعمیر۔ 40 MW کے اس ری ایکٹر میں قدرتی یورینیم کو بہ طور ایندھن اور بھاری پانی (Heavy Water) کو بہ طور اعتدال کار استعمال کیا گیا۔ اپسرا اور CIRUS نے نیوکلیائی سائنس کے بہت سے مختلف النوع بنیادی اور اطلاقی علاقوں میں ریسرچ کی حوصلہ افزائی کی۔ اس پروگرام کی پہلی دو دہائیوں میں حاصل ہونے والا ایک اہم امتیاز ٹرامبے میں پہلے پلوٹونیم پلانٹ کا دیسی ڈیزائن تیار کرنا اور اس کی تعمیر تھا۔ جس نے ہندوستان میں ایندھن کی بازعمل کاری (Reprocessing) کی ٹکنولوجی [ایک ری ایکٹر کے استعمال شدہ ایندھن سے کارآمد قابل انشقاق (Fission) اور زرخیز (Fertile) نیوکلیائی مادوں کو علیحدہ کرنا] کا آغاز کیا۔ اس کے بعد جو ریسرچ ری ایکٹر کمیشن کیے گئے ان میں ZERLINA (1,2,3,) DHRUVA, PURNIMA اور KAMINI شامل ہیں۔ KAMINI ملک کا پہلا بڑا ریسرچ ری ایکٹر ہے جس میں U^{233} بہ طور

ایندھن استعمال کیا جاتا ہے۔ جیسا کہ نام سے ظاہر ہے، ایک ریسرچ ری سیکٹر کا بنیادی مقصد پاور پیدا کرنا نہیں ہے بلکہ نیوکلیائی سائنس اور ٹکنولوجی کے مختلف پہلوؤں پر ریسرچ کی سہولیات فراہم کرنا ہے۔ ریسرچ ری ایکٹر، مختلف قسم کے تابکار ہم جا تیار کرنے کے بھی بہترین وسیلے ہیں جن کا استعمال مختلف النوع میدانوں: صنعت، ادویات، زراعت، میں کیا جاتا ہے۔

ہندوستانی ایٹمی توانائی پروگرام کے خاص مقاصد ہیں: ملک کی سماجی اور معاشی ترقی کے لیے محفوظ اور قابل بھروسہ برقی پاور مہیا کرنا اور نیوکلیائی ٹکنولوجی کے تمام پہلوؤں میں خود کفیل ہوسکنا۔ ہندوستان میں ایٹمی معدنیات کی تلاش کاری کے کام نے، جس کا آغاز بیسویں صدی کی پانچویں دہائی کے شروعاتی برسوں میں ہوگیا تھا، یہ نشاندہی کردی ہے کہ ہندوستان میں یورینیم کے محدود ذخیرے ہیں۔ لیکن تھوریم کے ذخیرے اچھے خاصے ہیں۔ اس کے مطابق ہمارے ملک میں نیوکلیائی پاور پیدا کرنے کی تین مرحلوں پر مبنی حکمت عملی اختیار کی گئی ہے۔ پہلے مرحلے میں یورینیم کو بہ طور ایندھن اور اس کے ساتھ بھاری پانی کو بہ طور اعتدال کار استعمال کرنا شامل ہے۔ پھر ری ایکٹروں کے خارج شدہ ایندھن کی بازعمل کاری سے حاصل ہوا پلوٹونیم-239 پھر دوسرے مرحلے میں تیز رفتار تخلیی ری ایکٹر (Breeder reactor) کے لیے بہ طور ایندھن استعمال کیا جاتا ہے۔ ان کا یہ نام اس لیے ہے کہ کیونکہ ان میں زنجیر عمل کو قائم رکھنے کے لیے تیز رفتار نیوٹران استعمال کیے جاتے ہیں (اور اس لیے کسی اعتدال کار کی ضرورت نہیں پیش آتی) اور پاور پیدا کرنے کے علاوہ یہ اس سے زیادہ قابل انشقاق انواع (پلوٹونیم) پیدا کرتے ہیں جتنی وہ استعمال کرتے ہیں۔ تیسرے مرحلے میں جو وسیع مدت کے لیے سب سے زیادہ اہم ہے تیز رفتار تخلیی ری ایکٹروں کو استعمال کرکے تھوریم-232 سے قابل انشقاق یورینیم-223 پیدا کرنا اور اس پر مبنی پاور ری ایکٹر تیار کرنا شامل ہیں۔

ہندوستان اس وقت پروگرام کے دوسرے مرحلے میں کافی حد تک داخل ہو چکا ہے اور تیسرے مرحلے کے لیے بھی قابل لحاظ کام کیا جا چکا ہے۔ یعنی کہ تھوریم کے استعمال کرنے کے مرحلے کے لیے ملک نے معدنیات کی تلاش کاری اور کان کنی (Mining) ایندھن سازی (Fuel Fabrication) بھاری پانی پیدا کرنا، ری ایکٹر ڈیزائن، اس کی تعمیر اور اسے استعمال کرنے، ایندھن کی بازعمل کاری وغیرہ کی پیچیدہ ٹکنولوجی پر عبور حاصل کرلیا ہے۔ داب شدہ بھاری پانی ری ایکٹر [Pressurised Heavy Water Reactors (PHWRs)] ملک کے مختلف مقامات پر تعمیر کیے جاچکے ہیں جو پہلے مرحلے کے بہ خوبی مکمل ہونے کی نشاندہی کرتے ہیں۔ اب ہندوستان بھاری پانی میں پیدا کرنے میں نہ صرف خود کفیل ہے بلکہ اس سے بھی آگے بڑھ چکا ہے۔ ری ایکٹروں کے ڈیزائن اور ان کی عمل کاری کے لیے کیے گئے بہترین حفاظتی انتظامات اور شعاعیاتی تحفظ کے سخت معیاروں کی پابندی ہندوستانی ایٹمی توانائی پروگرام کے امتیاز ہیں۔

لیکن جلد ہی یہ دریافت ہوگیا کہ ایک یورینیم نیوکلیس کے انشقاق میں آزاد ہوئے نیوٹران اتنے توانا (energatic) ہوتے ہیں کہ وہ دوسرے انشقاق تعامل کو شروع کرنے کے بجائے باہر نکل جاتے ہیں۔ یہ بھی معلوم ہوا کہ آہستہ (کم رفتار) نیوٹرانوں میں تیز رفتار نیوٹرانوں کے مقابلے میں $^{235}_{92}U$ میں انشقاق پیدا کرنے کا داخلی امکان کہیں زیادہ ہوتا ہے۔

$^{235}_{92}U$ کے انشقاق میں پیدا ہوئے ایک نیوٹران کی اوسط توانائی 2MeV ہے۔ ان نیوٹرانوں کو جب تک آہستہ رو

نہ کیا جائے یہ یورینیم کے نیوکلیسوں سے باہمی عمل کرنے کے بجائے ری ایکٹر سے باہر نکل جاتے ہیں یا پھر زنجیر عمل کو برقرار رکھنے کے لیے قابل انشقاق مادے کہ بہت زیادہ مقدار استعمال کرنی پڑتی ہے۔ ہمیں یہ کرنا ہوگا کہ ہلکے نیوکلیسوں سے لچک دار تصادم کراکے ان تیز رفتار نیوٹرانوں کو آہستہ رو بنائیں۔ دراصل چاڈوک کے تجربات سے یہ ظاہر ہو گیا تھا کہ ہائیڈروجن سے لچک دار تصادم کرنے کے بعد نیوٹران تقریباً حالت سکون میں آجاتا ہے اور پروٹان کو ساری توانائی مل جاتی ہے۔ یہ وہی صورت حال ہے جو ایک ماربل کے دوسرے متماثل ماربل سے، جو حالت سکون میں ہو، براہ راست (Head-on) ٹکرانے میں ہوتی ہے۔ اس لیے ری ایکٹروں میں قابل انشقاق نیوکلیسوں کے ساتھ ساتھ ہلکے نیوکلیس بھی، جو اعتدال کار کہلاتے ہیں، تیز رفتار نیوٹرانوں کی رفتار کم کرنے کے لیے مہیا کیے جاتے ہیں۔ عام طور سے استعمال ہونے والے اعتدال کار پانی، بھاری پانی (D_2O) اور گریفائٹ ہیں۔ بھابھا اٹامک ریسرچ سینٹر (BARC) ممبئی کے اپسرا ری ایکٹر میں پانی بہ طور اعتدال کار استعمال ہوتا ہے۔ دوسرے ہندوستانی ری ایکٹروں میں جو پاور پیدا کرنے کے لیے استعمال کیے جاتے ہیں اعتدال کار کے بہ طور بھاری پانی استعمال کیا جاتا ہے۔

