BSPH601DST

جدید طبیعیات کے عناصر

(Elements of Modern Physics)

حصہ اول۔ تھیوری(Part I-Theory)

حصہ دوم۔لَیب مینول(Part II- Lab Manual)(Separate)

بیچلر آف سائنس(بی۔ایس سی۔)

(چھٹا سمسٹر)

نظامت فاصلاتی تعلیم

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

حیدرآباد-32، تلنگانہ-انڈیا

© Maulana Azad National Urdu University, Hyderabad

Course- Elements of Modern Physics

ISBN: 978-81-972234-8-8

First Edition: May, 2024

Publisher	:	Registrar, Maulana Azad National Urdu University, Hyderabad
Publication	:	2024
Copies	:	500
Price	:	330/-(Theory),
		95/-(Lab manual), (The price of the book is included in admission fees of distance mode students)
Copy Editing	:	Zia Ur Rahman, DDE,MANUU
Cover Designing	:	Dr. Mohd. Akmal Khan, DDE, MANUU
Printer	:	Print Time & Business Enterprises, Hyderabad

Elements of Modern Physics

For

Bachelor of Science (B.Sc.)

6th Semester

On behalf of the Registrar, Published by:

Directorate of Distance Education

Maulana Azad National Urdu University

Gachibowli, Hyderabad-500032 (TS), India

*Director:*dir.dde@manuu.edu.in*Publication:*ddepublication@manuu.edu.in

Website: manuu.edu.in Phone number: 040-23008314

© All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronically or mechanically, including photocopying, recording or any information storage or retrieval system, without prior permission from the publisher (registrar@manuu.edu.in)

Editor

Prof. H.Aleem Basha (Programme Coordinator)
Professor (Physics)
School of Sciences, MANUU, Hyderabad

ایڈیٹر

پروفیسر ایچ۔ علیم باشا(پروگرام کوآرڈی نیٹر)
پروفیسر (طبیعیات)
اسکول برائے سائنسی علوم، مانو، حیدرآباد

Language Editor

Dr. Mohd Jafar
Guest Faculty/Assistant Professor (Contractual),Urdu
Directorate of Distance Education, MANUU

لینگویج ایڈیٹر

ڈاکٹر محمد جعفر
گیسٹ فیکلٹی / اسسٹنٹ پروفیسر (کانٹریکچول)، اردو
نظامت فاصلاتی تعلیم، مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

مجلس ادارت

(Editorial Board)

Prof. H. Aleem Basha (Programme Coordinator)
Professor (Physics)
School of Sciences, MANUU, Hyderabad

Dr. Priya Hasan (Course Coordinator)
Assistant professor, (Physics)
School of Sciences, MANUU, Hyderabad

Dr. Rizwanul Haq Ansari
Assistant Professor, (Physics)
School of Sciences, MANUU, Hyderabad

Mr. Zia Ur Rahman
Guest Faculty/Assistant Professor (Contractual),Physics
DDE, MANUU, Hyderabad

پروفیسر ایچ۔ علیم باشا(پروگرام کوآرڈی نیٹر)
پروفیسر (طبیعیات)
اسکول برائے سائنسی علوم، مانو، حیدرآباد

ڈاکٹر پریا حسن(کورس کوآرڈی نیٹر)
اسسٹنٹ پروفیسر (طبیعیات)
اسکول برائے سائنسی علوم، مانو، حیدرآباد

ڈاکٹر رضوان الحق انصاری
اسسٹنٹ پروفیسر (طبیعیات)
اسکول برائے سائنسی علوم، مانو، حیدرآباد

جناب ضیاء الرحمن
گیسٹ فیکلٹی / اسسٹنٹ پروفیسر (کانٹریکچول)، طبیعیات
نظامت فاصلاتی تعلیم، مانو، حیدرآباد

پروگرام کو آرڈی نیٹر

پروفیسر ایچ۔ علیم باشا
پروفیسر (طبیعیات)، اسکول برائے سائنسی علوم
مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی، حیدرآباد

کورس کو آرڈی نیٹر

ڈاکٹر پریا حسن
اسسٹنٹ پروفیسر (طبیعیات)، اسکول برائے سائنسی علوم
مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی، حیدرآباد

مصنفین	اکائی نمبر
• پروفیسر ایچ ۔علیم باشا	اکائی 13 تا 16
• پروفیسر محمد شریف الدین	اکائی 1 تا 4
• ڈاکٹر کلیم احمد جلیلی	اکائی 6,5
• ضیاءالرحمن	اکائی 3،7 تا12

- **لیب مینول**

• ضیاءالرحمن	اکائی 1 تا9

- **مترجمیں**

• ضیاءالرحمن	اکائی 1 تا6

- **پروف ریڈرس:**

اول	:	جناب ضیاءالرحمن
دوم	:	محمد عبدالمعیز / ڈاکٹر محمد اکمل خان
سوم	:	ڈاکٹر رضوان الحق انصاری
فائنل	:	پروفیسر ایچ۔ علیم باشا

فہرست

حصہ اول۔ تھیوری(Part I-Theory)

پیغام	وائس چانسلر	7
پیغام	ڈائرکٹر	8
کورس کا تعارف	پروگرام کوآرڈی نیٹر (طبیعیات)	9
بلاک I		
اکائی 1	کرسٹل فزکس	11
اکائی 2	کرسٹل جالی	19
اکائی3	کیوبک کرسٹل	33
اکائی4	سیمی کنڈکٹنگ مواد	51
اکائی 5	کوانٹم فزکس کی پیدائش	61
بلاک II		
اکائی 6	فوٹون اور ان کے اثر	72
اکائی7	امواج ذرہ اور دوہرا	94
اکائی 8	ایٹم اور ان کا طیوف	107
بلاک III		
اکائی 9	جوہری ساخت اور اموج	121
اکائی 10	آپریٹرز اور امواج	134
اکائی 11	شروڈِنگر موج مساوات	149
اکائی 12	کوانٹم میکینکس آپریٹرز	161

بلاک IV

اکائی 13	جوہری نیوکلی کی ساخت	182
اکائی 14	نیوکلیئر ماڈلس	197
اکائی 15	قدرتی تابکاری	215
اکائی 16	جوہری سائنس	240

نمونہ امتحانی پرچہ **261**

حصہ دوم۔ لیب مینول (Part II– Lab Manual)

بلاک V

اکائی 1	پی این ڈائیوڈ کا مطالعہ کرکے بولٹزمین کا مستقل	4
اکائی 2	دھاتی کے کام کی تقریب	13
اکائی 3	یل ای ڈی کا استعمال کرتے ہوئے پلانک کے مستقل	22
اکائی 4	ہیلیکل طریقہ سے الیکٹران کا مخصوص چارج (e/m)	32
اکائی 5	سیمی کنڈکٹر میں انرجی بینڈ گیپ	42

بلاک VI

اکائی 6	He–Ne Laser کا مطالعہ	51
اکائی 7	پلانک کا مستقل (فوٹو الیکٹرک اثر)	61
اکائی 8	سولر سیل کی I–V خصوصیات	73
اکائی 9	فائبر آپٹک	88

نمونہ امتحانی پرچہ **96**

پیغام

موجودہ دور میں فاصلاتی طریقۂ تعلیم کو پوری دنیا میں ایک انتہائی کارگر اور مفید طریقۂ تعلیم کی حیثیت سے تسلیم کیا جاچکا ہے اور اس طریقۂ تعلیم سے بڑی تعداد میں لوگ مستفید ہورہے ہیں۔ مولانا آزاد نیشنل اُردو یونیورسٹی نے بھی اپنے قیام کے ابتدائی دنوں ہی سے اردو آبادی کی تعلیمی ضروریات کے پیش نظر فاصلاتی طرز تعلیم کو متعارف کرایا۔ مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی کا آغاز 1998 میں نظامتِ فاصلاتی تعلیم سے ہوا اور 2004 میں باقاعدہ روایتی طرز تعلیم (Regular Courses) کا آغاز ہوا اور بعد ازاں متعدد روایتی تدریس کے شعبہ جات قائم کیے گئے۔

ملک میں تعلیمی نظام کو بہتر انداز سے جاری رکھنے میں یو جی سی کا مرکزی کردار رہا ہے۔ فاصلاتی تعلیم (ODL) کے تحت جاری مختلف پروگرام UGC-DEB سے منظور شدہ ہیں۔ UGC-DEB اس بات پر زور دیتا رہا ہے کہ فاصلاتی نظامِ تعلیم کے نصابات اور نظامات کو روایتی نظامِ تعلیم کے نصابات اور نظامات سے کماحقہ ہم آہنگ کرکے فاصلاتی تعلیم کے طلبا کے معیار کو بلند کیا جائے۔ چوں کہ مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی فاصلاتی اور روایتی طرزِ تعلیم کی جامعہ (Dual Mode University) ہے، لہٰذا اس مقصد کے حصول کے لیے یو جی سی۔ ڈی ای بی کے رہنمایانہ اصولوں کے مطابق (CBCS) Credit Based Credit System نظام متعارف کرایا گیا اور خود اکتسابی مواد (Self Learning Material) از سرِ نو، جس میں یو جی اور پی جی طلبا کے لیے چھ بلاک چوبیس اکائیوں اور چار بلاک سولہ اکائیوں پر مشتمل نئے طرز کی ساخت پر تیار کیا گیا ہے۔

نظامتِ فاصلاتی تعلیم یو جی، پی جی، بی ایڈ، ڈپلوما اور سرٹیفکیٹ کورسز پر مشتمل جملہ سترہ (17) کورسز چلا رہا ہے۔ ساتھ ہی تکنیکی ہنر پر مبنی کورسز بھی شروع کیے جارہے ہیں۔ متعلمین کی سہولت کے لیے ملک کے مختلف حصوں میں 9 علاقائی مراکز بنگلورو، بھوپال، دربھنگہ، دہلی، کولکاتا، ممبئی، پٹنہ، رانچی اور سری نگر اور 6 ذیلی علاقائی مراکز حیدرآباد، لکھنؤ، جموں، نوح، وارانسی اور امراوتی کا ایک بہت بڑا نیٹ ورک موجود ہے۔ اس کے علاوہ وجے واڑہ میں ایک ایکسٹنشن سنٹر بھی قائم کیا گیا ہے۔ ان مراکز کے تحت سرِ دست 160 سے زیادہ متعلم امدادی مراکز (Learner Support Centres) نیز 20 پروگرام سنٹرس (Programme Centres) کام کررہے ہیں، جو طلبا کو تعلیمی اور انتظامی مدد فراہم کرتے ہیں۔ نظامت فاصلاتی تعلیم اپنی تعلیمی اور انتظامی سرگرمیوں میں آئی سی ٹی کا بھرپور استعمال کرتا ہے، نیز اپنے تمام پروگراموں میں داخلے صرف آن لائن طریقے ہی سے دے رہا ہے۔

نظامتِ فاصلاتی تعلیم کی ویب سائٹ پر متعلمین کو خود اکتسابی مواد کی سافٹ کاپیاں بھی فراہم کی جارہی ہیں، نیز آڈیو۔ ویڈیو ریکارڈنگ کا لنک بھی ویب سائٹ پر فراہم کیا گیا ہے۔ اس کے علاوہ متعلمین کے درمیان رابطے کے لیے ای میل اور وہاٹس ایپ گروپ کی سہولت فراہم کی گئی ہے، جس کے ذریعے متعلمین کو پروگرام کے مختلف پہلوئوں جیسے کورس کے رجسٹریشن، مفوضات، کونسلنگ، امتحانات وغیرہ کے بارے میں مطلع کیا جاتا ہے۔ پچھلے دو سال سے ریگولر کاؤنسلنگ کے علاوہ ایڈیشنل رمیڈیل آن لائن کاؤنسلنگ مہیا کی جارہی ہے تاکہ طلبا کے تعلیمی معیار کو بلند کیا جاسکے۔

امید ہے کہ ملک کی تعلیمی اور معاشی حیثیت سے پچھڑی اردو آبادی کو عصری تعلیم کے مرکزی دھارے سے جوڑنے میں نظامتِ فاصلاتی تعلیم کا بھی نمایاں رول ہوگا۔ آنے والے دنوں میں تعلیمی ضروریات کے پیش نظر نئی تعلیمی پالیسی (NEP-2020) کے تحت مختلف کورسز میں تبدیلیاں کی جائیں گی اور امید ہے کہ یہ فاصلاتی نظام کو زیادہ مؤثر و کارگر بنانے میں مددگار ثابت ہوگی۔

پروفیسر محمد رضاء اللہ خان
ڈائرکٹر، نظامت فاصلاتی تعلیم

پیغام

فاصلاتی طریقۂ تعلیم پوری دنیا میں ایک انتہائی کارگر اور مفید طریقۂ تعلیم کی حیثیت سے تسلیم کیا جاچکا ہے اور اس طریقۂ تعلیم سے بڑی تعداد میں لوگ مستفید ہورہے ہیں۔ مولانا آزاد نیشنل اُردو یونیورسٹی نے بھی اپنے قیام کے ابتدائی دنوں ہی سے اردو آبادی کی تعلیمی صورت حال کو محسوس کرتے ہوئے اِس طرزِ تعلیم کو اختیار کیا۔ مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی کا آغاز1998 میں نظامتِ فاصلاتی تعلیم اور ٹرانسلیشن ڈِویژن سے ہوااوراس کے بعد 2004 میں باقاعدہ روایتی طرز تعلیم کا آغاز ہوااور بعد ازاں متعدد روایتی تدریس کے شعبہ جات قائم کیے گئے۔ نو قائم کردہ شعبہ جات اور ٹرانسلیشن ڈِویژن میں تقرریاں عمل میں آئیں۔ اس وقت کے اربابِ مجاز کے بھرپور تعاون سے مناسب تعداد میں خود مطالعاتی مواد تحریر و ترجمے کے ذریعے تیار کرائے گئے۔

گزشتہ کئی برسوں سے یو جی سی۔ڈی ای بیUGC-DEB اس بات پر زور دیتا رہا ہے کہ فاصلاتی نظامِ تعلیم کے نصابات اور نظامات کو روایتی نظامِ تعلیم کے نصابات اور نظامات سے کماحقہ ہم آہنگ کرکے نظامتِ فاصلاتی تعلیم کے طلبا کے معیار کو بلند کیا جائے۔ چوں کہ مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی فاصلاتی اور روایتی طرزِ تعلیم کی جامعہ ہے، لہٰذا اس مقصد کے حصول کے لیے یو جی سی۔ڈی ای بی کے رہنمایانہ اصولوں کے مطابق نظامتِ فاصلاتی تعلیم اور روایتی نظامِ تعلیم کے نصابات کو ہم آہنگ اور معیار بلند کرکے خود اکتسابی موادSLM از سرِ نو بالترتیب یو جی اور پی جی طلبا کے لیے چھ بلاک چوبیس اکائیوں اور چار بلاک سولہ اکائیوں پر مشتمل نئے طرز کی ساخت پر تیار کرائے جارہے ہیں۔

نظامتِ فاصلاتی تعلیم یو جی، پی جی، بی ایڈ، ڈپلوما اور سرٹیفکیٹ کورسز پر مشتمل جملہ پندرہ کورسز چلارہا ہے۔ بہت جلد تکنیکی ہنر پر مبنی کورسز بھی شروع کیے جائیں گے۔ متعلمین کی سہولت کے لیے 9 علاقائی مراکز بنگلورو، بھوپال، دربھنگہ، دہلی، کولکاتا، ممبئی، پٹنہ، رانچی اور سری نگر اور 6 ذیلی علاقائی مراکز حیدرآباد، لکھنؤ، جموں، نوح، وارانسی اور امراوتی کا ایک بہت بڑا نیٹ ورک تیار کیا ہے۔ ان مراکز کے تحت سرِ دست 161 متعلم امدادی مراکز (Learner Support Centres) نیز 20 پروگرام سنٹرس (Programme Centres) کام کررہے ہیں، جو طلبا کو تعلیمی اور انتظامی مدد فراہم کرتے ہیں۔ نظامت فاصلاتی تعلیم نے اپنی تعلیمی اور انتظامی سرگرمیوں میں آئی سی ٹی کا استعمال شروع کردیا ہے، نیز اپنے تمام پروگراموں میں داخلے صرف آن لائن طریقے ہی سے دے رہا ہے۔

نظامتِ فاصلاتی تعلیم کی ویب سائٹ پر متعلمین کو خود اکتسابی مواد کی سافٹ کاپیاں بھی فراہم کی جارہی ہیں، نیز جلد ہی آڈیو۔ ویڈیو ریکارڈنگ کا لِنک بھی ویب سائٹ پر فراہم کیا جائے گا۔ اس کے علاوہ متعلمین کے درمیان رابطے کے لیے ایس ایم ایس کی سہولت فراہم کی جارہی ہے، جس کے ذریعے متعلمین کو پروگرام کے مختلف پہلوئوں جیسے کورس کے رجسٹریشن، مفوضات، کونسلنگ، امتحانات وغیرہ کے بارے میں مطلع کیا جاتا ہے۔

امید ہے کہ ملک کی تعلیمی اور معاشی حیثیت سے پچھڑی اردو آبادی کو مرکزی دھارے میں لانے میں نظامتِ فاصلاتی تعلیم کا بھی نمایاں رول ہو گا۔

پروفیسر محمد رضاءاللہ خان
ڈائرکٹر، نظامت فاصلاتی تعلیم

کورس کا تعارف

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی کے مختلف شعبہ جات میں سن 2016ء سے سی بی ایس ای (CBSE) نصاب متعارف ہوا۔ یہ کتاب جدید طبیعیات کے عناصر (Elements of Modern Physics) کے ان موضوعات سے بحث کرتی ہے جنہیں مولانا آزاد نیشنل اُردو یونیورسٹی کے بی ایس سی (فزیکل سائنس) پروگرام کے سال سوم (سمسٹر۔VI) کے طبیعیات کے نصاب میں شامل کیا گیا ہے۔ یہ موضوعات مضمون کی جدید تحقیقات کا احاطہ کرتے ہیں، اور بی۔ ایس سی۔ (B.Sc.) کورس کے سال سوم میں مطالعے کے لیے انہیں شریک کیا گیا ہے۔ سہولت کی خاطر نصاب کو چھ بلاکس (Blocks) میں تقسیم کیا گیا ہے۔ ہر ایک بلاک چند اکائیوں پر مشتمل ہے۔ ہر اکائی میں بالعموم مضمون کے مخصوص نکات کو ملحوظ رکھا گیا ہے۔

یہ کورس دو حصوں پر مشتمل ہے۔ حصہ اول میں تھیوری (Theory) کے مضامین ہیں جس میں چھار بلاکس 16 اکائیاں میں۔ حصہ دوم (لیب مینول / تجربہ خانہ) میں دو بلاکس 9 اکائیاں شامل ہیں۔ حصہ دوم الگ سے مہیاں کی جائے گی۔

اکائیوں کو ماہرین کے ذریعے ایک مخصوص خاکے (Format) کے مطابق تیار کیا گیا ہے۔ خاکہ کچھ اس طرح ہے کہ طالب علم انہیں پڑھ کر بغیر کسی دقت کے سمجھ جائے۔ ہر اکائی کا آغاز اس کے مقاصد، مفہوم، ذاتی تصدیق اور اسکے مطالعے کے بعد حاصل ہونے والے واقفیت پسندانہ بیان سے ہوتا ہے۔ ہر اکائی کے اختتام پر خلاصہ، معروضی سوالات، نمونہ امتحانی سوالات اور مشقیں دی گئی ہیں تاکہ طلبا نفس مضمون کے صحیح ادراک کا امتحان کرلیں۔

زیر نظر کتاب مولانا آزاد نیشنل اُردو یونیورسٹی کے فاصلاتی نظام اور روایتی طلباء کے ساتھ ساتھ سائنسی مضامین میں دلچسپی رکھنے والے اردو قارئین اور مدارس کے طلباء کے لیے بھی مفید ثابت ہوسکتی ہے۔ آسان اردو زبان میں لکھی گئی ہے۔ تکنیکی اصطلاحات کے خالص اردو ترجمے سے گریز کیا گیا ہے تاکہ طلباء دنیا میں کثرت سے استعمال ہو رہی انگریزی اصطلاحات سے واقف ہو سکیں۔

اس کتاب کے مصنفین امید کرتے ہیں کہ اس کورس میں پیش کردہ موضوعات طلباء کو ڈیجیٹل اینالاگ اور آلات کے نظریات، اصولوں اور اطلاقات سے واقف کروائیں گے۔ مزید امید ہے کہ قارئین اور ماہرین اپنے مشوروں سے بھی نوازیں گے۔

پروفیسر۔ ایچ علیم باشاہ

پروگرام کوآرڈی نیٹر

جدید طبیعیات کے عناصر

(Elements of Modern Physics)

اکائی 1۔ کرسٹل فزکس

(Crystal Physics)

اکائی کے اجزا

1.0		تمہید
1.1		مقاصد
1.2		ٹھوس کی درجہ بندی
1.3		کرسٹل لائن سالڈز
1.4		خلائی جالی
1.5		حل شدہ مثالیں
1.6		اکتسابی نتائج
1.7		کلیدی الفاظ
1.8		نمونہ امتحانی سوالات
	1.8.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
	1.8.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
	1.8.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
	1.8.4	غیر حل شدہ سوالات
1.9		تجویز کردہ اکتسابی مواد

1.0 تمہید(Introduction)

معاملہ عام طور پر ٹھوس حالت یا سیال حالت میں موجود سمجھا جاتا ہے۔ تمام مواد ایٹموں اور مالیکیولز پر مشتمل ہیں۔ ٹھوس بنیادی طور پر ایٹموں کی ایک ترتیب شدہ صف ہے، جو ایک بہت بڑے مالیکیول کی تشکیل کے لیے برقی قوتوں کے ساتھ جڑی ہوئی ہے۔ ٹھوس کی تین مختلف اقسام ہیں۔ کرسٹل لائن، پولی کرسٹل لائن اور بے ترتیب۔

1.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- ٹھوس کی درجہ بندی تحرک کے بنیادی مفروضات کو سمجھیں گیں۔
- کرسٹل لائن سالڈز کے بارے میں معلومات حاصل کریں گیں۔
- خلائی جالی کو تفصیلی سے بحث کریں گیں۔

1.2 گیسوں کے نظریہ تحریک کے بنیادی مفروضات

(Fundamental Assumption of Kinetic theory of Gases)

معاملہ عام طور پر ٹھوس حالت یا سیال حالت میں موجود سمجھا جاتا ہے۔ تمام مواد ایٹموں اور مالیکیولز پر مشتمل ہیں۔ ٹھوس بنیادی طور پر ایٹموں کی ایک ترتیب شدہ صف ہے، جو ایک بہت بڑے مالیکیول کی تشکیل کے لیے برقی قوتوں کے ساتھ جڑی ہوئی ہے۔ ٹھوس کی تین مختلف اقسام ہیں۔ کرسٹل لائن، پولی کرسٹل لائن اور بے ترتیب۔

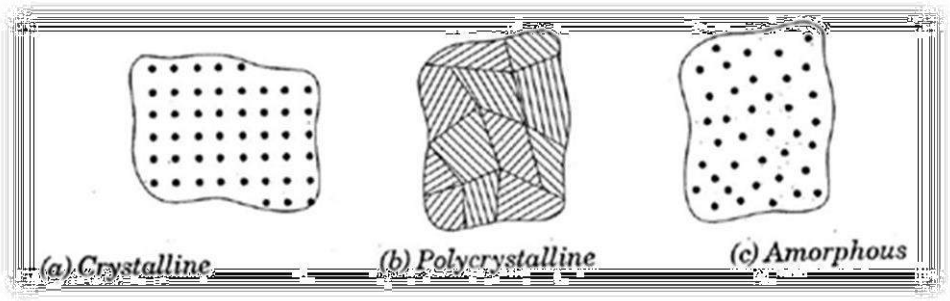
ایک کرسٹل میں، ایٹموں کو باقاعدہ وقتاً فوقتاً دہرائے جانے والے بناوٹیں میں ترتیب دیا جاتا ہے جو پورے نمونے میں پھیلتا ہے۔ ایٹموں کے بارے میں کہا جاتا ہے کہ وہ لمبی رینج کا آرڈر رکھتے ہیں۔ پولی کرسٹل لائن مواد بہت سے چھوٹے کرسٹل یا کسی حد تک فاسد سائز کے دانوں پر مشتمل ہوتا ہے۔ ایک بے ساختہ ٹھوس میں ایک لمبی رینج آرڈر غائب ہے۔ (یعنی،) ان کے پاس مختصر رینج آرڈر ہے۔ کوئی وقفہ نہیں ہے جس میں ایٹم خلا میں ترتیب دیئے گئے ہوں۔ انہیں سپر ٹھنڈا مائع بھی سمجھا جاتا ہے۔

مثالیں:

دھاتی کرسٹل: تانبا، چاندی، ایلومینیم وغیرہ،

غیر دھاتی کرسٹل: جرمینیم، سلکان

بے ساختہ یا غیر کرسٹل مواد: گلاس، ربڑ،



Difference between crystalline and amorphous material.

S.No	Crystalline	Amorphous
1	Regular arrangement of atoms gives definite and geometric shape.	Random arrangement of atoms does not give definite and Geometrical shape.
2	They are anisotropic	They are isotropic
3	They have sharp Melting Point	They do not have sharp Melting Point
4	They possess internal symmetry	They do not possess internal symmetry

کرسٹل فزکس 'یا' کرسٹال گرافی 'طبیعیات کی ایک شاخ ہے جو ایکس رے، نیوٹران بیم اور الیکٹران بیم کا استعمال کرتے ہوئے کرسٹل کی تمام ممکنہ اقسام اور کرسٹل سالڈز کی اصل ساخت کا تعین کرکے ان کی طبعی خصوصیات کا مطالعہ کرتی ہے۔

ٹھوس کی درجہ بندی:

مادے کی اکائیوں کی ترتیب کی بنیاد پر ٹھوس کو وسیع طور پر دو اقسام میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔

مادے کی اکائیاں ایٹم، مالیکیول یا آئن ہو سکتی ہیں۔ وہ ہیں،

a. کرسٹل لائن ٹھوس اور

b. غیر کرسٹل لائن (یا) بے ساختہ ٹھوس

1.3 کرسٹل لائن سالڈز (Crystalline Solids)

a. کسی مادے کو کرسٹل کہا جاتا ہے جب مادے کی اکائیوں کی ترتیب باقاعدہ اور متواتر ہو۔

b. ایک کرسٹل مادّہ دشاتمک خصوصیات رکھتا ہے اور اس لیے اسے انیسوٹروپک مادہ کہا جاتا ہے۔

c. ایک کرسٹل کا پگھلنے کا نقطہ تیز ہوتا ہے۔

d. اس کی باقاعدہ شکل ہوتی ہے اور اگر یہ ٹوٹ جاتا ہے تو تمام ٹوٹے ہوئے ٹکڑوں کی ایک ہی باقاعدہ شکل ہوتی ہے۔

e. ایک کرسٹل مواد یا تو سنگل (مونو) کرسٹل یا پولی کرسٹل ہو سکتا ہے۔

f. ایک واحد کرسٹل صرف ایک کرسٹل پر مشتمل ہوتا ہے، جبکہ پولی کرسٹل مواد بہت سے کرسٹل پر مشتمل ہوتا ہے جو اچھی طرح سے متعین حدود سے الگ ہوتے ہیں۔

مثالیں :

دھاتی کرسٹل Cu - ،Ag،Al، Mg وغیرہ،

غیر دھاتی کرسٹل-کاربن، سلیکون، جرمینیم،

g. بے ساختہ ٹھوس میں، اجزاء کے ذرات کو منظم طریقے سے ترتیب دیا جاتا ہے۔ وہ تصادفی طور پر تقسیم کیے جاتے ہیں۔

h. ان میں دشاتمک خصوصیات نہیں ہوتیں اور اس لیے انہیں 'آاسوٹروپک' مادہ کہا جاتا ہے۔

i. ان میں پگھلنے والے نقطہ کی وسیع رینج ہوتی ہے اور ان کی باقاعدہ شکل نہیں ہوتی۔

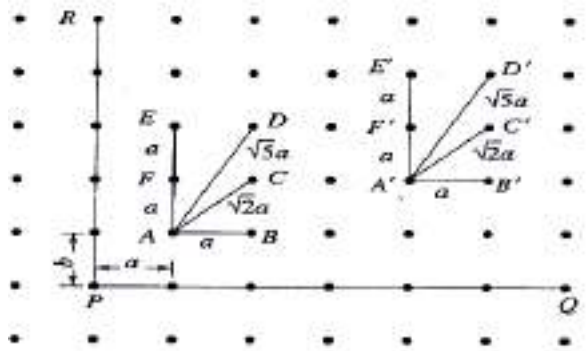
مثالیں: گلاس، پلاسٹک، ربڑ وغیرہ،

1.4 خلائی جالی (Space Lattice)

a. ایک جالی تین جہتوں میں پوائنٹس کی ایک باقاعدہ اور متواتر ترتیب ہے۔

b. اسے تین جہتوں میں پوائنٹس کی ایک لامحدود صف کے طور پر بیان کیا گیا ہے جس میں ہر پوائنٹ کا ماحول صف میں موجود ہر دوسرے پوائنٹ سے ملتا جلتا ہے۔

c. خلائی جالی دوسری صورت میں کرسٹل جالی کہلاتی ہے۔



شکل 1.1

d. پوائنٹس P ، Qاور R پر غور کریں۔ آیئے پوائنٹس P اور Q کو ایک سیدھی لکیر سے اور پوائنٹ P اور R کو دوسری سیدھی لائن سے جوڑتے ہیں۔لائن PQ کو X-axis اور لائن PR کو Y-axis کے طور پر لیا جاتا ہے۔ایکس ڈائریکشن میں کسی بھی دو لگاتار جالی پوائنٹس کے درمیان فاصلہ 'a' کے طور پر لیا جاتا ہے۔

e. اسی طرح،-Y سمت کے ساتھ کسی بھی دو لگاتار جالی پوائنٹس کے درمیان فاصلے کو 'b' کے طور پر لیا جاتا ہے۔

f. یہاں a اور b کو جعلی ترجمی ویکٹر کہا جاتا ہے۔ایک مربع جالی پر غور کریں جس میں a=b ۔

g. پوائنٹس کے دو سیٹوں پر غور کریں A, B, C, D, E, F اور A′, B′, C′, D′, E′, F′ ۔

e. ان دو سیٹوں میں، ارد گرد کا ماحول ہموار نظر آتا ہے۔یعنی فاصلے AB اور A′B′ ، AC اور A′C′ ، AD اور A′D′ ، AE اور A′E′ اور AF اور A′F′ برابر ہیں۔

f. اس لیے، پوائنٹس کی ترتیب میں، اگر ارد گرد کا ماحول ایک جیسا نظر آتا ہے جب ترتیب کو مختلف جالیوں سے دیکھا جاتا ہے، تو اس ترتیب کو خلائی جالی کہا جاتا ہے۔o

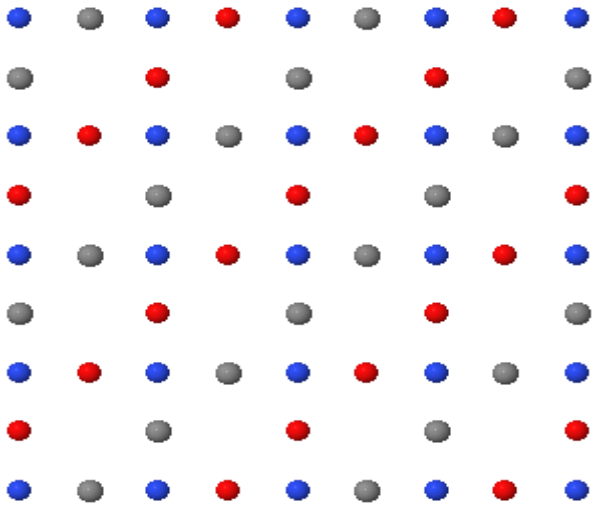
g. **بنیاد** :ایک کرسٹل بناوٹ تشکیل، ترتیب اور واقفیت میں یکساں ایٹموں یا مالیکیولز کی ایک اکائی اسمبلی کے ساتھ ہر جالی نقطہ کو جوڑ کر تشکیل دیا جاتا ہے۔اس یونٹ اسمبلی کو "بنیاد" کہا جاتا ہے۔جب بنیاد کو تمام سمتوں میں درست وقفہ کے ساتھ دہرایا جاتا ہے، تو یہ اصل کرسٹل بناوٹ فراہم کرتا ہے۔کرسٹل کا بناوٹ حقیقی ہے، جبکہ جالی خیالی ہے۔

1.5 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

ایک دو جہتی کرسٹل ذیل میں دکھایا گیا ہے۔

حل: دیا گیا ہے



(a) اس میں دو قدیم جالی ویکٹر کی نشاندہی کرنے والا یونٹ سیل بنائیں۔ قدیم یونٹ سیل میں کتنے ایٹم ہیں؟

(b) دو جہتی Bravais جالی کھینچیں۔

حل شدہ مثال 2

ionic چارج اور ionic radii کی بنیاد پر، مندرجہ ذیل مواد کے لیے کرسٹل بناوٹیں کی پیش گوئی کریں (a) CsI (b) NiS (c) KI (d) NiO

حل: دیا گیا ہے کہ

ڈیٹا استعمال کرتے ہوئے $rCC+ rI- = 0.170\ nn\ 0.220\ nn = 0.773$:لہذا،

ہر کیٹیشن کے لیے کو آرڈینیشن نمبر (+Cs) آٹھ ہے، اور،

پیشن گوئی کرسٹل کی ساخت سیزیم کلورائیڈ ہے۔

NiO ڈیٹا استعمال کرتے ہوئے $rNN2+ rO2- = 0.069\ nn\ 0.140\ nn = 0.493$ کو آرڈینیشن نمبر چھ ہے۔

1.6 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- کرسٹل فزکس 'یا' کرسٹالگرافی 'طبیعیات کی ایک شاخ ہے جو ایکس رے، نیوٹران بیم اور الیکٹران بیم کا استعمال کرتے ہوئے کرسٹل کی تمام ممکنہ اقسام اور کرسٹل سالڈز کی اصل ساخت کا تعین کرکے ان کی طبعی خصوصیات کا مطالعہ کرتی ہے۔
- مادے کی اکائیوں کی ترتیب کی بنیاد پر ٹھوس کو وسیع طور پر دو اقسام میں تقسیم کیا جا سکتا ہے۔
- مادے کی اکائیاں ایٹم، مالیکیول یا آئن ہو سکتی ہیں۔ وہ ہیں،
  a. کرسٹل لائن ٹھوس اور
  b. غیر کرسٹل لائن (یا) بے ساختہ ٹھوس
- ان میں دشا تمک خصوصیات نہیں ہوتیں اور اس لیے انہیں 'آاسوٹروپک' مادہ کہا جاتا ہے۔ جہ

1.7 کلیدی الفاظ (Keywords)

- **خلائی جالی:** خلائی جالی دوسری صورت میں کرسٹل جالی کہلاتی ہے
- **کرسٹل لائن سالڈز:** کسی مادے کو کرسٹل کہا جاتا ہے جب مادے کی اکائیوں کی ترتیب باقاعدہ اور متواتر ہو۔

1.8 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

1.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. کرسٹل لائن سالڈز سے کیا مراد ہے؟
2. کرسٹل لائن ٹھوس سے کیا مراد ہے؟
3. غیر دھاتی کرسٹل مثالیں لکھیے؟
4. ایک کرسٹل مواد یا تو..... کرسٹل ہو سکتا ہے۔
5. 'آاسوٹروپک' مادہ سے کیا مراد ہے۔
6. غیر کرسٹل مواد مثالیں لکھیے؟
7. ٹھوس بنیادی طور پر..... کی ایک ترتیب شدہ صف ہے۔
8. مادے کی اکائیوں کی ترتیب کی بنیاد پر ٹھوس کو وسیع طور پر..... میں تقسیم کیا جا سکتا ہے۔

(a) چار (b) 2

(c) تین (d) 1

1.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. ٹھوس کی درجہ بندی کی وضاحت کیجئے۔
2. **Amorphous, Crystalline** کے درمیان فرق واضح کیجئے۔

1.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. کرسٹل لائن سالڈز کو اخذ کیجئے۔
2. خلائی جالی کو بیان کیجئے۔
3. کرسٹل فزکس کی وضاحت کیجئے۔

1.8.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. ٹائلنگ کی Bravais جالی کا تعین کریں۔
2. ایک یونٹ سیل کے اندر کتنی ٹائلیں ہیں؟
3. Zn اپنی پگھلی ہوئی حالت کو اس کی ٹھوس حالت میں تبدیل کرتا ہے، اس کا hcp بناوٹ ہے پھر قریب ترین ایٹم کی تعداد تلاش کریں۔

1.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. X-Ray Structure Determination by George H. Stout; Lyle H. Jensen.
2. Crystal Structure Refinement by P. Müller; A. L. Spek; T. R. Schneider; M. R. Sawaya; R. Herbst-Irmer. ISBN: 0198570767.
3. Fundamentals of Crystallography by C. Giacovazzo; H. L. Monaco; G. Artioli; D. Viterbo;

اکائی 2۔ کرسٹل جالی

(Crystals Lattice)

اکائی کے اجزا

2.0		تمہید
2.1		مقاصد
2.2		بیسس
2.3		کرسٹل کے نظام
2.4		براویس جالیوں
2.5		ملر انڈیکس
2.6		لیٹیس طیاروں کے درمیان علیحدگی
2.7		حل شدہ مثالیں
2.8		اکتسابی نتائج
2.9		کلیدی الفاظ
2.10		نمونہ امتحانی سوالات
	2.10.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
	2.10.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
	2.10.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
	2.10.4	غیر حل شدہ سوالات
2.11		تجویز کردہ اکتسابی مواد

2.0 تمہید (Introduction)

معاملہ عام طور پر ٹھوس حالت یا سیال حالت میں موجود سمجھا جاتا ہے۔ تمام مواد ایٹموں اور مالیکیولز پر مشتمل ہیں۔ ٹھوس بنیادی طور پر ایٹموں کی ایک ترتیب شدہ صف ہے، جو ایک بہت بڑے مالیکیول کی تشکیل کے لیے برقی قوتوں کے ساتھ جڑی ہوئی ہے۔ ٹھوس کی تین مختلف اقسام ہیں۔ کرسٹل لائن، پولی کرسٹل لائن اور بے ترتیب۔

2.1 مقاصد (Objectives)

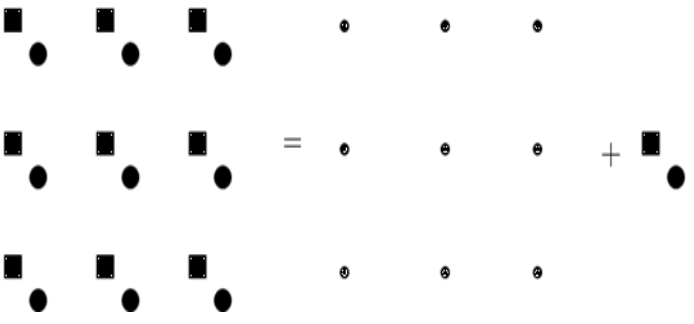
اس اکائی میں ہم:

- ٹھوس کی درجہ بندی تحرک کے بنیادی مفروضات کو سمجھیں گیں۔
- کرسٹل لائن سالڈز کا بارے میں معلومات حاصل کریں گیں۔
- خلائی جالی پر تفصیلی بحث کریں گیں۔

2.2 بیسس (Basis)

ایک کرسٹل بناوٹ تشکیل، ترتیب اور واقفیت میں یکساں ایٹموں یا مالیکیولز کی ایک اکائی اسمبلی کے ساتھ ہر جالی نقطہ کو جوڑ کر تشکیل دیا جاتا ہے۔ اس یونٹ اسمبلی کو "بنیاد" کہا جاتا ہے۔ جب بنیاد کو تمام سمتوں میں درست وقفہ کے ساتھ دہرایا جاتا ہے، تو یہ اصل کرسٹل بناوٹ فراہم کرتا ہے۔ کرسٹل کا بناوٹ حقیقی ہے، جبکہ جالی خیالی ہے۔

Crystal Structure



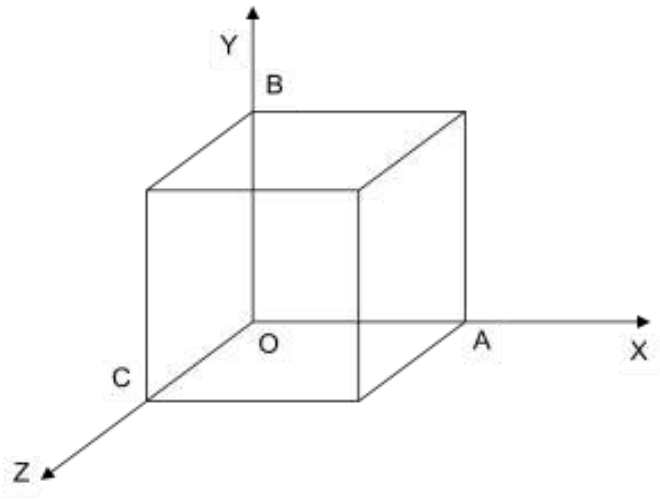
شکل (2.1)

یونٹ سیل:

ایک یونٹ سیل کو ایک کرسٹل بناوٹیں کے بنیادی تعمیراتی بلاک کے طور پر بیان کیا گیا ہے، جو مختلف سمتوں میں اپنے طول و عرض کو دہرا کر مکمل کرسٹل تیار کر سکتا ہے۔

کرسٹالوگرافک محور:

ایک یونٹ سیل پر غور کریں جس میں تین باہمی طور پر کھڑے کناروں **OA** ، **OB** اور **OC** پر مشتمل ہو جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔ تین کناروں کے ساتھ متوازی خطیں کھینچیں۔ ان لائنوں کو کرسٹالوگرافک محور کے طور پر لیا جاتا ہے اور انہیں **X** ، **Y** اور **Z** محور کے طور پر ظاہر کیا جاتا ہے۔



شکل(2.2)

جالی پیرامیٹر یونٹ سیل پر غور کریں جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔ مانیں کہ OA ، OB اور OC بالترتیب X ، Y اور Z محور کے ساتھ یونٹ سیل کے ذریعہ بنائے گئے وقفے ہیں۔ ان مداخلتوں کو قدیم کے طور پر جانا جاتا ہے۔ کرسٹالوگرافی میں انٹر سیپٹس OA ، OB اور OC کو a ، b اور c کے طور پر دکھایا جاتا ہے۔ X اور Y محور کے درمیان زاویہ کو γ کے طور پر دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح Y اور Z اور Z اور X محوروں کے درمیان زاویوں کو بالترتیب α اور β سے ظاہر کیا گیا ہے جیسا کہ اوپر کی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ ان زاویوں کو α ، β اور γ انٹر ایکسیل اینگل یا انٹر فیشل اینگل کہا جاتا ہے۔ جالی کی نمائندگی کرنے کے لیے، تین انٹر فیشل زاویے اور ان کے متعلقہ وقفے ضروری ہیں۔ ان چھ پیرامیٹرز کو جعلی پیرامیٹرز کہا جاتا ہے۔

قدیم سیل:

یہ حجم میں سب سے چھوٹا یونٹ سیل ہے جسے پرائمیٹوز نے بنایا ہے۔ یہ صرف ایک مکمل ایٹم پر مشتمل ہے۔

ایک قدیم خلیہ وہ ہوتا ہے جس کو صرف یونٹ سیل کے کونوں پر پوائنٹس یا ایٹم ملتے ہیں۔ اگر ایک یونٹ سیل ایک سے زیادہ ایٹموں پر مشتمل ہو، تو یہ ایک قدیم خلیہ نہیں ہے۔

قدیم سیل کی مثال: سادہ کیوبک یونٹ سیل۔

غیر قدیم سیل کی مثالیں: BCC اور FCC یونٹ سیل۔

2.3 کرسٹل کے نظام (Crystal Systems)

i. تین جہتی خلائی جالی تین مترجم ویکٹرز a، b اور c کے بار بار ترجمہ سے پیدا ہوتی ہے۔

ii. کرسٹل کو یونٹ سیل کی شکل کی بنیاد پر سات نظاموں کے تحت گروپ کیا جاتا ہے۔

iii. سات کرسٹل سسٹم ان کے جالی پیرامیٹرز کے ذریعہ ایک دوسرے سے ممتاز ہیں۔ سات نظام ہیں،
1. کیوبک 2. ٹیٹراگونل 3. آرتھورہومبک 4. ٹریگونل (رومبوہیڈرل) 5. ہیکساگونل 6. مونوکلینک اور 7. ٹرائی کلینک

iv. یونٹ سیلز کے ذریعے بننے والی خلائی جالیوں کو درج ذیل علامتوں سے نشان زد کیا گیا ہے۔

v. **پرائمیٹو جالی:** صرف یونٹ سیل کے کونوں پر جالی کے پوائنٹس ہوتے ہیں۔

vi. **باڈی سینٹرڈ جالی:** کونوں کے ساتھ ساتھ یونٹ سیل کے باڈی سینٹر میں جالی کے پوائنٹس ہیں۔

vii. **مرکز والی جالی:** کونوں کے ساتھ ساتھ یونٹ سیل کے چہرے کے مراکز پر جالی کے پوائنٹس ہوتے ہیں۔

viii. **بیس سینٹرڈ جالی:** کونوں پر جالی پوائنٹس کے ساتھ ساتھ یونٹ سیل کے اوپر اور نیچے بیس سینٹرز پر پوائنٹس ہوتے ہیں۔

2.4 براویس جالیوں (Bravais Lattices)

براویس جالیوں Bravais نے 1948 میں دکھایا کہ سات کرسٹل سسٹم کے تحت 14 قسم کے یونٹ سیل ممکن ہیں۔ انہیں عام طور پر 'براوائس جالی' کہا جاتا ہے۔

S.No.	Crystal system	Axial length	Interfacial angles	Example
1.	Cubic	a=b=c	$\alpha=\beta=\gamma=90°$	NaCl, CaF_2, Au, Cu
2.	Tetragonal	a=b≠c	$\alpha=\beta=\gamma=90°$	Ordinary white, tin, Indium, SnO_2
3.	Orthorhombic	a≠b≠c	$\alpha=\beta=\gamma=90°$	Sulphur, Topaz, $BaSO_4$,

				KNO_3
4.	Monoclinic	a≠b≠c	$\alpha = \beta = 90°; \gamma \neq 90°$	Na_2So_4, $FeSo_4$, Gypsum
5.	Triclinic	a≠b≠c	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$	$CuSo_4$, $K_2Cr_2O_7$
6.	Rhombohedral	a = b = c	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$	Calcite, Sb, Bi.
7.	Hexagonal	a=b≠c	$\alpha = \beta = 90°$; $\gamma = 120°$	Quartz, Zn, Mg.