اعتدال کار کے استعمال کرنے سے یہ ممکن ہو جاتا ہے کہ نیوٹران کی دی ہوئی نسل کے ذریعے پیدا ہوئے انشقاق کی تعداد کی نیوٹرانوں کی اس سے پچھلی نسل کے ذریعے پیدا ہوئے انشقاق کی تعداد سے نسبت K، 1 سے زیادہ ہو جائے۔ یہ نسبت ضرب جز ضربیہ (Multipulication factor) کہلاتا ہے۔ یہ ری ایکٹر میں نیوٹرانوں کی شرح نمو کی پیمائش ہے۔ K =1 کے لیے ری ایکٹر کی عمل کاری (Operation) فاصل (Critical) کہلاتی ہے۔ اور ہم قائم پاور عمل کاری کے لیے یہی چاہتے ہیں۔ اگر K ایک سے زیادہ ہو جائے تو تعامل کی شرح اور ری ایکٹر پاور میں قوت نمائی طور پر اضافہ ہوتا ہے۔ جب تک کہ جز ضربی K کو 1 کے بے حد نزدیک نہ لایا جائے، ری ایکٹر اعلیٰ فاضل (Supercritical) ہو جائے گا اور وہ پھٹ بھی سکتا ہے۔ 1986 میں ارکین (UKrain) میں چیرنو بائل (Chernobyl) ری ایکٹر کا دھماکہ اسی صدمے کی یاد دلاتا ہے کہ ایک نیوکلیائی ری ایکٹر بلائے ناگہانی بھی ہو سکتا ہے۔

تعامل کی شرح کو کنٹرول چھڑوں کے ذریعے کنٹرول کیا جاتا ہے جو نیوٹران جاذب مادے، جیسے کیڈمیم، کی بنی ہوتی ہیں۔ کنٹرول چھڑوں کے علاوہ ری ایکٹروں میں حفاظتی چھڑیں بھی مہیا کی جاتی ہیں جو ضرورت پڑنے پر ری ایکٹر میں داخل کی جاسکتی ہیں اور K کو تیزی سے ایک سے کم کیا جاسکتا ہے۔

بہ کثرت پایا جانے والا $^{238}_{92}U$ ہم جا جس کا انشقاق نہیں ہوتا، ایک نیوٹران مقید کرکے پلوٹونیم بناتا ہے۔ اس میں شامل تعاملات کا سلسلہ ہے۔

$$^{238}_{92}U + n \rightarrow ^{239}_{92}U \rightarrow ^{239}_{93}Np + e^- + \bar{\nu}$$

$$^{239}_{93}Np \rightarrow ^{239}_{94}Pu + e^- + \bar{\nu} \qquad (13.29)$$

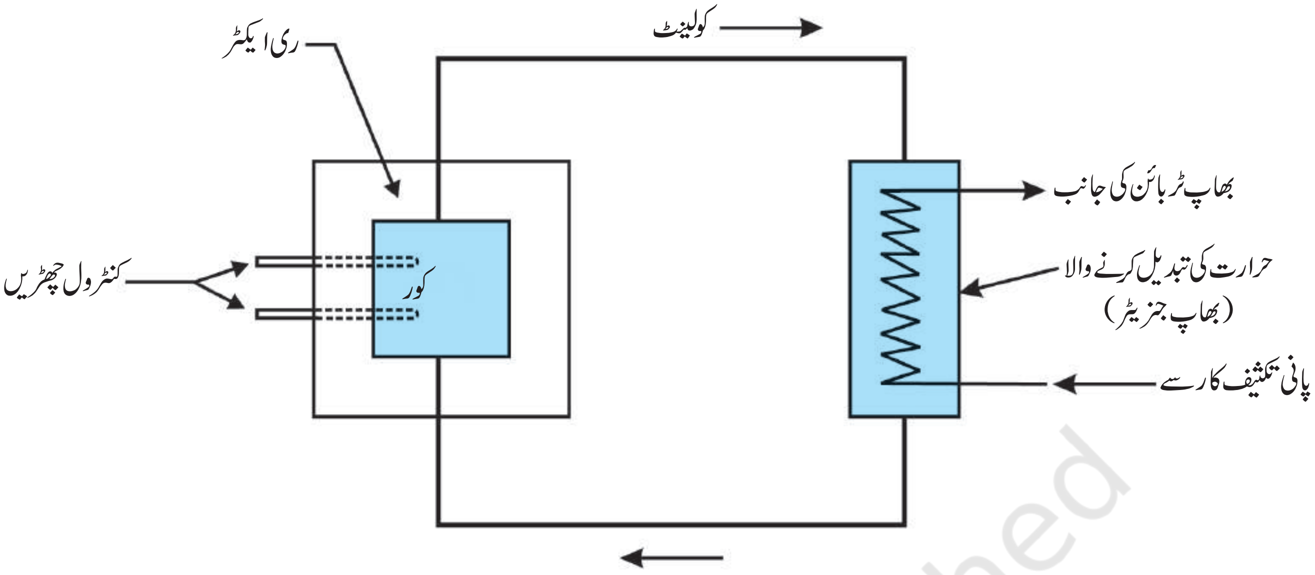
پلوٹونیم بہت زیادہ تابکار ہے اور آہستہ رو نیوٹرانوں کی بمباری کے ذریعے اس کا انشقاق کرایا جاسکتا ہے۔

www.npcil.nic.in/main/allprojectoperationdisplay.aspx

ہندوستان نیوکلیئر پاور پلانٹ

طبیعیات

© NCERT not to be republished



شکل 13.5: تھرمل نیوٹران انشقاق پر مبنی نیوکلیائی ری ایکٹر کے باہری خطوط

داب شدہ۔ پانی ری ایکٹر پر مبنی ایک مخصوص نیوکلیائی پاور پلانٹ کے موٹے موٹے بیرونی خطوط شکل 13.5 میں دکھائے گئے ہیں۔اس قسم کے ری ایکٹر میں پانی کو اعتدال کار اور حرارت منتقلی واسطے، دونوں کے بہ طور، استعمال کیا جاتا ہے۔ابتدائی حلقے میں پانی کو ری ایکٹر برتن میں گھمایا جاتا ہے اور یہ اعلیٰ درجہ حرارت اور دباؤ پر بھاپ جنریٹر کو توانائی منتقل کرتا ہے۔(تقریباً 600k اور 150 atm پر) جو کہ ثانوی حلقے کا حصہ ہے۔ بھاپ جنریٹر میں تبخیر (evaporation) کے ذریعے برقی جنریٹر کو چلانے والی ٹربائن کی عمل کاری کے لیے اعلیٰ داب بھاپ مہیا کی جاتی ہے۔ٹربائن سے نکلنے والی کم داب والی بھاپ کو ٹھنڈا کرکے اس کی پانی میں تکثیف (Condensed) کر لی جاتی ہے اور اسے بھاپ جنریٹر میں واپس بھیج دیا جاتا ہے۔

نیوکلیائی تعاملات میں رہا ہونے والی توانائی، کیمیائی تعاملات میں رہا ہونے والی توانائی سے دس لاکھ گنا زیادہ ہوتی ہے۔اس لیے نیوکلیائی ری ایکٹروں کو درکار ایندھن کی مقدار، اسی پاور گنجائش کے کیمیائی ری ایکٹروں کو درکار ایندھن کی مقدار کے مقابلے میں دس لاکھ گنا کم ہوتی ہے۔ $^{235}_{92}U$ کا ایک کلوگرام مکمل انشقاق کے ذریعے تقریباً 3×10^4 MW پیدا کرتا ہے۔لیکن نیوکلیائی تعاملات میں بہت زیادہ تاب کار عناصر لگاتار پیدا ہوتے رہتے ہیں۔اس لیے ری ایکٹروں کی عمل کاری کی ایک ایسی خاصیت، جس سے بچنا ممکن نہیں ہے، تاب کار فضلے کا اکٹھا ہونا ہے، جس میں انشقاق ماحصل اور ورائے یورینیم، عناصر جیسے پلوٹونیم اور ایمریکیم، دونوں شامل ہیں۔

تاریخی اعتبار سے توانائی کیمیائی تعاملات استعمال کر کے پیدا کی جاتی رہی ہے جیسے کوئلے، لکڑی، گیس اور پٹرولیم ماحصلات کو جلا کر۔ان سے پیدا ہونے والی ماحولیاتی آلودگی سنجیدہ مسائل پیدا کر رہی ہے۔جیسے سبز گھر اثر جو عالمی گرماؤ

(Golobal warming) کی جانب لے جارہا ہے۔ نیوکلیائی پاور اسٹیشن میں درپیش مسئلہ یہ ہے کہ استعمال شدہ ایندھن بہت زیادہ تابکار ہوتا ہے اور کرہ ارض پر پائے جانے والے تمام جانداروں کے لیے نہایت خطرناک ہے۔ اس لیے ری ایکٹر کی عمل کاری اور استعمال شدہ ایندھن کو برتنے اور بازعمل کاری دونوں کے لیے تفصیلی حفاظتی انتظامات درکار ہیں ۔ یہ حفاظتی انتظامات ہندوستانی ایٹمی توانائی پروگرام کی امتیازی خاصیتیں ہیں ۔ تابکار فضلے (radioactive waste) کو مقابلتاً کم تابکار اور کم مدت تک باقی رہنے والے مادے میں تبدیل کرنے کے امکانات کا مطالعہ کرنے کے لیے ایک مناسب منصوبہ تیار کیا جارہا ہے۔