2.5 ملر انڈیکس (Miller Indices)

a. کرسٹل جالی کو جالی کے نقطوں سے گزرنے والے متوازی مساوی طیاروں کے لامحدود سیٹ سے بنا سمجھا جاسکتا ہے جنہیں جالی طیاروں کے نام سے جانا جاتا ہے۔ ملر اشاریہ جات کو تین کرسٹاللو گرافک محوروں پر ہوائی بنائے گئے وقفوں کے باہمی تعامل کے طور پر بیان کیا گیا ہے۔ سادہ الفاظ میں، جالیوں کے مقامات سے گزرنے والے کو 'جالی' کہا جاتا ہے۔

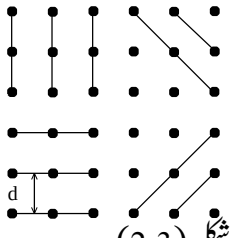
b. دی گئی جالی کے لیے، جالی والے طیاروں کو مختلف طریقوں سے منتخب کیا جاسکتا ہے۔

c. کرسٹل میں طیاروں یا چہروں کی واقفیت کو تین محوروں پر ان کے مداخلت کے لحاظ سے بیان کیا جاسکتا ہے۔ ملر نے کرسٹل میں نامزد کرنے کے لیے ایک نظام متعارف کرایا۔

d. اس نے کرسٹل کی وضاحت کرنے کے لیے تین نمبروں کا ایک سیٹ متعارف کرایا۔

e. تین نمبروں کے اس سیٹ کو متعلقہ جہاز کے 'ملر انڈیکس' کے نام سے جانا جاتا ہے۔

f. ملر انڈیکس تین ممکنہ عددوں پر مشتمل ہوتے ہیں جن کی نمائندگی (h, k, l) کے طور پر کی جاتی ہے جو کرسٹل میں طیارہ کو نامزد کرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے، کرسٹللو گرافک محوروں پر طیاروں کے ذریعے بنائے جانے والے وقفے کا باہمی تعامل ہے۔



شکل (2.3)

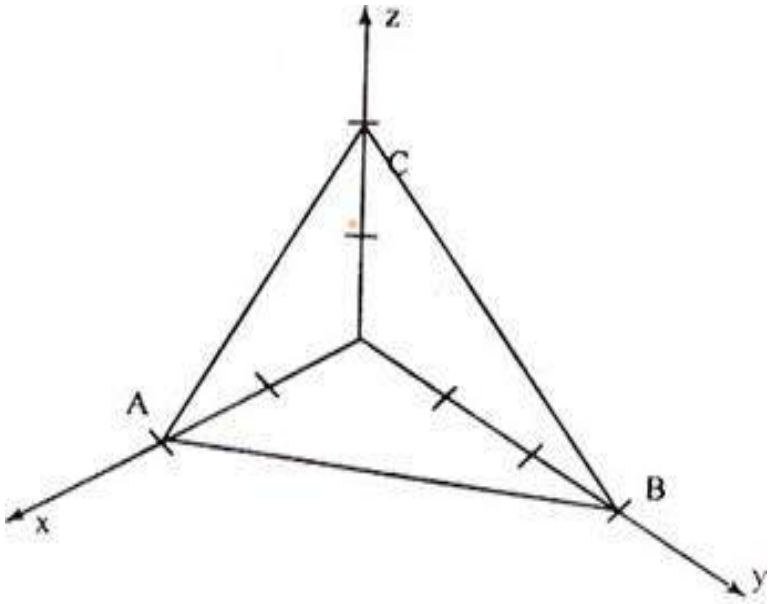
ملر انڈیکس تلاش کرنے کا طریقہ کار:

مرحلہ 1: محور X,Y اور Z کے ساتھ وقفوں کا تعین a,b اور c کے لحاظ سے کریں۔

مرحلہ 2: ان نمبروں کے متواتر کا تعین کریں۔

مرحلہ 3: کم سے کم عام ڈینو مینیٹر (lcd) تلاش کریں اور ہر ایک کو اس lcd سے ضرب دیں۔

مرحلہ 4: نتیجہ قوسین میں لکھا گیا ہے۔ اسے شکل (h k l) میں 'ملر انڈیکس' کہا جاتا ہے۔



شکل(2.4)

پلین ABC میں X-axis کے ساتھ 2 یونٹس، Y-axis کے ساتھ 3 یونٹس اور Z-axis کے ساتھ 2 یونٹس کے انٹر سیپٹس ہیں۔

'ملر انڈیکس' کا تعین:

مرحلہ 1: تین محوروں پر وقفے 2، 3 اور 2 ہیں۔

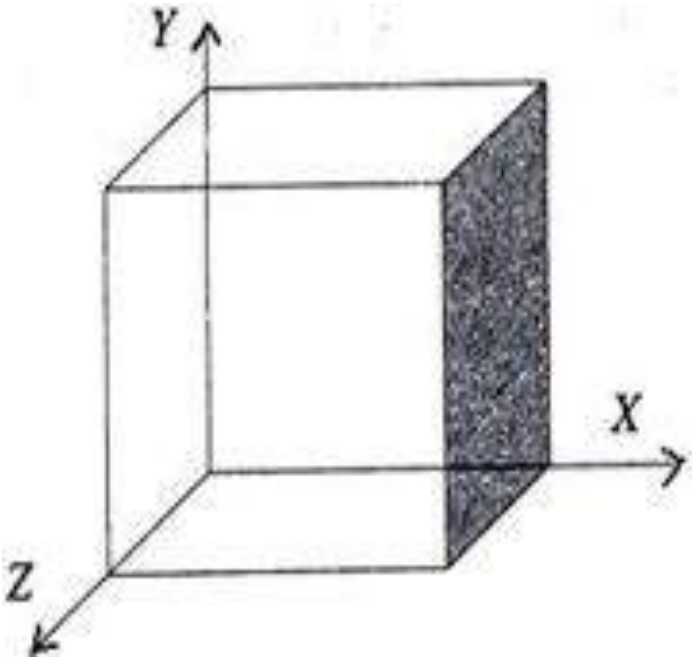
مرحلہ 2: باہمی 1/2، 1/3 اور 1/2 ہیں۔

مرحلہ 3: سب سے کم عام ڈینو مینیٹر '6' ہے۔ ہر ایک کو lcd سے ضرب کرنے سے ہمیں 3، 2 اور 3 ملتا ہے۔

مرحلہ 4: اس لیے ABC کے لیے ملر انڈیکس ہے (3 2 3)

ملر انڈیکس کی اہم خصوصیات:

کیوبک کرسٹل کے لیے خاص طور پر ملر انڈیکس کی اہم خصوصیات یہ ہیں، ایک طیارہ جو کو آرڈینیٹ محور میں سے کسی ایک کے متوازی ہوتا ہے اس میں انفینٹی کا وقفہ ہوتا ہے۔ اس لیے اس محور کے لیے ملر انڈیکس صفر ہے۔ یعنی لامحدودیت پر وقفے کے لیے، متعلقہ انڈیکس صفر ہے۔



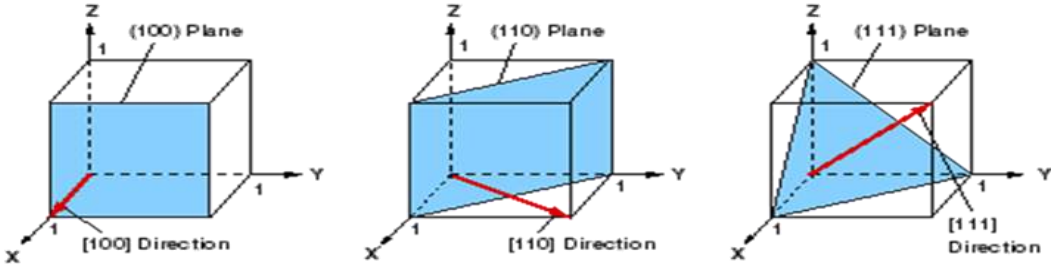
شکل(2.5)

مثال(1 0 0)طیارہ(Yاور Zمحور کے متوازی طیارہ)

مندرجہ میں،Xمحور کے ساتھ وقفہ 1 یونٹ ہے۔Yاور Zمحور کے متوازی ہے۔لہذا،Yاور Zمحور کے ساتھ وقفے'' ہیں۔اب مداخلتیں،1اور ہیں۔

انٹرسیپٹس کے ری سیپروکلز=1/1،1 /اور1 /ہیں۔اس لیے مذکورہ طیارے کے لیے ملرانڈیکس(1 0 0)ہے

کچھ اہم طیاروں کے ملرانڈیکس

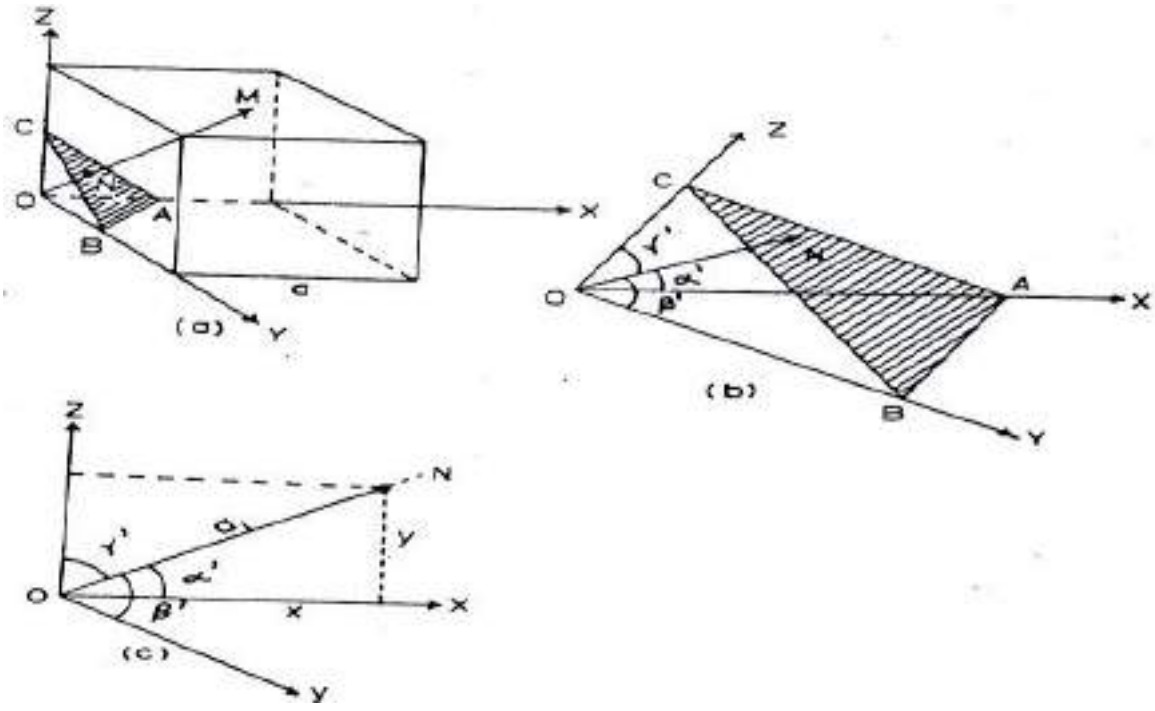


شکل(2.6)

2.6 لیٹیس طیاروں کے درمیان علیحدگی (Separation between Lattice Planes)

سائیڈ ' a ' کے ایک کیوبک کرسٹل، اور ایک ABC پر غور کریں۔ یہ تعلق رکھتا ہے جس کے ملر انڈیکس h k l ہیں کیونکہ ملر انڈیکس کے ایک سیٹ کی نمائندگی کرتے ہیں۔

چلیں ON =d، A B C کا اصل سے کھڑا فاصلہ ہے۔



شکل (2.7)

آیئے α1 ، β1 اور γ1 انٹر فیسیل زاویوں سے مختلف تین محوروں پر

$$OA = \frac{a}{h}, \quad OB = \frac{a}{k} \quad \text{and} \quad OC = \frac{a}{l} \longrightarrow (1)$$

یعنی اصل اور پہلے ABC کے درمیان کھڑا فاصلہ ہے،

$$d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

اب ہم اگلے متوازی طیارہ پر غور کریں۔

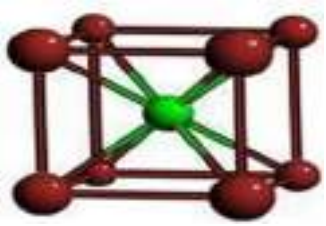
a. OM=d2 کو اصل سے اس طیارے کا کھڑا فاصلہ ہونے دیں۔

b. تین محوروں کے ساتھ اس کے انٹر سیپٹس ہیں۔

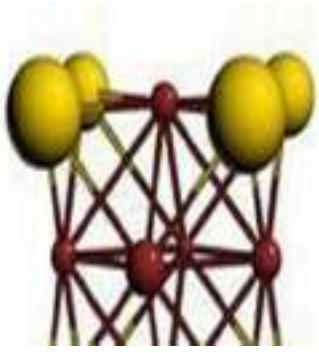
b. لہذا، ملر انڈیکس h k l کے دو ملحقہ متوازی طیاروں کے درمیان انٹر پلانر اسپیسنگ NM = OM – ON یعنی انٹر پلانر اسپیسنگ کے ذریعہ دی گئی ہے۔

1. **سادہ کیوبک بناوٹ Simple cubic structure (SC):**

2. باڈی سینٹر ڈ کیوبک بناوٹ: **Body centered cubic structure (BCC)**



3. چہرہ مرکز کیوبک بناوٹ: **Face centered cubic structure (FCC)**



2.7 حل شدہ مثالیں(Solved Examples)

حل شدہ مثال1

Ta کے یونٹ سیل کے کنارے کی لمبائی،330.6 pm ہے؛یونٹ سیل باڈی سینٹرڈ کیوبک ہے۔ ٹینٹلم کی کثافت 16.69 g/cm3 ہے۔

(a) ٹینٹلم ایٹم کی کمیت کو معلوم کریں۔

(b) g/mol میں ٹینٹلم کے جوہری وزن کو معلوم کریں۔

حل: دیا گیا ہے

سینٹی میٹر میں تبدیل:

330.6 pm x 1 cm/1010 pm = 330.6 x 10‾10 3.306 = سینٹی میٹر x 10‾8 سینٹی میٹر

یونٹ سیل کے حجم:

$(3.306 \times 10^{-8}$ سینٹی میٹر$)3 = 3.6133 \times 10^{-23}$ سینٹی میٹر

باڈی سینٹرڈ کیوبک یونٹ سیل میں 2 ٹینٹلم ایٹموں کے بڑے پیمانے پر حساب لگائیں

$(16.69\ g/cm^3)\ (3.6133 \times 10^{-23}\ cm^3) = 6.0307 \times 10^{-22}$ گرام

ایک ایٹم کی کمیت Ta

6.0307×10^{-22} گرام $/2 = 3.015 \times 10^{-22}$ گرام

جوہری وزن Ta جی / مول میں

$(3.015 \times 10^{-22}\ g)\ (6.022 \times 10^{23}\ mol^{-1}) = 181.6\ g/mol$

حل شدہ مثال2

بیریم کارداس224 pm ہے اور یہ جسم کے مرکز کیوبک بناوٹیں میں کرسٹلائز ہوتا ہے۔ یونٹ سیل کے کنارے کی لمبائی کیا ہے؟

حل: دیا گیا ہے کہ

رداس برائے بیریم = 224پی ایم

بجے 4r = 896

پائتھاگورین تھیوریم کا اطلاق کریں

$d^2 + (d2)^2 = (896)^2$

$3d^2 = 802816$

$$d^2 = 267605.3333$$

$$517 = d$$

حل شدہ مثال 3

دھاتی پوٹاشیم کا جسم پر مرکز کیوبک بناوٹ ہوتا ہے۔ اگر یونٹ سیل کے کنارے کی لمبائی 533 pm ہے، تو پوٹاشیم ایٹم کے رداس کا حساب لگائیں۔

حل: دیا گیا ہے کہ

Solve the Pythagorean Theorem for r (with d = the edge length)

$$d^2 + (d2)^2 = (4r)^2$$

$$d^2 + 2d^2 = 16r^2$$

$$3d^2 = 16r^2$$

$$r^2 = 3d^2 / 16$$

$$r = (d3) / 4$$

$$r = (5333) / 4$$

$$r = 231 \text{ pm}$$

2.8 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- کرسٹل کو یونٹ سیل کی شکل کی بنیاد پر سات نظاموں کے تحت گروپ کیا جاتا ہے۔
- سات کرسٹل سسٹم ان کے جالی پیرامیٹرز کے ذریعہ ایک دوسرے سے ممتاز ہیں۔

1. کیوبک 2. ٹیٹراگونل 3. آرتھورہومبک 4. ٹریگونل (رومبوہیڈرل) 5. ہیکساگونل 6. مونوکلینک اور 7. ٹرائی کلینک

- ملر انڈیکس: کرسٹل جالی کو جالی کے نقطوں سے گزرنے والے متوازی مساوی طیاروں کے لامحدود سیٹ سے بنا سمجھا جاسکتا ہے جنہیں جالی طیاروں کے نام سے جانا جاتا ہے۔ ملر اشاریہ جات کو تین کرسٹالوگرافک محوروں پر ہوائی جہاز کے ذریعہ بنائے گئے وقفوں کے باہمی تعامل کے طور پر بیان کیا گیا ہے۔ سادہ الفاظ میں، جالیوں کے مقامات سے گزرنے والے ہوائی جہازوں کو 'جالی جہاز' کہا جاتا ہے۔
- براویس جالیوں Bravais نے 1948 میں دکھایا کہ سات کرسٹل سسٹم کے تحت 14 قسم کے یونٹ سیل ممکن ہیں۔ انہیں عام طور پر 'براوائس جالی' کہا جاتا ہے۔

2.9 کلیدی الفاظ (Keywords)

- **خلائی جالی:** خلائی جالی دوسری صورت میں کرسٹل جالی کہلاتی ہے
- **کرسٹل لائن سالڈز:** کسی مادے کو کرسٹل کہا جاتا ہے جب مادے کی اکائیوں کی ترتیب باقاعدہ اور متواتر ہو۔

2.10 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

2.10.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. .ایک کیوبک کلوزپیکڈ بناوٹیں میں فی ایٹم کتنے آکٹہیڈرل voids ہوتے ہیں؟

   3(a)

   1(b)

   4 (c)

   2(d)

2. چہرے کے مرکز کیوبک fcc جالی میں کتنے یونٹ سیل ایک یونٹ سیل کا اشتراک کرتے ہیں؟

   4(a)

   2(b)

   8(c)

   6(d)

3. کس قسم کا کرسٹل کیشن اور اینیون کے امتزاج سے بنتا ہے؟

   (a)دھاتی

   (b)آئنک

   (c)ڈوپول-ڈپول

   (d)ہم آہنگی

4. پانی کی وجہ سے برف سے زیادہ denser ہے۔

   (a)تعاملات Induced dipole

   (b) ڈوپول سے متاثرہ ڈوپول تعاملات

   (c)ڈوپول-ڈپول تعاملات

   (d) ہائیڈروجن بانڈنگ تعاملات

5. ایک ایف سی سی کرسٹل کے ہر یونٹ سیل میں کتنے ایٹم موجود ہیں؟

8(a)

6(b)

5(c)

4(d)

6. ٹھوس الکالی دھاتی ہالیڈس میں رنگ کی وجہ سے ظاہر ہوتا ہے۔

(a)ایف سینٹرز

(b) انٹرسٹیشل پوزیشنز

(c)فرینکل کی خرابی۔

(d)عیب

7. بی سی سی (باڈی سینٹرڈ کیوبک) یونٹ سیل میں خالی جگہ کا فیصد کیا ہے؟

28٪(a)

34٪(b)

32٪(c)

30٪(d)

2.10.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات(Short Answer Type Questions)

1. کرسٹل بناوٹ کیا ہے؟اس کی اقسام بیان کریں۔
2. ملر انڈیکس کیا ہیں؟ان کا تعین کیسے کیا جاتا ہے؟ان کی اہمیت اور چند مثالیں دیں۔
3. ملر انڈیکس (hk l) کو سادہ کیوبک جالی اور ٹیٹراگونل کرسٹل کے لیے بھی اس کا حساب لگائیں۔

2.10.3 طویل جوابات کے حامل سوالات(Long Answer Type Questions)

1. Bravais جالی کیا ہیں؟کرسٹل بناوٹیں میں سات کرسٹل سسٹمز اور چودہ خلائی جالیوں پر بحث کریں۔
2. ملر انڈیکس کیا ہیں؟ان کا تعین کیسے کیا جاتا ہے؟ان کی اہمیت اور چند مثالیں دیں۔
3. ملر انڈیکس (hk l) کو سادہ کیوبک جالی اور ٹیٹراگونل کرسٹل کے لیے بھی اس کا حساب لگائیں۔

2.10.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. پولونیم بنیاد میں ایک ایٹم کے ساتھ ایک سادہ کیوبک کرسٹل بناتا ہے۔جالی مستقل3.359 Å ہے۔

2. درج ذیل کرسٹل بناوٹیں بنائیں سادہ کیوبک، fcc، bcc، NaCl، CsCl، ہیکساگونل، ٹیٹراگونل، اور آرتھرومبک۔

3. مساوی طیارے اور سمتیں۔

(a) ٹیٹراگونل سسٹم میں کون سے طیارے (100) کے برابر ہیں؟

(b) ٹیٹراگونل سسٹم میں کون سے طیارے (210) کے برابر ہیں؟

(c) ٹیٹراگونل سسٹم میں کون سی سمتیں [120] کے مساوی ہیں؟

2.11 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. X-Ray Structure Determination by George H. Stout; Lyle H. Jensen.
2. Crystal Structure Refinement by P. Müller; A. L. Spek; T. R. Schneider; M. R. Sawaya; R. Herbst-Irmer. ISBN: 0198570767.
3. Fundamentals of Crystallography by C. Giacovazzo; H. L. Monaco; G. Artioli; D. Viterbo; G.

اکائی 3۔ کیوبک کرسٹل

(Cubic Crystal)

اکائی کے اجزا

3.0		تمہید
3.1		مقاصد
3.2		یونٹ سیل کی خصوصیات (کیوبک)
3.3		ہیکساگونل بند پیکڈ بناوٹ
3.4		بریگ کا قانون
3.5		بریگ کا ایکس رے سپیکٹرومیٹر
3.6		حل شدہ مثالیں
3.7		اکتسابی نتائج
3.8		کلیدی الفاظ
3.9		نمونہ امتحانی سوالات
	3.9.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
	3.9.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
	3.9.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
	3.9.4	غیر حل شدہ سوالات
3.10		تجویز کردہ اکتسابی مواد

3.0 تمہید (Introduction)

معاملہ عام طور پر ٹھوس حالت یا سیال حالت میں موجود سمجھا جاتا ہے۔ تمام مواد ایٹموں اور مالیکیولز پر مشتمل ہیں۔ ٹھوس بنیادی طور پر ایٹموں کی ایک ترتیب شدہ صف ہے، جو ایک بہت بڑے مالیکیول کی تشکیل کے لیے برقی قوتوں کے ساتھ جڑی ہوئی ہے۔ ٹھوس کی تین مختلف اقسام ہیں۔ کرسٹل لائن، پولی کرسٹل لائن اور بے ترتیب۔

3.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- یونٹ سیل کی خصوصیات (کیوبک) کے بنیادی مفروضا تکو سمجھیں گیں۔
- ہیکساگونل بند پیکڈ بناوٹ کو سمجھیں گیں۔
- بریگ کا ایکس رے سپیکٹرومیٹر بارے میں معلومات حاصل کریں گیں۔
- بریگ کا قانون پر بحث کریں گیں۔

3.2 یونٹ سیل کی خصوصیات (کیوبک) (Properties of the Unitcell (Cubic))

a) یونٹ سیل کا حجم:

اکائی سیل کے حجم کو تلاش کرنے کا عمومی اظہار ہے

$V = abc\sqrt{1-\cos^2\alpha-\cos^2\beta-\cos^2\gamma+2\cos\alpha\cos\beta\cos\gamma}$ جہاں a,b,c,α,β اور γ کو جالی پیرامیٹر کہا جاتا ہے۔

کیوبک سسٹم کے لیے a=b=c اور α=β=γ=900 ۔

لہذا $V = a^3$

b) کوآرڈینیشن نمبر:

یہ ایک کرسٹل کے اندر کسی ایٹم کے کنویں کے ارد گرد قریب ترین پڑوسیوں کی تعداد ہے۔

سادہ کیوبک ساخت میں ایٹم کے لیے کوآرڈینیشن نمبر=6 ہے۔

باڈی سنٹرڈ کیوبک بناوٹیں میں ایٹم کے لیے کوآرڈینیشن نمبر=8 ہے

چہرے کے مرکز کیوبک بناوٹیں میں ایٹم کے لیے کوآرڈینیشن نمبر=12

c) فی یونٹ سیل کے ایٹموں کی تعداد:

ایک یونٹ سیل میں ایٹم کونوں میں، چہروں کے بیچ میں اور جسم کے مرکز میں ہوتے ہیں۔

کونے میں واقع ایک ایٹم یونٹ سیل میں 1/8واں حصہ بانٹتا ہے۔ چہرے پر واقع ایک ایٹم یونٹ سیل میں 1/2حصہ بانٹتا ہے۔

جسم کے مرکز میں واقع ایک ایٹم ایک مکمل حصہ کو یونٹ سیل میں بانٹتا ہے۔

1. ایک سادہ کیوبک بناوٹیں میں 8 کونے والے ایٹم ہوتے ہیں۔

تمام کونے والے ایٹموں/یونٹ سیل کا کل حصہ =(1/8)×8 = 1

سادہ مکعب میں ایٹم/یونٹ سیل کی تعداد = 1

2. ایک باڈی سینٹرڈ کیوبک بناوٹیں میں 8 کونے والے ایٹم اور یونٹ سیل کے مرکز میں ایک ایٹم ہوتا ہے۔

فی یونٹ سیل کے تمام کونے والے ایٹموں کا کل حصہ =(1/8) × 8 = 1 جسم کے مرکز میں ایک ایٹم کا حصہ = 1

اڈی سینٹرڈ کیوب میں فی یونٹ سیل کے ایٹموں کی تعداد = 1 + 1 = 2

3. چہرے کے مرکز والے کیوبک بناوٹیں میں ایک یونٹ سیل میں 8 کونے والے ایٹم اور 6 چہرے کے مرکز والے ایٹم ہوتے ہیں۔

کونے/یونٹ سیل پر ایٹموں کا کل حصہ =(1/8) ×8=1 تمام چہروں/یونٹ سیل پر ایٹموں کا کل حصہ =(1/2) ×6=3

چہرے کے مرکز مکعب میں ایٹم/یونٹ سیل کی تعداد = 1 + 3 = 4

اٹامک پیکنگ فیکٹر (APF)

ایک یونٹ سیل میں ایٹموں کے زیر قبضہ جگہ کا حصہ ایٹم پیکنگ فیکٹر کے نام سے جانا جاتا ہے۔ یہ یونٹ سیل میں ایٹموں کے زیر قبضہ کل حجم اور یونٹ سیل کے کل دستیاب حجم کا تناسب ہے۔

سادہ کیوبک بناوٹ (SC)

یونٹ سیل کے آٹھوں کونوں میں سے ہر ایک پر صرف ایک جالی نقطہ ہے۔ ایک سادہ کیوبک بناوٹیں میں ایک ایٹم چھ مساوی پڑوسیوں سے گھرا ہوا ہے۔ اس لیے کو آرڈینیشن نمبر 6 ہے۔ چونکہ کونے میں موجود ہر ایٹم کو 8 یونٹ سیلز کے ذریعے شیئر کیا جاتا ہے، اس لیے ایک یونٹ سیل میں ایٹموں کی کل تعداد (1/8) × 8 = 1 ہے۔ قریب ترین پڑوسی کا فاصلہ '2r' دو قریبی پڑوسی ایٹموں کے مراکز کے درمیان فاصلہ ہے۔

قریب ترین پڑوسی فاصلہ 2r = a فی یونٹ سیل میں جعلی پوائنٹس کی تعداد = 1 یونٹ سیل میں تمام ایٹموں کا حجم $v = \pi r^3$

یونٹ سیل کا حجم $= V = a^3 = (2r)^3$

$$\text{Packing factor is P.F} = \frac{v}{V} = \frac{4\pi r}{3\times 8r^3} = \frac{\pi}{6} = 0.52 = 52\%$$

باڈی سینٹرڈ کیوبک بناوٹ :(BCC)

BCC بناوٹیں میں آٹھ ایٹم آٹھ کونوں پر موجود ہوتے ہیں اور ایک ایٹم مرکز میں ہوتا ہے۔ کو آرڈینیشن نمبر 8 ہے۔ فی یونٹ

سیل ایٹموں کی تعداد=[8×(8/1)]+1 = 2ہے

The lattice constant is

$(AB)^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$

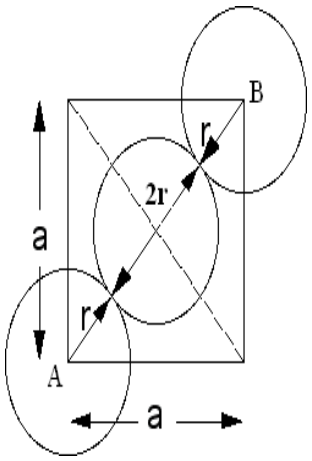
$(AC)^2 = (AB)^2 + (BC)^2$

$3a^2 = a^2 + 2a^2 = (4r)^2$

Lattice constant $a = 4r/\sqrt{3}$

چہرہ مرکز کیوبک بناوٹ:(FCC)

ایف سی سی بناوٹیں میں آٹھ ایٹم یونٹ سیل کے کونوں میں ہوتے ہیں اور چھ ایٹم چھ چہروں کے مرکز میں موجود ہوتے ہیں۔ مرکز ایٹم 12 پوائنٹس سے گھرا ہوا ہے۔ کوآرڈینیشن نمبر 12 ہے۔ ہر کونے کا ایٹم 8 یونٹ سیلز کے ذریعے شیئر کیا جاتا ہے اور چہرے کے مرکز والے ایٹم کو 2 ارد گرد کے یونٹ سیلز کے ذریعے شیئر کیا جاتا ہے۔ فی یونٹ سیل کے ایٹموں کی تعداد چہرے کے مرکز والے مکعب کا ایٹمی رداس ہے۔



شکل(3.1)

Atomic radius of face centered cube

AB= 4r

$(AB)^2 =$

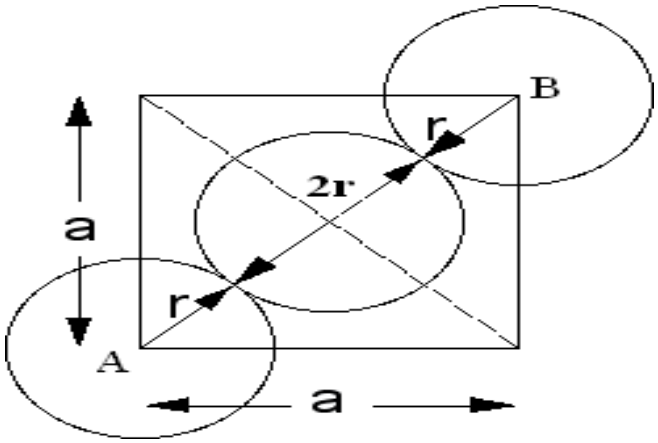
$a^2+a^2 =(4r)^2$

$= 2a^2$

Lattice Constant $a = \frac{4r}{\sqrt{2}}$

Nearest neighbor distance $2r = \frac{a}{2}$

Volume of all the atoms in unit cell v = $4*(4/3)\pi r^3$



شکل(3.2)

Volume of unit cell V = $a^3 = 64r^3/2\sqrt{2}$

∴ The packing factor =v/V =$\sqrt{2}\pi/6$ = 74%

Parameters	SC	BCC	FCC
Co-ordination number	6	8	12
Atomic Radius (r)	$a/2$	$\sqrt{3}a/4$	$\sqrt{2}a/4$
Atoms per unit cell	1	2	4
Atomic packing factor	$\pi/6$	$3\pi/8$	$2\pi/6$

3.3 ہیکسا گونل بند پیکڈ بناوٹ (Hexagonal Closed Packed Structure)

a. یہ ایٹموں کی تین تہوں پر مشتمل ہے۔

b. نیچے کی تہہ میں چھ کونے والے ایٹم اور ایک چہرہ مرکز والا ایٹم ہے۔

c. درمیانی تہہ میں تین مکمل ایٹم ہوتے ہیں۔

d. اوپری تہہ میں چھ کونے والے ایٹم اور ایک چہرہ مرکز والا ایٹم ہوتا ہے۔

e. ہر کونے کا ایٹم اپنے حصے کا 1/6 حصہ ایک یونٹ سیل میں دیتا ہے۔

f. اوپری اور نیچے کی دونوں تہوں کے کونے والے ایٹموں کے تعاون سے کل ایٹموں کی تعداد 1/6 2 = 12 ہے۔

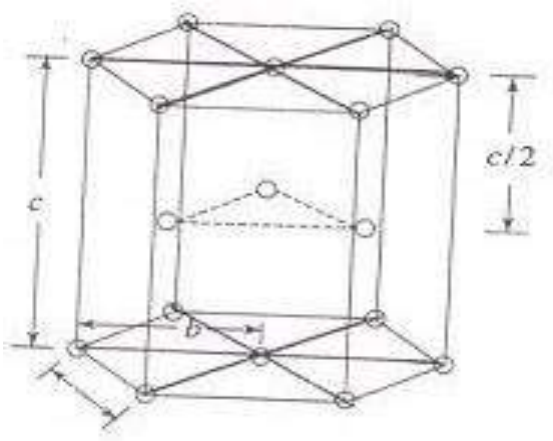
g. چہرے کا مرکز ایٹم اپنے حصے کا 1/2 حصہ ایک یونٹ سیل میں دیتا ہے۔

h. چونکہ چہرے کے مرکز میں 2 ایٹم ہوتے ہیں، ایک اوپر اور دوسرا نیچے کی تہوں میں، اس لیے ایٹموں کی تعداد نے حصہ لیا

i. بذریعہ چہرہ مرکز ایٹم 1/12 = 2 ہے۔

j. ان ایٹموں کے علاوہ، درمیانی تہہ میں 3 مکمل ایٹم ہیں۔

HCP یونٹ سیل میں موجود ایٹموں کی کل تعداد 2+1+3 = 6 ہے۔



شکل (3.3)

کوآرڈینیشن نمبر (CN)

a. چہرے کا مرکز ایٹم اپنے جہاز میں 6 کونے والے ایٹموں کو چھوتا ہے۔

b. درمیانی تہہ میں 3 ایٹم ہوتے ہیں۔

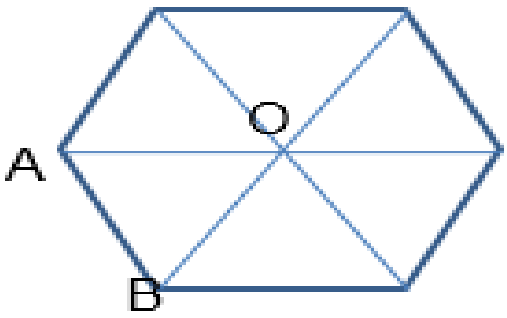
c. تین اور ایٹم ہیں، جو یونٹ سیل کی درمیانی تہہ میں ہیں۔

c. اس لیے قریب ترین پڑوسیوں کی کل تعداد 6+3+3=12 ہے۔

اٹامک ریڈیئس (R)

a. کسی بھی دو کونے والے ایٹم پر غور کریں۔

b. ہر کونے کا ایٹم ایک دوسرے کو چھوتا ہے۔ لہٰذا 2r = a۔ یعنی، جوہری رداس، r = a/2