13.7.3 نیوکلیائی گداخت-تاروں میں توانائی کا پیدا ہونا

(Nuclear fusion – energy generation in stars)

شکل 13.1 میں دکھائے گئے بندش توانائی منحنی سے یہ ظاہر ہوتا ہے کہ اگر دو ہلکے نیوکلیانوں کے اجتماع کے ذریعے ایک واحد مقابلتاً بڑا نیوکلیس تشکیل کیا جائے تو توانائی رہا ہوسکتی ہے، ایک عمل جو نیوکلیائی گداخت (Nuclear Fusion) کہلاتا ہے۔ ایسے توانائی آزاد کرنے والے تعاملات کی کچھ مثالیں ہیں۔

$${}_1^1\mathrm{H} + {}_1^1\mathrm{H} \rightarrow {}_1^2\mathrm{H} + {}_e + + \nu + 0.42\ \mathrm{MeV} \qquad [13.29(a)]$$

$${}_1^2\mathrm{H} + {}_1^2\mathrm{H} \rightarrow {}_2^3\mathrm{He} + \mathrm{n} + 3.27\ \mathrm{MeV} \qquad [13.29(b)]$$

$${}_1^2\mathrm{H} + {}_1^2\mathrm{H} \rightarrow {}_1^3\mathrm{H} + {}_1^1\mathrm{H} + 4.03\ \mathrm{MeV} \qquad [13.29(c)]$$

تعامل [13.29(a)] میں دو پروٹان مل کر ایک ڈیوٹران اور ایک پوزی ٹران تشکیل دیتے ہیں اور ساتھ ہی 0.42MeV توانائی رہا ہوتی ہے۔ تعامل [13.29(b)] میں دو ڈیوٹرانوں کے اتحاد کے ذریعے ہیلیم کا ہلکا ہم جا تشکیل پاتا ہے۔ تعامل [13.29(c)] میں دو ڈیوٹران متحد ہوکر ایک ٹرائی ٹان اور ایک پروٹان تشکیل پاتے ہیں۔ ان تمام تعاملات میں ہم پاتے ہیں کہ دو مثبت چارج شدہ ذرات متحد ہوکر ایک مقابلتاً بڑا نیوکلیس تشکیل دیتے ہیں ۔ یہ ضرور دھیان رکھنا چاہیے کہ اس طرح کے عمل میں کولمب دفاع ضرور رکاوٹ پیدا کرے گا۔ کیونکہ کولمب دفاع دو مثبت چارج شدہ ذرات کو ایک دوسرے کے اتنے نزدیک آنے سے روکنے کی کوشش کرتا ہے کہ وہ کشش نیوکلیائی قوتوں کی سعت کے اندر آجائیں اور ان کا گداخت ہوسکے۔ اس کولمب بیریر (کولمب روک Coulomb barrier) کی اونچائی باہم عمل کرنے والے دونوں نیوکلیسوں کے چارج اور ان کے نصف قطر کے تابع ہے۔ یہ بہ آسانی دکھایا جاسکتا ہے کہ دو پروٹانوں کے لیے روک اونچائی ہے: 400 keV~ زیادہ چارج شدہ نیوکلیسوں کے لیے روک اونچائی اور زیادہ ہوگی۔ وہ درجہ حرارت جس پر ایک پروٹان گیس کے پروٹانوں میں اتنی توانائی ہوگی جو کولمب کی روک کو عبور کرنے کے لیے کافی ہو، دیا جاتا ہے۔ اور یہ تقریباً 3×10^9 K ہے۔

توانائی کی کارآمد مقدار پیدا کرنے کیلیے، نیوکلیائی گداخت لازمی طور پر حجمی مادے میں ہونا چاہیے۔ ضرورت اس بات کی ہے کہ مادہ کا درجہ حرارت اس حد تک بڑھایا جائے کہ ذرات میں اتنی توانائی ہو– صرف اپنی حرارتی حرکت کی وجہ سے ہی– کہ وہ کولمب روک کے اندر داخل ہوسکیں۔ یہ عمل حرارتی نیوکلیائی گداخت کہلاتا ہے۔

© NCERT not to be republished

سورج کے قالب کا درجہ حرارت بھی صرف تقریباً 1.5×10^7 K ہے۔ اس لیے سورج میں بھی گداخت کا عمل ہونے کے لیے ضروری ہے کہ اس میں وہ پروٹان شامل ہوں جن کی توانائی اوسط توانائی سے کہیں زیادہ ہو۔

اس لیے حرارتی نیوکلیائی گداخت کے ہو سکنے کے لیے درجہ حرارت اور دباؤ کی سخت شرائط کو پورا کیا جانا ضروری ہے، جو درجہ حرارت اور دباؤ کی قدریں ستاروں (جس میں سورج بھی شامل ہے) کے اندرونی حصوں میں ہی دستیاب ہیں۔ ستاروں میں توانائی حرارتی نیوکلیائی گداخت کے ذریعے ہی پیدا ہوتی ہے۔

سورج میں ہونے والا گداخت تعامل ایک کثیر–قدم عمل ہے، جس میں ہائیڈروجن کے احتراق کے ذریعے ہیلیم بنتا ہے، ہائیڈروجن ایندھن ہوتا ہے اور ہیلیم 'راکھ' (ashes)۔ پروٹان–پروٹان (P,P) دور جس کے ذریعے یہ عمل ہوتا ہے، مندرجہ ذیل مساواتوں کے سیٹ سے ظاہر کیا جاتا ہے:

(i) $\quad {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_1\text{H} + e^+ + \nu + 0.42 \text{ MeV}$

(ii) $\quad e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma + 1.02 \text{ MeV}$

(iii) $\quad {}^2_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + \gamma + 5.49 \text{ MeV}$

(iv) $\quad {}^3_2\text{H} + {}^3_2\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} + 12.86 \text{ MeV}$ (13.30)

چوتھے تعامل کے ہو سکنے کے لیے، پہلے تینوں تعاملات کا دو دو مرتبہ ہونا ضروری ہے، اس صورت میں دو ہلکے ہیلیم مرکزے متحد ہو کر عام ہیلیم یا ہیلیم نیوکلیس تشکیل دیتے ہیں۔ اگر ہم اجتماع (iv)+ (2(iii) + 2(ii) + 2(i لیں، تو مجموعی اثر ہے:

$$4\,{}^1_1\text{H} + 2e^- \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2\nu + 6\gamma + 26.7 \text{ MeV}$$

یا

$$(4\,{}^1_1\text{H} + 4e^-) \rightarrow ({}^4_2\text{He} + 2e^-) + 2\nu + 6\gamma + 26.7 \text{ MeV} \qquad (13.31)$$

اس طرح، چار ہائیڈروجن ایٹم متحد ہو کر ایک ${}^4_2\text{He}$ ایٹم تشکیل دیتے ہیں اور 26.7MeV کی توانائی رہا ہوتی ہے۔

سورج کے قالب میں ہائیڈروجن کا احتراق ایک بڑے پیمانے پر اس لحاظ سے کیمیا (alchemy) ہے کہ ایک عنصر دوسرے عنصر میں تبدیل ہو جاتا ہے۔ یہ عمل تقریباً 5×10^9 y سے جاری ہے اور تخمینات سے یہ ظاہر ہوتا ہے کہ سورج میں اب بھی اتنی ہائیڈروجن باقی ہے جو اس عمل کو تقریباً اتنی ہی مدت تک مستقبل میں جاری رکھنے کے لیے کافی ہوگی۔ لیکن تقریباً 50 کھرب (5 billion) برسوں میں سورج کا قالب، جو اس وقت تک زیادہ تر ہیلیم ہوگا، ٹھنڈا ہونا شروع کر دے گا اور سورج اپنی ہی مادی کشش کے زیر اثر ڈھیر ہو جائے گا۔ اس سے قالب کے درجہ حرارت میں اضافہ ہوگا اور اس کی وجہ سے باہری لفافہ پھیلنا شروع کر دے گا، اور آخر کار سورج ایک ''سرخ دیو'' (red giant) کہی جانے والی شکل میں تبدیل ہو جائے گا۔