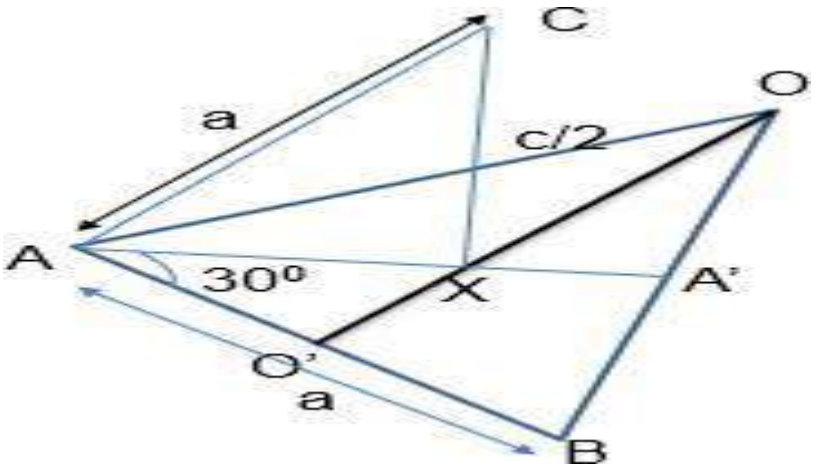


شکل(3.4)

$$APF = v/V$$

$$v = 6 \times 4/3\ \pi r^3$$

Substitute $r = a/2$



شکل(3.5)

$$V = \frac{3\sqrt{3}a^2}{2} \times c$$

$$\therefore APF = \frac{v}{V} = \frac{\pi a^3}{\frac{3\sqrt{3}\ a^2\ c}{2}}$$

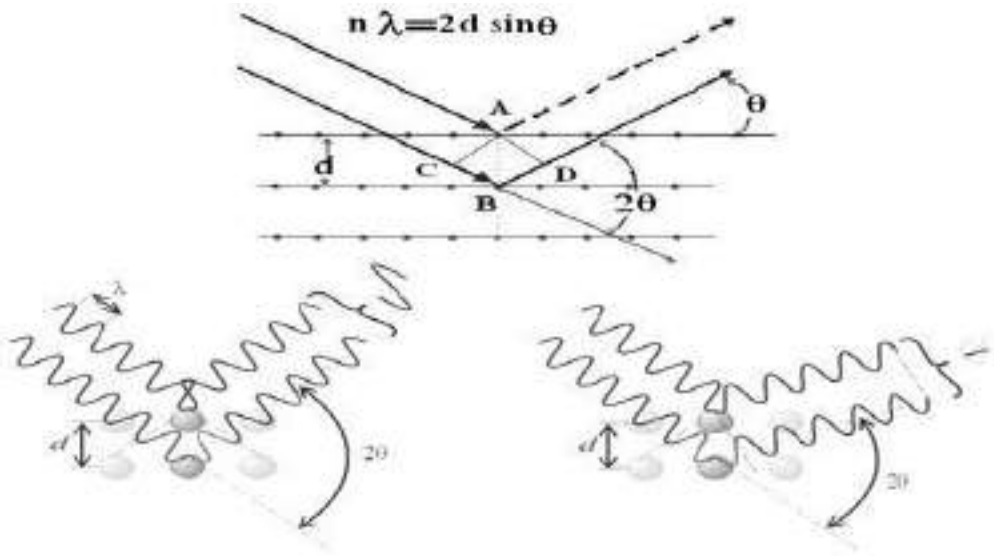
$$\therefore APF = \frac{2\pi a^3}{3\sqrt{3}a^2 c} = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}}\ \frac{a}{c}$$

$$APF = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}}\ \sqrt{\frac{3}{8}}$$

$$= \frac{2\pi}{3\sqrt{3}}\ \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}$$

$$\therefore APF = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0.74$$

3.4 بریگ کا قانون (Bragg's Law)



شکل (3.6)

a. متوازی طیاروں کے ایک سیٹ پر غور کریں جسے Bragg's Planes کہتے ہیں۔ ہر ایٹم بکھرنے والے مرکز کے طور پر کام کر رہا ہے۔ مخصوص زاویوں پر منعکس بیم کی شدت ہو گی۔

b. زیادہ سے زیادہ جب دو ملحقہ طیاروں سے دو عکاس موجیں کے درمیان راستے کا فرق λ کا ایک لازمی ضرب ہو۔

c. آیئے دو ملحقہ طیاروں کے درمیان فاصلہ بنیں، 'λ واقعے کے ایکسرے کی طول موج ہو، θ نظر آنے والا زاویہ ہو۔ A اور B پر منعکس ہونے والی شعاعوں کے درمیان راستے کا فرق بذریعہ دیا گیا ہے۔

$$d \sin\theta + d \sin\theta = 2d\sin\theta = CB + BD =$$

d. منعکس روشنی کی شدت کے زیادہ سے زیادہ ہونے کے لیے، راستے کا فرق $n\lambda^2 = d\sin\theta$، جہاں 'n' بکھرنے کی ترتیب ہے۔ اسے بریگ کا قانون کہا جاتا ہے۔

3.5 بریگ کا ایکس رے سپیکٹرومیٹر (Bragg's x-ray spectrometer)

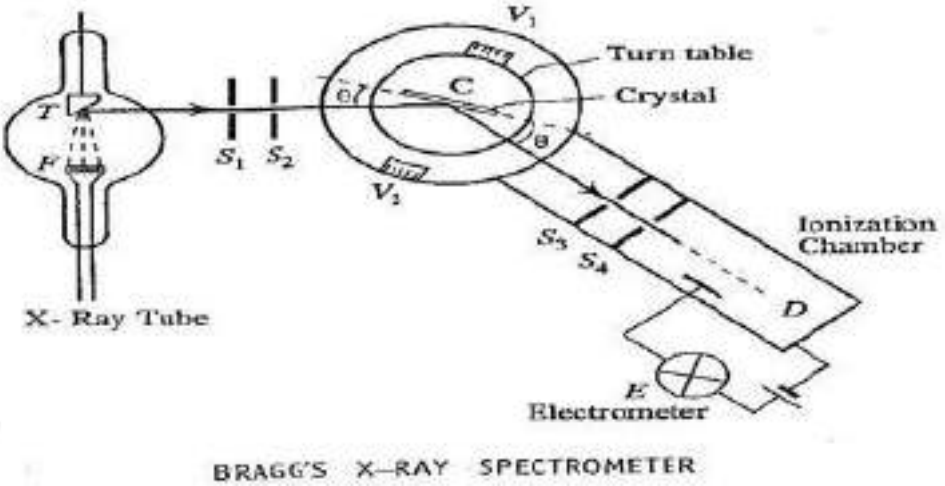
بریگ کا ایکسرے سپیکٹرومیٹر:

بریگ کے ایکس رے سپیکٹرومیٹر کا اسکیمیٹک خاکہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔ یہ جالی مستقل اور انٹر پلانر فاصلہ 'd' کا تعین کرنے کے لیے استعمال ہوتا ہے۔ اس میں

1) ایکس رے کا ذریعہ ہے۔

2) ایک کرسٹل ایک سرکلر ٹیبل پر لگایا گیا ہے جس میں اسکیل اور ورنیئر فراہم کیا گیا ہے۔

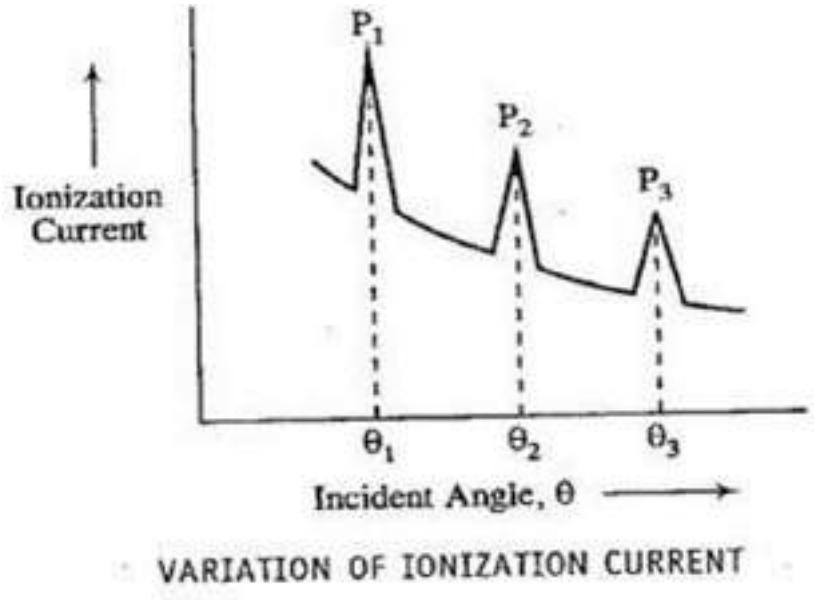
3) آئنائزیشن چیمبر۔



شکل(3.7)

سلٹس S1 اور S2 سے گزرنے کے بعد ایکس رے کی ایک کولیمیٹڈ شہتیر کو سرکلر ٹیبل پر نصب کرسٹل C پر گرنے کی اجازت ہے۔ میز کو عمودی محور کے گرد گھمایا جاسکتا ہے۔ اس کی پوزیشن کو vernier V_1 سے ماپا جاسکتا ہے۔ ایک آئنائزیشن چیمبر میز کے ساتھ منسلک لمبے بازو پر طے کیا جاتا ہے۔ جس کی پوزیشن کو vernier v_2 سے ماپا جاتا ہے۔ ایک الیکٹرومیٹر آئنائزیشن چیمبر سے منسلک ہوتا ہے تاکہ کرسٹل سے مختلف ایکس رے کے ذریعہ تیار کردہ آئنائزیشن کرنٹ کی پیائش کی جاسکے۔ S_3 اور S_4 لیڈ سلٹس ہیں جس سے پھیلی ہوئی بیم کی چوڑائی کو محدود کیا جاتا ہے۔ یہاں ہم منتشر بیم کی شدت کی پیائش کرسکتے ہیں۔

اگر ایکس رے کرسٹل پر ایک زاویہ ' θ ' پر واقع ہوتے ہیں، تو منعکس شدہ شہتیر واقعہ بیم کے ساتھ ایک زاویہ 2θ بناتا ہے۔ لہذا آئنائزیشن چیمبر کو منعکس بیم حاصل کرنے کے لیے ایڈجسٹ کیا جاسکتا ہے جب تک کہ آئنائزیشن کرنٹ زیادہ سے زیادہ نہ ہو جائے۔ ایکس رے ڈفریکشن سپیکٹرم کا مطالعہ کرنے کے لیے مختلف واقعاتی زاویوں کے لیے آئنائزیشن کرنٹ کا ایک پلاٹ شکل میں دکھایا گیا ہے۔



VARIATION OF IONIZATION CURRENT

شکل(3.8)

θ کی مختلف اقدار کے لیے آئنائزیشن کرنٹ میں اضافہ ظاہر کرتا ہے کہ بریگ کا قانون n کی مختلف اقدار کے لیے مطمئن ہے۔ یعنی $2d\sin\theta = \lambda$ یا λ_2 یا λ_3 وغیرہ۔ چوٹیاں $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ وغیرہ پر P_1, P_2, P_3 وغیرہ کی شدت کے ساتھ دیکھی جاتی ہیں۔

یعنی $d\sin\theta_1 : 2d\sin\theta_2 : 2d\sin\theta_3 = \lambda : 2\lambda : 3\lambda$

کرسٹل انٹرپلانر اسپیسنگ 'd' کو $d\sin\theta = n\lambda_2$ کا استعمال کرتے ہوئے ماپا جاسکتا ہے۔

اگر d_1،d_2،d_3 کے لیے بالترتیب (100)،(110)اور(111) کے لیے بین پلانر اسپیسنگ۔

$$1:\frac{1}{\sqrt{2}}:\frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$1:\frac{1}{\sqrt{2}}:\frac{2}{\sqrt{3}}$$

$$1:\frac{2}{\sqrt{2}}:\frac{1}{\sqrt{3}}$$

3.6 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

نکل چہرے پر مرکوز کیوبک جالی میں کرسٹلائز کرتا ہے۔ اگر دھات کی کثافت 8.908 g/cm3 ہے، تو pm میں یونٹ سیل کے کنارے کی لمبائی کتنی ہے؟

حل: دیا گیا ہے

یہ مسئلہ اوپر کی طرح ہے، یہ صرف ایٹمک رداس کا تعین کرنے سے رک جاتا ہے۔

نی کے ایک ایٹم کی اوسط کمیت:

58.6934 g mol¯1 / 6.022 x 1023 ایٹم mol¯1 = 9.746496 x 10¯23 g/ایٹم

چہرے کے مرکز والے کیوبک یونٹ سیل میں 4 نکل ایٹموں کی کمیت:

(9.746496 x 10¯23 گرام/ایٹم ((4ایٹم/یونٹ سیل) = 3.898598 x 10¯22 گرام/یونٹ سیل

یونٹ سیل کا حجم حاصل کرنے کے لیے کثافت کا استعمال کریں:

3.898598 x 10¯22 g/8.908 g/cm3 = 4.376514 x 10¯23 cm3

یونٹ سیل کے کنارے کی لمبائی کا تعین کریں:

4.376514 x 10¯23cm33 = 3.524 x 10¯8 سینٹی میٹر

سینٹی میٹر کو شام میں تبدیل کریں:

سینٹی میٹر = 10^{-2} میٹر؛ pm = 10^{-12} میٹر

نتیجتاً، 10^{10} pm/cm ہیں۔

(3.524 x 10^{-8} سینٹی میٹر) 10^{10} pm/cm = 352.4 pm

حل شدہ مثال 2

کرپٹن 559 pm کنارے کے چہرے کے مرکز والے کیوبک یونٹ سیل کے ساتھ کرسٹلائز کرتا ہے۔

(a) ٹھوس کرپٹن کی کثافت کتنی ہے؟

(b) کرپٹن کا جوہری رداس کیا ہے؟

(c) ایک کرپٹن ایٹم کا حجم کیا ہے؟

(d) اگر ہر ایٹم کو سخت کرہ تصور کیا جائے تو یونٹ سیل کا کتنا فیصد خالی جگہ ہے؟

حل: دیا گیا ہے کہ

(a) pm کو سینٹی میٹر میں تبدیل کریں:

سینٹی میٹر x 10¯8 5.59 = سینٹی میٹر (559 pm) (1 cm/ 1010 pm) = 559 x 10¯10

یونٹ سیل کے حجم کا حساب لگائیں:

3سینٹی میٹر x 10¯22 1.7468 = 3)سینٹی میٹر (5.59 x 10¯8

Kr کے ایک ایٹم کی اوسط کمیت:

mol¯1 = 1.39153 x 10¯22 gایٹم/83.798 g mol¯1 / 6.022 x 1023

چہرے کے مرکز والے کیوبک یونٹ سیل میں 4 کرپٹن ایٹموں کی کمیت:

گرام x 10¯22 5.566) = 4) (گرام (1.39153 x 10¯22

کثافت کا حساب لگائیں (مرحلہ 4 سے قدر کو مرحلہ 2 سے قدر سے تقسیم کیا گیا):

x 10¯22 cm3 = 3.19 g/cm3 1.7468/گرام x 10¯22 5.566

(b) پائتھاگورین تھیوریم استعمال کریں (بحث کے لیے مسئلہ نمبر 1 دیکھیں):

r = d /8 دو متبادل فارمولیشنوں میں سے ایک

8/ سینٹی میٹر $r = 5.59 \times 10^{-8}$ /

سینٹی میٹر $r = 1.98 \times 10^{-8}$

(c)

$V = (4/3)\,\pi\, r^3$

سینٹی میٹر $V = (4/3)(3.14159)(1.98 \times 10^{-8}$

$V = 3.23 \times 10^{-23}\ cm^3$

(d)

1 یونٹ سیل میں 4 ایٹموں کے حجم:

$(3.23 \times 10^{-23}\ cm^3)(4) = 1.29 \times 10^{-22}\ cm^3$

Kr سے نہ بھرے ہوئے سیل کے حجم:

$1.7468 \times 10^{-22}\ cm^3 - 1.29 \times 10^{-22}\ cm^3 = 4.568 \times 10^{-23}\ cm^3$

٪ 3 خالی جگہ کا حساب لگائیں:

$4.568 \times 10^{-23}\ cm^3 \ / \ 1.7468 \times 10^{-22}\ cm^3 = 0.2615$

٪26.15

حل شدہ مثال 3

دھاتی چاندی چہروں پر مرکوز کیوبک جالی میں L کے ساتھ یونٹ کیوب کے ایک کنارے کی لمبائی کے طور پر کرسٹلائز ہوتی ہے۔ چاندی کے قریب ترین ایٹموں کے درمیان مرکز سے مرکز کا فاصلہ کیا ہے؟

L/2(a)

2½ L(b)

2L (c)

L/2½(d)

(e) مندرجہ بالا جوابات میں سے کوئی بھی درست نہیں ہے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

مرکز سے مرکز کا فاصلہ d = ۔ ان میں سے دو چہرے ترچھے ہیں۔ لہذا، پائتھاگورین تھیوریم کے مطابق:

$L^2 + L^2 = (2d)^2$

$2L^2 = 4d^2$

$(L^2) / 2 = d^2$

$L / 2^{½} = d$

Answer choice (d).

3.7 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- . سادہ کیوبک بناوٹ:**SC**یونٹ سیل کے آٹھوں کونوں میں سے ہر ایک پر صرف ایک جالی نقطہ ہے۔ ایک سادہ کیوبک بناوٹیں میں ایک ایٹم چھ مساوی پڑوسیوں سے گھرا ہوا ہے۔ اس لیے کو آرڈینیشن نمبر 6 ہے۔ چونکہ کونے میں موجود ہر ایٹم کو 8 یونٹ سیلز کے ذریعے شیئر کیا جاتا ہے، اس لیے ایک یونٹ سیل میں ایٹوں کی کل تعداد $(1/8) \times 8 = 1$ ہے۔
- باڈی سینٹرڈ کیوبک بناوٹ **BCC** :بناوٹیں میں آٹھ ایٹم آٹھ کونوں پر موجود ہوتے ہیں اور ایک ایٹم مرکز میں ہوتا ہے۔ کو آرڈینیشن نمبر 8 ہے۔ فی یونٹ سیل ایٹوں کی تعداد $=[8\times(1/8)]+1 = 2$ ہے
- . چہرہ مرکز کیوبک بناوٹ**(FCC)** : ایف سی سی بناوٹیں میں آٹھ ایٹم یونٹ سیل کے کونوں میں ہوتے ہیں اور چھ ایٹم چھ چہروں کے مرکز میں موجود ہوتے ہیں۔ مرکز ایٹم 12 پوائنٹس سے گھرا ہوا ہے۔ کو آرڈینیشن نمبر 12 ہے۔ ہر کونے کا ایٹم 8 یونٹ سیلز کے ذریعے شیئر کیا جاتا ہے اور چہرے کے مرکز والے ایٹم کو 2 ارد گرد کے یونٹ سیلز کے ذریعے شیئر کیا جاتا ہے۔
- منعکس روشنی کی شدت کے زیادہ سے زیادہ ہونے کے لیے، راستے کا فرق $d\sin\theta = n\lambda_2$، جہاں **'n'** بکھرنے کی ترتیب ہے۔ اسے بریگ کا قانون کہا جاتا ہے۔

3.8 کلیدی الفاظ(Keywords)

- **خلائی جالی:** خلائی جالی دوسری صورت میں کرسٹل جالی کہلاتی ہے
- **کرسٹل لائن سالڈز:** کسی مادے کو کرسٹل کہا جاتا ہے جب مادے کی اکائیوں کی ترتیب باقاعدہ اور متواتر ہو۔
- **چہرہ مرکز کیوبک بناوٹ:FCC**ایف سی سی بناوٹیں میں آٹھ ایٹم یونٹ سیل کے کونوں میں ہوتے ہیں اور چھ ایٹم چھ چہروں کے مرکز میں موجود ہوتے ہیں۔
- **باڈی سینٹرڈ کیوبک بناوٹBCC :** بناوٹیں میں آٹھ ایٹم آٹھ کونوں پر موجود ہوتے ہیں اور ایک ایٹم مرکز میں ہوتا ہے۔

3.9 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

3.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. سیسہ ایک دھاتی کرسٹل ہے جس کی ساخت _____ ہوتی ہے۔

a)ایف سی سی

b)بی سی سی

c)ایچ سی پی

d)ٹی سی پی

2. مندرجہ ذیل میں سے کس کا HCP کرسٹل بناوٹ ہے؟

a) ڈبلیو

b) Mo

c) کروڑ

d) Zr

3. بے ساختہ ٹھوس کی ساخت _____ ہوتی ہے۔

a) باقاعدہ

b) خطی

c) فاسد

d) ڈینڈریٹک

4. مندرجہ ذیل میں سے کون سا غیر دھاتی کرسٹل کی خاصیت ہے؟

a) انتہائی لچکدار

b) کم ٹوٹنے والا

c) کم برقی چالکتا

d) ایف سی سی بناوٹ

5. مندرجہ ذیل میں سے کون سا مواد نہیں ہے؟

a) ایک گلاس

b) پلاسٹک

c) لیڈ

d) ربڑ

6. ایک کیوبک کلوز پیکڈ بناوٹیں میں فی ایٹم کتنے آکٹہیڈرل voids ہوتے ہیں؟

a) 3

b) 1

c) 4

d) 2

7. چہرے کے مرکز کیوبک fcc جالی میں کتنے یونٹ سیل ایک یونٹ سیل کا اشتراک کرتے ہیں؟

a. 4

b. 2

c. 8

d. 6

8. کس قسم کا کرسٹل کیشن اور اینیون کے امتزاج سے بنتا ہے؟

a. دھاتی

b. آئنک

c. ڈوپول-ڈپول

d. ہم آہنگی

8.بی سی سی (باڈی سینٹر ڈ کیوبک) یونٹ سیل میں خالی جگہ کا فیصد کیا ہے؟

a)28٪

b)34٪

c)32٪

d)30٪

3.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. کو آرڈینیشن نمبر کی وضاحت کریں اور کیوبک جالی کے جالی مستقل کی وضاحت کریں ؟
2. ایٹم پیکنگ فیکٹر کی وضاحت کریں۔SC ، BCC اور FCC کے معاملے میں APF کی وضاحت کریں ۔
3. اٹامک پیکنگ فیکٹر (APF) کیا ہے؟اسے دکھائیں APFSC > APFBCC > APFFCC :
4. کو آرڈینیشن نمبر اور ایٹم پیکنگ فیکٹر کی وضاحت کریں اور سادہ کیوبک،بی سی سی اور ایف سی سی کے بناوٹیں لیے ان کا تعین کریں
5. کچھ کرسٹل سسٹمز کے سیل خواص کے تقابلی تجزیہ کے لیے چارٹ تیار کریں۔
6. راک نمک اور ڈائمنڈ کیوبک بناوٹیں کی وضاحت کریں۔
7. کامپٹن شفٹ کے لیے ایک اظہار اخذ کریں جس میں بکھرنے کے زاویہ پر انحصار ظاہر ہوتا ہے۔
8. بریگ کے سپیکٹرومیٹر کے بارے میں مختصراً بیان کریں۔
9. کرسٹل کے ذریعے ایکس رے کے پھیلاؤ کے لیے بریگ کا قانون اخذ کریں۔ بریگ کے ایکسرے سپیکٹرومیٹر کی وضاحت کریں۔
10. کرسٹل طیاروں کے ذریعے ایکس رے کی عکاسی کے لیے بریگ کی مساوات اخذ کریں۔

11. لاؤ کے ایکس رے ڈفریکشن تجربے کے نتائج کیا ہیں؟
12. کومپٹن اثر کیا ہے؟ کامپٹن شفٹ اور بکھرے ہوئے فوٹون کی طول موج کے لیے ایک اظہار اخذ کریں؟
13. وضاحت کریں کہ مرئی روشنی کے ساتھ کامپٹن شفٹ کیوں نہیں دیکھی جاتی؟

3.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. کوآرڈینیشن نمبر کی وضاحت کریں اور کیوبک جالی کے جالی مستقل کی وضاحت کریں۔
2. ایٹم پیکنگ فیکٹر کی وضاحت کریں۔SC ، BCC اور FCC کے معاملے میں APF کی وضاحت کریں۔
3. کوآرڈینیشن نمبر اور ایٹم پیکنگ فیکٹر کی وضاحت کریں اور سادہ کیوبک، بی سی سی اور ایف سی سی کے بناوٹیں لیے ان کا تعین کریں
4. کچھ کرسٹل سسٹمز کے سیل خواص کے تقابلی تجزیہ کے لیے چارٹ تیار کریں۔
5. راک نمک اور ڈائمنڈ کیوبک بناوٹیں کی وضاحت کریں۔
6. کامپٹن شفٹ کے لیے ایک اظہار اخذ کریں جس میں بکھرنے کے زاویہ پر انحصار ظاہر ہوتا ہے۔
7. بریگ کے سپیکٹرومیٹر کے بارے میں مختصراً بیان کریں۔
8. کرسٹل کے ذریعے ایکس رے کے پھیلاؤ کے لیے بریگ کا قانون اخذ کریں۔ بریگ کے ایکسرے سپیکٹرومیٹر کی وضاحت کریں۔
9. کرسٹل طیاروں کے ذریعے ایکس رے کی عکاسی کے لیے بریگ کی مساوات اخذ کریں۔
10. لاؤ کے ایکس رے ڈفریکشن تجربے کے نتائج کیا ہیں؟
11. کومپٹن اثر کیا ہے؟ کامپٹن شفٹ اور بکھرے ہوئے فوٹون کی طول موج کے لیے ایک اظہار اخذ کریں؟
12. وضاحت کریں کہ مرئی روشنی کے ساتھ کامپٹن شفٹ کیوں نہیں دیکھی جاتی؟

3.9.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. آپ کو نامعلوم دھات کی ایک چھوٹی سی بار دی جاتی ہے۔ آپ کو دھات کی کثافت 11.5 g/cm^3 معلوم ہوتی ہے۔ ایکس رے کے پھیلاؤ کا تجربہ 4.06 $x\ 10^{-10}$ میٹر کے طور پر چہرے پر مرکز کیوبک یونٹ سیل کے کنارے کی پیمائش کرتا ہے۔ اس دھات کا گرام جوہری وزن تلاش کریں اور عارضی طور پر اس کی شناخت کریں۔
2. نامعلوم دھات کی کثافت 2.64 g/cm^3 ہے اور اس کا جوہری رداس 0.215 nm ہے۔ اس میں ایک چہرہ مرکز کیوبک جالی ہے۔ اس کے جوہری وزن کا تعین کریں۔

3. ایلومینیم چہرے پر مرکوز کیوبک یونٹ سیل میں کرسٹلائز ہوتا ہے اور اس کا جوہری رداس 143 بجے ہوتا ہے۔ ایلومینیم کی کثافت کیا ہے؟

4. ایک دھات چہرے پر مرکوز کیوبک بناوٹیں میں کرسٹلائز ہوتی ہے اور اس کی کثافت 11.9 $g\ cm^{-3}$ ہوتی ہے۔ اگر دھاتی ایٹم کا رداس 138 بجے ہے، تو دھات کی سب سے زیادہ ممکنہ شناخت کیا ہے؟

5. مساوی طیارے اور سمتیں۔

a) ٹیٹراگونل سسٹم میں کون سے طیارے (100) کے برابر ہیں؟

b) ٹیٹراگونل سسٹم میں کون سے طیارے (210) کے برابر ہیں؟

c) ٹیٹراگونل سسٹم میں کون سی سمتیں [120] کے مساوی ہیں؟

3.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. X-Ray Structure Determination by George H. Stout; Lyle H. Jensen.
2. Crystal Structure Refinement by P. Müller; A. L. Spek; T. R. Schneider; M. R. Sawaya; R. Herbst-Irmer. ISBN: 0198570767.
3. Fundamentals of Crystallography by C. Giacovazzo; H. L. Monaco; G. Artioli; D. Viterbo;

اکائی4۔ سیمی کنڈکٹنگ مواد

(Semiconducting Materials)

اکائی کے اجزا

4.0		تمہید
4.1		مقاصد
4.2		سیمی کنڈکٹر کی اقسام
4.3		کیریئر (الیکٹران اور سوراخ) اندرونی سیمک کنڈکٹر کا ارتکاز
4.4		سیمی کنڈکٹر کے بینڈ گیپ کا تجرباتی تعین
4.5		ہال اثر
4.6		حل شدہ مثالیں
4.7		اکتسابی نتائج
4.8		کلیدی الفاظ
4.9		نمونہ امتحانی سوالات
	4.9.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
	4.9.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
	4.9.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
	4.9.4	غیر حل شدہ سوالات
4.10		تجویز کردہ اکتسابی مواد

4.0 تمہید (Introduction)

عام ہال اثر کی اصطلاح کا استعمال تعارف میں بیان کردہ اثر کو متعلقہ اثر سے ممتاز کرنے کے لیے کیا جا سکتا ہے جو صفر یا سیمی کنڈکٹر یا دھاتی پلیٹ میں سوراخ کے اس پار ہوتا ہے جب کرنٹ کو ان رابطوں کے ذریعے لگایا جاتا ہے جو صفر کی باؤنڈری یا کنارے پر ہوتے ہیں۔ پھر چارج صفر سے باہر، دھات یا سیمی کنڈکٹر مواد کے اندر بہتا ہے۔ اثر قابل مشاہدہ ہو جاتا ہے، ایک کھڑے مقناطیسی میدان میں، جیسا کہ ایک ہال وولٹیج ایک لائن کے دونوں طرف ظاہر ہوتا ہے جو کرنٹ کے رابطوں کو جوڑتا ہے۔ یہ صرف منسلک نمونے میں ہونے والے "عام" اثر کے مقابلے میں ظاہری نشانی الٹ کو ظاہر کرتا ہے۔ یہ صرف صفر کے اندر سے لگائے جانے والے کرنٹ پر منحصر ہے۔

4.1 مقاصد (Objectives)

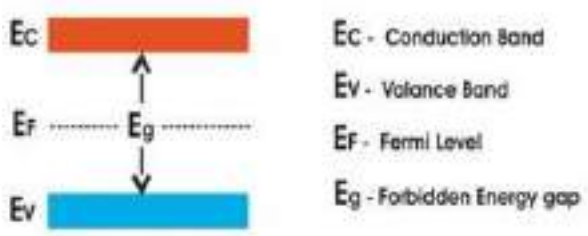
اس اکائی میں ہم:

- کیریئر (الیکٹران اور سوراخ) اندرونی سیمک کنڈکٹر کا ارتکاز کے بنیادی مفروضا تکو سمجھیں گیں۔
- سیمی کنڈکٹر کی اقسام سمجھیں گیں۔
- سیمی کنڈکٹر کے بینڈ گیپ کا تجرباتی تعین حاصل کریں گیں۔
- ہال اثر تفصیلی بحث کریں گیں۔

4.2 سیمی کنڈکٹر کی اقسام (Types of Semiconductor)

سیمی کنڈکٹرز کو دو اقسام میں تقسیم کیا گیا ہے۔ اندرونی سیمی کنڈکٹرز اور خارجی سیمی کنڈکٹرز۔

اندرونی سیمی کنڈکٹر: ایک انتہائی خالص شکل میں ایک سیمی کنڈکٹر کو اندرونی سیمی کنڈکٹر کے نام سے جانا جاتا ہے۔ خالی کنڈکشن بینڈ کو ممنوعہ توانائی کے فرق سے الگ کیا جاتا ہے مثلاً بھرے ہوئے والینس بینڈ سے۔ لہذا مطلق صفر k^0 پر، کوئی برقی ترسیل نہیں ہے۔ فرمی لیول والینس بینڈ اور کنڈکشن بینڈ کے درمیان میں ہے۔



4.1

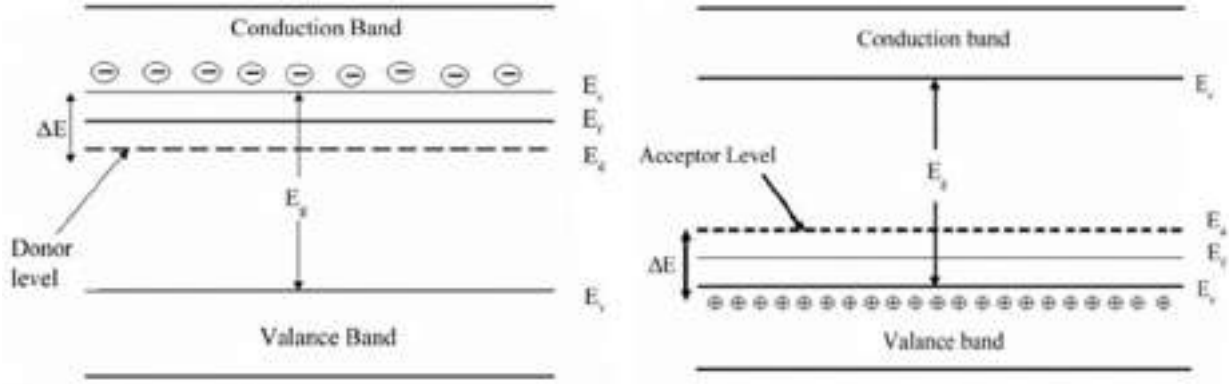
خارجی سیمی کنڈکٹرز: جب کسی اندرونی سیمی کنڈکٹر میں ناپاکی شامل کی جاتی ہے تو اس کی چالکتا بدل جاتی ہے۔ سیمی کنڈکٹر میں ناپاکی کو شامل کرنے کے اس عمل کو ڈوپنگ کہتے ہیں اور ناپاک سیمی کنڈکٹر کو خارجی سیمی کنڈکٹر کہا جاتا ہے۔ شامل کردہ ناپاکی کی قسم پر منحصر ہے، بیرونی سیمی کنڈکٹرز کو مزید n-type اور p-type سیمی کنڈکٹر کے طور پر درجہ بندی کیا جاتا ہے۔

این قسم کا سیمی کنڈکٹر

جب کسی اندرونی سیمی کنڈکٹر میں ناپاکی (الیکٹران) کو شامل کیا جاتا ہے تو اس کی چالکتا بدل جاتی ہے اور اسے این ٹائپ سیمی کنڈکٹر کہا جاتا ہے۔ یہ اضافی الیکٹران ایک نئی توانائی کی سطح بنا رہا ہے جسے ڈونر انرجی لیول کہتے ہیں اور یہ کنڈکشن بینڈ کے بالکل نیچے واقع ہے۔ فرمی لیول ڈونر انرجی لیول اور کنڈکشن بینڈ کے درمیان میں ہے۔

پی قسم کا سیمی کنڈکٹر

جب کسی اندرونی سیمی کنڈکٹر میں ناپاکی (سوراخ) کو شامل کیا جاتا ہے تو اس کی چالکتا بدل جاتی ہے اور اسے پی ٹائپ سیمی کنڈکٹر کہا جاتا ہے۔ یہ اضافی سوراخ ایک نئی توانائی کی سطح بنا رہا ہے جسے قبول کنندہ توانائی کی سطح کہا جاتا ہے اور یہ والینس بینڈ کے بالکل اوپر واقع ہے۔ فرمی لیول قبول کنندہ توانائی کی سطح اور ترسیل بینڈ کے درمیان میں ہے۔



n type and p type semiconductor

شکل (4.2)

4.3 کیریئر (الیکٹران اور سوراخ) اندرونی سیمک کنڈکٹر کا ارتکاز

(Carrier (Electron and Hole) Concentration of Intrinsic Semiconductor)

a. مطلق صفر درجہ حرارت پر، والینس بینڈ مکمل طور پر الیکٹرانوں کے زیر قبضہ ہوتا ہے لیکن کنڈکشن بینڈ مکمل طور پر خالی ہوتا ہے۔ مکمل طور پر بھرا ہوا بینڈ کرنٹ نہیں چلاتا۔ اس طرح، کم درجہ حرارت پر، خالص (اندرونی) سیمی کنڈکٹر برقی ترسیل کے لیے انتہائی اعلیٰ مزاحمت فراہم کرتا ہے۔

b. محدود درجہ حرارت پر، والینس بینڈ میں الیکٹران پر جوش ہو جاتے ہیں اور وہ کنڈکشن بینڈ میں چلے جائیں گے۔ اس طرح والینس بینڈ میں سوراخ پیدا ہوتے ہیں۔ کنڈکشن بینڈ میں الیکٹرانوں کے قبضے کے امکانات اور والینس بینڈ میں سوراخوں کو فرمی ڈسٹری بیوشن فنکشن کے ذریعے بیان کیا گیا ہے۔

جہاں، EF فرمی انرجی ہے۔

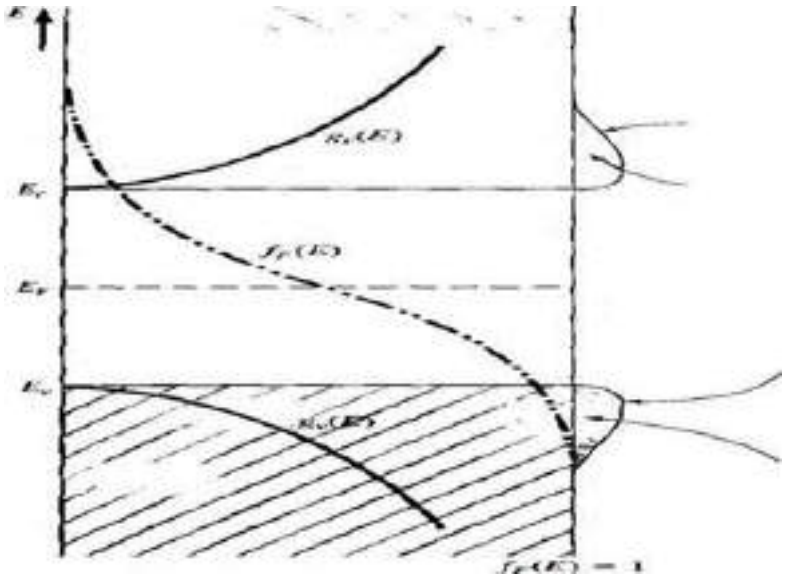
KB بولٹزمین کا مستقل ہے۔

T اندرونی سیمی کنڈکٹر کا درجہ حرارت ہے۔

ترسیل اور والینس بینڈ کی حالتوں کی کثافت۔

b. اندرونی سیمی کنڈکٹر کا الیکٹران کا ارتکاز

عام طور پر، بینڈ گیپ 1 eV (E−EF) کے آرڈر کا ہوتا ہے۔ نیچے الیکٹران کے لیے ترسیل بینڈ، =. کنڈکشن بینڈ میں دوسرے الیکٹرانوں کے لیے، یہ عنصر اب بھی زیادہ ہو گا۔ اس طرح، ڈینومینیٹر میں قدر + 1 نہ ہونے کے برابر ہے۔ اس قربت کو بولٹزمین اپروکسی میشن کہا جاتا ہے۔ (2) exp = ترسیل بینڈ میں الیکٹران کا ارتکاز ہے۔



Density of states of conduction and valence bandsof Intrinsic Semiconductor

شکل (4.3)

والینس بینڈ میں سوراخوں کا ارتکاز ہے، (4) = p = جہاں، Ne(E) کنڈکشن بینڈ کے قریب ریاستوں کی الیکٹران کثافت (الیکٹران کی فی یونٹ والیوم) ہے اور N_h (E) والینس بینڈ کے قریب ریاستوں کی سوراخ کی کثافت ہے۔ ایک اندرونی سیمی کنڈکٹر کے لیے، = n p۔ کنڈکشن بینڈ میں ریاستوں کی الیکٹران کثافت ہے۔ (5) − (E) = (E) جہاں کنڈکشن بینڈ میں الیکٹران کا موثر ماس ہے۔

4.4 سیمی کنڈکٹر کے بینڈ گیپ کا تجرباتی تعین

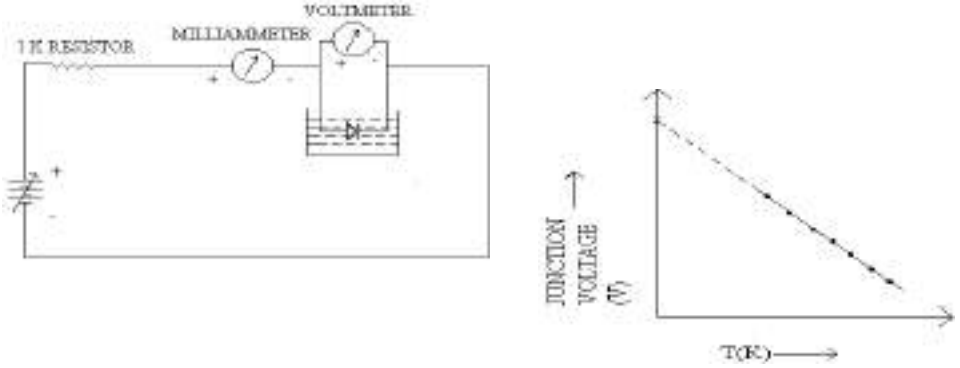
(Experimental Determination of Band Gap of a Semiconductor)

ڈایڈ کو تیل کے غسل میں ڈبو دیا جاتا ہے جسے بدلے میں ہیٹنگ مینٹل میں رکھا جاتا ہے۔ تیل کے راستے میں ایک تھرمامیٹر بھی اس طرح رکھا جاتا ہے کہ اس کا بلب صرف ڈائیوڈ کی اونچائی پر ہو۔ڈی سی پاور سپلائی سے حاصل ہونے والے ڈی سی وولٹیج کی مدد سے ڈائیوڈ کو الٹ بائیس کیا جاتا ہے اور ریورس ڈائیوڈ سے گزرنے والے کرنٹ کو ملی میٹر سے ناپا جاتا ہے۔اس تجربے کا سرکٹ ڈایا گرام شکل میں دکھایا گیا ہے۔

بجلی کی سپلائی آن ہے اور وولٹیج پانچ وولٹ کے مطابق ایڈجسٹ ہو رہی ہے۔ڈایڈ کے ذریعے کرنٹ اور کمرے کا درجہ حرارت نوٹ کیا جاتا ہے۔ بجلی کی فراہمی بند ہے اور ہیٹنگ مینٹل آن ہے۔ تیل کے غسل کو650 سینٹی گریڈ تک گرم کیا جاتا ہے۔ تیل کو اچھی طرح ہلایا جاتا ہے۔ تیل کے غسل کا درجہ حرارت750 سینٹی گریڈ کا کہنا ہے۔

بجلی کی سپلائی دوبارہ آن کر دی جاتی ہے اور وولٹیج کو5 **V**پر رکھا جاتا ہے۔ڈایڈ کے ذریعے درجہ حرارت **750C** کہتے ہیں اور متعلقہ کرنٹ کو نوٹ کیا جاتا ہے۔

اب تیل کے غسل کو آہستہ آہستہ ٹھنڈا ہونے دیا جاتا ہے۔ جیسے جیسے درجہ حرارت گرتا ہے،ڈائیوڈ کے ذریعے کرنٹ کم ہوتا جاتا ہے۔ مختلف درجہ حرارت (کوئی آسان وقفہ) کے لیے کرنٹ گرنے کو نوٹ کیا جاتا ہے۔



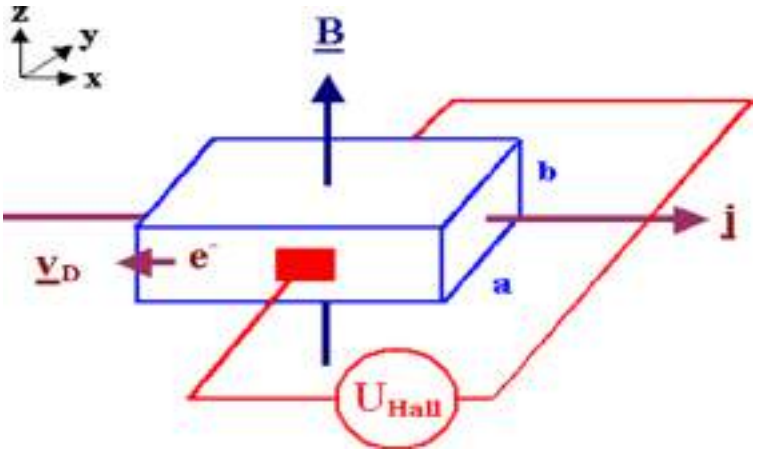
(a) Circuit diagram (b) Expermental graph

شکل(4.3)

حسابات مکمل ہو گئے ہیں اور **X-axis** پر1000 **T**/اور **-Y** محور پر لاگ I_0 لے کر ایک گراف تیار کیا گیا ہے۔ایک سیدھی لائن حاصل کی گئی ہے جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔ سیدھی لائن کی ست کا تعین کیا جاتا ہے اور اسے استعمال کرتے ہوئے درج ذیل مساوات کا استعمال کرتے ہوئے بینڈ گیپ کا حساب لگایا جاتا ہے۔

تجربہ کرتے وقت احتیاط برتی جائے کہ تیل کے غسل میں ڈائیوڈ اور تھرمامیٹر ایک ہی سطح پر رکھے جائیں۔ڈائیوڈ کا زیادہ سے زیادہ درجہ حرارت $800C^0$ سے زیادہ نہیں ہونا چاہیے۔کرنٹ اور درجہ حرارت کو پڑھنا ایک ساتھ لیا جاتا ہے۔

4.5 ہال اثر (Hall Effect)



شکل(4.4)

a. اس کی سب سے آسان شکل میں تجربہ کرنے کے لیے معیاری جیومیٹری درج ذیل ہے:

b. ایک مقناطیسی میدان B موجودہ سمت j کے لیے کھڑا ہوتا ہے، جس کے نتیجے میں ایک ممکنہ فرق (یعنی ایک وولٹیج) دونوں ویکٹروں کے دائیں زاویوں پر تیار ہوتا ہے۔

c. دوسرے لفظوں میں: ہال وولٹیج UHall کو B اور j پر کھڑا ناپا جائے گا۔دوسرے لفظوں میں: ایک برقی میدان EHall y-سمت میں تیار ہوتا ہے جو پہلے سے ہی ہال اثر کا نچوڑ ہے۔

d. ہال اثر ایک بہت مفید رجحان ہے اور اس میں مدد کرتا ہے۔

e. سیمی کنڈکٹر کی قسم کا تعین کریں۔

f. کیریئر کے ارتکاز کی پیائش کریں۔

g. حرکت پذیری کا تعین کریں (ہال کی نقل و حرکت)

h. مقناطیسی بہاؤ کی کثافت کی پیائش کریں۔

4.6 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

ایک سیمی کنڈکٹر میں Eg = 1.40 eV اور m* ہوتا ہے۔h = 0.5m0; m* e = 0.1m0 at T = 300°K۔

(a) اندرونی فرمی سطح کی پوزیشن کا حساب لگائیں، Ef، کے وسط کے حوالے سے بینڈ گیپ، midgap = Ei − Eg/2

حل: دیا گیا ہے

(a) اندرونی فرمی سطح کی پوزیشن کا حساب لگائیں، Ef، کے وسط کے حوالے سے بینڈ گیپ، Emidgap = Ei − Eg/2۔ اندرونی فرمی سطح کی تعریف بینڈ گیپ، درجہ حرارت اور کے لحاظ سے کی گئی ہے۔ مؤثر طور پر لے جانے والے ماس Ei − Ec − Ev 2 = دی گئی قدروں کا استعمال کرتے ہوئے، ہمیں معلوم ہوتا ہے کہ مرکز سے فرمی سطح کا فاصلہ فرق ہے 3 4 kT ln m* h m* e . Ei − Ec − Ev 2 = 3 4 0.0258 ln(5) = 0.750.02581.61 ≈ 0.0313eV (b) اندرونی کیریئر کی حراستی کا حساب لگائیں، ni

ریاستوں کی موثر کثافت کے لحاظ سے اندرونی کیریئر کا ارتکاز، Ncاور Nv اور بینڈ گیپ توانائی بطور ni = NcNv exp [−Eg/kT]۔ یاد کرتے ہوئے کہ ریاستوں کی موثر کثافتیں دی جاتی ہیں۔ Nc = 2 m* ekT 2π¯h 2 3/2 Nv = 2 m* h kT 2π¯h 2 3/2 ہم اسے ننگے الیکٹران کے لیے تلاش کرتے ہیں۔ N0 = 2 m0kT 2π¯h 2 3/2 = 2.61 × 1019 cm−3 مندرجہ بالا کا استعمال کرتے ہوئے، ہم اسے تلاش کرتے ہیں × ni ≈ (0.05)3/2 2.61 × 1019 × 2.61 × 1019 × exp(−0.70/0.0258) ≈ 4.8 × 106 cm−3

حل شدہ مثال 2

اگر T = 500°K میں Ec−Ef = 0.2eV GaAs پر، تو توازن بردار کی قدروں کی پیمائش کریں۔ ارتکاز، n اور p

حل: دیا گیا ہے

توازن بردار ارتکاز بذریعہ دیا جاتا ہے۔

n = Nc(T = 500°C) exp " − Ec − Ef kT | T = 500°C = 9.05 × 1015cm−3 کمرے کے درجہ حرارت پر GaAs کا بینڈ گیپ تقریباً 1.424 eV ہے۔ بطور Ec−Ef = 0.2eV، پھر Ef − Ev = 1.224eV اور ہم اندازہ کر سکتے ہیں۔

p = Nv exp − Ec − Ef kT = 7.56 × 106 cm−3

4.7 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- این قسم کا سیمی کنڈکٹر: جب کسی اندرونی سیمی کنڈکٹر میں ناپاکی (الیکٹران) کو شامل کیا جاتا ہے تو اس کی چالکتا بدل جاتی ہے اور اسے این ٹائپ سیمی کنڈکٹر کہا جاتا ہے۔ یہ اضافی الیکٹران ایک نئی توانائی کی سطح بنا رہا ہے جسے ڈونر انرجی لیول کہتے ہیں اور یہ کنڈکشن بینڈ کے بالکل نیچے واقع ہے۔ فرمی لیول ڈونر انرجی لیول اور کنڈکشن بینڈ کے درمیان میں ہے۔
- پی قسم کا سیمی کنڈکٹر: جب کسی اندرونی سیمی کنڈکٹر میں ناپاکی (سوراخ) کو شامل کیا جاتا ہے تو اس کی چالکتا بدل جاتی ہے اور اسے پی ٹائپ سیمی کنڈکٹر کہا جاتا ہے۔ یہ اضافی سوراخ ایک نئی توانائی کی سطح بنا رہا ہے جسے قبول کنندہ توانائی کی سطح کہا جاتا ہے اور یہ والینس بینڈ کے بالکل اوپر واقع ہے۔ فرمی لیول قبول کنندہ توانائی کی سطح اور ترسیل بینڈ کے درمیان میں ہے۔

4.8 کلیدی الفاظ (Keywords)

- **این قسم کا سیمی کنڈکٹر:** جب کسی اندرونی سیمی کنڈکٹر میں ناپاکی (الیکٹران) کو شامل کیا جاتا ہے تو اس کی چالکتا بدل جاتی ہے اور اسے این ٹائپ سیمی کنڈکٹر کہا جاتا ہے۔ یہ اضافی الیکٹران ایک نئی توانائی کی سطح بنا رہا ہے جسے ڈونر انرجی لیول کہتے ہیں اور یہ کنڈکشن بینڈ کے بالکل نیچے واقع ہے۔ فرمی لیول ڈونر انرجی لیول اور کنڈکشن بینڈ کے درمیان میں ہے۔
- **پی قسم کا سیمی کنڈکٹر:** جب کسی اندرونی سیمی کنڈکٹر میں ناپاکی (سوراخ) کو شامل کیا جاتا ہے تو اس کی چالکتا بدل جاتی ہے اور اسے پی ٹائپ سیمی کنڈکٹر کہا جاتا ہے۔ یہ اضافی سوراخ ایک نئی توانائی کی سطح بنا رہا ہے جسے قبول کنندہ توانائی کی سطح کہا جاتا ہے اور یہ والینس بینڈ کے بالکل اوپر واقع ہے۔ فرمی لیول قبول کنندہ توانائی کی سطح اور ترسیل بینڈ کے درمیان میں ہے۔

4.9 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

4.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. سیمی کنڈکٹر ڈایڈس غیر اوہمک کیوں ہیں؟
2. سیمی کنڈکٹر ڈائیوڈ کیسے کام کرتا ہے؟
3. پی ٹائپ اور این ٹائپ سیمی کنڈکٹر کیا ہے؟
4. سیمی کنڈکٹرز کی دو قسمیں کیا ہیں؟
5. سیمی کنڈکٹر ڈایڈس کو _____ کے طور پر استعمال کیا جاسکتا ہے۔

a) oscillator

b) یمپلیفائر

c) درست کرنے والا

d) ماڈیولیٹر

6. پہلا سیمی کنڈکٹر ڈائیوڈ کس نے بنایا؟

a) فرڈیننیڈ براؤن

b) سر آئزک نیوٹن

c) جارج سائمن اوہم

d) جان امبروز فلیمنگ

7. پی این جنکشن کس نے دریافت کیا؟

a) ماہر طبیعیات فرڈیننیڈ براؤن

b) سر آئزک نیوٹن

c) جارج سائمن اوہم

d) رسل اوہل

8. سیمی کنڈکٹر ڈایڈس کے استعمال کیا ہیں؟

4.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. سیمی کنڈکٹرز کی خصوصیات کی وضاحت کریں۔
2. سیمی کنڈکٹرز میں فرمی لیول کے کردار کا تجزیہ کریں۔
3. سیمی کنڈکٹرز کی اقسام کی درجہ بندی کریں۔
4. پی اور این ٹائپ سیمی کنڈکٹرز کا موازنہ کریں۔
5. فرمی سطح میں درجہ حرارت کے کردار کا اندازہ لگائیں۔
6. بینڈ گیپ اور اس پر منحصر عوامل کو واضح کریں۔
7. ہال اثر کو روشن کریں اور اس کی اپیلی کیشنز کا ذکر کریں۔
8. خالص سیمی کنڈکٹر میں الیکٹران اور سوراخ کے ارتکاز کا اظہار لکھیں اور اس کی اہم تبدیلیوں کا ذکر کریں۔
9. اندرونی اور خارجی سیمی کنڈکٹرز کا انرجی بینڈ پروفائل بنائیں۔
10. پی اور این ٹائپ سیمی کنڈکٹرز کا بینڈ پروفائل بنائیں اور اس کی وضاحت کریں۔
11. سیمی کنڈکٹر کے استعمال کا ان کی خصوصیات کی بنیاد پر تجزیہ کریں۔

4.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. اندرونی سیمی کنڈکٹرز میں الیکٹران کی کثافت کا اظہار نکالیں۔
2. اندرونی سیمی کنڈکٹرز میں الیکٹران اور سوراخ کی کثافت کے اظہار کا اندازہ لگائیں اور اپنا تبصرہ کریں۔
3. اندرونی سیمی کنڈکٹر میں فرمی لیول تفویض میں درجہ حرارت کے کردار کا دفاع کریں۔
4. n قسم کے سیمی کنڈکٹر کے کیریئر کی حراستی کا اندازہ لگائیں۔
5. پی قسم کے سیمی کنڈکٹر کے کیریئر کی حراستی کا اندازہ لگائیں۔
6. توانائی کے فرق کو تلاش کرنے کے طریقہ کار کا تجزیہ کریں۔
7. ہال وولٹیج کے لحاظ سے ہال کا گتانک حاصل کریں۔

4.9.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. آپ کو نامعلوم دھات کی ایک چھوٹی سی بار دی جاتی ہے۔ آپ کو دھات کی کثافت 11.5 g/cm^3 معلوم ہوتی ہے۔ ایکس رے کے پھیلاؤ کا تجربہ 4.06 x 10^{-10} میٹر کے طور پر چہرے پر مرکز کیوبک یونٹ سیل کے کنارے کی پیمائش کرتا ہے۔ اس دھات کا گرام جوہری وزن تلاش کریں اور عارضی طور پر اس کی شناخت کریں۔
2. نامعلوم دھات کی کثافت 2.64 g/cm^3 ہے اور اس کا جوہری رداس 0.215 nm ہے۔ اس میں ایک چہرہ مرکز کیوبک جالی ہے۔ اس کے جوہری وزن کا تعین کریں۔
3. ایک دھات چہرے پر مرکوز کیوبک بناوٹیں میں کرسٹلائز ہوتی ہے اور اس کی کثافت 11.9 $g\ cm^{-3}$ ہوتی ہے۔ اگر دھاتی ایٹم کا رداس 138 بجے ہے، تو دھات کی سب سے زیادہ ممکنہ شناخت کیا ہے؟

4.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. X-Ray Structure Determination by George H. Stout; Lyle H. Jensen..
2. Crystal Structure Refinement by P. Müller; A. L. Spek; T. R. Schneider; M. R. Sawaya; R. Herbst-Irmer. ISBN: 0198570767.
3. Fundamentals of Crystallography by C. Giacovazzo; H. L. Monaco; G. Artioli; D. Viterbo; G.
4. Semiconductor Materials-An Introduction to Basic Principles, Yacobi, B.G, 2003, Springer

اکائی 5۔ کوانٹم فزکس کی پیدائش

(Birth of Quantum Physics)

اکائی کے اجزا

5.0		تمہید
5.1		مقاصد
5.2		جدید طبیعیات کا تعارف
5.3		کوانٹم میکینکس
5.4		تختی کا کوانٹم نظریہ
5.5		فوٹو الیکٹرک اثر اور کوانٹم اثر
5.6		حل شدہ مثالیں
5.7		اکتسابی نتائج
5.8		کلیدی الفاظ
5.9		نمونہ امتحانی سوالات
	5.9.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
	5.9.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
	5.9.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
	5.9.4	غیر حل شدہ سوالات
5.10		تجویز کردہ اکتسابی مواد

5.0 تمہید (Introduction)

19 ویں صدی کے آخر میں، طبیعیات دان اس بات کی وضاحت کرنے سے قاصر تھے کہ بلیک باڈی ریڈی ایشن کا مشاہدہ شدہ سپیکٹرم، جو اس وقت تک درست طریقے سے ماپا جا چکا تھا، موجودہ نظریات کی پیش گوئی سے زیادہ تعدد پر نمایاں طور پر ہٹ گیا۔ 1900 میں، جرمن ماہر طبیعیات میکس پلانک نے یہ فرض کرتے ہوئے مشاہدہ شدہ سپیکٹرم کے لیے ایک فارمولہ اخذ کیا کہ ایک گہا میں ایک فرضی برقی چارج شدہ آسکیلیٹر جس میں بلیک باڈی ریڈی ایشن ہوتی ہے، اپنی توانائی کو صرف ایک کم سے کم اضافے میں تبدیل کر سکتا ہے، E، جو تعدد کے متناسب تھا۔ اس سے وابستہ برقی مقناطیسی موجکا۔ جب کہ پلانک نے اصل میں توانائی کو انکریمنٹس میں تقسیم کرنے کے مفروضے کو ریاضیاتی فن کے طور پر سمجھا، جو محض صحیح جواب حاصل کرنے کے لیے متعارف کرایا گیا، البرٹ آئن اسٹائن سمیت دیگر طبیعیات دان اپنے کام پر استوار ہوئے، اور پلانک کی بصیرت کو اب کوانٹم تھیوری کے لیے بنیادی اہمیت کے طور پر تسلیم کیا گیا ہے۔

5.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- فوٹوالیکٹرک اثر اور کوانٹم اثر کو سمجھیں گیں۔
- کوانٹم میکینکس بارے میں معلومات حاصل کریں گیں۔
- تختی کا کوانٹم نظریہ سمجھیں گیں۔

5.2 جدید طبیعیات کا تعارف (Introduction to Modern Physics)

جدید طبیعیات طبیعیات کا ایک شعبہ ہے جو انیسویں صدی کے آخر اور بیسویں صدی کے اوائل میں تیار ہوا، جس نے کائنات کے بارے میں ہمارے علم کو کافی حد تک بدل دیا۔ اس میں مختلف قسم کے نظریات اور تصورات شامل ہیں جو کلاسیکی طبیعیات سے مختلف ہیں، خاص طور پر کوانٹم میکانکس اور اضافیت کے شعبوں میں۔

کوانٹم میکینکس نے چھوٹی کائنات کے بارے میں ہمارے علم کو بدل دیا ہے۔ یہ جوہری اور ذیلی ایٹمی سطحوں پر ذرات کے رویے کا احاطہ کرتا ہے، جہاں روایتی طبیعیات قابل اعتماد پیشین گوئیاں نہیں کر سکتی ہیں۔ ویو پارٹیکل ڈوئلٹی، ہائزن برگ کا غیر یقینی اصول، اور ذرات کی امکانی نوعیت سبھی اہم تصورات ہیں۔ البرٹ آئن اسٹائن نے 1905 میں خصوصی نظریہ اضافیت کی تجویز پیش کی، جس نے جگہ اور وقت کے بارے میں ہمارے نظریہ میں انقلاب برپا کر دیا۔ یہ وقت کے پھیلاؤ اور لمبائی کے سنکچن جیسے خیالات کا احاطہ کرتا ہے، جو یہ ظاہر کرتے ہیں کہ کس طرح جگہ اور وقت آپس میں جڑے ہوئے ہیں اور مبصر کے فریم آف ریفرنس سے متعلق ہیں۔

جنرل تھیوری آف ریلیٹیویٹی: 1915 میں آئن اسٹائن نے اپنا عمومی نظریہ اضافیت پیش کیا جو کشش ثقل کو سمجھنے کے لیے ایک مکمل فریم ورک فراہم کرتا ہے۔ یہ بتاتا ہے کہ کس طرح بڑے پیمانے پر اور توانائی اسپیس ٹائم کو موڑتی ہے، اس سے گزرنے والی چیزوں کی رفتار کو تبدیل کرتی ہے۔ عمومی اضافیت کے کاسمولوجی کے لیے اہم نتائج ہیں، کیونکہ یہ بلیک ہولز اور کشش ثقل کیموجیں جیسے مظاہر کی پیش گوئی کرتی ہے۔ پارٹیکل فزکس، جسے اکثر ہائی انرجی فزکس کہا جاتا ہے، مادے کے بنیادی حصوں اور تعاملات کا مطالعہ ہے۔ اس میں کوارکس، لیپٹون اور بوسنز سمیت ذیلی ایٹمی ذرات کی تحقیقات شامل ہیں، نیز وہ قوتیں جو ان کے رویے کو کنٹرول کرتی ہیں، جیسے کہ مضبوط، کمزور، برقی مقناطیسی، اور کشش ثقل کی قوتیں۔

کاسمولوجی: جدید طبیعیات نے کائنات کی ابتدا، ترقی اور ساخت کے بارے میں ہمارے نظریہ کو بنیادی طور پر تبدیل کر دیا ہے۔ کاسمولوجی جنرل ریلیٹیویٹی اور پارٹیکل فزکس کے آئیڈیاز کو استعمال کرتی ہے جیسے کہ بگ بینگ تھیوری، تاریک مادّہ، تاریک توانائی، اور کائنات کی بڑے پیمانے پر ساخت کی تحقیق کے لیے۔

نیوکلیئر فزکس ایٹم نیوکلی کی خصوصیات اور رویے کا مطالعہ کرتی ہے۔ اس میں جوہری عمل، تابکار کشی، فیوژن اور فیوژن کا مطالعہ شامل ہے۔ نیوکلیئر فزکس میں کئی ایپلی کیشنز ہیں، بشمول توانائی کی پیداوار، ادویات (جیسے تابکاری کا علاج اور تشخیصی امیجنگ)، اور مواد کی تحقیق۔

کنڈینسڈ میٹر فزکس: فزکس کا یہ ڈسپلن ٹھوس اور مائع مادّہ کی خصوصیات کا مطالعہ کرتا ہے، بشمول عام مادّہ اور غیر ملکی حالتیں جیسے سپر کنڈکٹرز اور بوس آئن سٹائن کنڈینسیٹس۔ کنڈینسڈ مادے کی طبیعیات ٹھوس ریاست کے نظاموں میں مرحلے کی منتقلی، مقناطیسیت، اور الیکٹران کے رویے کی تحقیقات کرتی ہے۔

کوانٹم فیلڈ تھیوری ایک نظریاتی فریم ورک ہے جو کوانٹم میکینکس اور اضافیت میں ذرات اور فیلڈز کے رویے کو بیان کرتا ہے۔ یہ بنیادی قوتوں اور ذرہ کے تعاملات کے ساتھ ساتھ پارٹیکل فزکس کے معیاری ماڈل کے بارے میں ہماری سمجھ کی بنیاد کے طور پر کام کرتا ہے۔

جدید طبیعیات کے نتیجے میں مختلف تکنیکی بہتری آئی ہے اور اس نے کائنات کے بارے میں ہماری سمجھ کو چھوٹے اور بڑے دونوں پیمانے پر بڑھایا ہے۔ یہ متعدد سائنسی شعبوں میں نئی تحقیق اور پیشرفت کی ترغیب دیتا رہتا ہے۔ روایتی کلاسیکی طبیعیات ایسے حالات سے نمٹتی ہے جو روزمرہ کی زندگی میں دیکھی جاتی ہیں، جیسے کہ توانائی کا نسبتاً چھوٹا ہونا، جسامت کا ایٹموں سے بہت بڑا ہونا، اور رفتار روشنی کی رفتار سے بہت کم ہے۔ تاہم، زیادہ انتہائی حالات جدید طبیعیات کی توجہ کا مرکز ہیں، جن میں بہت زیادہ توانائیاں (تعلقیت)، جوہری رداس (کوانٹم میکانکس) کی طرح مختصر فاصلے، اور روشنی کی رفتار (خصوصی اضافیت) کے برابر تیز رفتاریاں شامل ہیں۔

اگرچہ خصوصی اضافیت اور کوانٹم میکانکس ایک ساتھ رہ سکتے ہیں (دیکھیں Relativistic کوانٹم میکانکس)، عمومی اضافیت اور کوانٹم میکانکس کا اتحاد فزکس میں ایک کھلا مسئلہ بنی ہوئی ہے، کیونکہ پارٹیکل فزکس کا معیاری ماڈل اس کی وضاحت کرنے سے قاصر ہے۔

جدید طبیعیات کا مقصد مادے کے تعاملات کے بنیادی میکانزم کو سمجھنے کے لیے سائنسی اور انجینئرنگ کے طریقوں کا استعمال کرنا ہے۔ جدید طبیعیات لفظی طور پر جدید ترین طبیعیات سے مراد ہے۔ اس طرح، کلاسیکی طبیعیات کا ایک بڑا حصہ دراصل جدید ہے۔ لیکن تقریباً 1890 سے، نئی دریافتوں نے خاص طور پر اضافیت اور کوانٹم میکانکس (QMاورER) کے تعارف کے ساتھ، خاطر خواہ تمثیل میں تبدیلیاں کیں۔ جدید طبیعیات کی تعریف فزکس کے طور پر کی گئی ہے جو QM یا ER (یادونوں) کے پہلوؤں کو یکجا کرتی ہے۔ یہ جملہ اس مؤخر الذکر سیاق وسباق میں سب سے زیادہ استعمال ہوتا ہے۔

جدید طبیعیات میں انتہائی حالات ایک عام واقعہ ہیں۔ رشتہ داری کے اثرات عام طور پر اس وقت ظاہر ہوتے ہیں جب "اونچائی" (اعلی رفتار، بڑی فاصلے) سے نمٹنے کے لیے ہوتے ہیں، جبکہ کوانٹم مکینیکل اثرات عام طور پر "نچلے" (کم درجہ حرارت، چھوٹے فاصلے) سے نمٹنے کے وقت ظاہر ہوتے ہیں، کلاسیکی رویے کے ساتھ "درمیانی" کے طور پر کام کرتے ہیں۔ مثال کے طور پر، (کلاسیکی) میکسویل بولٹزمین کی تقسیم زیادہ تر مظاہر میں شامل ہو گی جب محیطی درجہ حرارت پر گیس کے رویے کی جانچ کی جائے گی۔ اس کے باوجود، (عصری) فرمی-ڈیرک یا بوس-آئنسٹائن کی تقسیم کو مطلق صفر کے قریب استعمال کیا جانا چاہیے کیونکہ میکسویل-بولٹزمین کی تقسیم گیس کے مشاہدہ شدہ رویے کی وضاحت کرنے سے قاصر ہے۔

جرمن سائنسدان میکس پلانک (1858–1947)، کوانٹم تھیوری کے خالق، اور البرٹ آئن اسٹائن (1879–1955)، نظریہ اضافیت کے خالق سست رفتاری اور لمبی دوری پر جدید وضاحت کا جائزہ لے کر، کوئی اکثر اس سے کلاسیکی طرز عمل کو تلاش کر سکتا ہے—یا "بازیافت" کر سکتا ہے (حد کا تعین کر کے، یا تخمینہ لگا کر)۔ ایسا کرتے وقت نتیجہ کو کلاسیکی حد کہا جاتا ہے۔

5.3 کوانٹم میکینکس (Quantum Mechanics)

تعارف:

کوانٹم فزکس میں ویو پارٹیکل ڈوئلٹی ایک اہم خیال ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ ذرات، جیسے الیکٹران اور فوٹون، تجرباتی ترتیب کے لحاظ سے موجنما اور ذرہ نما دونوں طریقوں میں برتاؤ کر سکتے ہیں۔ یہ دوہرا ذرات کی روایتی تفہیم کو الگ الگ، ٹھوس ہستیوں کے ساتھ اچھی طرح سے متعین راستوں کے طور پر سوالیہ نشان بناتا ہے۔

کوانٹائزیشن: کوانٹم فزکس میں، کچھ ذرات کی خصوصیات، جیسے توانائی اور کونیی رفتار، کوانٹائز کیا جاتا ہے، جس کا مطلب ہے کہ وہ صرف مجرد قدریں لے سکتے ہیں۔ یہ روایتی طبیعیات سے متصادم ہے، جہاں یہ خصوصیات مسلسل ہیں۔ توانائی کی مقدار کو خاص طور پر ایٹموں میں الیکٹرانوں کی مقداری توانائی کی سطح سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ Werner Heisenberg نے Uncertainty Principle تجویز کیا، جو اس بات پر زور دیتا ہے کہ درستگی کی ایک بنیادی حد ہے جس کے ساتھ صفات کے کچھ جوڑے، جیسے کہ مقام اور رفتار، کو بیک وقت ناپا جا سکتا ہے۔ یہ تصور ذرات کی لہراتی نوعیت سے آتا ہے اور کوانٹم سسٹمز کے بارے میں ہمارے علم کے لیے اس کے دوررس نتائج ہوتے ہیں۔

ویو فنکشن اور امکان: کوانٹم فزکس میں ویو فنکشن ایک ریاضیاتی فعل ہے جو کسی ذرہ کی حالت کو بیان کرتا ہے۔ ویو فنکشن کی مطلق قدر کا مربع کسی خاص نقطہ پر ذرہ کا پتہ لگانے کے امکانی کثافت کی نمائندگی کرتا ہے۔ یہ امکانی تشریح کوانٹم فزکس کے لیے اہم ہے، جو کوانٹم لیول پر پارٹیکل رویے میں اندرونی غیر یقینی صورتحال کی عکاسی کرتی ہے۔

کوانٹم سپرپوزیشن: کوانٹم فزکس میں ایک اور اہم اصطلاح سپرپوزیشن ہے، جو بیک وقت کئی ریاستوں میں موجود ذرات کی صلاحیت کو بیان کرتی ہے۔ مثال کے طور پر، جب تک ناپا جاتا ہے، ایک الیکٹران ممکنہ حالتوں میں سے کسی ایک میں ٹوٹنے سے پہلے اسپن اپ اور اسپن-ڈاؤن ریاستوں کی سپرپوزیشن میں ہو سکتا ہے۔

کوانٹم فزکس ہمارے کائنات کے علم کے لیے اہم مضمرات رکھتی ہے اور اس کے نتیجے میں مختلف تکنیکی ترقی ہوئی ہے، جیسے کوانٹم کمپیوٹر، لیزر، اور جدید الیکٹرانکس۔ اس کے متضاد کردار کے باوجود، کوانٹم میکانکس کوانٹم سطح پر ذرات کے رویے کو سمجھنے اور پیش گوئی کرنے کے لیے ایک مضبوط فریم ورک فراہم کرتا ہے۔

5.4 تختی کا کوانٹم نظریہ (Planck's Quantum Theory)

میکس پلانک کی کوانٹم تھیوری، جو 1900 میں تیار ہوئی، نے ہماری سمجھ کو تبدیل کر دیا کہ مادہ اور توانائی جوہری اور ذیلی ایٹمی سطحوں پر کیسے برتاؤ کرتے ہیں۔ پلانک کے نظریہ نے یہ تصور قائم کیا کہ توانائی مسلسل نہیں ہے بلکہ مجرد، مقداری پیکٹوں میں موجود ہے جسے "کوانٹا" کہا جاتا ہے۔

پلانک نے یہ قیاس کیا کہ برقی مقناطیسی توانائی، روشنی کی طرح، "کوانٹا" یا "فوٹونز" نامی مجرد اکائیوں میں خارج یا جذب ہوتی ہے۔ اس مفروضے نے روایتی طبیعیات کے اس مفروضے پر سوال اٹھایا کہ توانائی کو غیر معینہ مدت تک تقسیم کیا جا سکتا ہے۔

پلانک نے ایک فارمولہ تیار کیا، جسے اب پلانک کے قانون کے نام سے جانا جاتا ہے، جو بلیک باڈی کے ذریعے پھیلنے والی توانائی کی سپیکٹرم کی تقسیم کو واضح طور پر بیان کرتا ہے۔ اس فارمولے نے (h) Planck constant کو پیش کیا، جو فطرت کا ایک بنیادی مستقل ہے، اور بتایا کہ کس طرح برقی مقناطیسی تابکاری کی توانائی اس کی فریکوئنسی کے ساتھ مختلف ہوتی ہے۔

Planck's law is given by:

$$B(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

where:

- $B(\nu, T)$ is the spectral radiance of the black body at frequency ν and temperature T.
- h is Planck's constant.
- ν is the frequency of the radiation.
- c is the speed of light.
- k is the Boltzmann constant.
- T is the temperature of the black body.

5.5 فوٹو الیکٹرک اثر اور کوانٹم اثر (Photo Electric effect and Quantum effect)

فوٹو الیکٹرک اثر طبیعیات کا ایک مظاہر ہے جس میں الیکٹران اس وقت خارج ہوتے ہیں جب کوئی مادہ برقی مقناطیسی تابکاری جذب کرتا ہے، اکثر روشنی۔ اس رجحان کو 1887 میں ہینرک ہرٹز نے دریافت کیا تھا اور البرٹ آئن اسٹائن نے 1905 میں روشنی کی مقدار اور فوٹون کے تصور پر اپنی بنیادی تحقیق کے حصے کے طور پر بیان کیا تھا۔

فوٹو الیکٹرک اثر کی اہم خصوصیات میں شامل ہیں: تھریشولڈ فریکوئنسی: ہر دیے گئے مواد کے لیے، آنے والی روشنی کی کم از کم فریکوئنسی ہوتی ہے جس پر کوئی الیکٹران خارج نہیں ہوتا ہے۔ کم سے کم تعدد کو تھریشولڈ فریکوئنسی کے نام سے جانا جاتا ہے، جو threshold سے ظاہر ہوتا ہے۔ اس فریکوئنسی کے نیچے، روشنی کی شدت سے قطع نظر، کوئی فوٹو الیکٹران خارج نہیں ہوتا ہے۔

فوٹون جذب اس وقت ہوتا ہے جب حد سے زیادہ یا اس کے برابر فریکوئنسی والی روشنی کسی مادے کی سطح کو متاثر کرتی ہے۔ ہر جذب شدہ فوٹون مادہ میں موجود الیکٹران میں توانائی منتقل کرتا ہے۔

الیکٹران کا اخراج: اگر جذب شدہ فوٹون کی توانائی کام کے فنکشن (کسی مادے سے الیکٹران کو ہٹانے کے لئے ضروری سب سے کم توانائی) سے زیادہ ہے تو، الیکٹران مواد کی سطح سے خارج ہوتا ہے۔ کام کے فنکشن پر قابو پانے کے بعد، فوٹون کی باقی توانائی کو خارج ہونے والے الیکٹران کے لیے حرکی توانائی میں تبدیل کر دیا جاتا ہے۔

شدت اور تعدد پر انحصار: فی یونٹ وقت (فوٹو الیکٹرک کرنٹ) جاری ہونے والے الیکٹرانوں کی تعداد واقعہ روشنی کی شدت کے متناسب ہے۔ تاہم، جاری کردہ الیکٹرانوں کی حرکی توانائی صرف واقعہ روشنی کی فریکوئنسی سے متاثر ہوتی ہے نہ کہ اس کی شدت سے۔

ویو پارٹیکل ڈوئلٹی: ویو پارٹیکل ڈوئلٹی کے تصور کو فروغ دینے میں فوٹو الیکٹرک اثر بہت اہم تھا۔ روشنی میں موجیسی اور ذرہ جیسی خصوصیات دونوں ہوتی ہیں، روشنی کی توانائی کو فوٹون کے نام سے جانے جانے والے مجرد پیکٹوں میں مقدار کے ساتھ۔

فوٹو الیکٹرک اثر کے استعمال کی ایک وسیع رینج ہے، بشمول فوٹو وولٹک سیل (سولر پینلز)، فوٹو ملٹی پلیئر ٹیوبیں، اور فوٹو ڈیٹیکٹر کی کئی اقسام۔ اس نے کوانٹم فزکس اور آئن سٹائن کے فوٹون مفروضے کی تصدیق کرنے والے تجرباتی اعداد و شمار بھی فراہم کیے ہیں۔

5.6 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

دو الیکٹرانوں کی طول موج بالترتیب 1352 انگسٹروم اور 4056 انگسٹروم ہے۔ ان کے درمیان توانائی کے تناسب کا تعین کریں۔

حل: دیا گیا ہے:

چونکہ،

$$E = hc/\lambda$$

لہذا، E الٹا متناسب ہے λ . نتیجے کے طور پر، توانائی کا طول موج کا تناسب الٹا ہو گا۔

$$\therefore E1/E2 = \lambda 2/\lambda 1$$

$$\therefore E1/E2 = 4056/1352$$

$$\therefore E1/E2 = 3$$

حل شدہ مثال 2

55nm طول موج سے وابستہ توانائی کو معلوم کریں۔

حل: دیا گیا ہے کہ:

چونکہ،

$$E = hc/\lambda$$

$$\therefore E = 6.63 \times 10{-}34 \times 3 \times 108 / 55 \times 10{-}9$$

$$\therefore E = 19.89 \times 10{-}26 / 55 \times 10{-}9$$

$$\therefore E = 36.16 \times 10{-}19\ J$$

حل شدہ مثال 3

34 ہرٹز کی تابکاری فریکوئنسی کے ساتھ توانائی کی تابکاری کو معلوم کریں۔

حل: دیا گیا ہے کہ:

چونکہ،

$$E = h\nu$$

$$\therefore E = 6.63 \times 10{-}34 \times 34$$

$$\therefore E = 225.42 \times 10{-}34\ J$$

حل شدہ مثال 4

طول موج کو معلوم کریں۔ جب توانائی کی تابکاری 21.9×10^{-15} J ہو۔

حل: دیا گیا ہے کہ:

چونکہ،

$$E = hc/\lambda$$

$$\lambda = hc/E \therefore$$

$$\lambda = 6.63 \times 10\text{-}34 \times 3 \times 108 / 21.9 \times 10\text{-}15 \therefore$$

$$\lambda = 19.89 \times 10\text{-}26 / 21.9 \times 10\text{-}15 \therefore$$

$$\lambda = 0.9082 \times 10\text{-}11 \therefore \text{ میٹر}$$

حل شدہ مثال 5

دو الیکٹرانوں کی طول موج بالترتیب 421 اینگسٹروم اور 729 اینگسٹروم ہیں۔ ان کے درمیان توانائی کے توازن کو معلوم کریں۔

حل: دیا گیا ہے کہ:

چونکہ،

$$E = hc/\lambda$$

لہذا، E الٹا متناسب ہے λ . نتیجے کے طور پر، توانائی کا طول موج کا تناسب الٹا ہو گا۔

$$E1/E2 = \lambda 2/\lambda 1 \therefore$$

$$E1/E2 = 729/421 \therefore$$

$$E1/E2 = 1.73 \therefore$$

5.7 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- پلانک کے کوانٹم تھیوری کے مطابق، مختلف ایٹم اور مالیکیول صرف مجرد مقدار میں توانائی کو خارج یا جذب کر سکتے ہیں۔ توانائی کی سب سے چھوٹی مقدار جو برقی مقناطیسی تابکاری کی شکل میں خارج یا جذب ہو سکتی ہے کوانٹم کے نام سے جانا جاتا ہے۔
- پلانک کا مستقل، جس کی علامت h ہے، ایک بنیادی آفاقی مستقل ہے جو توانائی کی کوانٹم نوعیت کی وضاحت کرتا ہے اور فوٹوون کی توانائی کو اس کی فریکوئنسی سے جوڑتا ہے۔ بین الاقوامی نظام یونٹس (SI) میں، مستقل قدر $6.62607015 \times 10^{-34}$ joule-hertz^{-1} یا Joule-seconds ہے۔
- سادہ الفاظ میں کوانٹم تھیوری کیا ہے؟ کوانٹم تھیوری فزکس تھیوری کی وہ شاخ ہے جو ایٹم اور اس سے بھی چھوٹے پیمانے پر رونما ہونے والے مظاہر کی وضاحت کرنا چاہتی ہے۔ یہ ذیلی ایٹمی ذرات کے رویے کا مطالعہ کرنے کے لیے ایک ریاضیاتی فریم ورک فراہم کرتا ہے، مظاہر کی وضاحت کرتا ہے جیسے کہ الجھنا اور کوانٹم ٹنلنگ۔

- کوانٹم کی توانائی E کا تعلق تعدد ν از $E = h\nu$ سے ہے۔ مقدار h، جواب پلانک کے مستقل کے طور پر جانا جاتا ہے، 6.62607×10^{-34} joule· سیکنڈ کی تخمینی قدر کے ساتھ ایک عالمگیر مستقل ہے۔ پلانک نے ظاہر کیا کہ حسابی توانائی کا طیف پھر طول موج کی پوری حد کے مشاہدے سے اتفاق کرتا ہے۔

5.8 کلیدی الفاظ (Keywords)

- پلانک کو انٹم تھیوری کا باپ سمجھا جاتا ہے۔ پلانک کے مطابق، E=hν، جہاں h پلانک کا مستقل ہے $6.6260695729 \times 10^{-34}$ J s، v تعدد ہے، اور E برقی مقناطیسی موجکی توانائی ہے۔
- میکس پلانک کے کوانٹم تھیوری کے مطابق ہر طبعی جسم الگ الگ مقدار میں توانائی خارج یا جذب کر سکتا ہے اور توانائی کی سب سے چھوٹی اکائی جو برقی مقناطیسی شعاعوں کی صورت میں جذب یا جاری ہوتی ہے اسے کوانٹم کہا جاتا ہے۔