© NCERT not to be republished

اگر قالب کا درجہ حرارت بڑھ کر دوبارہ 10^8 K تک پہنچ جاتا ہے تو ایک بار پھر گداخت کے ذریعے توانائی پیدا کی جاسکتی ہے—اب ہیلیم کا کاربن میں احتراق کر کے۔ جیسے جیسے ایک ستارہ کا مزید ارتقا ہوتا ہے اور وہ مزید گرم ہوتا جاتا ہے، دیگر گداخت تعاملوں کے ذریعے دوسرے عناصر تشکیل پاسکتے ہیں۔ لیکن شکل 13.1 میں دکھائے گئے بندش توانائی کے فراز کے نزدیک والے عناصر کی کمیت سے زیادہ کمیت والے عناصر مزید گداخت کے ذریعے نہیں پیدا کیے جاسکتے۔

ستاروں میں توانائی، حرارتی-نیوکلیائی گداخت کے ذریعے پیدا ہوتی ہے۔

نیوکلیائی غارت گری
(NUCLEAR HOLOCAUST)

ایک واحد یورنیم انشقاق میں تقریباً 0.9×235 MeV (≈200 MeV) توانائی آزاد ہوتی ہے۔ اگر تقریباً 50 kg ^{235}U کے ہر نیوکلیس کا انشقاق ہو تو اس عمل میں تقریباً 4×10^{15} J توانائی کی مقدار شامل ہوگی۔ یہ توانائی TNT کے تقریباً 20,000 ٹن کے معادل ہے، جو کہ ایک اعلا دھماکے (super exposion) کے لیے کافی ہے۔ نیوکلیائی توانائی کی بڑی مقدار کے بے قابو طور پر رہا ہونے کو ایٹمی دھماکہ کہتے ہیں۔ 6 اگست 1945 کو پہلی بار جنگ میں ایٹمی آلہ استعمال کیا گیا۔ امریکا نے ہروشیما، جاپان پر ایک ایٹم بم گرایا۔ یہ دھماکہ TNT کے 20,000 ٹن کے معادل تھا۔ اس کے گرتے ہی تاب کار ماحصلات نے شہر کے 10 Sq. Km. کو تباہ کر دیا، جس میں 3,43,000 افراد کی آبادی تھی۔ اس میں 66,000 افراد مارے گئے اور 69,000 زخمی ہوئے، شہر کی تعمیرات میں سے 67% سے زیادہ تباہ ہو گئیں۔

گداخت تعاملات کے لیے اعلیٰ درجہ حرارت کی صورتیں ایک انشقاق بم کے دھماکے کے ذریعے پیدا کی جاسکتی ہیں۔ اعلیٰ دھماکوں کی جانچ جو TNT کے 10 میگاٹنوں کی دھماکہ خیز پاور کے معادل تھے، 1954 میں کی گئی۔ ایسے بم جن میں ہائیڈروجن، ڈیوٹیریم اور ٹرائی ٹیم کا گداخت شامل ہوتا ہے، ہائیڈروجن بم کہلاتے ہیں۔ یہ تخمینہ لگایا گیا ہے کہ اس وقت اتنا نیوکلیائی اسلحہ موجود ہے جو اس سیارے پر پائی جانے والی زندگی کی ہر قسم کو ختم کرنے کے لیے درکار اسلحہ سے کئی گنا زیادہ ہے اور جسے ایک بٹن کو دبا کر استعمال کیا جاسکتا ہے۔ اس طرح کی نیوکلیائی غارت گری نہ صرف یہ کہ اس زندگی کو ختم کر دے گی جو اس وقت موجود ہے بلکہ ہمیشہ کے لیے اس زمین کو اس قابل نہیں رہنے دے گی کہ اس پر کسی قسم کی زندگی پنپ سکے۔ نظری تحسیبات پر مبنی منظرنامے ایک طویل نیوکلیائی سرما (Long Nuclear winter) کی پیش گوئی کرتے ہیں، جب تاب کار فضلہ زمین کے کرہ باد میں بادل کی طرح چھا جائے گا اور سورج کی شعاعوں کو جذب کر لے گا۔

13.7.4 کنٹرول حرارتی-نیوکلیائی گداخت (Controlled thermonuclear fusion)

زمین پر پہلا حرارتی نیوکلیائی تعامل اینی ویٹوٹول (Eniwetok Atoll) میں 1 نومبر 1952 میں ہوا جب امریکہ نے ایک گداخت آلے کا دھماکہ کیا، جس سے TNT کے 10 ملین ٹن کے معادل توانائی پیدا ہوئی (TNT کے ایک ٹن کے پھٹنے سے 2.6×10^{22} MeV کی توانائی رہا ہوتی ہے)۔

© NCERT not to be republished

گداخت پاور حاصل کرنے کے ایک برقرار رکھا جاسکنے والا اور قابل کنٹرول وسیلے کا حصول کافی مشکل ہے۔ دنیا بھر میں کئی ممالک میں (جن میں ہندوستان بھی شامل ہے) اس کی کوششیں ہو رہی ہیں کیونکہ گداختی ری ایکٹر کو مستقبل کا پاور وسیلہ سمجھا جاتا ہے۔

مثال 13.7: مندرجہ ذیل سوالات کے جواب دیجیے:

(a) کیا نیوکلیائی تعاملات کی مساواتیں (جیسے حصہ 13.7 میں دی گئی مساواتیں) اسی طور پر متوازن ہیں جس طور پر ایک کیمیائی مسات (مثلاً $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$) متوازن ہوتی ہے؟ اگر نہیں تو وہ دونوں جانب کسی طور پر متوازن ہیں؟

(b) اگر ہر نیوکلیائی تعامل میں پروٹانوں کی تعداد اور نیوٹرانوں کی تعداد، دونوں کی بقا ہو تو ایک نیوکلیائی تعامل میں کمیت توانائی میں (اور اس کے برعکس بھی) کیسے تبدیل ہوگی؟

(c) ایک عام خیال یہ پایا جاتا ہے کہ کمیت توانائی کی باہمی منتقلی صرف نیوکلیائی تعامل میں ہوتی ہے اور کیمیائی تعامل میں کبھی نہیں ہوتی۔ بالکل درست طور پر کہیں تو یہ درست نہیں ہے۔ وضاحت کیجیے۔

حل

(a) ایک کیمیائی تعامل اس لحاظ سے متوازن ہوتا ہے کہ مساوات کی دونوں جانب ہر عنصر کے ایٹموں کی تعداد یکساں ہوتی ہے۔ ایک کیمیائی تعامل صرف ایٹموں کے آغازی اتحاد کو تبدیل کرتا ہے۔ ایک نیوکلیائی تعامل میں عناصر کا تحول (Transmutation) بھی ہوسکتا ہے۔ اس لیے ایک نیوکلیائی تعامل میں ضروری نہیں ہے کہ ہر عنصر کے ایٹموں کی تعداد کی بقا ہو۔ لیکن ایک نیوکلیائی تعامل میں پروٹانوں کی تعداد اور نیوٹرانوں کی تعداد دونوں کی الگ الگ تعداد کی بقا ہوتی ہے۔ [دراصل یہ بھی بالکل درست طور پر بہت اعلیٰ توانائیوں کے لیے صادق نہیں آتا جس کی بالکل درست طور پر بقا ہوتی ہے وہ ہے کل چارج اور کل بیریان عدد (Baryon Number)۔ یہاں ہم اس معاملے سے مزید بحث نہیں کریں گے] نیوکلیائی تعاملات میں (مثلاً مساوات 13.26) مساوات کے دونوں جانب پروٹانوں کی تعداد اور نیوٹرانوں کی تعداد یکساں ہے۔

(b) ہم جانتے ہیں کہ ایک نیوکلیس کی بندش توانائی نیوکلیس کی کمیت میں ایک منفی حصہ لیتی ہے۔ (کمیت کی) اب کیونکہ ایک نیوکلیائی تعامل میں پروٹان عدد اور نیوٹران عدد کی بقا ہوتی ہے، نیوٹرانوں اور پروٹانوں کی کل سکونی کمیت ایک تعامل کی دونوں جانب یکساں ہوتی ہے۔ لیکن یہ ضروری نہیں ہے کہ بائیں جانب کے نیوکلیسوں کی کل بندش توانائی دائیں جانب کے نیوکلیسوں کی بندش توانائی کے مساوی ہو۔ ان بندش توانائیوں کے درمیان فرق ایک نیوکلیائی تعامل میں رہا ہوئی یا جذب ہوئی توانائی کی شکل میں ظاہر ہوتا ہے۔ کیونکہ بندش توانائی کمیت میں حصہ لیتی ہے ہم کہتے ہیں کہ دونوں طرف نیوکلیسوں کی کل کمیت کا فرق توانائی میں تبدیل ہوتا ہے، یا اس کے برخلاف بھی۔ ان معنوں میں ایک نیوکلیائی تعامل کمیت۔ توانائی باہمی تبدیلی کی مثال ہے۔