5.9 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

5.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. پلانک وکر کیا ہے؟
2. سٹیفن کا تابکاری کا قانون کیا ہے؟
3. سادہ الفاظ میں پلانک کا مستقل کیا ہے؟
4. پلانک کا نمبر کیا ہے؟
5. پلانک کے کوانٹم تھیوری کے مطابق، توانائی کی سب سے چھوٹی اکائی کیا ہے جو ایٹم کے ذریعے خارج یا جذب ہو سکتی ہے؟

   a) فوٹون　b) الیکٹران　c) پروٹون　d) نیوٹران

6. اس مساوات کا کیا نام ہے جو فوٹوون کی توانائی کو اس کی فریکوئنسی سے جوڑتا ہے، جیسا کہ پلانک نے تجویز کیا ہے؟

   a) پلانک کی مساوات　b) شروڈنگر مساوات

   c) آئن سٹائن کی مساوات　d) ڈی بروگلی مساوات

7. پلانک کی مساوات میں ظاہر ہونے والے مستقل کا کیا نام ہے، اور اس کی قدر 6.626 x 10^-34 Js ہے؟

   a) پلانک کا مستقل　b) ایوگاڈرو کا مستقل

   c) رائڈبرگ کا مستقل　d) فیراڈے کا مستقل

8. پلانک کے نظریہ کے مطابق، فوٹوون کی توانائی کیسے بدلتی ہے جب اس کی فریکوئنسی بڑھتی ہے؟

   a) یہ کم ہو جاتا ہے۔　b) یہ وہی رہتا ہے

   c) یہ بڑھتا ہے　d) اس میں اتار چڑھاؤ آتا ہے۔

9. مندرجہ ذیل میں سے کون کوانٹم سسٹم میں توانائی کے رویے کی بہترین وضاحت کرتا ہے، جیسا کہ پلانک نے تجویز کیا ہے؟

a) مسلسل اور ہموار b) مجرد اور کوانٹائزڈ

c) بے ترتیب اور غیر متوقع d) خطیاور پیش قیاسی

10. اس عمل کا کیا نام ہے جس میں ایک ایٹم توانائی کے فوٹان کو خارج کرتا ہے یا جذب کرتا ہے، جیسا کہ پلانک کے نظریہ نے بیان کیا ہے؟

a) کوانٹم ٹنلنگ b) کوانٹم لیپ

c) کوانٹم ٹرانزیشن d) کوانٹم اسپن

11. پلانک کے نظریہ کے مطابق، فوٹوون کی توانائی اور اس کی طول موج کے درمیان کیا تعلق ہے؟

a) طول موج میں کمی کے ساتھ توانائی بڑھ جاتی ہے۔

b) طول موج بڑھنے کے ساتھ توانائی کم ہوتی جاتی ہے۔

c) توانائی طول موج کے براہ راست متناسب ہے۔

d) توانائی طول موج کے الٹا متناسب ہے۔

12. مندرجہ ذیل میں سے کون سا پلانک کے کوانٹم تھیوری کا نتیجہ نہیں ہے؟

a) فوٹو الیکٹرک اثر b) مادے کی موجذرہ دوہرای۔

c) غیر یقینی صورتحال کا اصول d) تاریک مادے کا وجود

13. پلانک کے نظریے کے مطابق، فوٹوون کی توانائی اس کی طول موج میں اضافے کے ساتھ کیسے بدلتی ہے؟

a) یہ کم ہو جاتا ہے b) یہ وہی رہتا ہے

c) یہ بڑھتا ہے d) اس میں اتار چڑھاؤ آتا ہے

5.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. پلانک کی کوانٹم تھیوری کیا ہے؟
2. کوانٹا کیا ہے؟
3. حرارت توانائی کی منتقلی کیوں ہے؟

5.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. پلانک کے کوانٹم تھیوری کی وضاحت کریں۔
2. کوانٹم تھیوری کی وضاحت کریں؟

5.9.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. اگر تابکاری کی فریکوئنسی 20 ہرٹز ہے تو تابکاری کی توانائی کا حساب لگائیں۔($E = 132.6 \times 10^{-34}$ J)
2. جب توانائی کی تابکاری $9-10 \times 55.1$ J ہو تو طول موج کا حساب لگائیں۔($\lambda = 0.3609 \times 10^{-17}$ m)
3. 21nm کی طول موج کے مطابق توانائی کا تعین کریں ($E = 0.9471 \times 10^{-17}$ J)

5.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th} & 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی6۔ فوٹون اور ان کے اثر

(Photons and Their Effect)

اکائی کے اجزا

6.0		تمہید
6.1		مقاصد
6.2		ضیابرقی اثر
6.3		ضیابرقی اثر۔ آئنسٹائن کی وضاحت
6.4		کامپٹن اثر
6.5		تھامسن اور ریڈ کا تجربہ
6.6		حل شدہ مثالیں
6.7		اکتسابی نتائج
6.8		کلیدی الفاظ
6.9		نمونہ امتحانی سوالات
	6.9.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
	6.9.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
	6.9.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
	6.9.4	غیر حل شدہ سوالات
6.10		تجویز کردہ اکتسابی مواد

6.0 تمہید (Introduction)

نور کے قدریہ یعنی فوٹان کے جدید نظریہ میں نشو نما کا آغاز حرارتی اشعاع سے متعلق پلانک کے تصورات سے ہوتا ہے۔ فی الحقیقت نیوٹن نے یہ مفروضہ پیش کیا کہ نور ذروں پر مشتمل ہوتا ہے۔ لیکن اپنے اس تصور کی تائید میں جن حقائق کو اس نے بیان کیا انہیں بعد میں فریسنل (Fresnel) نے ہائی جن (Huygens) کے نور کے موجی نظریہ کی بنیاد پر کامیابی کے ساتھ سمجھا دیا۔ اس صدی کے اوائل میں چند نئے تجربی مشاہدات نے نور کی ذراتی نوعیت کو پھر سے جگا دیا۔ اس اکائی میں ہم دو مظاہر یعنی ضیا برقی اثر اور کامپٹن اثر کا مطالعہ کریں گے۔ ان کی توضیح نے قدری نظریہ کے پروان چڑھانے میں بہت نمایاں حصہ ادا کیا ہے۔

6.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- ضیا برقی اثر اور کامپٹن اثر کو اشعاع کی قدری نوعیت کی بناء پر سمجھایا گیا ہے۔

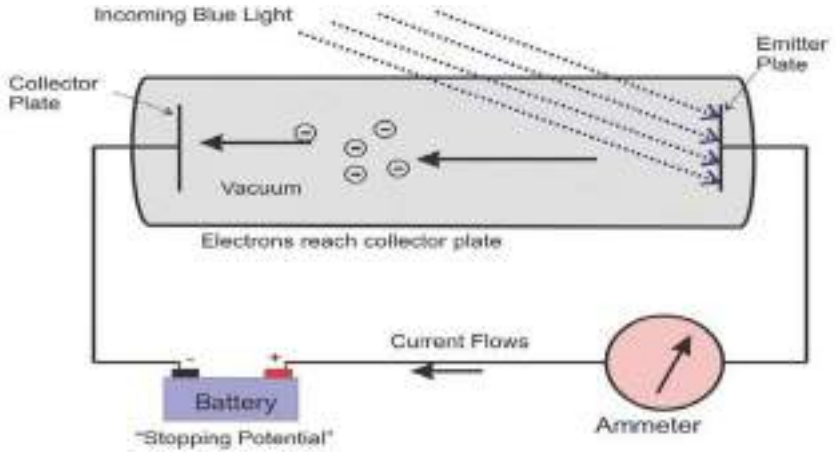
اس اکائی کی تکمیل کے بعد

- آپ دہلیزی تعدد (Threshold Frequency) اور فوٹو الکٹران کے تفاعل کام کو محسوب کرنے کے قابل ہو جائیں گے۔
- آپ یہ نتیجہ نکالیں گے کہ کامپٹن تبدیلی (Compton Shift)

6.2 ضیا برقی اثر (Photo Electric Effect)

الکٹران کے اخراج کا وہ مظہر جو دھاتی سطحوں کو نور سے ٹکرانے پر وجود میں آتا ہے ضیا برقی اثر کہلاتا ہے۔ ہینرچ ہرٹز (Heinrich Hertz) نے 1887ء میں ضیا برقی اثر کی دریافت کی۔ شکل (6.1) میں ہرٹز کے استعمال شدہ آلے کو اسکی انتہائی سادہ شکل میں بتلایا گیا ہے۔

گلاس کی ایک نلی میں پالش کیے ہوئے ایک دھاتی برقیرے PC جس کو فوٹو کیتھوڈ کہتے ہیں اور ایک دھاتی سوراخ دار پلیٹ کو بطور دوسرے برقیرے کے رکھتے ہیں۔ ان دو برقیروں کے درمیان چند وولٹس کے تفاوت قوۃ کو برقرار رکھا جاتا ہے۔ فوٹو کیتھوڈ کے لحاظ سے دوسرا برقیرہ مثبت ہوتا ہے۔ دوسرے سوراخ دار برقیرے سے گزرتا ہوا بالائے بنفشی نور جب فوٹو کیتھوڈ کی اندرونی سطح پر واقع ہوتا ہے۔ تو ٹیوب سے بہتی ہوئی ایک برقی رو دکھائی دیتی ہے۔ اس مظہر کو ضیاء برقی اثر کہا جاتا ہے جو ٹیوب میں کمتر دباؤ پر خلاء کے پیدا کرنے کی صورت میں بھی جاری رہتا ہے۔ جس سے یہ ظاہر ہوتا ہے کہ ربر داران، گیسی رواں نہیں ہیں۔ فوٹو کیتھود اور دوسرے برقیرے کے درمیانی حصہ میں مقناطیسی میدان عائد کر کے تجربات کیے گئے، تجربی نتائج سے ظاہر ہوتا ہے کہ بہنے والی رو، منفی برقائے ہوئے ذروں پر مشتمل ہے۔ الکٹران کے وجود کی تھامسن کی ایجاد سے یہ اشارہ ملتا ہے کہ ضیاء برقی اثر کے منفی برقائے ہوئے ذرے بھی الکٹران ہو سکتے ہیں۔



صنبابرقی اثر

شکل(6.1)

لینارڈ(Lenard)نے 1900ء میں ان ضیابرقی ذروں کے لئے نسبت e/m کی پیائش کر کے اس مفروضہ کو صحیح ثابت کر دیا کیونکہ اس کی قیمت الکٹران کے لئے حاصل کی گئی قیمت کے برابر تھی۔لینارڈ کے تجربوں سے ضیاءبرقی اثر کی چند خصوصیات کا انکشاف ہوا جن کو قدیم طبیعات کے اصولوں کی اساپر سمجھنا بہت مشکل تھا۔

ذیل میں ضیابرقی اثرات کے تجربی نتائج کو درج کیا جاتا ہے:

1. کسی دیئے ہوئے مادے کے لئے فوٹان کی ایک اقل ترین توانائی $h\upsilon_0$ ہوتی ہے۔جو اس مادے کی ایک خصوصیت ہے۔کوئی اشعاع جس کا تعدد υ_0 سے کم ہو کسی فوٹو الکٹران کو آزاد نہیں کراسکتا۔ اس لئے اس تعدد کو دہلیزی تعدد (Threshold frequency) کہاجاتا ہے۔
2. خارج ہونے والے فوٹوالکٹران کی حرکی توانائیاں یہ بتلاتی ہیں کہ توانائی کی تقسیم صفر سے ایک نمایاں اعظم ترین قیمت K_{max} تک بٹی ہوئی ہے۔ K_{max} کی قیمت کا انحصار واقع ہونے والے فوٹان کی توانائی ماور مادے کے تفاعل کام پر ہوتا ہے۔ K_{max} نور کی حدت پر منحصر نہیں ہوتا۔
3. ضیابرقی رونور کی حدت کے راست متناسب ہوتی ہے۔
4. ضیابرقی اخراج ایک آنی مظہر ہے۔یعنی شعاع کے واقع ہونے اور اخراج کے شروع ہونے کے درمیان وقت میں کوئی تاخیر نہیں ہوتی۔
5. یہ مظہر ایک اتفاقی مظہر ہے۔کسی ایک خاص لمحے پر جواہر میں سے کسی ایک جوہر سے فوٹوالکٹران کا اخراج عمل میں آتا ہے۔اشعاع کا قدیم برقی مقناطیسی موجی نظریہ،مذکور الصدر تجربی حقائق کی وضاحت کا اہل نہیں پایا گیا۔ان حقائق کی تشفی بخش وضاحت کے لئے ہمیں ایک بالکیہ نئے نظریہ کا سہارالیناپڑتا ہے۔جس کو اشعاع کا قدری نظریہ(Quantum Theory) کہاجاتا ہے۔

اپنی معلومات کی جانچ کیجئے۔

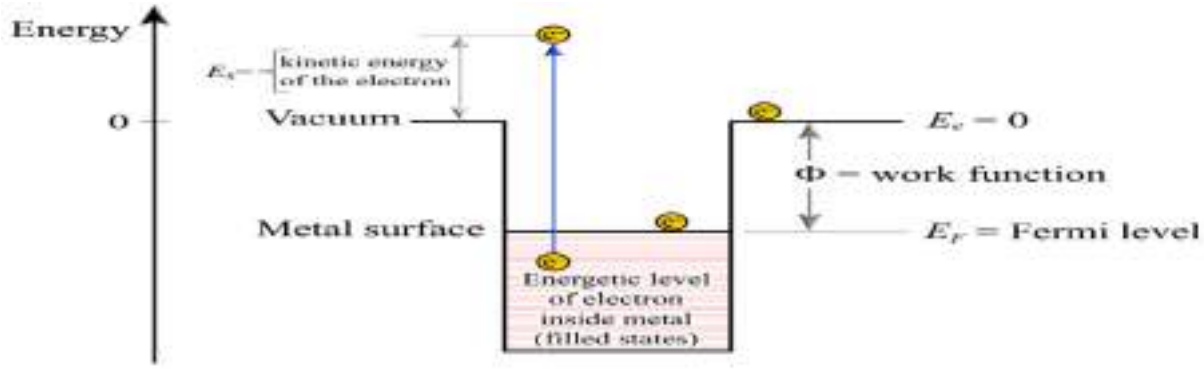
فوٹوالکٹران آزاد ہوں گے جب کہ واقع شعاع کا تعدد دہلیزی تعدد سے زیادہ

6.3 ضیا۔برقی اثر۔ آئنسٹائن کی وضاحت (Photo Electric Effect – Einstein's Explanation)

1905 میں آئنسٹائن نے ضیابرقی اثر کا قدری نظریہ تجویز کیا جو میکاس پلانک کے پیش کردہ سیاہ جسم کے اشعاع کے قدری نظریہ سے قریبی تعلق رکھتا ہے۔ پلانک کا یہ تصور تھا کہ کسی مبداء سے خارج ہونے والی ν تعدد کی برقی مقناطیسی موج میں موجود توانائی کی مقدار 0 یا $h\nu$ یا $2h\nu$ یا $3h\nu$.... ہوسکتی ہے۔ آئنسٹائن نے اس کا یہ مفہوم لیا کہ توانائی کی کسی حالت $nh\nu$ سے دوسری حالت $(n-1)h\nu$ پر جانے کے عمل کے دوران مبداء سے خارج شدہ توانائی میں سے کچھ توانائی نکال پھینکے گا جو ابتداء میں چھوٹی جسامت والی جگہ میں مختص تھی اور اس کی رفتار c کے ساتھ مبداء سے پرے جانے کی صورت میں بھی وہ بجائے موجی طریقہ سے دور تک پھیلنے کے ایک ہی جگہ پر مختص رہتی ہے۔ اس نے یہ بھی فرض کیا کہ بندل کی توانائی کی مقدار E (جس کو توانائی کا قدریہ کہتے ہیں) کو تعدد ν کے ساتھ بموجب مساوات ذیل تعلق رہتا ہے۔

$$E = h\nu \qquad \text{-------6.1}$$

آئنسٹان نے یہ بھی فرض کیا کہ ضیابرقی اثر میں کسی ایک قدریہ کو فوٹوکیتھوڈ کا کوئی ایک الکٹران مکمل طور پر جذب کرلیتا ہے۔ آئنسٹائن کے اخذ کردہ ضیابرقی مساوات کو حاصل کرنے کے لیے شکل (6.2) میں بتلائے ہوئے دھاتی قلم کے صندوق کے نمونے پر غور کیجئے۔



https://www.mdpi.com/2073-4352/9/10/531

ضیابرقی اخراج کو بتلانے والا ایک دھاتی قلم کے صندوق کا نمونہ

شکل (6.2)

$\in > E_F + W$ ہے جہاں E_F سطح پر کے الکٹران کی فرمی توانائی (Fermi energy) کو ظاہر کرتا ہے۔ w دھاتی قلم کے تفاعل کام کی تعبیر ہے جس کی تعریف یوں کی جاتی ہے کہ یہ توانائی کی وہ مقدار ہے جس کو E_F سے اتنی زائد ہونا چاہئے کہ الکٹران

دھاتی سطح سے عین فرار ہونے کے قابل ہو جائے۔ دھات (قلم) کے اندر E_i توانائی رکھنے والا یا ک الکٹران جب ایک فوٹان کو جذب کرتا ہے اور فرار ہوتا ہے تو دھاتی سطح کے باہر اسکی توانائی بالحرکت K ہوتی ہے۔

$$K = (E_i + hv) - (E_F + W) \qquad \text{--------6.2}$$

دیئے ہوئے تعدد کے فوٹان کے لئے الکٹران کی توانائی زیادہ وہتی ہے جب کہ اسکی اندرونی توانائی بھی زیادہ ہو۔ E_i کی اعظم قیمت E_F ہے لہٰذا خارج شدہ الکٹران کی اعظم توانائی بالحرکت K_{max} ہو گی۔

$$K_{max} = (E_F + hv) - (E_F + W) \qquad \text{-------6.3}$$

یا

$$K_{max} = (hv - W) \qquad \text{----------6.4}$$

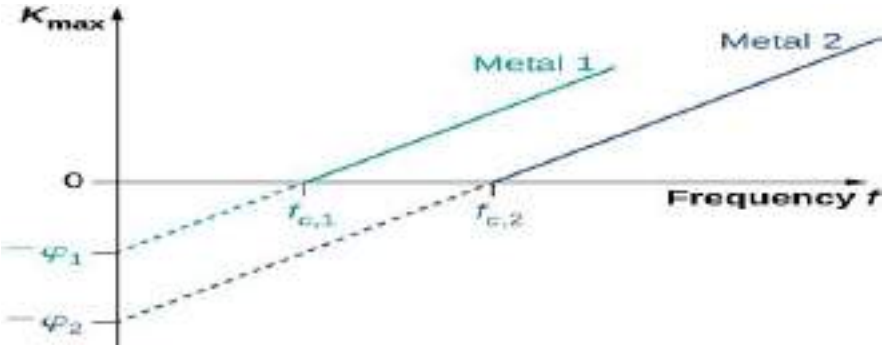
یا

$$\frac{1}{2}mv^2 = hv - W$$

مساوات (6.4) کو آئنسٹان کی ضیا برقی مساوات کہتے ہیں مساوات (6.4) کی اساس پر ضیا برقی اخراج کے تمام معلوم خصوصیات کو سمجھایا جاسکتا ہے جیسا کہ ذیل میں بیان کیا گیا ہے:

a. فوٹو الکٹران کی رفتار، اشعاع کے تعدد سے راست متناسب ہوتی ہے۔
b. فوٹو الکٹران کی رفتار، اشعاع کی حدت کے تابع ہے۔
c. ایک دہلیزی تعدد بھی رہتا ہے جس کا انحصار خارج کنندہ (Emitter) کی نوعیت پر موقوف ہے۔
d. اس عمل میں وقت کی تاخیر نہیں ہے۔

مذکورہ بالا مساوات کے مطابق فوٹو الکٹران کے اخراج کی شرح فوٹو کیتھود پر واقع قدریہ کے بہاؤ کے متناسب ہوتی ہے۔ اس طرح فوٹو برقی رو (Photo current) واقع ہونے والے برقی مقناطیسی اشعاع کی حدت کے متناسب ہوتی ہے اور یہ لینارڈ کی مساوات (6.4) کے عین مطابق ہے۔ مزید یہ بھی ظاہر ہوتا ہے کہ K_{max} واقع نور کی حدت پر منحصر نہیں ہوتا بلکہ اسکا انحصار واقع اشعاع کے تعدد پر ہے۔ اس پیش قیاسی کی تصدیق 1916ء میں ملیکان (Millikan) نے کی۔ اس نے اشعاع کے تعدد کے وقفے $6 \times 10^{14} Hz$ سے $12 \times 10^{14} Hz$ کے لئے K_{max} کی پیائش کی تعدد کے ساتھ K_{max} کے تغیر کو شکل (6.3) میں دکھایا گیا ہے۔



/https://pressbooks.online.ucf.edu/osuniversityphysics3/chapter/photoelectric-effect

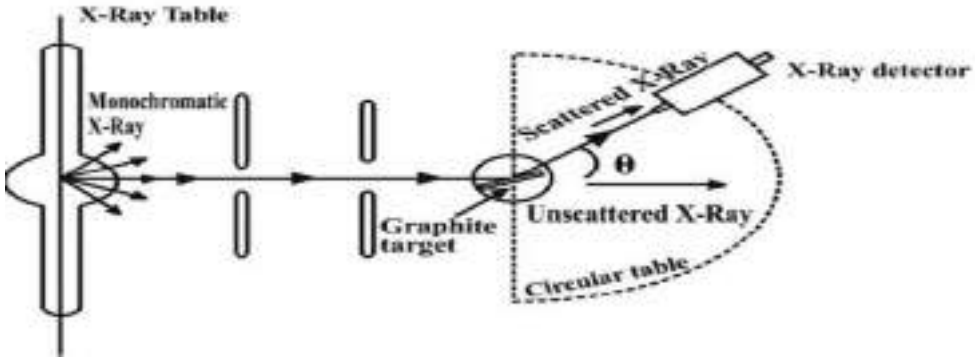
فوٹوالکٹران کے لئے K_{max} بمقابل تعدد

شکل(6.3)

شکل(6.3) محور X کے مقطوعہ سے ہمیں W/h دہلیزی تعدد ν_0 حاصل ہوتا ہے اور ضیاء برقی تجربہ سے تخمینہ اور آئنسٹائن کے نظریہ سے معلوم کردہ h کی قیمت، سیاہ جسم کے طیف کے تجربی نتائج کو صحیح ثابت کرنے والے پلانک کے نظریہ سے معلوم کردہ کی قیمت دونوں ایک دوسرے سے 0.5٪ سے تھوڑے سے اختلاف کے ساتھ متفق ہیں۔

6.4 کامپٹن اثر (Compton Effect)

1923ء میں اے ایچ کامپٹن (A.H. Comptan) نے دریافت کیا کہ لا۔ شعاعوں کی ایک واضح اور معین طول موج λ_0 والی بیم جب کسی دھاتی ورق سے بکھرتی ہے تو بکھری ہوئی شعاع، واقع شعاع سے ایک زاویہ θ پر مائل ہوتی ہے اور اس کا ایک جز کا طول موج λ_0, λ_0 سے براہوتا ہے۔ اس مظہر کو کامپٹن اثر کہتے ہیں۔ کامپٹن اثر، برقی مقناطیسی اشعاع کے فوٹان پر مشتمل ہونے کے تصور کو بہت واضح طور پر ظاہر کرتا ہے۔



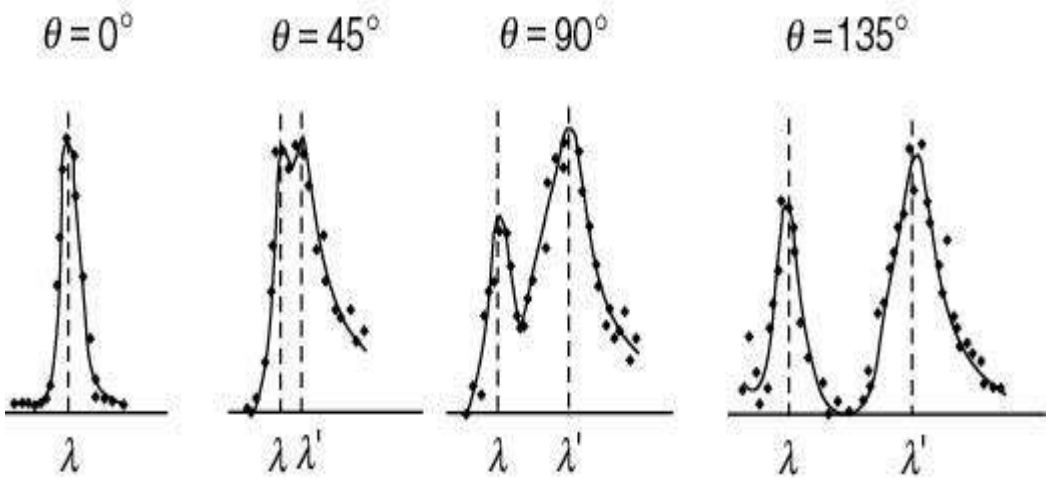
/https://slideplayer.com/slide/12835293

کامپٹن کے تجربہ پر قیاسی خاکہ

شکل(6.4)

شکل(6.5)کامپٹن کی تجربی ترتیب کے خاکہ کو ظاہر کرتی ہے۔لاشعاعی نلی سے حاصل کردہ لاشعاعوں سے گریفائیٹ کے ایک بلاک کو مارا جاتا ہے تو یہ شعاعیں تمام سمتوں میں بکھر جاتی ہیں۔مالبڈینم(Molybdenum)کو لاشعاعی نلی میں بطور ٹارگٹ کے استعمال کیا گیا۔Kaکا طول موج $0.708A^0$ ہے۔بکھراؤ کے تجربوں میں یک لونی اشعاع کو استعمال کیا گیا۔

کامپٹن نے بریگ(Bregg)کے قلمی طیف نگار کو استعمال کرتے ہوئے بکھری ہوئی لاشعاعوں کے طول موج کا بکھراؤ کے زاویہ کے تفاعل کے طور پر مطالعہ کیا اس کو معلوم ہوا کہ بکھیرنے والے(Scatterrer)سے کسی خاص زاویہ، θ سوائے $\theta = 0$ کے پر آنے والی شعاعیں مختلف طول موج کے دو اجزاء پر مشتمل ہوتی ہیں۔ایک جز کا طول موج تو وہی λ_0 واقع اشعاع کا طول موج λ_0 پایا گیا اور دوسرے جز کا طول موج λ_θ تھا جو λ_0 سے بڑا تھا ان دو اجزاء λ_0 اور λ_θ کو علی الترتیب بطور اصلی لائن(Primary Line)اور(P)مرمہ لائن(Modified Line – M)کے کہا جاسکتا ہے۔آگے کی سمت میں جہاں $\theta = 0$ ہوتا ہے کوئی M لائن موجود نہیں رہتی۔شعاعوں کا طول موج صرف λ_c تھا بکھراؤ کے زاویہ کے اضافے کے ساتھ ساتھ M لائن کے طول موج میں اضافہ ہوتا گیا۔شکل(6.6)میں بکھراؤ کے مختلف زاویوں کے لئے خصوصی ڈیٹا کو ظاہر کیا گیا ہے۔



https://physics.stackexchange.com/questions/205904/why-in-the-graph-of-compton-effect-the-width-related-with-the-second-peak-high

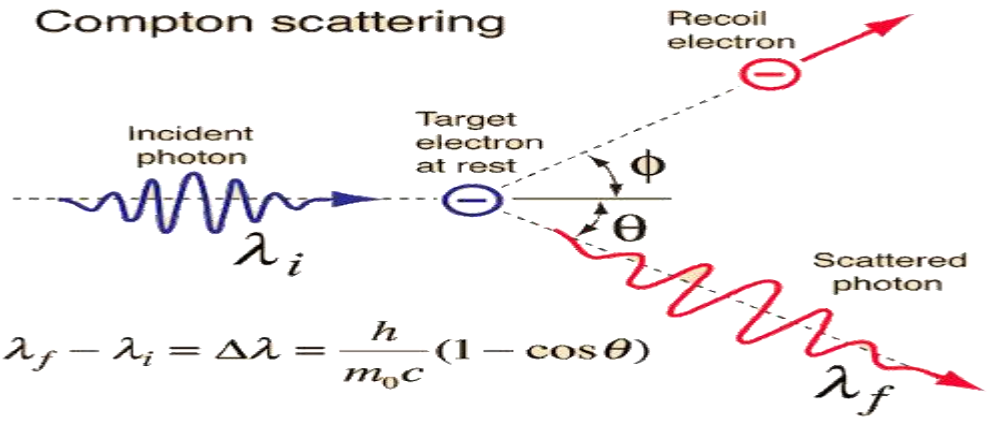
لاشعاعی قدر یہ کا بکھراؤ اور اس کے طول موج کے طیوف مختلف زایوں پر

شکل(6.5)

$\Delta\lambda_\theta = (\lambda_\theta - \lambda_0)$ بکھراؤ کی وجہ سے واقع ملا۔شعاعوں کے طول موج میں ہونے والی شفٹ(Shift)کو ظاہر کرتا ہے جس میں θ کے اضافے سے اضافہ واقع ہوتا ہے اور جو بکھیرنے والے مادے کی نوعیت اور λ_0 پر منحصر نہیں ہوتی۔

برقی مقناطیسی امواج کے قدیم نظریہ کی بناء پر جب کسی ν_0 تعدد والی موج کا مادے کے الکٹران کے ساتھ تعامل ہوتا ہے تو اس کا اہتزازی برقی میدان، الکٹران کو اسی تعدد پر ارتعاشات کی جبری حالت میں لاتا ہے۔یہ اہتزازی(reconsider)الکٹران جذب شدہ توانائی کو دوبارہ اُسی تعدد ν_0 پر مقناطیسی موجوں کی شکل میں تمام سمتوں میں دوبارہ خارج کرتے ہیں۔لہٰذا قدیم نظریہ کامپٹن

اثر میں مشاہدہ کردہ مرمرہ لائن کی توضیح نہیں کر سکتی۔ نور کے قدری نظریہ کا استعمال کرتے ہوئے کامپٹن نے بکھرے ہوئے اشعاع میں مرمرہ لائن کے وجود کی وضاحت کی۔



http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/compton.html

شکل(6.6)

شکل(6.6): کامپٹن اثر میں لا شعاع کے فوٹان اور آزاد الکٹر ان میں تصادم کی صورت میں کامپٹن نے یہ تجویز پیش کی کہ لا۔ شعاع کا ایک تنہا فوٹان ایک مادی ذرے کے مانند عمل کرتے ہوئے ایک الکٹر ان سے ٹکرا سکتا ہے۔ اور پھر یہ ایسا پلٹتا ہے جیسا کہ یہ ایک کامل لچکدار کرہ ہے۔ ملاحظہ ہو شکل(a) 6.6۔

اس تصادم پر بقائے توانائی کے کلیے کا اطلاق کرتے ہوئے کامپٹن نے یہ فرض کیا کہ پلٹنے والا الکٹر ان کو دی جانے والی توانائی واقع لا۔ شعاعی قدر یہ $(h\upsilon_0)$ سے فراہم ہوتی ہے۔ لا۔ شعاع اس توانائی کو کھو کر ایک کمتر تعدد υ_θ اور توانائی $h\upsilon_\theta$ کے ساتھ کسی اور سمت میں حرکت کرتی ہے اس تصادم کے عمل پر بقائے توانائی کے اصول کے اطلاق سے ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$h\upsilon_0 = h\upsilon_\theta + mc^2 - m_0c^2 \qquad \text{--------6.5}$$

جہاں m الکٹر ان کی کمیت جو رفتار υ سے حرکت کر رہا ہے اکثر صورتوں میں چونکہ پلٹنے والے الکٹر ان کی رفتار، نور کی رفتار C کے قریب ہوتی ہے اس لئے ہمیں اضافیاتی مساوات (relativistic equation) کو استعمال کرنا ہو گا۔ لہٰذا

$$mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{(1-v^2/c^2)^{1/2}} = m_0c^2 \qquad \text{--------6.6}$$

$$m_0c^2 = \left[\frac{1}{(1-v^2/c^2)^{1/2}} - 1\right] \qquad \text{--------6.6}$$

$$= m_0c^2(k-1) \qquad \text{--------6.8}$$

جہاں

$$K = (1 - v^2/c^2)^{-1/2} \qquad \text{--------6.9}$$

مساوات بالا میں m_0 سے الکٹران کی سکونی کمیت مراد ہے۔ مساوات (6.5) اس طرح دوبارہ لکھی جاسکتی ہے۔

$$hv_0 = hv_\theta + m_0c^2(k-1) \qquad \text{--------6.10}$$

لا۔ شعاعی فوٹان کو E توانائی لے جانے والا ایک ذرہ تصور کریں تو E کی قیمت ہو گی۔

$$E = mc^2 = hv \qquad \text{یا}$$

$$E = hv = \frac{hc}{\lambda} \qquad \text{---------6.11}$$

$$mc.c = hv$$

$$mc = \frac{hv}{c}$$

$$p = \frac{hv}{c} = \frac{E}{C}$$

فوٹان کو چونکہ ایک ذرہ تصور کیا گیا اور تمام فوٹان چونکہ نور کی رفتار کے ساتھ حرکت کرتے ہیں اس لئے فوٹان معیار حرکت mc ہے اور فوٹان کی سکونی کمیت صفر ہے۔

ہم اس کے معیار حرکت 'P' کے لیے کہہ سکتے ہیں۔

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda} = \frac{hv}{c} \qquad \text{----------6.12}$$

معیار حرکت چونکہ ایک سمتی مقدار ہے اس لئے بموجب شکل 6(b).6 ایک سمتی خاکہ بنایا جاسکتا ہے۔ تصادم سے قبل فوٹان کا معیار حرکت $\frac{hv}{c}$ ہے اور تصادم کے بعد یہ 1 . $\frac{hv_e}{c}$ ہو جاتا ہے۔ الکٹران کا معیار حرکت mv یا $m_e kv$ ہے۔ بقائے معیار حرکت کے اصول کے اطلاق سے ہمیں واقع لا۔ شعاع کی بیم کی سمت (افقی سمت) کے ساتھ حاصل ہوتی ہے۔

$$\frac{hv_e}{c} = \frac{hv\theta}{c}\cos\theta + m_0KV\cos\phi \qquad \text{--------6.13}$$

$$\frac{hv_e}{c}\sin\theta = m_0KV\sin\phi \qquad \text{عمودی سمت میں} \qquad \text{---------6.14}$$

مساواتوں (6.10)، (6.13) اور (6.14) میں ہمیں جو مقداریں معلوم ہیں وہ v_0 اور بنیادی مستقلات h,c اور m ہیں۔ چار نا معلوم مقادیر میں یعنی $\theta\phi, v_\theta$ اور K ہمارے پاس صرف تین ہی غیر تابع مساواتیں ہیں۔ بہتر طریقہ تو یہ ہے کہ θ اور K ساقط کیا جائے اور v_θ اور θ میں ایک رشتہ حاصل کیا جائے۔ اس طرح کرنے کے لیئے ہمیں یہ فرض کرنا ہو گا۔

$$\frac{hv_e}{c} = \frac{hv\theta}{c}\cos\theta + m_0KV\cos\phi$$

$$= \frac{hv\theta}{c}\cos\theta = mv\cos\phi \qquad \text{----1}$$

$$(as\ m_0K = m$$

$$0 = \frac{hv_e}{c}\sin\theta - mv\sin\phi \qquad \text{------2}$$

مساواتوں 1 اور 2 سے

$$mv\cos\phi = hv_0 = hv_0\cos\theta$$

$$= h(v_\theta - v_\theta\cos\theta)$$

$$mvc \sin\phi = hv_\theta \sin\theta$$

اوپر کی دونوں مساواتوں کو مربع کر کے جمع کرنے پر

$$m^2v^2c^2 = h^2(v_0 - v_\theta \cos\theta)^2 + h^2v\theta^2 \sin^2\theta$$
$$= h^2{v_0}^2 + h^2{v_\theta}^2 \cos^2\theta - 2h^2v_0v_\theta + h^2{v_\theta}^2 \sin^2\theta$$
$$= h^2({v_0}^2 + {v_\theta}^2 - 2v_ev_0 \cos\theta)$$

ہم جانتے ہیں کہ:

$$hv_0 = hv_\theta + m_0c^2(k-1)$$
$$hv_0 = hv_\theta + m_0kc^2 - m_0c^2$$
$$= hv_\theta + mc^2 - m_0c^2$$
$$mc^2 = h(v_0 - v_\theta) + m_0c^2$$
$$m^2c^4 = [h(v_0 - v_\theta) + m_0c^2]^2$$
$$m^2c^4 = h^2(v_0 - v_\theta)^2 + {m_0}^2c^4 + 2moc^2h(v_0 - v_\theta)$$
$$= h^2({v_0}^2 + {v_\theta}^2 + 2v_0v_\theta) + {m_0}^2c^4 + 2hm_0c^2(v_0 - v_\theta)$$

----4

(3)کو(4)میں تفریق کرنے پر

$$m^2c^2(c^2 - v^2) = 2h^2v_0v_\theta(1 - \cos\theta) + 2h(v_0 - v_\theta)m_0c^2 + {m_0}^2c^4$$

$$Take\ m^2c^2(c^2 - V^2)$$

اب صرف بائیں جانب کے جملے پر غور کیجئے ہم جانتے ہیں کہ:

$$m = m_0k$$
$$= \frac{mo}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$m^2c^2(c^2 - v^2)$میں اوپر کی مساوات درج کرنے سے

$$\frac{mo^2}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}c^2(c^2 - V^2) = \frac{{m_0}^2c^3(c^2-V^2)}{\frac{c^2-V^2}{c^2}} = {m_0}^2c^4$$

اس لئے

$${m_0}^2c^4 = -2h^2v_0v_\theta(1 - \cos\theta) + 2h(v_0 - v_\theta)m_0c^2 + {m_0}^2c^4$$
$$= 2h^2{v^2}_0\theta(1 - \cos\theta) = 2h(v_0 - v_\theta)m_0c^2$$
$$(v_0 - v_\theta)m_0c^2 = hv_0v_\theta(1 - \cos\theta)$$
$$\frac{v_0 - V_B}{V_B} = \frac{hv_0(1-\cos\theta)}{m_0c^2}$$
$$\left(\frac{v_0}{V_\theta} - 1\right) = \frac{hv_0}{m_0c^2}(1 - \cos\theta)$$
$$\left(\frac{\lambda_\theta}{\lambda_0} - 1\right) = \frac{h}{m_0c\lambda_0}(1 - \cos\theta) \text{ ---------6.15}$$

$$\frac{\lambda_\theta - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{h}{m_0 c \lambda_0}(1 - \cos\theta) \text{ --------6.16}$$

Or

$$(\lambda_\theta - \lambda_0) = \Delta\lambda_\theta = \frac{h}{m_0 C}(1 - \cos\theta) \text{ --------6.17}$$

مساووات (6.17) زاویہ θ میں بکھرے ہوئے لا۔ شعاع کی مرمہ لائن کے کامپٹن طول موج کی تبدیلی (Comptom wavelength shift) کو ظاہر کرتی ہے۔ $\Delta\lambda_6$ کا انحصار صرف θ پر ہوتا ہے نہ کہ کسی اور جز جیسے λ_0 اور بکھراؤ پیدا کرنے والے مادے کی نوعیت وغیرہ پر

جب $\theta = 90$ تو

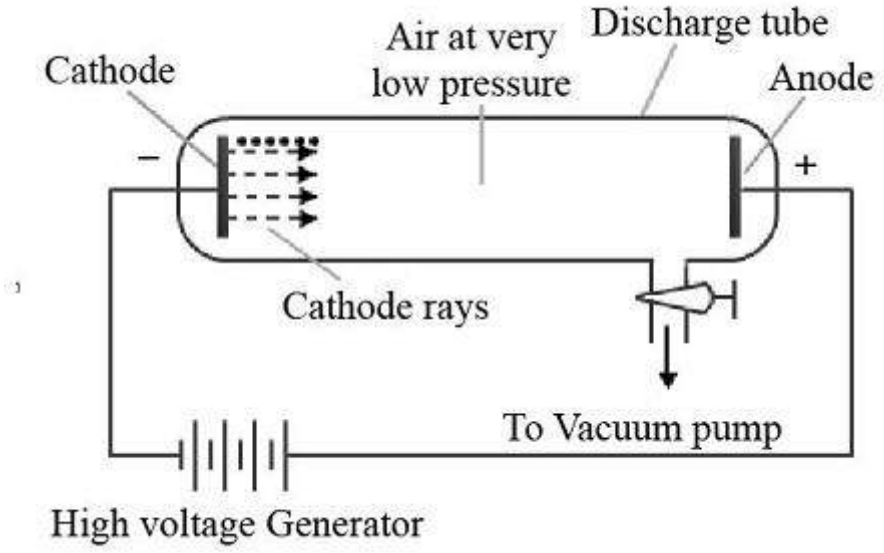
$$\Delta\lambda_0 = \frac{h}{m_0 c} = \frac{6.626\times10^{-31} js}{(0.109\times10^{-31} kg)(9.908\times10^{8} ms^{-1})}$$

$$\Delta\lambda_\theta = 6.426 \times 10^{-12} m \text{ یا } 0.024\text{A}^0$$

$\theta.\Delta\lambda_0$ کے زاویہ $\theta = 90^0$ پر محسوب کی گئی قیمت تجربہ سے معلوم کی گئی قیمت کے بالکل برابر ہے $\frac{h}{m_0 c}$ کو کامپٹن طول موج کہتے ہیں۔ یہ ایسے فوٹان کا طول موج ہے جسکی توانائی الکٹران کی سکونی توانائی کے برابر ہے۔ کامپٹن کی مساوات بکھرے ہوئے اشعاع میں غیر مرمہ لائن سے متعلق کوئی معلومات فراہم نہیں کرتی۔ کامپٹن اثر کے نظریہ میں ہم یہ فرض کر لیتے ہیں کہ بکھراؤ کے اس عمل میں جو الکٹران حصہ لیتے ہیں وہ آزاد ہیں اور جوہر سے بیدخل کئے ہوئے ہی۔ واقع قدریہ اور مربوط الکٹران کے باہمی عمل سے غیر مرمہ لائن وجود میں آتی ہے۔ مربوط الکٹران چونکہ فوٹان سے کوئی توانائی حاصل نہیں کرتے اس لئے بکھرے ہوئے فوٹان کے طول موج میں کوئی تبدیلی واقع نہیں ہوتی۔

6.4 تھامسن اور ریڈ کا تجربہ (The Experiment of Thomson and Reid)

کم توانائی کے حامل الکٹران کی ایک بیم پر ڈے ویژن اور جرمر کے کئے ہوئے تجربہ ایک سال بعد۔ جی۔ پی۔ تھامسن اور اے ۔ ریڈ نے ہو بہو اس ہی قسم کا تجربہ بڑی توانائی کے حامل الکٹران پر کیا۔ ان الکٹران کو ایک ڈسچارج ٹیوب میں پست دباؤ پر 10,000 تا 60,000 وولٹیج کے تفاوت قوہ کے تحت پیدا کی گیا تھا۔ ان کے آلے کو شکل (6.7) میں بتایا گیا ہے۔ مناسب رکاوٹوں کی مدد سے الکٹران کی بیم کو تنگ اور باریک پرنسل میں بدلا جاتا ہے۔ الکٹران کی اس باریک بیم کو ایک دھاتی جھلی F سے گزارا جاتا ہے۔ جھلی کو ان گنت خوردبینی قلموں کے زریعہ بنایا جاتا ہے۔ انہیں، اگرچہ کہ بے قاعدہ طریقے سے ترتیب دیا جاتا ہے تاہم ان قلموں میں سے چند ایسی سمتیں اختیار کر لیتے ہیں جو بریگ (Bragg) کے فارمولے کے مطابق انعکاس پیدا کرتے ہیں۔ اس کو خاص طریقہ سے تیار کیا جاتا ہے اس کی دبازت تقریباً 10^{-6} سمر ہوتی ہے۔ B میں اونچے رتبے کے خلاء کو پیدا کیا جاتا ہے۔ حلقوں کے پیٹرن کی فوٹو گرافی کی جاتی ہے۔ مختلف قسم کی دھاتوں جیسے سونا، پلاٹینم اور الیومینیم کو استعمال کیا جاتا ہے۔ حلقوں کے قطروں کی پیائش کے ذریعہ الکٹران سے متعلق طول موج کو تھامپسن نے محسوب کیا۔



https://homework.study.com/explanation/describe-j-j-thomson-s-cathode-ray-tube-experiment-and-explain-how-the-experiment-helped-add-to-our-understanding-of-the-atom.html

تھامسن اور ریڈ کی تجرباتی ترتیب

شکل(6.7)

PP=فوٹو گرافک پلیٹ　　MF=دھاتی جھلی

CR=کیتھوڈ شعاعیں　　A=مثبت برقیرہ(اینوڈ)　　C=منفی برقیرہ(کیتھوڈ)

الکٹران کے انکسار(diffraction)اور لا۔ شعاعوں کے ذریعہ قلم کے اکائی خانے(Unit cell)کی معلوم کردہ سائز میں مکمل مطابقت پائی گئی۔ مثلاً سونے کے لیے الکٹران انکسار کے ذریعہ اس کی معلوم کردہ قیمت 7.08A ہے۔ جب کہ لا شعاعوں سے یہ قیمت4.06Aحاصل ہوئی تھی۔

6.5 اصول تکملہ(The Principle of Complementarity)

پہلی نظر میں، موج۔ ذراتی۔ دوئیلیت ناقابل مصالحت (یا ایک دوسرے کے منافی) دکھائی دیتی ہے۔ ایک موج میں پھیلاؤ ہوتا ہو تو ذرہ مقامی ہوتا ہے۔ فضا میں ایک موج کا طول موج اور اس کی ایک رفتار ہوتی ہے جب کہ ایک ذرے کی کمیت ہوتی ہے اور جب وہ حرکت کرتا ہے تو اس کی رفتار بھی ہوتی ہے۔ یہ خصوصیات بظاہر ایک دوسرے کے برعکس دکھائی دیتے ہیں۔ پھر بھی ہمیں یہ تسلیم کرنا ہو گا کہ برقی مقناطیسی موجیں بعض اوقات ذروں اور فوٹان کے خواص کو ظاہر کرتے ہیں تو الکٹران جو کہ ذرے میں لیکن بعض اوقات یہ موجوں کے خواص کا اظہار کرتے ہیں۔ آخر کار ان دو بظاہر ناقابل مصالحت تصورات کو کس طرح تسلیم کیا جائے؟

تجربہ سے ہم جانتے ہیں کہ توانائی کا انتقال موجی شکل یا ذروں کی شکل میں عمل میں آتا ہے۔ اس خلل پر غور کیجئے جو ایک کیوں کے پانی کی ساکن سطح پر ایک پتھر کے گرنے سے پیدا ہوتا ہے۔ موجیں صاف طور پر ظاہر ہوتی ہیں۔ پانی کی سطح پر موجوں کی حرکت کی

وجہ سے توانائی تمام سمتس میں منتقل ہوتی ہے۔ اس صورت میں مظہر کو حقیقتاً دیکھا جاتا ہے۔ توانائی ی ترسیلی خصوصیات کو موج کے نونہ کو استعمال کر کے سمجھایا جاتا ہے۔ موج کے طول موج کو محسوب بھی کیا جاسکتا ہے۔ ذراتی نمونہ کا یہاں پر بلاشبہ کوئی مقام ہی نہیں ہے۔

اب کھیل کے دوران ٹینس کی گیند کی اڑان پر غور کیجئے۔ ہر لمحے پر اس کی ایک کمیت ایک رفتار اور ایک مقام ہوتا ہے۔ ٹینس کا کھیل کھیلنے کے لیے کافی توانائی کی ضرورت ہوتی ہے اور مطلوبہ سمت میں گیند کو مارا جاتا ہے۔ اس صورت میں توانائی کا انتقال ایک ذرے سے جو کہ بڑا ہوتا ہے۔ کے ذریعہ ہوتا ہے۔ گیند کی اڑان کی خصوصیات کو بہت ہی واضح طور پر ذراتی نمونے کے ذریعہ سمجھایا جاسکتا ہے۔ موجی نمونے کا یہاں پر اطلاق نہیں کیا جاسکتا۔

یہاں تک تو ہمارے تجربات بالکل واضح اور قطعی ہیں۔ ان دونوں صورتوں میں شبہ کی ذرا سی گنجائش بھی نہیں ہے کہ مشاہدہ کردہ مظہر کو مکمل طور پر بیان کرنے کے لیے ہمیں کونسے ماڈل کا انتخاب کرنا چاہئے۔ ان دونوں صورتوں میں اجسام خرد بینی (microscopic) ہوا کرتے ہیں اور ہمیں تخیلات کی ڈور کو بلاوجہ کھینچنے کی ضرورت لاحق نہیں ہوتی۔

آواز توانائی کی ایک شکل ہے، آواز کے انتقال کو سمجھانے کے لیے ہم نے موج کا نمونہ استعمال کیا اگرچہ کہ یہ موجیں دکھائی نہیں دیتیں جیسا کہ موجیں دکھائی دیتی ہیں، یہی پانی کی موجیں ہمیں مدد پہونچاتیں۔ پانی کی موجوں کی طرح آواز کی موجیں بھی، منعکس، منعطف ہوتی ہیں اور ان میں انکسار اور مداخلت بھی واقع ہوتا ہے، ان اثرات نے ہمیں موج ماڈل کو منتخب کرنے پر مجبور کر دیا۔

گیسون کے جزکی نظریہ میں یہ فرض کرلیا جاتا ہے کہ گیس سالمات کا ایک مجموعہ ہے۔ یہ سالمات غیر مرئی ہیں، انہیں کرے تصور کیا جاتا ہے جو برتن کے حدود میں ہمیشہ حرکت کرتے رہتے ہیں، ایک دیئے ہوئے لمضے پر ہر ایک کی کمیت، رفتار اور مقام ہوتا ہے۔ ان سالمات کے معیار حرکت اور توانائی بالحرکت کی رقوم میں گیس کے دباؤ اور اس کی تپش کے مفہوم کو سمجھا جاتا ہے، یہ فرض کرلیا جاتا ہے کہ یہ سالمات تمام قسم کی رفتاروں کے ساتھ حرکت کرتے رہتے ہیں، شماریاتی نتائج اس حقیقت کی تصدیق کرتے ہیں۔ ذراتی ماڈل ہی ایک موزوں وصف ہے جس کی مدد سے گیسوں کے طرز عمل کو سمجھا جاتا ہے۔ یہاں پر موجی ماڈل کے لیے کوئی جگہ نہیں ہے۔

نور، توانائی کی ایک شکل ہے جس کی نوعیت برقی مقناطیسی ہے۔ نور کی موج کا تعدد طول موج اور رفتار ہوتی ہے۔ اب سوال یہ ہے کہ کس ماڈل کی رقوم میں نور کی اشاعت یعنی پھیلاؤ کو سمجھا جاسکتا ہے؟ یہ خوش قسمتی ہے یا یہ بدقسمتی کہ نور کی خصوصیات کو پوری طرح سمجھانے کے لیے ہمیں موجی اور ذراتی دونوں نمونوں کو استعمال کرنا پڑتا ہے۔ یہاں پر یہ بتلانا خالی از دلچسپی نہ ہوگا کہ نیوٹن کا ذراتی ماڈل اور ہائی جن کا موجی ماڈل دونوں کافی طویل عرصے یعنی انیسویں صدی کے وسط تک جب کہ نور کی رفتار کی تخمین ہوا اور پانی میں کی گئی تک مقبول رہے۔ اس کے بعد موجی ماڈل کو بقاملی لیکن اس کی یہ زندگی بھی مختصر تھی۔

ضیاء برقی اثر اور کومپٹن اثر کی دریافت کے بعد ذراتی ماڈل کو موجی ماڈل جیسی مقبولیت کے ساتھ پرھ سے بڑھاوا دینا پڑا کیوں کہ مذکور الصدر دو اثرات میں برقی مقناطیسی امواج کا طرز عمل ایسا ہے جیسا کہ وہ ذرے ہیں۔ ان نام نہاد ذروں کو فوٹان کا نام دیا گیا۔ فوٹان

، توانائی کو لیے پھرتے ہیں، فوٹان کی توانائی کی مقدار کا تعین موج کے تعدد سے ہوتا ہے اگر موج کا تعدد v ہو اور اس کے فوٹان کی توانائی E ہو تو ان میں باہم جو رشتہ پایا جاتا ہے۔

$$E = hv$$

جہاں h پلانک کا مستقل ہے، جتنا موج کا تعدد زیادہ ہوتا ہے اتنی ہی اس کے فوٹان کی توانائی بڑی ہوتی ہے۔ بلند تعدد مقابلتاً ذراتی نوعیت کے اظہار کی صلاحیت رکھتے ہیں۔ ان صورتوں میں موجی نمونہ کچھ کام نہیں کرتا یہ ذراتی نمونہ کی تائید میں ضم ہو جاتا ہے۔

یہ بالکل عیاں ہے کہ موزوں و مناسب ماڈل کے انتخاب کا انحصار تجربوں کے نتائج پر موقوف ہے۔ کسی صورت میں اگر ایک نمونہ کو شرف قبولیت بخشیں تو دوسرے کو مسترد کرنا ہو گا۔

بالائے بنفشی آفت (The ultraviolet catastrophe) جس کے بارے میں کہا جاتا ہے کہ قدری نظریہ کے ظہور کو آسان بنا دیا، اس سمت میں ایک اشارہ کنندہ ہے، سیاہ جسم سے خارج ہونے والے اشعاع کے تعدد اور ان کی توانائی کے درمیان رابطہ حاصل کرنے کے لیے قدیم طبیعیات نے جو نتائج اخذ کئے وہ تجربی مشاہدات کے مطابق نہیں پائے گئے۔ یہ صرف اشعاع کا قدری تصور ہی تھا جس کے ذریعہ ان نتائج کو من و عن سمجھا جاسکا۔ یہ بعید از قیاس نہیں ہے کہ جیسے جیسے برقی مقناطیسی موج کے تعدد میں اضافہ ہوتا ہے، اس کی توانائی اتنی زیادہ مقامی بن جاتی ہے کہ بالائے بنفشی اور اس سے اونچے تعددوں کے منطقے میں ذراتی ماڈل کو واجبیت حاصل ہوتی ہے جب کہ کمتر تعددوں کے منطقے میں موجی ماڈل موزونیت اختیار کرتا ہے، جس طرح اونچے تعددوں کے لیے موجی ماڈل کو استعمال نہیں کیا جاسکتا اسی طرح ذراتی ماڈل کا کمتر تعددوں پر اطلاق نہیں ہو سکتا۔ ان میں باہمی کوئی شراکت نہیں ہوتی۔ اس طرح ایک ماڈل کے انتخاب اور دوسرے کے استرداد کا انحصار بالکلیہ تجربہ کے نتائج پر موقوف ہے۔

وہ الکٹران جس کا طرز عمل بہت سارے تجربوں میں ایک ذرے کے مانند ہوتا ہے اپنے ساتھ موجوں کو بھی ملا ہوا رکھتا ہے۔ یہ "مادی موجیں" کہلاتی ہیں۔ ابتدائی مدارج میں یہ کبھی بھی سوچا نہیں گیا کہ الکٹران پر موجی ماڈل کا اطلاق بھی کیا جاسکتا ہے۔ بہت سے تجربات میں ان کا نور کے مانند انکسار، ان کی موجی خصوصیت کو ظاہر کرتا ہے۔ اس لیے موجی ماڈل کی جانب رخ کرنا ایک ناگزیر ضرورت ہو گئی، اس طرح مادی موجوں کے وجود کو تسلیم کر لیا گیا۔

الکٹران کی صورت میں ہر وقت کوئی ایک ہی ماڈل قابل عمل رہتا ہے۔ مثلاً عام طور پر ذراتی ماڈل لیکن انکسار کی صورت میں موجی ماڈل کو استعمال کیا جاتا ہے۔

اس طرح موجوں اور ذروں میں دوئیلیت (Duality) کا پایا جانا، ان کی جبلی خصوصیت ہے۔ زیر جوہری ذرات اور ہلکے جواہر کی صورت میں دوئلیت کا اظہار تو ہو جاتا ہے لیکن دیگر صورتوں میں متعلقہ طول موج اتنے چھوٹے ہو جاتے ہیں کہ ان کی پیائش دشوار بن جاتی ہے۔ اتنا یاد رکھنا ضروری اور کافی ہے کہ ایک وقت میں صرف ایک ہی ماڈل کارگر ہوتا ہے۔ اس کی ایک ناقص مماثلت سکون کی صورت میں ہوتی ہے۔ اس پر غور کیجئے ایک سکہ کی ایک سطح چت اور دوسری پٹ ہوتی ہے۔ جب اس کو اچھالا جاتا ہے تو یہ یا تو چت حالت میں سکون میں آتا ہے یا پٹ حالت میں۔ بعض اوقات میں چت ہوتا ہو تو دیگر میں پٹ، لیکن وقت لے ایک ہی لمحے پر چت اور پٹ دود کھائی نہیں دیتے۔ ہر ایک بلا استثنائے دیگر وقوع میں آتا ہے۔ لیکن یہ صورت حال سے ہم مات نہیں کھاسکتے کیوں کہ سکے کو ہاتھ

میں پکڑ کر ہم اس کی چت اور پٹ شکل کو متبادل طور پر دیکھنے کے قابل ہیں۔ اس طرح یہ سوال ابھر ہی نہیں سکتا کہ "کس طرح ایک سکہ اپنا چت اور پٹ رکھ سکتا ہے۔

موجی اور ذراتی ماڈلس ایک دوسرے کے مد مقابل نہیں بلکہ تکمیلہ ہوتے ہیں۔

6.6 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

شکل (6.4) میں بتائی ہوئی جربی ترتیب کو استعمال کر کے انسدادی قوۃ (Stopping potential) V_0 کی پیائش کی گئی۔ اس قوۃ کو فوٹو کیتھوڈ اور (Collector) کے درمیان عائد کیا جاتا ہے تا کہ فوٹو کرنٹ گھٹ کر صفر ہو جائے۔ تجربی ڈیٹا حسب ذیل ہے تانبہ کی سطح جس پر طول موج $\lambda = 1849A^0$ کا اشعاع واقع ہو رہا ہے جس کی انسدادی قوہ $V_0 = 2.75eV$ ہے۔ دہلیزی تعدد v_0 قوتی تفاعل W اور اعظم توانائی بالحرکت K_{max} محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے

شکل (6.4): ضیابرقی اثر میں قوۃ کی پیائش کے لیے تجربی ترتیب آئنسٹائن کی ضیابرقی مساوات کے مطابق

$$K_{max} = (hv - W)$$

مزید $K_{max} = \frac{1}{2}mv_{max}^2$

اگر V_0 قوۃ کو ظاہر کرتا ہے تو

$$eV_0 = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = K_{max} = (2.75)Ve = 2.75eV$$

$$\therefore eV_0 = hv - W$$

$$\therefore W = hv - eV_0 = \frac{hc}{\lambda} - eV_0$$

$$W = \frac{(6.625\times10^{-34}\ J)(3\times10^8 ms^{-1})}{1849\times10^{-10}m} - 2.75eV$$

$$W = 1.075 \times 10^{-18}J - 2.75eV$$

$$1eV = 1.602 \times 10^{-10}J$$

$$W = \frac{1.075\times10^{-18}J}{1.602\times10^{-19}}eV - 2.75eV$$

$$W = 6.71eV - 2.75eV = 3.96eV$$

اگر دہلیزی تعدد v_e ہو تو

$$hv_0 = W$$

$$\therefore v_0 = \frac{W}{h} = \frac{(3.96eV)1.602\times10^{-19}J(eV)^{-1}}{6.625\times10^{-24}Js}$$

$$v_0 = \frac{3.96\times1.602\times10^{-19}}{6.625\times10^{-34}}$$

$$v_0 = 0.9575 \times 10^{15}Hz$$

$$\therefore v_0 = 9.575 \times 10^{14}Hz$$

حل شدہ مثال2

ایک ضیاء برقی تجربہ میں انسدادی قوہ$0.18eVo$ پائی گئی جبکہ فوٹو کیتھوڈ پر واقع ہونے والے نور کا طول موج$5461A^0$ ہے۔اگر اس ہی فوٹو کیتھوڈ پر $1849A^0$طول موج کا نور واقع ہو تو انسدادی قوہ $4.64\ eV$ہو جاتی ہے۔

حل: دیا گیا ہے

الکٹران کے بھرن1.602×10^{-19} کولوم تصور کرتے ہوئے پلانک کے مستقل کو محسوب کیجئے۔

آئنسٹائن کی مساوات کے مطابق

$$K_{max} = hv - W = eV$$

جہاں V قوہ کو ظاہر کرتا ہے۔

ازروئے سوال

$\frac{hc}{\lambda} - W = eV$ ہو جاتا ہے۔

$$\frac{h3\times10^8}{5461\times10^{-10}} - W = e(0.18eV) = 0.18e$$

$$\frac{h3\times10^8}{1849\times10^{-10}} - W = e(4.64eV) = 4.64e$$

$$\frac{h}{10^{-10}}[3\times10^8]\left[\frac{1}{1849} - \frac{1}{5461}\right] = e(4.64 - 0.18)$$

$$= +4.46 \times (e) = +4.46 \times 1.602 \times 10^{-19}$$

$$h = \frac{4.46\times1.602\times10^{-19}eV\times10^{-10}}{3\times10^8\left[\frac{1}{1849} - \frac{1}{5461}\right]}$$

$$h = 6.64 = 6.64 \times 10^{-34}Js$$

حل شدہ مثال 3

گریفائیڈ کے مادے سے $0.708A^0$ طول موج والی ایک لونی۔ لاشعاعیں بکھر جاتی ہیں۔ ان بکھری ہوئی شعاعوں کا طول موج معلوم کیجئے جن کے لیے بکھراؤ کا زاویہ 90^0 اوپلٹنے والے الکٹران کی توانائی بالحرکت بھی معلوم کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے

$$\lambda_\theta - \lambda_0 = \frac{h}{m_0 c}(1 - \cos\theta)$$

بموجب سوال $\theta = 90$

$$\lambda_\theta = \lambda_0 + {}^{h}/_{m_0 c} = 0.708A^0 + 0.024A^0$$

$$\lambda_\theta = 0.732A^0$$

پلٹنے والے کی توانائی ہوتی ہے

$$E = hv_0 - hv_\theta = hv_0 - \frac{hc}{\lambda_\theta}$$

$$E = hv_0 - \frac{hc}{\lambda_0 + \frac{h}{m_0 c}(1-\cos\theta)}$$

$$E = hv_0 - \frac{hc/\lambda_0}{1 + \frac{h}{m_0 c\lambda_0}(1-\cos\theta)}$$

$$E = hv_0 - \frac{hv_2}{\left[1 + \frac{hv_0}{m_0 c^2}(1-\cos\theta)\right]}$$

$$E = hv_0\left[1 - \frac{1}{1 + \frac{hv_0}{m_0 c^2}(1-\cos\theta)}\right]$$

یا

$$E = hv_0\left[\frac{(hv_0/m_0 c^2)(1-\cos\theta)}{1 + \frac{hv_0}{m_0 c^2}(1-\cos\theta)}\right]$$

جہاں $\theta = \pi$ ہوتا ہے تو E اعظم ہو جاتا ہے

$$E = hv_0\left[\frac{2hv_0/m_0c^2}{1+2hv_0/m_0c^2}\right]$$

$$hv_0 = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6.626\times10^{-34}Js(3\times10^{R}ms^{-1})}{(0.708\times10^{-10}m)} \times \frac{1}{1.602\times10^{-19}J(eV)^{-1}}$$

$$hv_0 = \frac{6.626\times10^{-26}\times3}{0.708\times1.602\times10^{-29}}eV$$

$$hv_0 = 17.53\times10^3eV$$

اور یہ بھی کہ

$$m_0c^2 = (9.109\times10^{-31}kg)(3\times10^8ms^{-1})^2$$

$$m_0c^2 = 81.981\times10^{-15}kgm^2s^{-2}$$

$$m_0c^2 = 81.981\times10^{-15}kgms^2m$$

$$m_0c^2 = 81.981\times10^{-15}J$$

$$m_0c^2 = 81.981\times10^{-15}J\frac{1}{1.602\times10^{-19}J(eV)^{-1}}$$

$$m_0c^2 = 51.17\times10^4eV$$

$$m_0c^2 = 0.512\times10^6eV$$

$$\therefore E = 17.53\times10^3cV\frac{\frac{2(17.53\times10^3eV)}{0.512\times10^0eV}}{1+\frac{2(17.53\times10^3eV)}{0.512\times10^0eV}}$$

$$E = 17.53\times10^3eV\left[\frac{68.48\times10^{-3}}{1+68.18\times10^{-3}}\right]$$

$$E = 17.53\times10^3\left[\frac{0.06818}{1.06818}\right]eV$$

$$E = 1.124keV$$

حل شدہ مثال 4

توانائی لا۔ شعاعیں ایک ٹارگٹ پر واقع ہوتی ہیں جس سے کامپٹن بکھراؤ واقع ہوتا ہے۔ 60^0 کے زاویہ پر ایک آزاد الکٹران سے بکھرنے والے اشعاع کی توانائی معلوم کیجئے۔ پلٹنے والے الکٹران کی توانائی بھی معلوم کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے

ہم جانتے ہیں کہ

$$\lambda_\theta - \lambda_0 = \frac{h}{m_0c}(1-\cos\theta)$$

چونکہ--------- $E = hv = \frac{hc}{\lambda}$

$$\therefore \frac{1}{\lambda} = \frac{E}{hc} \; or \lambda = \frac{hc}{E}$$

$$\therefore \frac{hc}{E_\theta} - \frac{hc}{E_0} = \frac{h}{m_0 C}(1 - \cos\theta)$$

یا

$$\frac{1}{E_\theta} - \frac{1}{E_0} = \frac{1}{m_0 c^2}(1 - \cos\theta)$$

سوال میں دیئے ہوئے ڈیٹا کے مطابق

$$\frac{1}{E_\theta} = \frac{1}{0.15} + \frac{1}{0.512}(1 - \cos 60^0) = \frac{1}{0.15} + \frac{(1-0.5)}{0.512}$$

$$\frac{1}{E_\theta} = (6.666 + 0.9766)\frac{1}{MeV}$$

$$\therefore E_\theta = \frac{1}{7.6.1327} = 0.131 MeV$$

بکھرے ہوئے لا۔ شعاعی فوٹان کی توانائی $0.131\ Mev$

پلٹنے والے الکٹران کی توانائی بالحرکت ہوتی ہے۔

$$E = 0.150 - 0.131 = 0.019\ Mev$$

6.7 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- دھاتی اوراق کو جب برقی مقناطیسی اشعاع سے ٹکرایا جاتا ہے۔ تو ان سے الکٹران کا اخراج عمل میں آتا ہے اس اخراج کو ضیاء برقی اثر کہتے ہیں۔ اس اثر کو 1887ء میں ہینرچ ہرٹز (Heinrich Hertz) نے دریافت کیا تھا۔ اشعاع کی نوعیت سے متعلق پلانک کے قدری نظریہ کی بنیاد پر آئنسٹائن نے ضیا برقی اثر کے مظہر کو سمجھایا۔ ایک دھاتی سطح پر لا۔ تعدد کے برقی مقناطیسی اشعاع کے واقع ہونے سے خارج ہونے والے الکٹران کی اعظم توانائی بالحرکت ہوتی ہے۔

$$k_{max} = (hv - W)$$

اس رشتے کو آئنسٹائن کی ضیا برقی تفاعل کام واقع اشعاع کی مدت

ضیاء برقی اثر سے متعلق بنیادی تجربی حقائق حسب ذیل ہیں:

- ہر مادے کے لئے ایک دہلیزی تعدد v_0 ہوتا ہے اگر واقع اشعاع کا تعدد v_0 سے کم ہو تو کوئی فوٹو الکٹران آزاد نہیں ہوتا۔

- فوٹو الکٹران کی اعظم توانائی کا انحصار واقع ہونے والے فوٹان کے تعدد پر ہوتا ہے۔ فوٹو کیتھوڈ کا تفاعل کام واقع اشعاع کی مدت کے غیر تابع ہوتا ہے۔
- دہلیزی تعدد سے اونچے تعددوں پر فوٹو کرنٹ نور کی حدت راست متناسب ہوتا ہے۔ کامٹپن اثر کا تعلق مادوں کے لا۔ شعاعوں کے بکھراؤ سے ہے۔ اس اثر کے مطابق جب مادے کے جوہر کے آزاد الکٹران سے لا۔ شعاع کا فوٹان ٹکراتا ہے تو یہ اپنی توانائی کا کچھ حصہ الکٹران کو منتقل کر کے خود بکھر جاتا ہے۔ فوٹان سے الکٹران کو توانائی کا انتقال بکھرے ہوئے فوٹان کے طول موج کی تبدیلی کے شکل میں نمایاں ہوتا ہے۔ طول موج کی تبدیلی $\Delta\lambda_0$ ہوتی ہے $\lambda_\theta - \lambda_c = \frac{h}{m_0 C}(1 - \cos\theta)$ جہاں θ بکھراؤ کا زاویہ ہے۔

کامپٹین $\Delta\lambda_0$ کا انحصار صرف بکھراؤ کے زاویہ پر ہے اور واقع فوٹان کی توانائی اور مادے کی نوعیت پر یہ منحصر نہیں ہوتا۔ دونوں یعنی ضیابرقی اثر اور کامپٹن اثر سے برقی مقناطیسی اشعاع کی ذراتی نوعیت کا اظہار ہوتا ہے۔ دونوں تجربی مشاہدات سے قدری نظریہ کو تقویت پہونچی اور یہ مسلم ہو گیا کیونکہ قدیم نظریہ کی بنیاد پر ان کو سمجھایا نہیں جا سکا تھا۔

6.8 کلیدی الفاظ (Keywords)

- کوئی اشعاع جس کا تعدد v_0 سے کم ہو کسی فوٹو الکٹران کو آزاد نہیں کرا سکتا۔ اس لئے اس تعدد کو دہلیزی تعدد (Threshold frequency) کہا جاتا ہے۔
- اشعاع کا قدیم برقی مقناطیسی موجی نظریہ، مذکور الصدر تجربی حقائق کی وضاحت کا اہل نہیں پایا گیا۔ ان حقائق کی تشفی بخش وضاحت کے لئے ہمیں ایک بالکیہ نئے نظریہ کا سہارا لینا پڑتا ہے۔ جس کو اشعاع کا قدری نظریہ (Quantum Theory) کہا جاتا ہے۔

6.9 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

6.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. برقی مقناطیسی موجیں کی نوعیت کس قسم کی ہوتی ہے؟

a) دوہری فطرت b) موجفطرت c) ذرہ فطرت d) فوٹون کی نوعیت جواب دیکھیں

2. درج ذیل میں سے کس کی شدت موجکی تعدد کے متناسب ہے؟

(a) الیکٹران (b) نیوٹران (c) فوٹون (d) پروٹون

3. درج ذیل سے ڈی-بروگلی اظہار کی شناخت کریں۔

(a λ=h−p (b λ=h+p (c λ=hp (d λ=h×p

4. جب الیکٹران کی طول موج بڑھ جاتی ہے تو الیکٹران کی رفتار بھی بڑھ جاتی ہے۔

a)ایک سچا

b) غلط

5. 2 kV کے ممکنہ فرق کے ذریعے تیز ہونے والے پروٹون کی ڈی –بروگلی طول موج کیا ہے؟

a)0.65×10^{-13} میٹر

b) 0.65×10^{-10} میٹر

c)0.65×10^{-11} میٹر

d)0.65×10^{-20} میٹر

6. 50 میٹر فی سیکنڈ کی رفتار سے حرکت کرنے والی 150 گرام ماس کی گیند کی ڈی –بروگلی طول موج کیا ہے؟

a)8.8×10^{-37} میٹر

b) 8.8×10^{-30} میٹر

c)8.8×10^{-25} میٹر

d)8.8×10^{-35} میٹر

6.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات(Short Answer Type Questions)

1. ضیابرقی اثر کیا ہوتا ہے؟ آئنسٹائن کی ضیابرقی مساوات کو اخذ کیجئے اور اس مساوات سے ضیابرقی اثر کے تجربی حقائق کو کس طرح سمجھایا جاسکتا ہے؟
2. کامپٹن اثر کیا ہوتا ہے؟ جب لا۔ شعاعیں بکھر جاتی ہیں تو کامپٹن تبدیلی کے لئے ضابطہ اخذ کیجئے۔

6.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات(Long Answer Type Questions)

1. ضیابرقی اثر کیا ہوتا ہے؟ آئنسٹائن کی ضیابرقی مساوات کو اخذ کیجئے اور اس مساوات سے ضیابرقی اثر کے تجربی حقائق کو کس طرح سمجھایا جاسکتا ہے؟
2. کامپٹن اثر کیا ہوتا ہے؟ جب لا۔ شعاعیں بکھر جاتی ہیں تو کامپٹن تبدیلی کے لئے ضابطہ اخذ کیجئے۔

6.9.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. ایک سطح۔ جس کا تفاعل کام 2.2ev ہے، سے خارج ہونے والے ھ فوٹو الکٹران کے لئے درکار انسدادی قوہ معلوم کیجئے جبکہ $\lambda = 2537A^0$ والی مرکیوری کے نور سے الکٹران پیدا ہوتے ہیں(جواب:5.5v)
2. سوڈیم کے لئے ضیابرقی دہلیز $5420A^0$ ہے جب $4861A^0$ طول موج کا نور اس پر واقع ہوتا ہے تو آزاد ہونے والے الکٹران کی اعظم رفتار معلوم کیجئے۔ (جواب $4.07 \times 10^5 ms^{-4}$ میز اقافیہ)

3. ایک تازہ صاف و ستھری سیزیم کی سطح کو مختلف طول موج λ ایک لونی نور سے منور کیا گیا ہے اور ان کے لئے انسدادی قوۃ V_0 کو معلوم کیا گیا۔ ڈیٹا کو ذیل میں درج کیا گیا ہے۔

λ	(A)	5896	5461	4358	4077	3663	3303	2830	2537
V_0	(V)	0.12	0.28	0.86	1.08	1.39	1.78	2.20	2.92

4. گراف کے ذریعہ آئنسٹان کی ضیابرقی مساوات کی تصدیق کیجئے۔ سیزیم (cesium) کے تفاعلی کام اور پلانگ کے مستقل کو بھی معلوم کیجئے۔ $0.1\ M_{ev}$ توانائی کی لا۔ شعاعوں میں ایک ٹارگٹ سے بکھراؤ واقع ہوتا ہے۔ وقوع کی سمت سے 45^0 کے زاویہ پر بکھرنے والے اشعاع کی توانائی معلوم کیجئے۔ الکٹران کی توانائی بھی معلوم کیجئے۔ (جواب $0.0054\ Med. 0.09646\ Med$)

5. کامپٹن کے تصادم میں $0.612A^0$ والے لا۔ شعاعیں، الکٹران سے بکھیر جاتے ہیں وقوع کی سمت سے 40^0 کے زاویہ پر دکھائی دینے والے بکھرے اشعاع کا طول موج معلوم کیجئے۔ (جواب: $0.618A^0$)

6.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. X-Ray Structure Determination by George H. Stout; Lyle H. Jensen.
2. Crystal Structure Refinement by P. Müller; A. L. Spek; T. R. Schneider; M. R. Sawaya; R. Herbst-Irmer. ISBN: 0198570767.
3. Fundamentals of Crystallography by C. Giacovazzo; H. L. Monaco; G. Artioli; D. Viterbo; G.
4. Semiconductor Materials-An Introduction to Basic Principles, Yacobi, B.G, 2003, Springer
5. Physical Chemistry of Semiconductor Materials and Processes, Sergio Pizzini, 2015,Wiley online library

اکائی 7۔ امواج ذرہ اور دوہرا

(Wave Particle and Duality)

اکائی کے اجزا

7.0		تمہید
7.1		مقاصد
7.2		نور کی دوئیلی نوعیت
7.3		مادی امواج کا تصور
7.4		ڈے ویژن اور جرمر کا تجربہ
7.5		تھامسن اور ریڈ کا تجربہ
7.6		تکمیلییت کا اصول
7.7		حل شدہ مثالیں
7.8		اکتسابی نتائج
7.9		کلیدی الفاظ
7.10		نمونہ امتحانی سوالات
	7.10.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
	7.10.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
	7.10.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
	7.10.4	غیر حل شدہ سوالات
7.11		تجویز کردہ اکتسابی مواد

7.0 تمہید (Introduction)

سترھویں صدی نے نور کے دو نظریوں کی پیدائش کا مشاہدہ کیا۔ آئزک نیوٹن کا پیش کردہ ذراتی نظریہ اور کرسچن ہائی جن کا پیش کردہ موجی نظریہ، نیوٹن کے مطابق ایک مبداء نور ذرات کے ایک دھارے کو خارج کرتا ہے۔ جس سے نور کی ایک بیم تشکیل پاتی ہے اس بیم میں انعکاس اور انعطاف ہوتا ہے ہائی جن کے مطابق ایک مبداء سے نور کی توانائی تمام سمتوں میں موجوں کی شکل میں اشاعت پاتی ہے۔ ان موجوں میں بھی انعکاس و انعطاف دونوں ہوتے ہیں۔ دونوں نظریہ یورپ اور انگلینڈ میں مروج تھے۔

7.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- نور کی دوئیلی نوعیت کو سمجھایا گیا ہے اور
- مادی ذرات کے ساتھ موج کو مربوط کرنے کے تصور کو بڑھاوا دیا گیا۔

7.2 نور کی دوئیلی نوعیت (The Dual Natural of Light)

سترھویں صدی نے نور کے دو نظریوں کی پیدائش کا مشاہدہ کیا۔ آئزک نیوٹن کا پیش کردہ ذراتی نظریہ اور کرسچن ہائی جن کا پیش کردہ موجی نظریہ، نیوٹن کے مطابق ایک مبداء نور ذرات کے ایک دھارے کو خارج کرتا ہے۔ جس سے نور کی ایک بیم تشکیل پاتی ہے اس بیم میں انعکاس اور انعطاف ہوتا ہے ہائی جن کے مطابق ایک مبداء سے نور کی توانائی تمام سمتوں میں موجوں کی شکل میں اشاعت پاتی ہے۔ ان موجوں میں بھی انعکاس و انعطاف دونوں ہوتے ہیں۔ دونوں نظریہ یورپ اور انگلینڈ میں مروج تھے۔

یہ تصفیہ کرنا مشکل تھا کہ دونوں میں کونسا نظریہ صحیح ہے کیوں کہ ذراتی نظریہ کے مطابق، مناظری طور پر کثیف مادوں جیسے پانی یا گلاس میں نور کی رفتار کو بہ نسبت ہوا اور خلاء کے زیادہ ہونا چاہئے تھا۔ اس کے برخلاف موجی نظریہ کا ادعا یہ تھا کہ مناظری طور پر کثیف واسطوں میں نور کی رفتار ہوا کے مقابلے میں کم ہونا چاہئے۔ مختلف واسطوں میں نور کی رفتاروں کی تخمین سے اس مسئلہ کی یکسوئی ہو سکتی تھی۔ لیکن نور کی رفتار کو معلوم کرنے کا کوئی طریقہ عملی دقتوں کی وجہ سے معلوم نہیں ہوا اس لیے یہ مسئلہ اپنی جگہ اس وقت تک قائم رہا جب تک کہ انیسویں صدی کے اوائل میں تھامس ینگ (Thomas Young) نے ایک تجربہ انجام دیا جس کے نتائج کو صرف موجی نمونہ کی بناء پر ہی سمجھایا جاسکا۔ ایک تنہا مبداء سے حاصل کردہ نور کی ایک بیم کو دو بیموں میں بانٹا گیا اور پھر انہیں ایک دوسرے پر منطبق کروایا گیا۔ یہ دونوں بیموں کے درمیان تداخل واقع ہوا جس کے نتیجہ کے طور پر متبادل نور اور تاریک پٹیاں وجود میں آئیں۔ ذرہ نما نمونہ اس نتیجہ کو مطلقاً نہیں سمجھا سکا اس کے باوجود ذراتی نظریہ کو مسترد نہیں کیا گیا۔

انیسویں صدی کے وسط میں جین برنارڈ لے ون فوکولٹ (Jean Bernard Leon Foucault) نے پانی اور ہوائیں نور کی رفتاروں کی تخمینیں میں کامیابی حاصل کی۔ پانی مناظری طور پر ایک کثیف واسطہ ہے پانی میں نور کی رفتار ہوا کے مقابلے میں کم پائی گئی۔ یہ

خیال کیا گیا کہ یہ نتیجہ ذراتی نظریہ کے لیے موت کی گھنٹی کا پیش خیمہ ثابت ہوا۔ اس طرح یہ تنازعہ بالآخر موجی نظریہ کی تائید میں ختم ہوتا دکھائی دیا۔

چند دہوں کے بعد ذراتی ماڈل کا ایک دوسری شکل میں احیاء عمل میں آیا۔ نور و بالائے بنفشی اور لاشعاعیں جیسے تعدد کے اشعاع اور مادے کے باہمی عمل سے کچھ ایسے اثرات پیدا ہوئے جنہیں موجی نمونے کی بنیادوں پر سمجھایا نہ جاسکا۔ یہ اثرات ضیاء برقی اثر، امر کا مپٹن اثر میں ان اثرات کو سمجھانے کے لیے ذراتی نمونہ کو پھر سے اختیار کرنا پڑا۔ اس طرح چند تجربات کے لیے برقی مقناطیسی اشعاع، موجی نظریہ کو ظاہر کرتا ہے تو دوسروں کے لیے ذراتی نظریہ کو اس سوال "آیا اشعاع ذرات کے مانند ہے یا موج کے مانند" پر مزید سوچ بچار کرنے کے بجائے یہ تسلیم کر لینا چاہئے کہ "اس کی نوعیت دوئیلی" ہے۔

7.3 مادی امواج کا تصور (The Concept of Matter Waves)

واقعات کی یہ موڑ ایک بہت ہی معقول سوال کو جنم دیتی ہے کہ "بعض اوقات جب اشعاع ذراتی خصوصیات کا اظہار کرتا ہے یعنی زیادہ سے بالکل اس ہی طرح مادے سے بعض اوقات موجی خصوصیات کا اظہار کیوں نہیں ہوتا؟" عام طور پر سائنسدانوں کا یہ ایقان ہے کہ کائنات متشاکل ہے۔ چنانچہ ی۔ ڈی۔ براگلی (L.de Broglie) نے اس سوال پر سنجیدگی سے غور و فکر کر کے ایک خیال کو بڑھاوا دیا مادی موجوں ک دعوی بلا دلیل کی شکل میں بام عروج پر پہونچا۔

ایک فوٹان کی توانائی E اور اس کے تعدد v کو حاصل کیا جاسکتا ہے۔

$$E = hv \qquad \text{-------7.1}$$

نظریہ اضافیت کی رو سے توانائی E سکونی کمیت m_0 اور زرے کے معیار حرکت P میں پایا جانے والا تعلق ہوتا ہے۔

$$(E/c)^2 = p^2 + {m_0}^2 c^2$$

فوٹان کی کوئی سکونی کمیت نہیں ہوتی اس لیے $m_0 = 0$

لہٰذا $$(E/c)^2 = p^2$$

یا $$E/c = p$$

مساوات 7.1 سے E کی قیمت کو درج کرنے پر

$$\frac{hv}{c} = p$$

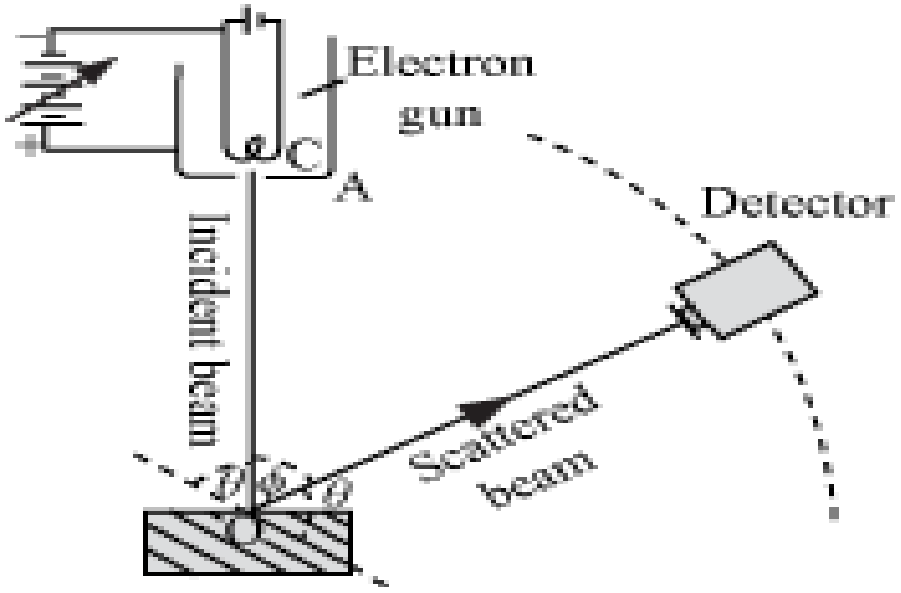
چونکہ $c = v\lambda$ اس لیے $p = \frac{h}{\lambda}$