مثال 13.7

مثال 13.7

(c) کمیت-توانائی باہمی تبدیلی کے نظریہ سے ایک کیمیائی تعامل اصولی طور پر اور ایک نیوکلیائی تعامل یکساں ہیں۔ ایک کیمیائی تعامل میں رہائی یا جذب ہوئی توانائی تعامل کے دونوں جانب ایٹموں اور مالیکیوں کی کیمیائی (نیو کلیائی ہیں) بندش توانائیوں کے فرق سے جوڑی جاسکتی ہے۔ کیونکہ اگر بالکل درست طور پر کہا جائے تو کیمیائی بندش توانائی کا بھی ایک ایٹم یا ایک مالیکیول کی کمیت میں منفی حصہ ہوتا ہے۔ ہم مساوی طور پر یہ بھی کہہ سکتے ہیں کہ ایک کیمیائی تعامل کے دونوں جانب ایٹموں یا مالیکیولوں کی کل کمیت کا فرق توانائی میں تبدیل ہوتا ہے یا اس کے برخلاف بھی۔ لیکن ایک کیمیائی تعامل میں شامل کمیت کی ایک نیوکلیائی تعامل میں شامل کمیت کمی سے تقریباً دس لاکھ گنا کم ہوتی ہے۔ یہی اس عام خیال کی وجہ ہے (جو درست نہیں ہے) کہ کمیت-توانائی باہمی تبدیلی ایک کیمیائی تعامل میں نہیں ہوتی۔

خلاصہ

1۔ ایک ایٹم میں ایک نیوکلیس ہوتا ہے۔ نیوکلیس مثبت چارج شدہ ہوتا ہے۔ نیوکلیس کا نصف قطر، ایٹم کے نصف قطر سے 10^4 کے جزِ ضربی سے کم ہوتا ہے۔ ایٹم کی تقریباً 99.9% کمیت نیوکلیس میں مرتکز ہوتی ہے۔

2۔ ایٹمی پیمانے پر کمیت کی پیمائش ایٹمی کمیت اکائیوں (u) میں کی جاتی ہے۔ تعریف کے مطابق 1 ایٹمی کمیت اکائی ^{12}C کے ایک ایٹم کی کمیت کا $1/12$ ہوتی ہے: $1u = 1.660563 \times 10^{27}$ kg

3۔ ایک نیوکلیس میں ایک تعدیلی ذرہ ہوتا ہے جو نیوٹران کہلاتا ہے۔ اس کی کمیت پروٹان کی کمیت کے تقریباً مساوی ہوتی ہے۔

4۔ ایٹمی عدد Z ایک عنصر کے ایٹمی نیوکلیس میں پروٹانوں کی تعداد ہے۔ کمیت عدد A ایک ایٹمی نیوکلیس میں پروٹانوں اور نیوٹرانوں کی کل تعداد ہے: $A = Z + N$، یہاں N نیوکلیس میں نیوٹرانوں کی تعداد ظاہر کرتا ہے۔

ایک نیوکلیائی نوع یا نیوکلائیڈ کو $^A_Z X$ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ جہاں x نوع کی کیمیائی علامت ہے۔

وہ نیوکلائیڈ جن کے ایٹمی عدد Z یکساں ہوتے ہیں لیکن نیوٹران عدد N مختلف ہوتے ہیں ہم جا کہلاتے ہیں۔

وہ نیوکلائیڈ جن کے A یکساں ہوتے ہیں ہم بار ہیں اور وہ جن کے N یکساں ہیں ہم صوت ہیں۔

زیادہ تر عناصر دو یا دو سے زیادہ ہم جاؤں کے آمیزے ہوتے ہیں۔ ایک عنصر کی ایٹمی کمیت اس کے ہم جاؤں کی کمیتوں کا وزناتی اوسط ہوتی ہے۔ کمیتیں ہم جاؤں کی نسبتی کثرت ہیں۔

5۔ ایک نیوکلیس کو کروی مانا جاسکتا ہے اور اسے ایک نصف قطر دیا جاسکتا ہے۔ الیکٹران انتشار تجربات کے ذریعے یہ نصف قطر معلوم کیا جاسکتا ہے۔ یہ معلوم ہے کہ نیوکلیسوں کے نصف قطر مندرجہ ذیل فارمولے کو مطمئن کرتے ہیں: $R = R_0 A^{1/3}$

جہاں، R_0 = ایک مستقلہ = 1.2 fm، اس کا مطلب ہے کہ نیوکلیائی کثافت A کے غیر تابع ہے۔ نیوکلیائی کثافت 10^{17} kg / m^3 کے درجے کی ہے۔

© NCERT not to be republished

6۔ نیوٹران اور پروٹان ایک نیوکلیس میں مختصر سعت طاقت ور نیوکلیائی قوت کے ذریعے بندھے ہوتے ہیں۔ نیو کلیائی قوت ایک نیوٹران اور ایک پروٹان کے مابین فرق نہیں کرتی۔

7۔ نیوکلیائی کمیت M اس کے اجزائے ترکیبی کی کل کمیت، Σm، سے ہمیشہ کم ہوتی ہے۔ ایک نیوکلیس کی کمیت اور اس کے اجزائے ترکیبی کی کل کمیت میں فرق کمیت کمی کہلاتی ہے۔

$$\Delta M = (Z\, m_p + (A - Z)m_n) - M$$

آئن اسٹائن کا کمیت توانائی رشتہ استعمال کرتے ہوئے ہم اس کمیت فرق کو توانائی کی شکل میں ظاہر کرتے ہیں

$$\Delta E_b = \Delta M\ c^2$$

توانائی ΔE_b نیوکلیس کی بندش توانائی کو ظاہر کرتی ہے۔ کمیت عدد سعت $A = 30 - 170$ میں بندش توانائی فی نیوکلیون تقریباً مستقلہ ہے۔ تقریباً 8MeV فی نیوکلیون

8۔ نیوکلیائی عملوں سے منسلک توانائی کیمیائی عملوں سے منسلک توانائی سے تقریباً 10 لاکھ گنا زیادہ ہوتی ہے۔

9۔ ایک نیوکلیائی عمل کی Q قدر ہے:

Q = (ابتدائی حرکی توانائی – اختتامی حرکی توانائی)

کمیت۔ توانائی کی بقا کی وجہ سے

Q = (اختتامی کمیتوں کا حاصل جمع – ابتدائی کمیتوں کا حاصل جمع) c^2

10۔ تاب کاری وہ مظہر ہے جس میں ایک دی ہوئی نوع کے مرکزے α یا β یا γ کرنیں خارج کرکے دوسری نوع کے مرکزوں میں تبدیل ہوتے ہیں۔ α۔ کرنیں ہیلیم کے مرکزے ہیں۔ β۔ کرنیں الیکٹران ہیں۔ γ۔ کرنیں ایسی برقی مقناطیس شعاعیں ہیں جن کا طول لہر x کرنوں کے طول لہر سے کم ہوتا ہے۔

11۔ تاب کار تنزل کا قانون: $N(t) = N(0)\ e^{-\lambda t}$

جہاں λ تنزل مستقلہ یا تکسیر مستقلہ ہے۔

ایک ریڈیو نیوکلیائڈ کی نصف زندگی $T_{1/2}$ وہ مدت ہے جس میں N اپنی آغازی قدر کا نصف ہو جاتا ہے۔

اوسط–زندگی τ وہ مدت ہے جس میں N اپنی آغازی قدر کا e^{-1} ہو جاتا ہے۔

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2$$

12۔ جب مقابلتاً کم مضبوطی سے بندھے ہوئے نیوکلیسوں کی مقابلتاً زیادہ مضبوطی سے بندھے ہوئے نیوکلیسوں میں

© NCERT not to be republished

تحویل ہوتی ہے تو توانائی رہا ہوتی ہے۔ انشقاق میں $^{235}_{92}U$ جیسا ایک بھاری نیوکلیس دو مقابلتاً چھوٹے اجزاء میں ٹوٹتا ہے۔ مثلاً: $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{133}_{51}Sb + ^{99}_{41}Nb + 4\,^{1}_{0}n$

13۔ یہ حقیقت کہ ایک انشقاق میں اس سے زیادہ نیوٹران پیدا ہوتے ہیں جتنے استعمال ہوتے ہیں زنجیر-تعامل کا امکان پیدا کرتی ہے، جس میں ہر پیدا ہونے والا نیوٹران دوسرا انشقاق کر سکتا ہے۔ زنجیر تعامل ایک نیوکلیائی بم دھماکے میں غیر قابو شدہ اور بہت تیزی سے ہوتا ہے۔ ایک ری ایکٹر میں نیوٹران ضرب جز ضربی K کی قدر 1 پر برقرار رکھی جاتی ہے۔

14۔ گداخت میں مقابلتاً ہلکے مرکزے متحد ہو کر ایک مقابلتاً بڑا نیوکلیس تشکیل دیتے ہیں۔ ہائیڈروجن نیوکلیسوں کا ہیلیم نیوکلیسوں میں گداخت، تمام ستاروں کا بہ شمول سورج، توانائی کا وسیلہ ہے۔