جو کا مپٹن اثر کے نتائج کے مطابق ہے۔

$$\lambda = \frac{h}{F} = \frac{h}{mv} \qquad \text{------(7.2)}$$

7.4 ڈے ویژن اور جرمر کا تجربہ (Experiment of Davisson and Germen)

لا۔ شعاعیں اور ڈی۔ براگلی کے مادی امواج کے مابین مماثلت سے اس بات کا اشارہ ملتا ہے کہ لاشعاعوں کے انکسار کے تجربہ کو مادی امواج کے لیے بھی وسعت دی جاسکتی ہے۔ 1927ء میں ڈی۔ جے۔ ڈے ویژن اور ی۔ ایچ۔ جرمر بجائے لاشعاعوں کی بیم کے الکٹران کی بیم کو استعمال کر کے تجربہ انجام دیا۔ شکل (7.1) میں آلے کو دکھایا گیا ہے۔ ٹنگسٹن کے ریشے F کو برقی رو کے ذریعہ گرم کیا جاتا ہے۔ ریشے اور پلیٹ کے درمیان عائد کردہ متغیر تفاوت قوہ V کے ذریعہ الکٹران میں اسراع پیدا کیا جاتا ہے تاکہ برآمد ہونے والے الکٹران کی توانائی بالحرکت ۔۔۔۔ ہو جائے اور بیم باریک پنسل کی شکل اختیار کر لے۔ یہ ترتیب الکٹران کی بندوق electron gun کے مانند عمل کرتی ہے۔ بیم خلا سے سفر کرتے ہوئے C پر رکھے ہوئے نکل کے تنہا قلم پر عموداً واقع ہوتی ہے۔ پورے آلے کو ایک اونچے رتبے کے خلائی چیمبر میں محصور کیا جاتا ہے۔ منعکس الکٹران کو ایک سارغ (detector) D میں جمع کیا جاتا ہے۔ جو ایک فراڈے کا استوانہ ہوتا ہے اس استوانے کو ایک اور استوانے سے گھیرا جاتا ہے جس میں ابطائی قوہ (retarding potential) کو عائد کیا جاتا ہے۔



https://www.meritnation.com/ask-answer/question/what-phenomenon-was-observed-in-the-davisson-germer-experime/dual-nature-of-radiation-and-matter/11100027

شکل (7.1): اے در بین اور جرمر کے آلے کی ترتیب

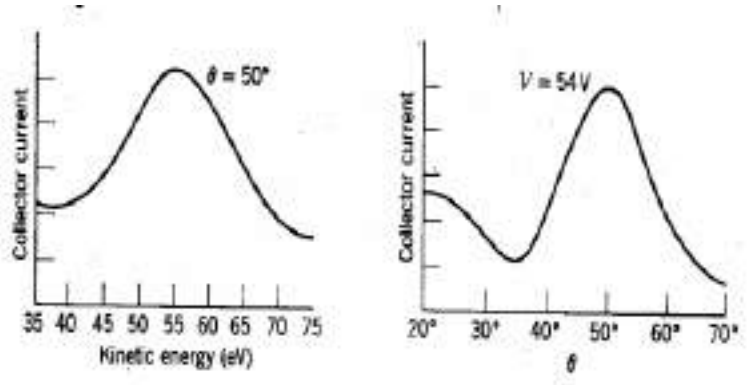
IB = واقع ہونے والی بیم　　F = ریشے

RB = منعکس ہونے والی بیم　　C = تنہا کرسٹل

D = سارغ

یہ ابطائی قوہ بن ہی الکٹران کو استوانے میں داخل ہونے کی اجازت دیتا ہے جن کی رفتار انعکاس کے بعد ۔۔۔۔ کی ہوتی ہے جو انعکاس سے قبل تھی، یہ کم توانائی والے الکٹران کو بھی D میں داخل ہونے سے روکتا ہے۔ سارغ کو شعاع واقع سے مائل کسی خاص

زاویہ ϕ پر ترتیب دیا جاتا ہے اور V کی مختلف قیمتوں کے لیے منعکس شدہ بیم کی حدت کو نوٹ کیا جاتا ہے۔ شکل 7.2 سے ظاہر ہوتا ہے کہ $\phi = 50^0$ اور $V = 54\ Volts$ کے لیے بیم کی حدت بہت زیادہ ہوتی ہے۔



https://www.skedsoft.com/books/physics-for-engineers-2/davisson-germer-experiment

شکل (7.2): شکل (7.1) کے سارغ D کی رو اور زاویہ 50^0 پر منعکس شدہ الکٹران کی حدت میں تعلق

تمام طاقت اور انعکاسوں کو سمجھا جاسکتا ہے اگر یہ فرض کر لیا جائے کہ الکٹران بیم کے طول موج ڈی۔ براگلی کے $\lambda = \frac{h}{p}$ حاصل ہوتے ہیں۔

54 eV کے لیے اس فارمولے سے محسوب طول موج 1.64Å حاصل ہوتا ہے۔ یہ طول موج لاشعوعوں کے طول موج کے رتبے کے برابر ہے۔ لاشعاعیں ہمیں نکل کرسٹل کے بین جوہری مستوئیوں کے فاصلوں کے بارے میں معلومات فراہم کرتی ہے۔

اس تجربہ میں بکھراؤ کا زاویہ 50^0 ہے۔ لہٰذا زاویہ وقوع اور زاویہ انعکاس میں سے ہر ایک کو 50^0 کا ہونا چاہئے۔ شکل (7.3) سے یہ بالکل واضح ہوتا ہے کہ کرسٹل میں انعکاسی مستوئیاں اس کی سطح سے 25^0 پر مائل ہیں۔ متواتر انعکاسی مستوئیوں کے درمیانی فاصلہ حاصل ہوتا ہے۔

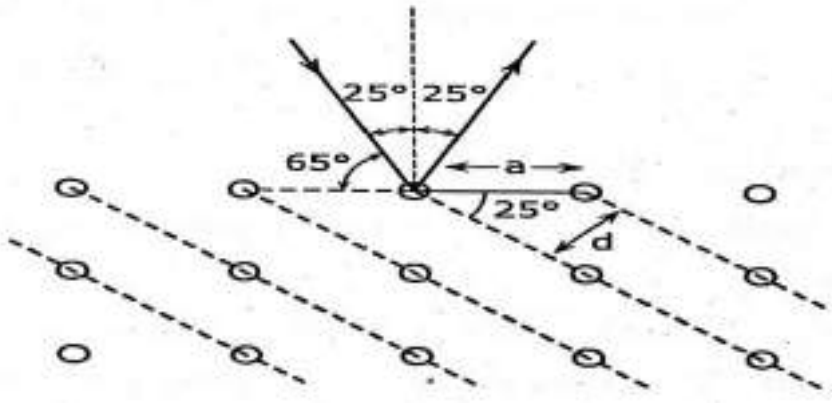
$$d = 2.15 \sin 25^0$$
$$= 0.915A$$

بریگ (Bragg) کے ضابطہ سے

$$\lambda = 2d \sin\theta$$

تب ہمیں حاصل ہوتا ہے

$$\lambda = 2 \times 0.915 \sin 65^0 = 1.67A$$



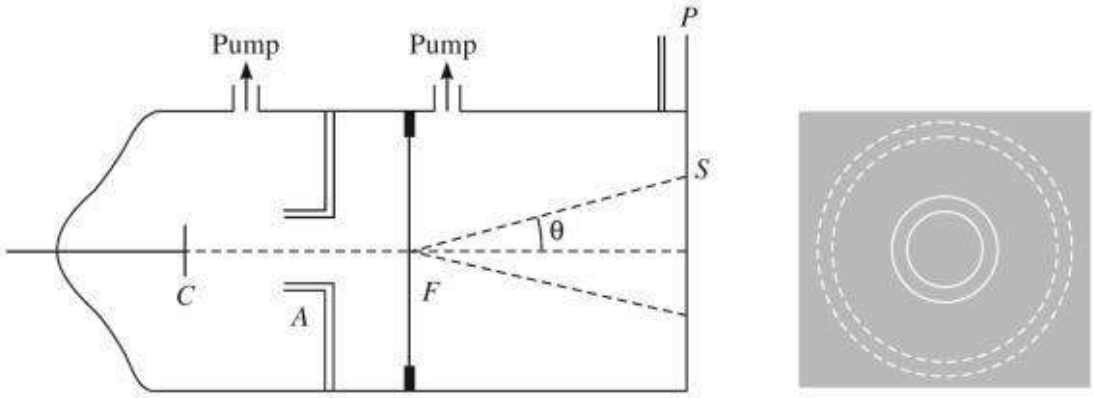
https://www.ques10.com/p/31334/describe-with-the-necessary-theory-the-davisson--1/?#google_vignette

شکل(7.3)نکل، کرستل کے قلمی مستوئیوں سے الکٹران کا انعکاس

الکٹران کے طول موج کی محسوبہ یا پیش گویا اور تجربہ سے مشاہدہ کردہ قیمتوں کے درمیان قریبی مطابقت سے ڈی۔برا گلیی کی مادی موجوں کی حقیقت ثابت ہو جاتی ہے۔

7.5 تھامسن اور ریڈ کا تجربہ (The Experiment of Thomson and Reid)

کم توانائی کے حامل الکٹران کی ایک بیم پر ڈے ویژن اور جرمر کے کئے ہوئے تجربہ ایک سال بعد۔جی۔پی۔تھامسن اور اے ۔ریڈ نے ہو بہو اس ہی قسم کا تجربہ بڑی توانائی کے حامل الکٹران پر کیا۔ان الکٹران کو ایک ڈسچارج ٹیوب میں پست دباؤ پر 10,000 تا 60,000 وولٹیج کے تفاوت قوہ کے تحت پیدا کی گیا تھا۔ان کے آلے کو شکل(7.7) میں بتایا گیا ہے۔مناسب رکاوٹوں کی مدد سے الکٹران کی بیم کو تنگ اور باریک پرنسل میں بدلا جاتا ہے۔الکٹران کی اس باریک بیم کو ایک دھاتی جھلی F سے گزارا جاتا ہے۔جھلی کو ان گنت خوردبینی قلموں کے زریعہ بنایا جاتا ہے۔انہیں، اگرچہ کہ بے قاعدہ طریقے سے ترتیب دیا جاتا ہے تاہم ان قلموں میں سے چند ایسی سمتیں اختیار کر لیتے ہیں جو بریگ (Bragg) کے فارمولے کے مطابق انعکاس پیدا کرتے ہیں۔اس کو خاص طریقہ سے تیار کیا جاتا ہے اس کی دبازت تقریباً 10^{-6} سم ہوتی ہے۔B میں اونچے رتبے کے خلاء کو پیدا کیا جاتا ہے۔حلقوں کے پیٹرن کی فوٹو گرافی کی جاتی ہے۔ مختلف قسم کی دھاتوں جیسے سونا، پلاٹینم اور الیومینیم کو استعمال کیا جاتا ہے۔حلقوں کے قطروں کی پیمائش کے ذریعہ الکٹران سے متعلق طول موج کو تھامپسن نے محسوب کیا۔



Thomson's experiment

a) G. P Thomson's apparatus for electron diffraction

b) Diffraction pattern of a beam of electrons by thin gold foil

https://skmclasses.weebly.com/davisson-germer-and-thomson-experiments.html

شک(7.7)تھامسن اور ریڈ کی تجرباتی ترتیب

PP=فوٹو گرافک پلیٹ MF=دھاتی جھلی

CR=کیتھوڈ شعاعیں A=مثبت برقیرہ(اینوڈ) C=منفی برقیرہ(کیتھوڈ)

الکٹران کے انکسار(diffraction)اور لا۔ شعاعوں کے ذریعہ قلم کے اکائی خانے(Unit cell)کی معلوم کردہ سائز میں مکمل مطابقت پائی گئی۔ مثلاً سونے کے لیے الکٹران انکسار کے ذریعہ اس کی معلوم کردہ قیمت 7.08A ہے۔ جب کہ لا شعاعوں سے یہ قیمت 4.06A حاصل ہوئی تھی۔

7.6 تکمیلیت کا اصول(The Principle of Complementarity)

پہلی نظر میں، موج۔ ذراتی۔ دوئیلیت ناقابل مصالحت (یا ایک دوسرے کے منافی) دکھائی دیتی ہے۔ ایک موج میں پھیلاؤ ہوتا ہو تو ذرہ مقامی ہوتا ہے۔ فضا میں ایک موج کا طول موج اور اس کی ایک رفتار ہوتی ہے جب کہ ایک ذرے کی کمیت ہوتی ہے اور جب وہ حرکت کرتا ہے تو اس کی رفتار بھی ہوتی ہے۔ یہ خصوصیات بظاہر ایک دوسرے کے برعکس دکھائی دیتے ہیں۔ پھر بھی ہمیں یہ تسلیم کرنا ہو گا کہ برقی مقناطیسی موجیں بعض اوقات ذروں اور فوٹان کے خواص کو ظاہر کرتے ہیں تو الکٹران جو کہ ذرے میں لیکن بعض اوقات یہ موجوں کے خواص کا اظہار کرتے ہیں۔ آخر کار ان دو بظاہر ناقابل مصالحت تصورات کو کس طرح تسلیم کیا جائے؟

تجربہ سے ہم جانتے ہیں کہ توانائی کا انتقال موجی شکل یا ذروں کی شکل میں عمل میں آتا ہے۔ اس خلل پر غور کیجئے جو ایک کیویں کے پانی کی ساکن سطح پر ایک پتھر کے گرنے سے پیدا ہوتا ہے۔ موجیں صاف طور پر ظاہر ہوتی ہیں۔ پانی کی سطح پر موجوں کی حرکت کی وجہ سے توانائی تمام سمتس میں منتقل ہوتی ہے۔ اس صورت میں مظہر کو حقیقتاً دیکھا جاتا ہے۔ توانائی ی ترسیلی خصوصیات کو

موج کے نونہ کو استعمال کر کے سمجھایا جاتا ہے۔ موج کے طول موج کو محسوب بھی کیا جاسکتا ہے۔ ذراتی نمونہ کا یہاں پر بلاشبہ کوئی مقام ہی نہیں ہے۔

اب کھیل کے دوران ٹینس کی گیند کی اڑان پر غور کیجئے۔ ہر لمحے پر اس کی ایک کمیت ایک رفتار اور ایک مقام ہوتا ہے۔ ٹینس کا کھیل کھیلنے کے لیے کافی توانائی کی ضرورت ہوتی ہے اور مطلوبہ سمت میں گیند کو مارا جاتا ہے۔ اس صورت میں توانائی کا انتقال ایک ذرے سے جو کہ بڑا ہوتا ہے۔ کے ذریعہ ہوتا ہے۔ گیند کی اڑان کی خصوصیات کو بہت ہی واضح طور پر ذراتی نمونے کے ذریعہ سمجھایا جاسکتا ہے۔ موجی نمونے کا یہاں پر اطلاق نہیں کیا جاسکتا۔

یہاں تک تو ہمارے تجربات بالکل واضح اور قطعی ہیں۔ ان دونوں صورتوں میں شبہ کی ذرا سی گنجائش بھی نہیں ہے کہ مشاہدہ کردہ مظہر کو مکمل طور پر بیان کرنے کے لیے ہمیں کونسے ماڈل کا انتخاب کرنا چاہئے۔ ان دونوں صورتوں میں اجسام خرد بینی (microscopic) ہوا کرتے ہیں اور ہمیں تخیلات کی ڈور کو بلاوجہ کھینچنے کی ضرورت لاحق نہیں ہوتی۔

آواز توانائی کی ایک شکل ہے، آواز کے انتقال کو سمجھانے کے لیے ہم نے موج کا نمونہ استعمال کیا اگرچہ کہ یہ موجیں دکھائی نہیں دیتیں جیسا کہ موجیں دکھائی دیتی ہیں، یہی پانی کی موجیں ہمیں مدد پہونچاتیں۔ پانی کی موجوں کی طرح آواز کی موجیں بھی، منعکس، منعطف ہوتی ہیں اور ان میں انکسار اور مداخلت بھی واقع ہوتا ہے، ان اثرات نے ہمیں موج ماڈل کو منتخب کرنے پر مجبور کر دیا۔

گیسون کے جز کی نظریہ میں یہ فرض کر لیا جاتا ہے کہ گیس سالمات کا ایک مجموعہ ہے۔ یہ سالمات غیر مرئی ہیں، انہیں کرے تصور کیا جاتا ہے جو برتن کے حدود میں ہمیشہ حرکت کرتے رہتے ہیں، ایک دیئے ہوئے لمضحے پر ہر ایک کی کمیت، رفتار اور مقام ہوتا ہے ۔ان سالمات کے معیار حرکت اور توانائی بالحرکت کی رقوم میں گیس کے دباؤ اور اس کی تپش کے مفہوم کو سمجھا جاتا ہے، یہ فرض کر لیا جاتا ہے کہ یہ سالمات تمام قسم کی رفتاروں کے ساتھ حرکت کرتے رہتے ہیں، شماریاتی نتائج اس حقیقت کی تصدیق کرتے ہیں۔ ذراتی ماڈل ہی ایک موزوں وصف ہے جس کی مدد سے گیسوں کے طرز عمل کو سمجھا جاتا ہے۔ یہاں پر موجی ماڈل کے لیے کوئی جگہ نہیں ہے۔

نور، توانائی کی ایک شکل ہے جس کی نوعیت برقی مقناطیسی ہے۔ نور کی موج کا تعدد طول موج اور رفتار ہوتی ہے۔ اب سوال یہ ہے کہ کس ماڈل کی رقوم میں نور کی اشاعت یعنی پھیلاؤ کو سمجھا جاسکتا ہے؟ یہ خوش قسمتی ہے یا یہ بد قسمتی کہ نور کی خصوصیات کو پوری طرح سمجھانے کے لیے ہمیں موجی اور ذراتی دونوں نمونوں کو استعمال کرنا پڑتا ہے۔ یہاں پر یہ بتلانا خالی از دلچسپی نہ ہوگا کہ نیوٹن کا ذراتی ماڈل اور ہائی جن کا موجی ماڈل دونوں کافی طویل عرصے یعنی انیسویں صدی کے وسط تک جب کہ نور کی رفتار کی تخمین ہوا اور پانی میں کی گئی تک مقبول رہے۔ اس کے بعد موجی ماڈل کو بقاملی لیکن اس کی یہ زندگی بھی مختصر تھی۔

ضیاء برقی اثر اور کومپٹن اثر کی دریافت کے بعد ذراتی ماڈل کو موجی ماڈل جیسی مقبولیت کے ساتھ پرھ سے بڑھاوا دینا پڑا کیوں کہ مذکور الصدر دو اثرات میں برقی مقناطیسی امواج کا طرز عمل ایسا ہے جیسا کہ وہ ذرے ہیں۔ ان نام نہاد ذروں کو فوٹان کا نام دیا گیا۔ فوٹان، توانائی کو لیے پھرتے ہیں، فوٹان کی توانائی کی مقدار کا تعین موج کے تعدد سے ہوتا ہے اگر موج کا تعدد ν ہو اور اس کے فوٹان کی توانائی E ہو تو ان میں باہم جو رشتہ پایا جاتا ہے۔

$$E = h\nu$$

جہاں h پلانک کا مستقل ہے، جتنا موج کا تعدد زیادہ ہوتا ہے اتنی ہی اس کے فوٹان کی توانائی بڑی ہوتی ہے۔ بلند تعدد مقابلتاً ذراتی نوعیت کے اظہار کی صلاحیت رکھتے ہیں۔ ان صورتوں میں موجی نمونہ کچھ کام نہیں کرتا یہ ذراتی نمونہ کی تائید میں ضم ہو جاتا ہے۔

یہ بالکل عیاں ہے کہ موزوں و مناسب ماڈل کے انتخاب کا انحصار تجربوں کے نتائج پر موقوف ہے۔ کسی صورت میں اگر ایک نمونہ کو شرف قبولیت بخشیں تو دوسرے کو مسترد کرنا ہوگا۔

بالائے بنفشی آفت (The ultraviolet catastrophe) جس کے بارے میں کہا جاتا ہے کہ قدری نظریہ کے ظہور کو آسان بنا دیا، اس سمت میں ایک اشارہ کنندہ ہے، سیاہ جسم سے خارج ہونے والے اشعاع کے تعدد اور ان کی توانائی کے درمیان رابطہ حاصل کرنے کے لیے قدیم طبیعیات نے جو نتائج اخذ کئے وہ تجربی مشاہدات کے مطابق نہیں پائے گئے۔ یہ صرف اشعاع کا قدری تصور ہی تھا جس کے ذریعہ ان نتائج کو من و عن سمجھا جاسکا۔ یہ بعید از قیاس نہیں ہے کہ جیسے جیسے برقی مقناطیسی موج کے تعدد میں اضافہ ہوتا ہے، اس کی توانائی اتنی زیادہ مقامی بن جاتی ہے کہ بالائے بنفشی اور اس سے اونچے تعددوں کے منطقے میں ذراتی ماڈل کو واجبیت حاصل ہوتی ہے جب کہ کمتر تعددوں کے منطقے میں موجی ماڈل موزونیت اختیار کرتا ہے، جس طرح اونچے تعددوں کے لیے موجی ماڈل کو استعمال نہیں کیا جاسکتا اسی طرح ذراتی ماڈل کا کمتر تعددوں پر اطلاق نہیں ہو سکتا۔ ان میں باہمی کوئی شراکت نہیں ہوتی۔ اس طرح ایک ماڈل کے انتخاب اور دوسرے کے استرداد کا انحصار بالکلیہ تجربہ کے نتائج پر موقوف ہے۔

وہ الکٹران جس کا طرز عمل بہت سارے تجربوں میں ایک ذرے کے مانند ہوتا ہے اپنے ساتھ موجوں کو بھی ملا ہوا رکھتا ہے۔ یہ "مادی موجیں" کہلاتی ہیں۔ ابتدائی مدارج میں یہ کبھی بھی سوچا نہیں گیا کہ الکٹران پر موجی ماڈل کا اطلاق بھی کیا جاسکتا ہے۔ بہت سے تجربات میں ان کا نور کے مانند انکسار، ان کی موجی خصوصیت کو ظاہر کرتا ہے۔ اس لیے موجی ماڈل کی جانب رخ کرنا ایک ناگزیر ضرورت ہوگئی، اس طرح مادی موجوں کے وجود کو تسلیم کرلیا گیا۔

الکٹران کی صورت میں ہر وقت کوئی ایک ہی ماڈل قابل عمل رہتا ہے۔ مثلاً عام طور پر ذراتی ماڈل لیکن انکسار کی صورت میں موجی ماڈل کو استعمال کیا جاتا ہے۔

اس طرح موجوں اور ذروں میں دوئیلیت (Duality) کا پایا جانا، ان کی جبلی خصوصیت ہے۔ زیر جوہری ذرات اور ہلکے جواہر کی صورت میں دوئلیت کا اظہار تو ہو جاتا ہے لیکن دیگر صورتوں میں متعلقہ طول موج اتنے چھوٹے ہو جاتے ہیں کہ ان کی پیائش دشوار بن جاتی ہے۔ اتنا یاد رکھنا ضروری اور کافی ہے کہ ایک وقت میں صرف ایک ہی ماڈل کارگر ہوتا ہے۔ اس کی ایک ناقص مماثلت سکون کی صورت میں ہوتی ہے۔ اس پر غور کیجئے ایک سکہ کی ایک سطح چت اور دوسری پٹ ہوتی ہے۔ جب اس کو اچھالا جاتا ہے تو یہ یا تو چت حالت میں سکون میں آتا ہے یا پٹ حالت میں۔ بعض اوقات میں چت ہوتا ہو تو دیگر میں پٹ، لیکن وقت لے ایک ہی لمحے پر چت اور پٹ دود کھائی نہیں دیتے۔ ہر ایک بلا استثنائے دیگر وقوع میں آتا ہے۔ لیکن یہ صورت حال سے ہم مات نہیں کھاسکتے کیوں کہ سکے کو ہاتھ میں پکڑ کر ہم اس کی چت اور پٹ شکل کو متبادل طور پر دیکھنے کے قابل ہیں۔ اس طرح یہ سوال ابھر ہی نہیں سکتا کہ "کس طرح ایک سکہ اپنا چت اور پٹ رکھ سکتا ہے۔

موجی اور ذراتی ماڈلس ایک دوسرے کے مدمقابل نہیں بلکہ تکمیلیہ ہوتے ہیں۔

7.7 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

مساوات بالا سے $50, V$ توانائی بالفضل کے حامل الکٹران کی بیم سے متعلق موج کے خول موج کو محسوب کیا جاسکتا ہے۔ الکٹران کی رفتار کو مساوات ذیل سے معلوم کیا جاتا ہے۔

حل: دیا گیا ہے

$$K.E. = K = \frac{1}{2}mv^2$$

اس سے حاصل ہوتا ہے $V = \sqrt{2K/m}$

$$= \sqrt{\frac{2\times50\times1.6\times10^{-19}}{9.1\times10^{-19}}}$$

$$= 4.078 \times 10^6\ m/sec$$

معیار حرکت ہوتا ہے۔

$$p = mv$$

$$= 0.1 \times 10^{-31} \times 4.076 \times 10^6$$

$$= 3.711 \times 10^{-24}\ kgm/sec$$

متعلقہ موج کا طول موج ہوتا ہے۔

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.6\times10^{-24}}{3.711\times10^{-24}}$$

$$= 1.778A$$

یہ لاشعاعوں کے طول موج کے مانند ہے۔ ایک قلم میں بین جوہری فاصلہ بھی اسی رتبے کا ہوتا ہے۔

7.8 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- نور کے ذراتی اور موجی نظریوں نے جو ایک عرصہ دراز تک ساتھ ساتھ وجود پذیر تھے آخر کار برقی مقناطیسی اشعاع کی دوئیلی نوعیت کی قبولیت کی جانب رہنمائی کی۔
- برقی مقناطیسی اشعاع کا یہ دوئیلا پن۔ ڈی۔ برا گلی کے لیے مادی موجوں کے تصور کا باعث بنا اس نے بتایا کہ مادہ کے ذرات اپنے سے متعلق موجوں کے حامل ہوتے ہیں اور اس نے ایک ضابطہ اخذ کیا جاذرے کے معیار حرکت اور اس سے متعلقہ موج کے طول موج کے مابین تعلق کو بتلاتا ہے۔

- ڈے ویژن اور جر مر نے ایک تجربہ انجام دیا جس میں انہوں نے الکٹران کی ایک بیم کو نکل کرسٹل پر اس کی سطح کے عمود اگرایا اور منکسر الکٹران کا بیم کی حدت کا مشاہدہ مختلف زاویوں اور الکٹران کی مختلف توانائیوں کے لیے کیا۔ تجربہ کے نتائج سے یہ ظاہر ہوتا ہے کہ طول موج کی پیمائش کردہ قیمت نظری طور پر اس کی محسوبہ قیمت میں بہت ہی قریبی موافقت ہے۔
- بڑی توانائیوں والے الکٹران کے لیے تھامسن اور ریڈ نے ایک تجربہ کیا اور انہوں نے دیکھا کہ متعلقہ موج کے طول موج کی پیمائش کی ہوئی اور محسوبہ قدر ایک دوسرے کے بہت ہی قریب ہے۔
- اصول تکمیلہ یہ بتلاتا ہے کہ موج اور ذرے کے تصورات میں باہم کوئی شراکت نہیں ہے۔ دونوں یعنی موجیں اور ذرے خاص حالات کے تحت اپنے تکمیلی ہائیت کا اظہار کرتے ہیں۔

7.9 کلیدی الفاظ (Keywords)

- **این قسم کا سیمی کنڈکٹر:** جب کسی اندرونی سیمی کنڈکٹر میں ناپاکی (الیکٹران) کو شامل کیا جاتا ہے تو اس کی چالکتا بدل جاتی ہے اور اسے این ٹائپ سیمی کنڈکٹر کہا جاتا ہے۔ یہ اضافی الیکٹران ایک نئی توانائی کی سطح بنا رہا ہے جسے ڈونر انرجی لیول کہتے ہیں اور یہ کنڈکشن بینڈ کے بالکل نیچے واقع ہے۔ فرمی لیول ڈونر انرجی لیول اور کنڈکشن بینڈ کے درمیان میں ہے۔

- **پی قسم کا سیمی کنڈکٹر:** جب کسی اندرونی سیمی کنڈکٹر میں ناپاکی (سوراخ) کو شامل کیا جاتا ہے تو اس کی چالکتا بدل جاتی ہے اور اسے پی ٹائپ سیمی کنڈکٹر کہا جاتا ہے۔ یہ اضافی سوراخ ایک نئی توانائی کی سطح بنا رہا ہے جسے قبول کنندہ توانائی کی سطح کہا جاتا ہے اور یہ والینس بینڈ کے بالکل اوپر واقع ہے۔ فرمی لیول قبول کنندہ توانائی کی سطح اور ترسیل بینڈ کے درمیان میں ہے۔

7.10 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

7.10.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. برقی مقناطیسی موجیں کی نوعیت کس قسم کی ہوتی ہے؟

a)دوہری فطرت b) موجفطرت c)ذرہ فطرت d)فوٹون کی نوعیت جواب دیکھیں

2. درج ذیل میں سے کس کی شدت موجکی تعدد کے متناسب ہے؟

a)الیکٹران b)نیوٹران c)فوٹون d)پروٹون

3. .3درج ذیل سے ڈی–بروگلی اظہار کی شناخت کریں۔

$\lambda=h\times p$ (d $\lambda=hp$ (c $\lambda=h+p$ (b $\lambda=h-p$ (a

4. جب الیکٹران کی طول موج بڑھ جاتی ہے تو الیکٹران کی رفتار بھی بڑھ جاتی ہے۔

a)ایک سچا

b)غلط

5. 2 kV کے ممکنہ فرق کے ذریعے تیز ہونے والے پروٹون کی ڈی –بروگلی طول موج کیا ہے؟

a)0.65×10^{-13} میٹر

b) 0.65×10^{-10} میٹر

c)0.65×10^{-11} میٹر

d)0.65×10^{-20} میٹر

6. 50 میٹر فی سیکنڈ کی رفتار سے حرکت کرنے والی 150 گرام ماس کی گیند کی ڈی –بروگلی طول موج کیا ہے؟

a)8.8×10^{-37} میٹر

b) 8.8×10^{-30} میٹر

c)8.8×10^{-25} میٹر

d)8.8×10^{-35} میٹر

7.10.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. ڈی۔براگلی کی مادی موجوں سے کیا مراد ہے؟
2. تھامسن اور ریڈ کے تجربہ کی خصوصیات کیا ہوتی ہیں؟

7.10.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. مادی موجوں کے تصور کے بڑھاوے کو قلمبند کیجئے۔
2. الکٹران سے متعلقہ موجوں کے طول موج کے تخمین کے لیے کسی تجربی ترتیب کو بیان کیجئے۔

7.10.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. ایک گرام کمیت کا ایک جسم (3) میٹر / سکنڈ کی اسپیڈ سے حرکت کرتا ہے اس سے متعلقہ موج کے طول موج کو محسوب کیجئے۔

جواب:(1.1×10^{31} میٹر)

2. ایک پروٹان کو 2000 ولٹس کے قوہ سے متسرع کیا گیا ہے۔اس سے متعلقہ طول موج کو محسوب کیجئے۔

جواب:(0.64×10^{-12} میٹر)

3. 5 کلوولٹ الکٹران بیم کے طول موج کو معلوم کیجئے۔

جواب:(0.169×10^{-10} میٹر)

4. ایک الکٹران اور ایک فوٹان میں سے ہر ایک کا طول موج $(4\dot{A})$ ہے۔ معیار حرکت معلوم کیجئے۔

7.11 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. X-Ray Structure Determination by George H. Stout; Lyle H. Jensen.
2. Crystal Structure Refinement by P. Müller; A. L. Spek; T. R. Schneider; M. R. Sawaya; R. Herbst-Irmer. ISBN: 0198570767.
3. Fundamentals of Crystallography by C. Giacovazzo; H. L. Monaco; G. Artioli; D. Viterbo;
4. Semiconductor Materials-An Introduction to Basic Principles, Yacobi, B.G, 2003, Springer
5. Physical Chemistry of Semiconductor Materials and Processes, Sergio Pizzini, 2015, Wiley online library

اکائی 8۔ ایٹم اور ان کا طیوف

(Atoms and Their Spectra)

اکائی کے اجزا

8.0		تمہید
8.1		مقاصد
8.2		خطی طیوف
8.3		بور کا نظریہ۔ ہائیڈروجن جوہر کی توانائی کی سطحیں
8.4		حل شدہ مثالیں
8.5		اکتسابی نتائج
8.6		کلیدی الفاظ
8.7		نمونہ امتحانی سوالات
	8.7.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
	8.7.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
	8.7.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
	8.7.4	غیر حل شدہ سوالات
8.8		تجویز کردہ اکتسابی مواد

8.0 تمہید (Introduction)

سیاہ جسم کے مسلسل طیف میں توانائی کی تقسیم کو قدیم نظریوں کی مدد سے اس وقت تک سمجھایا نہ جا سکا جب تک کہ میاکس پلانگ اشعاع کے قدریہ کے انقلابی نظریہ سے روشناس نہیں کرایا۔ اس صدی کے اوائل تک بھی جواہر اور سالمات کے طیوف سے متعلق بھی بالکل یہی موقف تھا۔ خطی طیوف کے طول موج پر دستیاب صحیح ڈیٹا کی مدد سے بعض عناصر کے طیوف میں متعدد خطوط کے تعددوں میں تعلق بتلاتے ہوئے رشتے دریافت کئے گئے جو محض تجربی نتائج کی بنیاد پر اخذ کئے گئے تھے۔ ان رشتوں نے یہ نشاندہی کی کہ خصوصی طیوف خطوط کی ابتداء ایک بنیادی ساخت کی وجہ سے ہے جو تمام جواہر کے لئے مشترک ہے۔ ہائیڈروجن کے خطی طیف کا جامع طور پر مطالعہ کیا گیا اور جوہر کے ساخت سے متعلق تدریجی انکشافات نے بور کو سنہ 1913ء میں جوہر کی ساخت کا ایک نظریہ پیش کرنے کی جانب رہنمائی کی۔ اس اکائی میں ہم طیفی سلسلے کے لیے تجربی نتائج کی بنا پر اخذ کیے گئے قوانین کی ترقی اور خاص طور پر ہائیڈروجن جوہر کے خطی طیف کو سمجھانے کے لیے بور کے نظریہ سے متعلق معلومات حاصل کریں گے۔

8.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- ہائیڈروجن جوہر کے خطی طیوف کا مطالعہ کریں گے بور کے نظریہ کی مدد سے ہائیڈروجن جوہر کے طیف کو سمجھایا گیا ہے۔

اس اکائی کے مطالعہ کے بعد۔

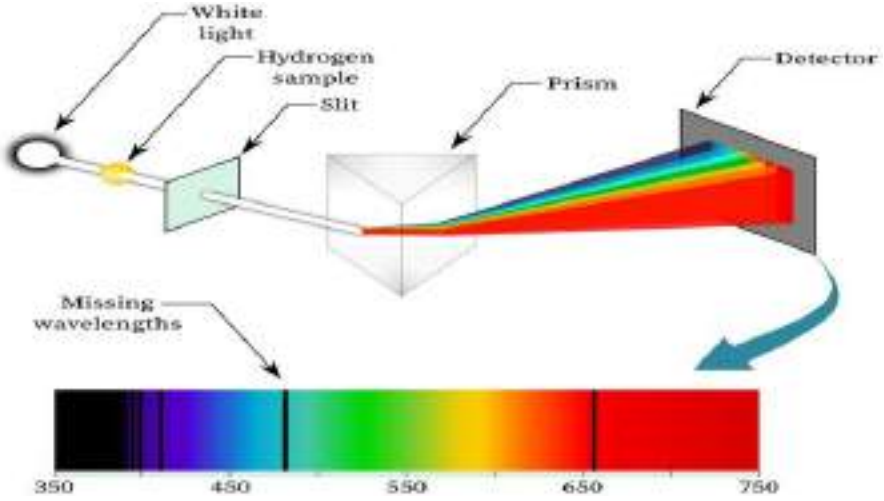
- کسی بھی بور کے مدار میں آپ الکٹران کی توانائی کا اندازہ لگا سکیں گے۔
- ہائیڈروجن جوہر کے طیفی خط سے متعلقہ موجی اعداد کو آپ معلوم کر سکیں گے۔

8.2 خطی طیوف (Line Spectra)

جوہری طیوف کی پیمائش کے لئے ایک خاص قسم کا آلہ استعمال کیا جاتا ہے جس کو شکل (8.8) میں بتایا گیا ہے۔ مبداء ایک برقی پر مشتمل ہوتا ہے جو ایک جوہری گیس کے کسی علاقے (Region) سے گزر رہا ہے۔ الکٹران اور جوہر یا جوہر اور جوہر کے مابین تصادم کی وجہ سے ڈسچارج ٹیوب کے ایک قطعہ کے چند جواہر توانائی کی اس حالت تک پہنچ جاتے ہیں جو عام حالات کے جوہر کی توانائی سے کہیں زیادہ وہتی ہے۔ یہ جواہر معمول کی توانائی کی حالت پر واپس آنے کے لئے اپنی زائد توانائی کو برقی مقناطیسی اشعاع کی شکل میں خارج کرتے ہیں۔ ایک جھری کے ذریعہ اشاع کو متوازی بنانے کے بعد اس کو ایک

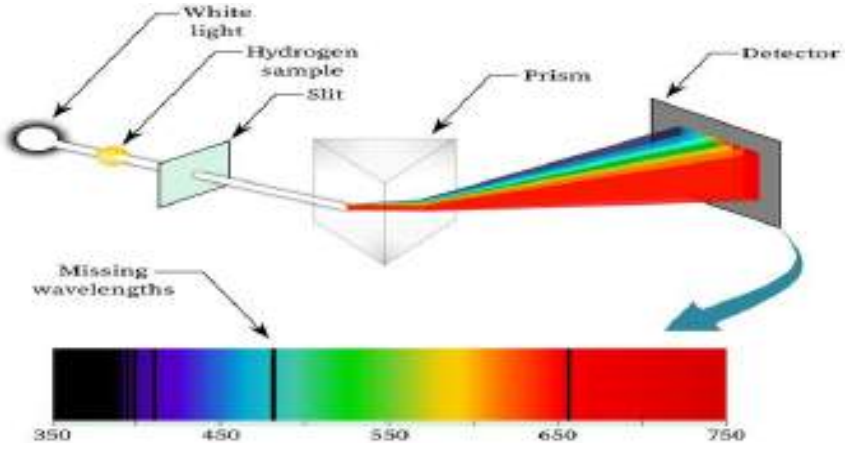
منشور سے گزار کر ایک فوٹو گرافک پلیٹ پر محفوظ کیا جاتا ہے۔ ایک آزاد جوہر سے خارج ہونے والا برقی مقناطیسی اشعاع علاحدہ علاحدہ طول موج کی ایک بڑی تعداد پر مجتمع ہو جاتا ہے۔ اس ان طول موج کے ہر ایک جز کو ایک لائن کہا جاتا ہے۔ کیونکہ

فوٹو گرافک پلیٹ پر یہ ایک لائن کو پیدا کرتا ہے۔ مختلف قسم کے جواہر سے خارج ہونے والے طیوف پر کی گئی تحقیقات سے اس امر کا پتہ چلتا ہے کہ جوہر کا اپنا ایک خصوصی طیف ہوتا ہے۔



شکل(8.1)

1880ء میں لیونگ اور دے دار(Leveing and Dewer)نے فلوئی دھاتوں کے طیوف میں چند مشابہتیں پائی۔ انہوں نے سوڈیم قوس کے طیف میں متبادل طور پر باریک منور اور مدھم پھیلے ہوئے متواتر خطوط کے جوڑوں کا مشاہدہ کیا۔ جو طیف کے کمتر طول موج کی جانب بہت قریب قریب جمع ہو جاتے ہیں۔ 1883ء میں ہارتلی(Hartley)نے دیکھا کہ ایک خاص طیف کے مجموعہ(Multiplate)(دو کا مجموعہ doublet یا تین کا مجموعہ Triplet)کے اجزاء کے درمیان تعددوں کا فرق اسی طیف میں تمام مشابہ خطوط کے مجموعوں کے لیے وہی رہتا ہے۔