طبعی مقدار	علامت	ابعاد	اکائیاں	ریمارکس
ایٹمی کمیت اکائی		[M]	u	ایٹمی یا نیوکلیائی کمیتوں کو ظاہر کرنے کے لیے کمیت کی اکائی۔ ایک ایٹمی کمیت اکائی ^{12}C کی کمیت کے 1/12 کے مساوی ہے۔
تکسیر یا تنزل مستقلہ	λ	$[T^{-1}]$	s^{-1}	
نصف زندگی	$T_{1/2}$	[T]	S	ایک تابکار نمونے میں پائے جانے والے نیوکلیسوں کی آغازی تعداد کی نصف تعداد کے تنزل میں لگنے والا وقت
اوسط زندگی	τ	[T]	s	مدت جس میں نیوکلیسوں کی تعداد ان کی آغازی تعداد کا e^{-1} ہو جاتی ہے۔
ایک تابکار نمونے کی فعالیت	R	$[T^{-1}]$	Bq	ایک تابکار وسیلے کی فعالیت کا ناپ

قابل غور نکات

1۔ نیوکلیائی مادے کی کثافت نیوکلیس کے سائز کے غیر تابع ہے۔ ایٹم کی کمیت کثافت اس قاعدے کی پابندی نہیں کرتی۔

2۔ الیکٹران انتشار کے ذریعے نیوکلیس کے نصف قطر کی معلوم کی گئی قدر، α-ذرہ انتشار کے ذریعے معلوم کی گئی قدر سے مختلف ہوتی ہے۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ الیکٹران انتشار، نیوکلیس کی چارج تقسیم کو محسوس کرتا ہے۔ جبکہ الفا اور اس جیسے دوسرے ذرات نیوکلیائی مادے کو محسوس کرتے ہیں۔

3۔ جب آئن اسٹائن نے کمیت۔ توانائی کی معدلیت $E = mc^2$ ثابت کر دی تو ہم کمیت کی بقا اور توانائی کی بقا کے علیحدہ علیحدہ قوانین کی بات اب نہیں کر سکتے بلکہ اب ہمیں متحدہ قانون، کمیت اور توانائی کی بقا، کی بات کرنا ہوگی۔

© NCERT not to be republished

اس بات کا سب سے زیادہ قابل قبول ثبوت کہ یہ اصول قدرت میں لاگو ہوتا ہے، نیوکلیائی طبعیات میں ملتا ہے۔ یہ نیوکلیائی توانائی کی تفہیم اور پاور کے وسیلے کے طور پر نیوکلیائی توانائی کو قابل استعمال بنانے میں مرکزی کردار ادا کرتا ہے۔ اس اصول کو استعمال کرتے ہوئے ایک نیوکلیائی عمل (تنزل یا تعامل) کی Q بھی آغازی اور اختتامی کمیتوں کی شکل میں ظاہر کی جاسکتی ہے۔

4۔ بندش توانائی فی نیوکلیوں منحنی کی طبع ظاہر کرتی ہے کہ حرارت زا (exothermic) نیوکلیائی تعاملات اس صورت میں ممکن ہیں جب دو ہلکے مرکز سے گداخت کرتے ہیں یا جب ایک بھاری نیوکلیس کا درمیان کمیتوں کے نیوکلیسوں میں انشقاق ہوتا ہے۔

5۔ گداخت کے لیے ہلکے مرکزوں میں کولمب مضمر روک کو عبور کرنے کے لیے درکار توانائی ہونا لازمی ہے۔ اسی لیے گداخت کے لیے بہت اعلیٰ درجاتِ حرارت چاہیے ہوتے ہیں۔

6۔ حالانکہ بندش توانائی (فی نیوکلیوں) منحنی ہموار ہوتا ہے اور آہستگی سے تبدیل ہوتا ہے، یہ ^{4}He، ^{16}O وغیرہ جیسے نیوکلیائڈوں کے لیے فراز ظاہر کرتا ہے۔ اسے نیوکلیسوں میں ایٹم جیسی شیل ساخت کا ثبوت مانا جاتا ہے۔

7۔ الیکٹران اور پوزی ٹران، ذرہ۔ضد ذرہ جوڑا ہے۔ یہ کمیت کے لحاظ سے متماثل ہیں، ان کے چارج کی عددی قدریں مساوی ہیں لیکن نوع مخالف ہے۔ (یہ دیکھا گیا ہے کہ جب ایک الیکٹران اور ایک پوزی ٹران ایک دوسرے کے قریب آتے ہیں تو وہ ایک دوسرے کو فنا کردیتے ہیں اور r- کرن فوٹانوں کی شکل میں توانائی مہیا کرتے ہیں)۔

8۔ ایک تنزل میں (الیکٹران اخراج) الیکٹران کے ساتھ خارج ہونے والا ذرہ اینٹی نیوٹرینو $(\bar{\nu})$ ہے دوسری طرف β^{+} تنزل میں (پوزی ٹران اخراج) خارج ہونے والا ذرہ نیوٹرینو (ν) ہے۔ نیوٹرینوانیٹی پروٹان کیا ہوگا جو پروٹان کا ضد ذرہ ہے۔ اور اینٹی نیوٹرینو بھی ذرہ۔ضد ذرہ جوڑا ہیں۔ ہر ذرہ سے منسلک ضد ذرات ہوتے ہیں۔

9۔ ایک آزاد نیوٹران غیر مستحکم ہے $(n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu})$۔ لیکن یکساں آزاد پروٹان تنزل ممکن نہیں ہے، کیونکہ ایک پروٹان ایک نیوٹران سے (ذرا سا) ہلکا ہوتا ہے۔

10۔ گاما اخراج عام طور سے الفا یا بیٹا اخراج کے بعد ہوتا ہے۔ ایک نیوکلیس ایک مشتعل حالت (اعلیٰ حالت) سے مقابلتاً نچلی حالت میں ایک گاما فوٹان خارج کرکے پہنچتا ہے۔ ایک الفا یا بیٹا اخراج کے بعد ایک نیوکلیس مشتعل حالت میں ہوسکتا ہے۔ اسی نیوکلیس سے اس کے بعد ایک کرکے ہونے والے گاما کرنوں کے اخراج (جیسے ^{60}Ni میں، شکل 13.4) اس بات کا واضح ثبوت ہے کہ نیوکلیسوں میں بھی ایٹموں کی طرح مجرد توانائی منازل ہوتی ہیں۔

11۔ تاب کاری نیوکلیسوں کے غیر استحکام کی علامت ہے۔ استحکام کے لیے نیوٹران۔پروٹان نسبت 1 کے قریب ہونا چاہیے۔ بھاری نیوکلیسوں کے لیے یہ نسبت بڑھ کر 3:2 ہوجاتی ہے۔ (پروٹانوں کے درمیان دفع کے اثر پر قابو پانے کے لیے زیادہ نیوٹران درکار ہوتے ہیں۔) وہ مرکزے جو استحکام نسبت سے دور ہیں، یعنی کہ جن

© NCERT not to be republished

میں نیوٹرانوں یا پروٹرانوں کی زیادتی پائی جاتی ہے، غیر متحکم ہوتے ہیں۔ دراصل معلوم ہم جاؤں میں سے (تمام عناصر کے) صرف تقریباً 10% ہی متحکم ہیں۔ دیگر یا تو تجربہ گاہ میں α، p، d، n یا دوسرے ذات کی متحکم نیوکلیائی انواع کے ہدف پر بمباری کر کے مصنوعی طور پر پیدا کیے گئے ہیں یا کائنات میں مادے کے فلکیاتی مشاہدے میں ان کی شناخت کی گئی ہے۔

مشق

آپ مندرجہ ذیل آنکڑوں کو مشقی سوالات حل کرنے میں کارآمد پائیں گے۔

$e = 1.6\times10^{-19}$C   N = 6.023×10^{23} per mole

$1/(4\pi\varepsilon_0) = 9\times10^9$ N m^2/C^2 k = 1.381×10^{-23}J $^0K^{-1}$

1 MeV = 1.6×10^{-13}J   1 u = 931.5 MeV/c^2

1 year = 3.154×10^7 s

m_H = 1.007825 u m_n = 1.008665 u

m($^4_2$He) = 4.002603 u m_e = 0.00548 u

13.1 (a) لیتھیم کے دو متحکم ہم جاؤں $^6_3$Li اور $^7_3$Li کے پائے جانے کی کثرتیں، بالترتیب 7.5% اور 92.5% ہیں۔ ان ہم جاؤں کی کمیتیں، بالترتیب 6.01512u اور 7.01600u ہیں۔ لیتھیم کی ایٹمی کمیت معلوم کیجیے۔

(b) بورون کے دو متحکم ہم جا $^{10}_5$B اور $^{11}_5$B ہیں۔ ان کی بالترتیب کمیتیں 10.01294u اور 11.00931u ہیں، اور بورون کی ایٹمی کمیت 10.811 u ہے۔ $^{10}_5$B اور $^{11}_5$B کی کثرتیں معلوم کیجیے۔

13.2 نیون کے تین متحکم ہم جاؤں: $^{20}_{10}$Nc، $^{21}_{10}$Nc اور $^{22}_{10}$Nc کی بالترتیب کثرتیں 90.51%، 0.27% اور 9.22% ہیں۔ تینوں ہم جاؤں کی ایٹمی کمیتیں، بالترتیب 19.99u، 20.99u اور 21.99u ہیں۔ نیون کی اوسط ایٹمی کمیت حاصل کیجیے۔

13.3 ایک نائٹروجن نیوکلیس ($^{14}_7$N) کی بندش توانائی (MeV میں) حاصل کیجیے۔ دیا ہے:

$m(^{14}_7\text{N}) = 14.00307$u

13.4 مندرجہ ذیل آنکڑوں کی مدد سے نیوکلیس $^{56}_{26}$Fe اور $^{209}_{83}$Bi کی MeV اکائیوں میں، بندش توانائی حاصل کیجیے۔

m ($^{56}_{26}$Fc) = 55.934939 u ، m ($^{209}_{83}$Bi) = 208.980388 u

13.5 ایک دیے ہوئے سکے کی کمیت 3.0 g ہے۔ اس نیوکلیائی توانائی کا حساب لگایئے جو تمام نیوٹرانوں اور پروٹانوں کو ایک دوسرے سے علیحدہ کرنے کے لیے درکار ہوگی۔ آسانی کے لیے مان لیجیے کہ پورا سکہ صرف $^{63}_{29}$Cu ایٹموں کا بنا ہوا ہے۔ ($^{63}_{29}$Cu کی کمیت 62.92960 u ہے)۔

© NCERT not to be republished

13.6 مندرجہ ذیل کے لیے نیوکلیائی تعامل لکھیے۔

(i) $^{226}_{88}Ra$ کا α- تنزل (ii) $^{242}_{94}Pu$ کا α- تنزل

(iii) $^{32}_{15}P$ کا β^- تنزل (iv) $^{210}_{83}Bi$ کا β^- تنزل

(v) $^{11}_{6}C$ کا β^+ تنزل (vi) $^{97}_{43}Tc$ کا β^+ تنزل

(vii) $^{120}_{54}Xe$ کی الیکٹران گرفت

13.7 ایک تابکار ہم جا کی نصف زندگی T برس ہے، کتنا عرصہ لگے گا۔ اس کی فعالیت کو ہونے میں:
(a) اس کی شروعاتی قدر کا 3.125% (b) اس کی شروعاتی قدر کا 1%

13.8 ایسے جاندار مادے جن میں کاربن شامل ہوتا ہے، ان کی عام فعالیت تقریباً 15 تنزل فی منٹ، کاربن کے ہر گرام کے لیے معلوم کی گئی ہے۔ یہ فعالیت مستحکم کاربن ہم جا $^{12}_{6}C$ کے ساتھ تابکار $^{14}_{6}C$ کی خفیف نسبت کی موجودگی کی وجہ سے ہوتی ہے۔ جب وہ جاندار زندہ نہیں رہتا تو فضا سے اس کا باہم عمل رک جاتا ہے (جو مندرجہ بالا توازن سرگرمی برقرار رکھتا ہے) اور اس کی فعالیت کم ہونا شروع ہو جاتی ہے۔ $^{14}_{6}C$ کی معلوم نصف زندگی (5730 برس) اور ناپی گئی فعالیت سے نمونے کی عمر کا تقریبی تخمینہ لگایا جا سکتا ہے۔ یہ (Dating) کا اصول ہے جو علم آثار قدیمہ (Archaeology) میں استعمال ہوتا ہے۔ فرض کیجیے مہنجو دڑو سے حاصل کیے گئے ایک نمونے کی فعالیت 9 تنزل فی منٹ فی گرام کاربن ہے۔ اندس گھاٹی تہذیب کی تقریبی عمر کا تخمینہ لگائیے۔

13.9 8.0 mCi طاقت کا ایک تابکار وسیلہ مہیا کرنے کے لیے درکار $^{60}_{27}Co$ کی مقدار معلوم کیجیے۔ $^{60}_{27}Co$ کی نصف زندگی 5.3 برس ہے۔

13.10 $^{90}_{38}Sr$ کی نصف زندگی 28 برس ہے۔ اس ہم جا کے 15 mg کی تکسیر شرح کیا ہے۔

13.11 سونے کے ہم جا $^{197}_{79}Au$ کے نیوکلیائی نصف قطر کی نسبت، چاندی کے ہم جا $^{107}_{47}Ag$ کے نیوکلیائی نصف قطر سے معلوم کیجیے۔

13.12 مندرجہ ذیل کے α- تنزل میں خارج ہوئے α- ذرہ کی Q- قدر اور حرکی توانائی معلوم کیجیے۔ (a) $^{226}_{88}Ra$ اور (b) $^{220}_{86}Rn$

دیا ہے: $m(^{226}_{88}Ra) = 226.02540$ u $m(^{222}_{86}Rn) = 222.01750$ u

$m(^{222}_{86}Rn) = 220.01137$ u $m(^{216}_{84}Po) = 216.00189$ u

13.13 ریڈیو نیوکلیائڈ ^{11}C تنزل کرتا ہے: $^{11}_{6}C \rightarrow ^{11}_{5}B + e^+ + \nu$ ، $T_{1/2}$=20.3 min

خارج ہوئے پوزی ٹران کی اعظم توانائی 0.960MeV ہے۔ مندرجہ ذیل کمیتیں دی ہوئی ہیں:

© NCERT not to be republished

$m(^{11}_{6}C) = 11.011434\ u$ اور $m(^{11}_{6}B) = 11.009305\ u$ ، Q کا حساب لگائیے اور خارج ہوئے پوزی ٹران کی اعظم توانائی سے اس کا مقابلہ کیجیے۔

13.14 نیوکلیس $^{23}_{10}Ne$ کا تنزل β^- اخراج کے ذریعے ہوتا ہے۔ β^- تنزل مساوات لکھیے اور خارج ہوئے الیکٹران کی اعظم توانائی معلوم کیجیے۔ دیا ہوا ہے:

$$m(^{23}_{10}Ne) = 22.994466\ u$$

$$m(^{23}_{11}Na) = 22.089770\ u$$

13.15 ایک نیوکلیائی تعامل $A + b \rightarrow C + d$ کی Q-قدر کی تعریف کی جاتی ہے: $Q = [m_A + m_b - m_C - m_d]c^2$ جہاں کمیتیں حسب ترتیب نیوکلیسوں کی ہیں۔ دیے ہوئے آنکڑوں سے مندرجہ ذیل تعاملات کی Q-قدر معلوم کیجیے اور بتائیے کہ تعامل حرارت زا ہے یا حرارت خور۔

(i) $^{1}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H$

(ii) $^{12}_{6}C + ^{12}_{6}C \rightarrow ^{20}_{10}Ne + ^{4}_{2}He$

ایٹمی کمیتیں دی ہوئی ہیں:

$$m(^{2}_{1}H) = 2.014102\ u$$

$$m(^{3}_{1}H) = 3.016049\ u$$

$$m(^{12}_{6}C) = 12.000000\ u$$

$$m(^{20}_{10}Ne) = 19.992439\ u$$

13.16 فرض کیجیے کہ ہم $^{56}_{26}Fe$ نیوکلیس کے دو مساوی جزوں $^{28}_{13}Al$ میں انشقاق کے بارے میں سوچتے ہیں۔ انشقاق توانائی کے لحاظ سے ممکن ہے؟ عمل کی Q معلوم کر کے دلیل پیش کیجیے۔ دیا ہے:

$m(^{28}_{13}Al) = 27.98191\ u$ اور $m(^{56}_{26}Fe) = 55.93494\ u$

13.17 $^{239}_{94}Pu$ کی انشقاق خاصیتیں، $^{235}_{92}U$ کی انشقاق خاصیتوں سے بہت ملتی جلتی ہیں۔ فی انشقاق رہا ہونے والی اوسط توانائی 180 MeV ہے۔ اگر خالص $^{239}_{94}Pu$ کے 1 کلوگرام کے تمام ایٹموں کا انشقاق ہوتا ہے تو MeV میں کتنی توانائی رہا ہوگی؟

13.18 ایک 1000MW انشقاق ری ایکٹر اپنے ایندھن کا نصف 5.00 y میں استعمال کرتا ہے۔ تو آغاز میں اس میں کتنا $^{235}_{92}U$ تھا؟ فرض کیجیے کہ ری ایکٹر 80% وقت چلتا رہتا ہے اور پیدا ہوئی ساری توانائی $^{235}_{92}U$ کے انشقاق سے حاصل ہوتی ہے اور اس نیوکلیائڈ کا استعمال صرف انشقاق میں ہوتا ہے۔

13.19 2.0 kg ڈیوٹیریم کے گداخت کے ذریعے 100W کے لمپ کو کتنی دیر روشن رکھا جا سکتا ہے؟ گداخت تعامل ہے:

$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + n + 3.27\ MeV$$

© NCERT not to be republished

13.20 دو ڈیوٹرانوں کی آمنے سامنے کی سیدھی ٹکر (Head on Collision) کے لیے مضمر روک کی اونچائی معلوم کیجیے۔ اشارہ: مضمر روک کی اونچائی، دو ڈیوٹرانوں کے درمیان کولمب دفاع سے دی جاتی ہے، جب وہ ایک دوسرے سے بس تماس میں ہوں۔ مان لیجیے کہ انھیں 2.0 fm نصف قطر کے سخت کرے سمجھا جا سکتا ہے)

13.21 رشتے $R = R_0A^{1/3}$ سے، جس میں R_0 ایک مستقلہ ہے اور A ایک نیوکلیس کا کمیت عدد ہے، دکھائیے کہ

نیوکلیائی مادے کی کثافت تقریباً مستقلہ ہے (یعنی کہ A کے غیر تابع ہے)

13.22 ایک نیوکلیس سے β^+ (پوزی ٹران) اخراج کے مقابلے کا ایک دوسرا عمل بھی ہے جو الیکٹران گرفت (electron capture) کہلاتا ہے۔[ایک اندرونی مدار، جیسے k- شیل، سے نیوکلیس ایک الیکٹران کی گرفت کر لیتا ہے۔ اور ایک نیوٹرینو خارج ہوتا ہے۔]

$$e^+ + {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + \nu$$

دکھائیے کہ اگر β^{++} اخراج توانائی کے لحاظ سے ہونا ممکن ہے تو الیکٹران گرفت بھی یقینی طور پر ممکن ہے۔ لیکن اس کے برخلاف نہیں۔

مزید مشق

13.23 ایک دوری جدول میں میگنیشیم کی اوسط ایٹمی کمیت 24.312u دی ہوئی ہے۔ اوسط قدر اس کے ہم جاؤں کی زمین پر قدرتی طور پر پائے جانے والے نسبتی کثرت پر مبنی ہے۔ میگنیشیم کے تین ہم جا اور ان کی کمیتیں ہیں:
${}^{24}_{12}Mg$ (23.98504u)، ${}^{25}_{12}Mg$ (24.98584u) اور

کی قدرتی کثرت، کمیت کے لحاظ سے 78.99% ہے۔ باقی دونوں ہم جاؤں کی کثرت معلوم کیجیے۔

13.24 نیوٹران علیحدگی توانائی کی تعریف اس طرح کی جاتی ہے کہ یہ نیوکلیس میں ایک نیوٹران باہر نکالنے کے لیے درکار توانائی ہے۔ مندرجہ ذیل آنکڑوں کی مدد سے نیوکلیس ${}^{41}_{20}Ca$ اور ${}^{27}_{13}Al$ کی نیوٹران علیحدگی توانائی معلوم کیجیے:

$$m({}^{40}_{20}Ca) = 39.962591\ u$$

$$m({}^{41}_{20}Ca) = 40.962278\ u$$

$$m({}^{26}_{13}Al) = 25.986895\ u$$

$$m({}^{27}_{13}Al) = 26.981541\ u$$

13.25 ایک وسیلے میں دو فاسفورس ریڈیو نیوکلیائڈ ہیں: ${}^{32}_{15}P$ ($T_{1/2}$ = 14.3d) اور ${}^{33}_{15}P$ ($T_{1/2}$ = 25.3d)
آغاز میں 10% تنزل ${}^{33}_{15}P$ سے ہوتے ہیں۔ کتنی دیر بعد ایسا ہوگا کہ 90% تنزل ہونے لگیں؟

© NCERT not to be republished

13.26 کچھ خاص حالات میں ایک نیوکلیس α–ذرہ سے زیادہ کمیت کا ذرہ خارج کر کے تنزل پذیر ہوسکتا ہے۔ مندرجہ ذیل تنزل عملوں کو دیکھیے۔

$$^{223}_{88}Ra \rightarrow ^{209}_{82}Pb + ^{14}_{6}C$$

$$^{223}_{88}Ra \rightarrow ^{219}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$$

ان تنزلوں کے لیے Q قدر تحسیب کیجیے اور معلوم کیجیے کہ دونوں توانائی کے لحاظ سے ممکن ہیں۔

13.27 $^{238}_{92}U$ کا تیز رفتار نیوٹرانوں کے ذریعے انشقاق لیجیے۔ ایک انشقاق وقوعہ میں کوئی نیوٹران نہیں خارج ہوا اور اختتامی آخری ماحصل ابتدائی اجزاء کے β تنزل کے بعد $^{140}_{58}Ce$ اور $^{99}_{44}Ru$ ہیں۔ اس انشقاق عمل کے لیے Q تحسیب کیجیے۔ متعلق ایٹمی اور ذراتی کمیتیں ہیں۔

$$m(^{238}_{92}U) = 238.05079\ u$$

$$m(^{140}_{58}Ce) = 139.90543\ u$$

$$m(^{99}_{44}Ru) = 98.90594\ u$$

13.28 D-T تعامل (ڈیوٹیریم۔ٹرائی ٹیم گداخت) لیجیے۔

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + n$$

(a) مندرجہ ذیل آنکڑوں کی مدد سے اس تعامل میں رہا ہوئی توانائی، MeV میں معلوم کیجیے۔

$$m(^{2}_{1}H) = 2.014102\ u$$

$$m(^{3}_{1}H) = 3.016049\ u$$

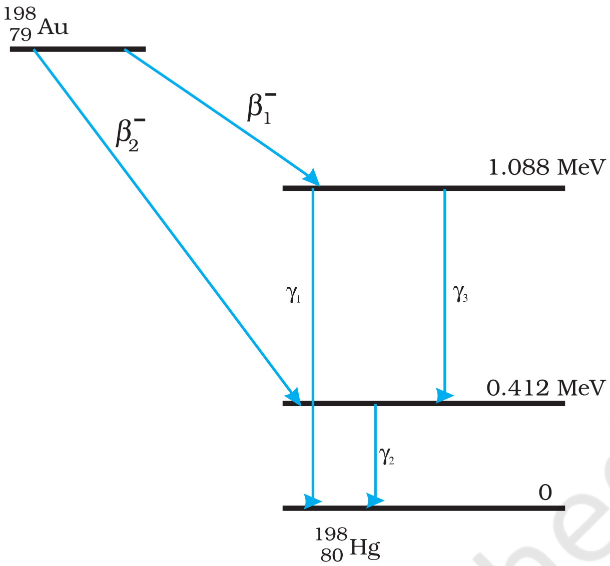
(b) ڈیوٹیریم اور ٹرائی ٹیم دونوں کا نصف قطر تقریباً 2.0 fm لیجیے۔ دونوں نیوکلیسوں کے درمیان کولمب دفع پر قابو پانے کے لیے کتنی حرکی توانائی درکار ہوگی؟ تعامل شروع کرنے کے لیے گیس کو کس درجہ حرارت تک گرم کرنا ضروری ہے [اشارہ: ایک گداخت وقوعہ کے لیے درکار حرکی توانائی = باہمی عمل کرتے ہوئے ذرات کو دستیاب اوسط حرارتی حرکی توانائی = $2(3kT/2)$، جہاں k، بولٹز مین کا مستقلہ ہے اور T مطلق درجہ حرارت ہے۔]

13.29 شکل 13.6 میں دکھائے گئے تنزل خاکے میں β ذرات کی اعظم حرکی توانائی اور γ تنزلوں کے اشعاع تعدد معلوم کیجیے۔ دیا ہوا ہے:

$$m(^{198}Au) = 197.968233\ u$$

$$m(^{198}Hg) = 197.966760\ u$$

© NCERT not to be republished



شکل 13.6

13.30 مندرجہ کے ذریعے رہا ہوئی توانائی کا حساب لگائیے اور مقابلہ کیجیے: (a) سورج کے بہت اندرونی حصے میں ہائیڈروجن کے 1.0 kg کا گداخت (b) ایک گداخت ری ایکٹر میں ^{235}U کے 1.0 kg کا گداخت

13.31 فرض کیجیے کہ ہندوستان کا نشانہ ہے کہ وہ 2020 عیسوی تک 200,000MW برقی پاور پیدا کر سکے، جس میں سے 10% نیوکلیائی پاور پلانٹوں سے حاصل کی جا سکے۔ فرض کیجیے ہمیں دیا ہوا ہے کہ ایک ری ایکٹر میں پیدا ہوئی حرارتی توانائی کے استعمال کی استعداد (برقی توانائی میں تبدیلی) 25% ہے۔ 2020 تک ہمارے ملک کو قابل انشقاق یورینیم کی کتنی مقدار فی برس درکار ہوگی؟ ^{235}U کی حرارتی توانائی فی انشقاق تقریباً 200 MeV لیجیے۔

© NCERT not to be republished