شکل(8.2):ہائیڈروجن طیف کا مرئی حصہ

ہائیڈروجن کا طیف نسبتاً سادہ وہتا ہے۔ شکل(8.2)مرئی قطعہ میں ہائیڈروجن کے طیف کی بتلاتی ہے۔ خطوط کے طول موج کے انگسٹرام(Angstrom)کی اکائی (A^0) کی رقوم میں بتایا گیا ہے جو 10^{-10} میٹر کے برابر ہے جس کو

انگسٹرام کے نام سے موسوم کیا گیا جو ابتدائی طیف پیمائی پیمائیشات کا ذمہ دار تھا۔ متصلہ خطوط کے طول موج کا درمیانی وقفہ خطوط کے انحطاط پذیر طول موج کے ساتھ گھٹتا جاتا ہے۔ اس طرح خطوط کا سلسلے کی حد $3645.6A^0\ (Serieslimit)$ پر متدق (Converge)ہوتا ہے۔ 1885ء میں بالمر(Balmer)نے ہائیڈروجن طیف کے طول موج کو ظاہر کرنے کے لئے تجربی نتائج کی بنیاد پر اخذ کردہ ایک فارمولا پیش کیا رشتہ درج ذیل ہے۔

$$\lambda = 3646\frac{n^1}{n^2-4}A^0$$

جہاں n یاک صحیح عدد ہے۔ H_a کے لیے $n = 3, H_\beta$ کے لیے $n = 4$ وغیرہ۔ اس وقت بالمر اس سلسلے کے پہلے نو خطوط کے طول موج کی پیش قیاسی کر سکا جو 1000 میں ایک حصہ کی حد تک صحیح تھا دیگر عناصر سے خارج ہونے والے خطوط کے سلسلوں پر عائد کرنے کے لئے اس قسم کے تجربی نتائج سے اخذ کردہ ضابطوں کی تلاش کو زیادہ تر رڈ برگ(Rydberg)نے جاری رکھا۔ ان ضابطوں کو خطوط کے موجی عدد $K = \frac{1}{\lambda}\ (Wavenumber)$ کی رقوم میں ظاہر کرنے کو اس نے سہولت بخش پایا اس اصطلاح کی رقم میں بالمر کا ضابطہ اس طرح لکھا جاسکتا ہے۔

$$K = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$n = 3.,4,5 \qquad \text{-----8.2}$$

جہاں R_H کو ہائیڈروجن کے لئے رڈبرگ کا مستقل کہا جاتا ہے۔ اس کی قیمت موجودہ طیف پیمائی ڈیٹا کی رقوم میں ہوتی ہے۔

$$R_H = (1096677.576 \pm 0.012)cm^{-1} \qquad \text{------8.3}$$

قلوی عناصر کے لئے فارمولے کی عمومی نوعیت ہوتی ہے۔

$$K = R\left[\frac{1}{(m-a)^2} - \frac{1}{(m-b)^{-2}}\right] \qquad \text{--------8.4}$$

جہاں کسی خاص عنصر (جوہر) کے لئے R ریڈبرگ مستقلات کی تعبیر ہے a اور b اس خاص سلسلے کے لیے مستقلات ہیں۔ m ایک صحیح عدد ہے جو کسی خاص سلسلے کے لیے مختص ہے اور n ایک متغیر صحیح عدد ہے۔ تمام عناصر کے لیے ریڈبرگ کے مستقل کی قیمت تقریباً ٪0.05 کے اندر ایک ہی ہوتی ہے اگر چیکہ اس میں جوہری وزن کے اضافے کے ساتھ باقاعدہ اضافہ ہوتا جاتا ہے۔

طیفی سلسلوں کی ان عجیب و غریب خصوصیات سے یہ ظاہر ہوتا ہے کہ اُن جواہر جن سے طیوف کا اخراج عمل میں آتا ہے، میں ایک سادہ اور آفاقی ترکیب پائی جاتی ہے۔ طیوف کو اس کی خصوصیات کے ساتھ قدیم نظریات کی مدد سے سمجھانا ایک وقت طلب امر پایا گیا۔ انیسویں صدی کے اواخر میں جوہر کی ساخت کو سمجھنے میں جو کامیابیاں ہوئیں جیسے 1897ء میں الکٹران کی دریافت،

مرکزہ کے وجود کی تصدیق کے لیے ردھر فورڈ کے تجربات، پورے جوہر کی کمیت کا مرکزہ پر مشتمل ہونا۔ اس پر مثبت بھرن کا پایا جانا، اشعاع کا قدری تصور جس کے میاکس پلانک نے پیش کیا تھا اور آئنسٹائن کا، ضیابرقی اثر کو اشعاع میں علیحدہ توانائی کے سطح کے حامل قدریہ کی رقوم میں سمجھانا وغیرہ جوہر کی ساخت کے تجویز کرنے میں بور (Bohr) کی رہنمائی کی جس سے اس نے ہائیڈروجن کے طیف کو بھی سمجھایا۔ ذیل کے حصے میں ہم ہائیڈروجن جوہر سے متعلق بور کے نظریہ کا بغور مطالعہ کریں گے۔

8.3 بور کا نظریہ۔ ہائیڈروجن جوہر کی توانائی کی سطحیں

(Bohr's Theory, Energy Levels of the Hydrogen Atom)

1913 میں نیل بور (Neil Bohr) نے ہائیڈروجن جوہر کے نظریہ کو پیش کیا۔ اس نظریہ کی مدد سے بور نے ہائیڈروجن کے باہر سلسلے کی نہایت تشفی بخش طریقہ پر تفہیم کی۔ اپنے نظریہ کو پروان چڑھانے کے لئے بوہر نے حسب ذیل مفروضات تجویز کی۔

i. ایک جوہر میں ایک الکٹران مرکزہ کے اطراف، اس کے اور مرکزہ کے درمیان عمل پیراکشی کولمب قوت کے زیر اثر، ایک دائری مدار میں حرکت کرتا ہے اور قدیر میکانیہ کے قوانین کی پابندی بھی کرتا ہے۔

ii. بجائے لامحدود مداروں کے جیسا کہ قدیم میکانیات کے مطابق ممکن ہے یہ فرض کرلیا گیا ہے کہ الکٹران صرف ایک ایسے مدار پر حرکت کرتا ہے جس کے لئے مداری زاوی معیار حرکت $h/2\pi$ کا صحیح جزضربی ہوتا ہے۔ جہاں h پلانک کا مستقل ہے۔

iii. اگرچہ کہ الکٹران مستقلاً مسترع ہے۔ لیکن ایک الکٹران اس قسم کے منتخب مدار پر حرکت کرتے ہوئے برقی مقناطیسی توانائی کا اشعاع نہیں کرنا اس کی مجموعی توانائی E مستقل ہوتی ہے۔ یہ منتخب مدار مقیم مدار کہلاتے ہیں۔

iv. برقی مقناطیسی توانائی کا اخراج عمل میں آتا ہے جب ایک الکٹران جس کی مجموعی توانائی E ہو مدار میں حرکت کرتے ہوئے اپنی حرکت کو غیر مسلسل طور پر تبدیل کرتا ہے تاکہ یہ مجموعی توانائی E والے مدار میں حرکت کرے۔ خارج شدہ اشاع کا تعدد ہوتا ہے۔

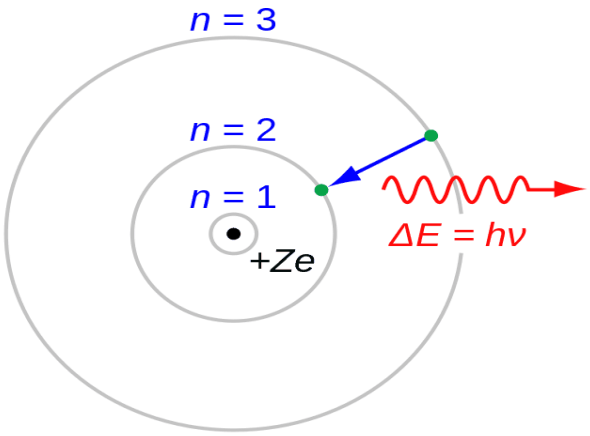
پہلے مفروضہ میں جوہر کے استقلال (Stability) سے متعلق چند قیاسوں کو شامل کیا گیا ہے۔ دوسرے مفروضہ میں نظام کی توانائی کی قدرائیت (Quantization) شامل ہے۔ تیسرا مفروضہ الکٹران کے اس کی دائری حرکت کے ساتھ، استقلال پر دلالت کرتا ہے۔ جو قدیم برقی مقناطیسی نظریہ کے خلاف ہے۔ چوتھا مفروضہ آئینسٹائن کے مفروضہ کے بہت قریب ہے اس کی رو سے برقی مقناطیسی اشعاع کے ایک قدریہ کا تعدد اس کی توانائی اور پلانک کے مستقل کے حاصل تقسیم کے برابر ہے۔

مفروضات پر مبنی پیش قیاسیوں سے اخذ کردہ نتائج کا مقابلہ تجربہ نتائج سے کرنے پر ہی بور کے مفروضات کی مقبولیت معلوم کی جاسکتی ہے۔

فرض کرو کہ ایک جوہر اس جج مرکزے کا بھرن $+Ze$ اور کمیت M ہے اور اس کا ایک الکٹران ہے۔ جس کا بھرن $-e$ اور کمیت m ہے۔ مرکزہ کی کمیت کے مقابلے میں الکٹران کی کمیت چونکہ قابل نظر انداز ہے اس لئے ہم یہ فرض کریں گے مرکزہ حالت سکون

میں رہتا ہے۔ جیسا کہ شکل 8.3 میں بتلایا گیا ہے۔ الکٹران کی میکانی استقلال کی شرط یہ ہے کہ الکٹران پر عمل کرنے والی کولمب کو مرکز گریز کے مساوی ہونا چاہئے۔ لہٰذا

$$\frac{K_0 Ze^2}{r^2} = \frac{mV^2}{r} \quad \text{----------8.5}$$



شکل 8.3: مرکزہ کے گرد الکٹران کی دائروی مدار میں حرکت دائری

جہاں V مدار میں الکٹران کی رفتار ہے r مدار کا نصف قطر ہے اور K_0 خلا کی برق گزاریت (Permittivity) جس کی قیمت $K_0 = 9 \times 10\ m^2C^{-2}$ ہوتی ہے۔ الکٹران پر عمل پیرا قوت چونکہ کامل طور پر نیم قطری ہے۔ اس لیے الکٹران کی مداری زاوی کے مستقل رہنا چاہئے اور اس کی قیمت ہوتی ہے۔

$$L = mVr \quad \text{------8.6}$$

مفروضہ (2) کی رو سے

$$L = mVr = \frac{nh}{2\pi} = nh \quad \text{-------8.7}$$

جہاں ------ $n = 1,2,3$

$$n = h/2\pi \quad \text{---------8.8}$$

مساوات (8.7) سے

$$V = \frac{nh}{mr} \quad \text{---------8.9}$$

مساوات (8.9) کو (8.5) میں درج کرنے سے

$$K_0 Ze^2 = mrV^2 = mr\frac{n^2h^2}{m^2r^2} = \frac{n^2\pi^2}{mr} \quad \text{----------8.10}$$

اس لئے

$$r = \frac{n^2\pi^2}{mZe^2K_0}$$

$n = 1,2,3$ --------8.11

اور

$$v = \frac{n\pi}{mr} = \frac{nhmZe^2K_e}{mn^2\pi^2} = \frac{Ze^2K_e}{n\pi} \text{ ---------8.12}$$

مساوات(8.11)ظاہر کرتی ہے کہ مدار کا نصف قطر قدری عدد n کے مربع کے متناسب ہے اس کو اصل قدری نمبر کہا جاتا ہے۔ہائیڈروجن جوہر کے لئے جب $n = 1$ ہوتا ہے تو

$$r_1 = \frac{\pi^2}{mZe^2} = \frac{h^2}{4\pi^2 mZe^2} \text{ ---------8.13}$$

مختلف مقداروں کی قیمتیں درج کرنے پر

$$r_1 = \frac{(6.626\times10^{-34}Js)^2}{4\pi^2(9.1\times10^{-31}kg)(1)(-1.6\times10^{-10}C)(9\times10^{9}Nm^2C-2\ )} \text{ ---------8.14}$$

$$r_1 = 5.28 \times 10^{-9}m \text{ ---------8.15}$$

دوسرے مدار کا نصف قطر r_2 پہلے مدار کے نصف قطر r_1 سے چار گنا بڑا اور تیسرے مدار کا نصف قطر r_3 پہلے مدار کے نصف قطر۔۔۔سے 9 گنا بڑا ہوتا ہے اور علی ہذاالقیاس اسی طرح آگے۔

جب $n = 1$ تو بموجب مساوات(8.12) الکٹران کی رفتار ہوتی ہے۔ $(1/137)C$ جہاں C رفتار نور ہے۔ دوسرے مدار میں $v = \frac{1}{2}\left(\frac{C}{137}\right)$ تیسرے مدار میں $v = \frac{1}{3}\left(\frac{C}{137}\right)$ اور اسی طرح آگے۔ یہ حقیقت کہ الکٹران کی رفتار نور کی رفتار سے بقدر 1٪ کے کم ہوتی ہے۔بور کے نظریہ میں بجائے اضافی میکانیات قدیم میکانیات کے استعمال کو حق بجانب قرار دیا جاسکتا ہے۔ جب الکٹران منتخب مداروں میں سے کسی ایک مدار پر حرکت کرتا ہے تو اس کی مجموعی توانائی کو مسوب کرنے کے لیے ہمیں اس کی تونائی بالقوہ کو جب کہ الکٹران، مرکزہ سے لامتناہی فاصلے پر واع ہوتا ہے صفر فرض کرنا ہوگا، لامتناہی سے r تک عمل پیرا کو قوت کی وجہ سے الکٹران کو دی گئی توانائی کے تکملے سے مرکزہ سے کسی فاصلے r کے لئے اس کی توانائی بالقوہ کو محسوب کیا جاسکتا ہے۔ لہٰذا

$$\therefore V = \int_{\infty}^{r} \frac{K_0Ze^2}{r^2}dr = \frac{-K_0Ze^2}{r} \text{ ------8.16}$$

توانائی بالقوہ منفی ہے کیونکہ کولم قوت کشش ہے۔الکٹران کی توانائی بالحرکت T ہوگی۔

$$T = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{K_0Ze^2}{2r} \text{ مجموعی توانائی E ہوگی ------8.17}$$

$$E = T + V = \frac{kZe^2}{2r} - \frac{KZe^2}{r} = -\frac{kZe^2}{2r} = -T \text{ -----8.18}$$

R کی قیمت کے استعمال سے ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$E = -\frac{mZ^2c^4K_0}{2h^2n^2} \text{ ---------8.19}$$

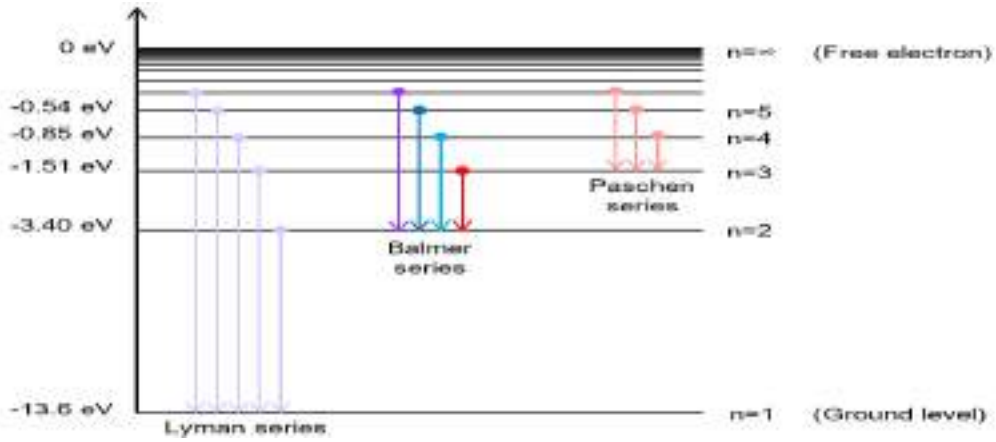
$$n = 1,2,3 - - -$$

مساوات(8.19) الکٹران کی مجموعی توانائی کے قدرات(Quantazation) کا اظہار ہوتا ہے۔ہائیڈروجن جوہر کے لئ ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$E = -\frac{R}{n^r} \qquad \text{-------8.20}$$

$$R = \frac{2\mu^2 mc^2 {K_0}^2}{h^2} = 2.179 \times 10^{-18} J \quad \text{جہاں} \quad \text{------8.21}$$

مساوات(8.20) کی بنیاد پر ہائیڈروجن جوہر کی توانائی کی سطحوں کے خاکے کو حاصل کیا جاسکتا ہے۔ اسی کو شکل(8.4)میں دکھایا گیاہے۔



شکل8.4:ہائیڈروجن جوہر کے لئے توانائی کی سطحوں کا خاکہ

مجموعی توانائی کی کم سے کم (بہت زیادہ منفی) نتیجہ قیمت $n = 1$ کے لئے واقع ہوتی ہے۔n میں جیسے جیسے اضافہ ہوتا ہے قدری حالتوں کی مجموعی توانائی کم منفی بن جاتی ہے۔جب n مائل بہ لامتناہی ہوتا ہے تو E صفر پر پہنچتا ہے۔کم سے کم مجموعی توانائی کی حالت چونکہ الکٹران کی بہت زیادہ استقلالی ہوتی ہے اسلیے ایک الکٹران والے جوہر میں الکٹران کی نارمل حالت وہ حالت ہوتی ہے جس کے لیے $n = 1$ ہوتا ہے۔جب ایک الکٹران قدری نمبر n سے متصف ابتدائی حالت سے قدری نمبر n_f سے متصف یعنی فائنل حالت پر جست لگاتا ہے تو اس سے خارج ہونے والے اشعاع کا تعدد ہوگا:

$$v = \frac{(E_i - E_p)}{h} = -\frac{mZ^2 e^4 {K_0}^2}{h2h^2 {n_i}^2} + \frac{mZ^2 e^4 {K_0}^2}{h2h^2 {n_f}^2} \qquad \text{---------8.22}$$

$$v = \frac{me^4 K_0}{4h^2 x} Z^2 \left(\frac{1}{{n_f}^2} - \frac{1}{{n_i}^2}\right) \qquad \text{---------8.23}$$

چونکہ

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{\lambda} = K \qquad \text{---------8.24}$$

ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$K = \frac{me^4 {K_0}^2}{4xch^3} Z^2 \left(\frac{1}{{n_f}^2} - \frac{1}{{n_i}^2}\right) \qquad \text{-------8.25}$$

یا

$$K = R_\infty Z^2 \left(\frac{1}{{n_f}^2} - \frac{1}{{n_i}^2}\right) \quad \text{---------}8.26$$

جہاں

$$R_\infty = \frac{me^4 K_0}{4\pi ch^3} \quad \text{----------}8.27$$

اور n_i اور n_f اعداد صحیح ہیں۔

مساواتیں(8.19)اور(8.26)بور کی پیش قیاسیوں کو ظاہر کرتی ہیں اب ہم ایک الکٹران کے بور جوہر سے خارج ہونے والے برقی مقناطیسی اشعاع کی تشریح ان مساواتوں کی رقوم میں کریں گے۔

1۔ ایک جوہر کی نارمل حالت وہ حالت ہوگی جس کے لیے الکٹران کی توانائی اقل ترین ہوتی ہے۔یہ وہ حالت ہے جس کے لیے $n = 1$ ہوتا ہے۔اس کو جوہر کی بنیادی حالت(ground state)کہتے ہیں۔

2۔ برقی ڈسچارج کی صورت میں جوہر تصادموں کی وجہ سے توانائی حاصل کرتا ہے الکٹران کا تبادلہ ایک اونچی توانائی کی حالت پر ہوتا ہے۔یہ اپنی بنیادی حالت کو اکسائی(excited)کہا جاتا ہے جس کے لئے $n > 1$ ہوتا ہے۔

3۔ جوہر اپنی زائد توانائی کو خارج کرتا ہے اور اپنی بنیادی حالت کو واپس آتا ہے تبادلہ میں ایک موجی عدد کے ساتھ توانائی کا اخراج عمل میں آتا ہے۔جس کا انحصار الکٹران کی کھوئی ہوئی توانائی پر ہوتا ہے جسکو مساوات(8.20)سے حاصل کیا جاسکتا ہے۔

فوری طیف کی پیمائش کے دوران کثیر تعداد کے اکسائے اور غیر اکسائے ہوئے(excitation and deexcitation)طریقوں کی وجہ سے تمام ممکنہ تبادلہ وقوع پذیر ہوتے ہیں بشرطیکہ

$n_i > n_f$ سے ہائیڈروجن جوہر کے لیے $Z = 1$ ہوتا ہے۔تب $Z = 1$

$$V = R_\infty Z^2 \left(\frac{1}{{n_f}^2} - \frac{1}{{n_i}^2}\right) = R_\infty \left(\frac{1}{{n_f}^2} - \frac{1}{{n_i}^2}\right) \quad \text{--------}8.28$$

اگر------- $n_f = 2, n_i > n_f = n$

$$K = R_\infty \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad \text{--------}8.29$$

جہاں $n = 3,4,5$

مساوات(8.29)ہائیڈروجن طیف کے بامر سلسلے کے فارمولے کے مشابہ ہے۔بور کے نظریہ کے مطابق دوسرے سلسلے بھی موجود ہوتے ہیں جو حسب ذیل ہیں:

لائیمان Lyman سلسلہ $n_f = 1, n_i = 2, 3, 4$

بامر Balmer سلسلہ $n_f = 2, n_i = 3, 4,5$

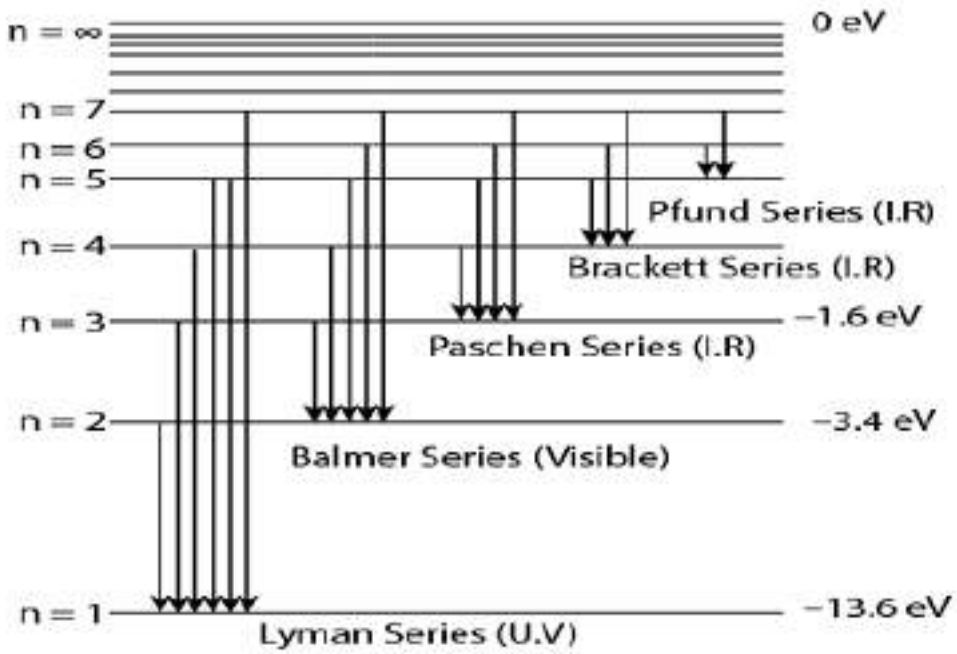
پیاپن Pasche n سلسلہ $n_f = 3, n_i = 4, 5, 6$

بریکٹ Brackett سلسلہ $n_f = 4, n_i = 5, 6,7$

اور

فنڈpfundسلسلہ $n_f = 5, n_i = 6, 7, 8$

شکل(8.5)میں ان سلسلوں کو توانائی کی سطحوں کے خاکے میں بتایا گیا



https://essenceofhealth.org.uk/http/ar.europeanwriterstour.com/images-2023/bohr-model-of-hydrogen-from-n=1-to-n=4

شکل(8.5)ہائیڈروجن جوہر کے توانائی سطحوں کا خاکہ طیفی سلسلوں کی پیمائش

Nf کی موزوں قیمتوں کے اختیار کرنے پر ان خطوط کے موجی اعداد، مساوات (.268)کی بہت صحت کے ساتھ پابندی کرتے ہیں۔ یہی بور کے نظریے کی بڑی زبردست کامیابی ہے۔ بور کے نظریہ کی کامیابی دراصل ان سلسلوں میں یعنی لائیمن۔ بریکٹ اور فنڈ کے بارے میں اس کی پیشن گوئی ہے۔ جو اس نظریہ کو پیش کرنے کے وقت تک دریافت نہیں ہوئے تھے۔ یہ سلسلے تجربی طور پر بعد میں دیکھے گئے جنہیں ان کے ناموں کے ساتھ لائیمان، بریکٹ اور فنڈ سے جانا جاتا ہے۔

اپنی معلومات کی جانچ کیجئے۔

بور کے مدار کا نصف قطر۔۔۔ نمبرے۔۔۔۔۔ ہوتا ہے

8.4 حل شدہ مثالیں(Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

ہائیدروجن جوہر کے پہلے مدار میں الکٹران کی توانائی کی تخمین کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے

$$E_1 = \frac{-R}{n^2} = -\frac{2.170\times10^{-18}J}{1^2}$$
$$= \frac{-2.170\times10^{-18}J1eV}{13.6\times10^{-19}J} = 13.6eV$$

حل شدہ مثال 2

مفرد روانی (single ionized) ھیلیم کے پہلے طیفی خط، جو ہائیڈروجن کے بالمر سلسلے کے پہلے خط کے متناظر ہے۔ کا طول موج معلوم کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے

ہم جانتے ہیں کہ $K = \frac{me^4K_0}{4\pi ch^3}Z^2\left(\frac{1}{{n_f}^2} - \frac{1}{{n_i}^2}\right)$

$$K = R_\infty Z^2\left(\frac{1}{{n_f}^2} - \frac{1}{{n_i}^2}\right)$$

سوال کی رو سے

$$K = R_\infty Z^2\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right)$$

یہاں $Z = 2$

$$\therefore R_\infty = \frac{me^4K_0}{4\pi ch^3} = \frac{me^4{K_e}^2 2\pi^2}{ch^3} = \frac{2\pi^2me^4k_e}{h^3c}$$

$$R_\infty = \frac{2(22/7)^2(9.1\times10^{31}kg)(-1.6\times10^{19}C)^2(9\times10^8)^2Nm^2c^2}{6.62\times10^{34}Js(3\times10^8)ms^1}$$

$$R_\infty = 1.0973731\times10^7m^{-1}$$

$$K = (2)^2\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)1.0973731\times10^7m^{-1}$$

$$K = 4(5/36)1.0973731\times m^{-1}$$

$$\lambda = \frac{1}{K} = \frac{9}{5}\left(\frac{1}{1.0973731\times10^7}\right)m = 1640.3\times10^{-10}m$$

$$\lambda = 1640.3\times10^{-10}m$$

حل شدہ مثال 3

ہائیڈروجن جوہر کے بریکٹ سلسلہ کے دوسرے طیفی خط کا طول موج محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے

بریکٹ کے سلسلے کے لئے ہم جانتے ہیں کہ

$$K = \frac{1}{\lambda} = R_\infty \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

جہاں۔۔۔۔۔۔۔۔ $n = 5,6,7$

اس سلسلے کے دوسرے طیفی خط کے لیے $n = 6$ ہوتا ہے۔

$$K = \frac{1}{\lambda} = R_\infty \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{6^2}\right)$$

$$K = \frac{1}{\lambda} = 1.0973731 \times 10^7 \left(\frac{36-16}{36\times16}\right)$$

$$K = \frac{1}{\lambda} = 1.0973731 \times 10^7 \frac{20}{30\times16} m^{-1}$$

$$\therefore \lambda = \frac{36\times16}{20\times1.0973731\times10^7}$$

$$3.5\lambda = 26244 \times 10^{-10} m$$

8.5 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- تجربی نتائج کی مدد سے اخذ کردہ فاصلے کے ذریعہ جوہر کے طیوف کے طول موج کو ظاہر کر سکتے ہیں۔ ہائیڈروجن کے لئے بامر سلسلے کی تعبیر کی جاسکتی ہے۔ $v = \frac{1}{\lambda} = R_h \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right]$ $n = 3,4,5$
- ہائیڈروجن کے لئے R_H ریڈ برگ کا مستقل کہلاتا ہے اس کی قیمت $(10967757.6 + 1.2)m^{-1}$ ہوتی ہے۔
- ہائیڈروجن جوہر کے لیے بور کا نظریہ ہائیڈروجن طیوف کو بہت کامیابی کے ساتھ سمجھاتا ہے یعنی بامر سلسلہ اس نے دیگر سلسلوں کے وجود کی پیشن گوئی بھی جنکالائیمان، پیاسچن، بریکٹ اور فنڈنے مشاہدہ کیا۔ ان سلسلوں کو ان کے موجدوں کے نام سے ہی پکارا جاتا ہے۔

a) بور نے ہائیڈروجن جوہر کے نظریہ کو پیش کرنے کے دوران حسب ذیل مفروضات تجویز کیا جس میں قدیم اور قدری تصورات کو ایک جگہ جمع کیا گیا ہے۔

ایک الیکٹران اپنے مرکزے کے گرد ایک دائروی مدار میں کولمب کشش قوت کے زیر اثر گھومتا ہے۔

b) الکٹران کا مداری زاوٹی معیار حرکت $nh/2\pi$ ہوتا ہے۔ جہاں $n = 1,2,3$ اور h پلانک کا مستقل ہے۔

c) جب تک کہ الکٹران منتخب مداروں میں حرکت کرتا رہتا ہے۔ اس سے کسی اشعاع کا اخراج عمل میں نہیں آتا۔ ان مداروں کو مقیم مدار کہتے ہیں۔

d) جب بھی الکٹران اونچی توانائی والے مدار Ei سے کم تر توانائی والے مدار E_F پر جست لگاتا ہے تو اس سے برقی مقناطیسی اشعاع کا اخراج ہوتا ہے۔ اس اشعاع کا تعدد ہوتا ہے۔ $v = (E_i - E_f)/h$

8.6 کلیدی الفاظ (Keywords)

- Translatory Energy (ٹرانلس + لے + ٹری + انر + جی): ذرہ کی ایک خط میں حرکت کی وجہ سے حاصل توانائی۔
- Rotational Energy (رو + ٹیش + نل + انر + جی): ذرہ کو گردش کی وجہ سے حاصل توانائی

8.7 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

8.7.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. بوہر کے ماڈل کے مطابق الیکٹران کیسے حرکت کرتے ہیں؟
2. بوہر نے الیکٹران کیسے دریافت کیے؟
3. کیا بوہر کے ماڈل میں نیوٹران تھے؟
4. Somerfield نے بوہر کے نظریہ کو کیسے تبدیل کیا؟
5. الیکٹران کس نے دریافت کیے؟
6. ایٹم کے بوہر ماڈل کے ناکام ہونے کی ایک وجہ یہ تھی کہ اس نے اس کی وضاحت نہیں کی۔
   a) تیز رفتار الیکٹران برقی مقناطیسی تابکاری کا اخراج نہیں کرتے ہیں۔
   b) حرکت پذیر الیکٹرانوں کا حجم زیادہ ہوتا ہے۔
   c) ایٹم کے مدار میں الیکٹران منفی توانائیاں رکھتے ہیں۔
   d) ایٹم کے زیادہ مدار میں الیکٹران کی رفتار زیادہ ہوتی ہے۔
7. بوہر مدار کا رداس مندرجہ ذیل میں سے کس پر منحصر ہے؟
8. ہائیڈروجن ایٹم میں الیکٹران کے مدار کے رداس کی ترتیب کیا ہے؟
   a) 10-8 میٹر
   b) 10-9 میٹر
   c) 10-11 میٹر
   d) 10-13 میٹر
   e) جواب دیکھیں
9. ہائیڈروجن سپیکٹرم کی بالمر سیریز میں سب سے لمبی طول موج کیا ہو گی؟

(a 6557 × 10-10 میٹر

(b 5557 × 10-10 میٹر

8.7.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. خطی طیوف کے اہم خصوصیات بیان کیجئے۔ طیفی خطوط کو ظاہر کرنے والے تجربی نتائج پر مبنی فارمولے بیان کیجئے۔
2. بوہر کے نظریہ پر بحث کیجئے۔ ہائیڈروجن جوہر کی توانائی سطحوں اور طیفی خط کے طول موج کے لئے ضوابط اخذ کیجئے۔ بور کے نظریہ کی اہمیت پر بحث کیجئے۔

8.7.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. خطی طیوف کے اہم خصوصیات بیان کیجئے۔ طیفی خطوط کو ظاہر کرنے والے تجربی نتائج پر مبنی فارمولے بیان کیجئے۔
2. بوہر کے نظریہ پر بحث کیجئے۔ ہائیڈروجن جوہر کی توانائی سطحوں اور طیفی خط کے طول موج کے لئے ضوابط اخذ کیجئے۔ بور کے نظریہ کی اہمیت پر بحث کیجئے۔

8.7.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. ہائیڈروجن کے لائیمان سلسلہ کے پہلے خط کو اُکسائی حالت میں لانے کے لئے درکار کم سے کم توانائی کو محسوب کیجئے۔
2. میسان پر مشتمل جوہر (mesonic atom) کے کمتر توانائی کی سطح پر وجود پذیر 9.1×10^{-31} کی توانائی کی تخمین کیجئے جبکہ میسانک جوہر ایک پروٹان اور ایک $207m_e$ کمیت کے μ میسان پر مشتمل ہوتا ہے جہاں m_e الکٹران کی کمیت ہے۔ (جواب:2.53)

8.8 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th} & 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas

اکائی9۔ جوہری ساخت اور اموج

(Atomic Structure and Waves)

اکائی کے اجزا

9.0		تمہید
9.1		مقاصد
9.2		الکٹران امواج
9.3		موجی تفاعل کا مفہوم
9.4		اصول عدم یقین
9.5		حل شدہ مثالیں
9.6		اکتسابی نتائج
9.7		کلیدی الفاظ
9.8		نمونہ امتحانی سوالات
	9.8.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
	9.8.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
	9.8.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
	9.8.4	غیر حل شدہ سوالات
9.9		تجویز کردہ اکتسابی مواد

9.0 تمہید (Introduction)

ہم یہ دیکھ چکے ہیں کہ ایک جوہر میں الکٹران مثبت بر قائے ہوئے مرکزے کے گرد گھومتے رہتے ہیں۔ مختلف خولوں میں الکٹران کی ترتیب کو بھی ہم نوٹ کر چکے ہیں۔ ہر جوہری مدات الکٹران کو جگہ نہیں دے سکتا بلکہ صرف چند خاص نصف قطروں کے مدار ہی مباح (Permissible) ہوتے ہیں۔ کس معیار پر اس انتخاب کا دارومدار ہے۔ ایک زمانے میں تو یہ من مانی اور بے قاعدہ ظاہر ہوتا تھا۔ جب تک الکٹران کو ایک ذرہ فرض کیا گیا اس بے قاعدگی کو سمجھایا نہیں جاسکا۔ لیکن یہ مسئلہ ایک نیا موڑ اختیار کرتا ہے جب ہم الکٹران سے متعلق موجوں کو دیکھتے ہیں، موجی پہلو پر غور وفکر سے ایک نئے دور کا آغاز ہوتا ہے۔

موجی حرکت کی نوعیت کا انحصار ان حالات پر ہوتا ہے جن کے تحت یہ وقوع پذیر ہوتی ہے مثال کے طور پر دو موجیں ہیں ایک تو رواں اور دوسری قائم۔ آزاد فضاء میں موج رواں بن جاتی ہے لیکن جب رکاوٹوں کو حائل کیا جاتا ہے تو رواں موج قائم موج موج بن جاتی ہے۔ مثلاً ہوا کی ایک لمبی نلی میں کی موجوں یا ایک لمبے تار پر کی موجوں کو رواں موج کی رقوم میں سمجھایا جاسکتا ہے ایسی امواج ایک خاص وقفے کے اندر کسی بھی طول موج کی حامل ہوتی ہیں۔

فرض کرو کہ ان رواں موجوں پر کچھ طبعی قیود عاید کیے جائیں تو ہوابردار نلی کا ایک سرا بند ہوسکتا ہے یا دونوں بھی بند ہوسکتے ہیں، ایک تار اس کے دونوں سروں پر جکڑا ہوا ہوسکتا ہے جیسا کہ وینا (Veena) کی صورت میں ہوا کرتا ہے۔ ان دونوں صورتوں میں موجی حرکت میں کچھ ترمیم ہو جاتی ہے موجی ماڈل رواں سے قائم میں بدلا جاتا ہے۔ مزید بر آن عائد کردہ قیود صرف چند طول موج کے وجود کی ہی اجازت دیتے ہیں۔

9.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

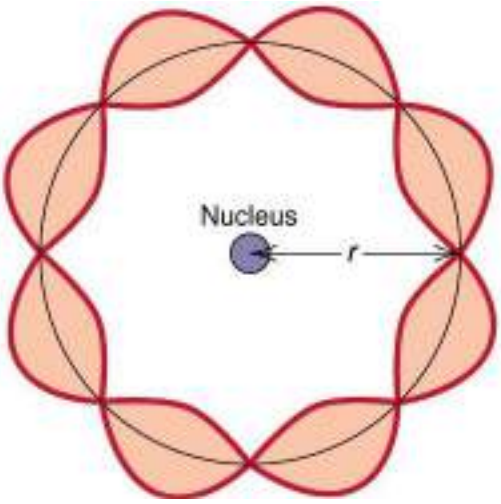
- جوہر کی ساخت کا مقابلہ ایک قائم کوج سے کیا گیا ہے۔
- آپ۔ڈی براگلی موجی مساوات کی اہمیت کو سمجھانے کے قابل ہو جائیں گے۔
- اس کا بھی آپ مشاہدہ کریں گے اصول عدم یقین کا مقام صرف زیر جوہری ذات کے دائرِ عمل کے اندر ہی ہوتا ہے۔
- عدم یقین کے اصول کی مدد سے آپ الکٹران کے ممکنہ مقام کو معلوم کرسکتے ہیں۔

9.2 الکٹران امواج (Electron Waves)

دبی۔براگلی کے مادی موجوں کا اطلاق الکٹران پر بھی کیا جاسکتا ہے۔ جب الکٹران ایک دھارے میں بہتے ہیں تو وہ آزاد رہتے ہیں لیکن جب ایک جوہر کے مدار میں اس سے مربوط رہتے ہیں تو ان کے خواص میں تبدیلیاں آتی ہیں۔ مدار پر کے الکٹران کو ڈی۔براگلی کی موج سے بدلنا ہوگا جس کا طول موج λ ہوتا ہے۔

$$\lambda = {}^{h}/_{mv} \qquad \text{----------(9.1)}$$

mv الکٹران کا معیار حرکت ہے، یہ ہو سکتا ہے بشرطیکہ مدار کا نصف قطر طول موج کے مقابلے میں زیادہ ہو۔ مزید بر آن یہ قائم مقامی اسی وقت ممکن ہے جب کہ دائروی مدار میں موجود، موجوں کی تعداد طول موج کا صحیح جز ضربی ہو جیسا کہ شکل(9.1) میں بتلایا گیا ہے۔



https://web.sbu.edu/chemistry/wier/electrons/debroglie.html

شکل(9.1): دائری مدار پر عائد کردہ ڈی۔ برا گلی کی موج

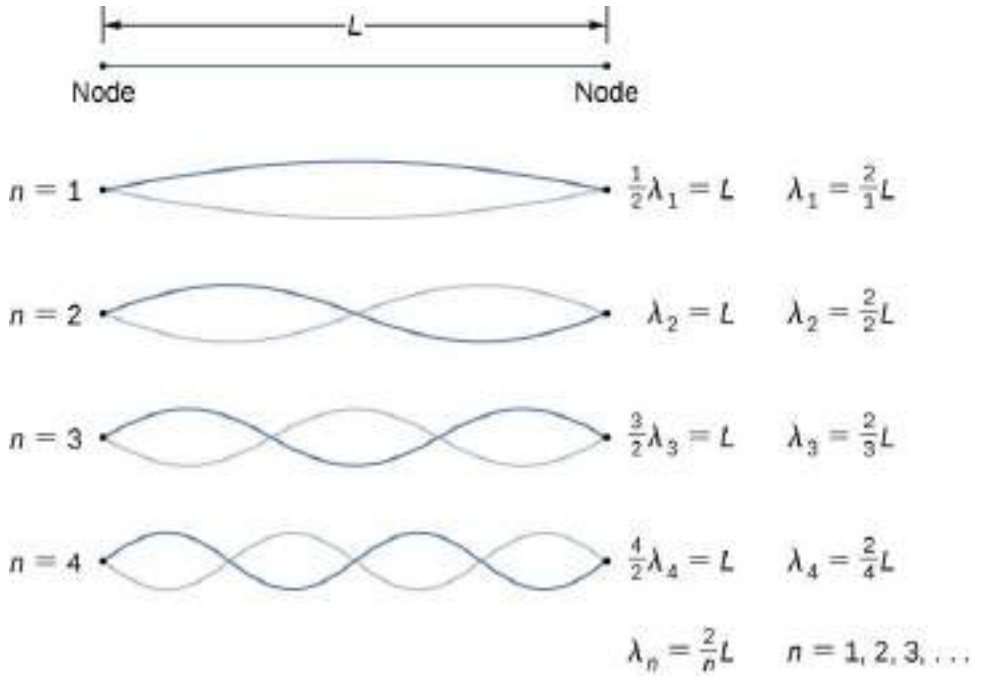
اس شرط پر ایک اور طریقہ سے بھی غور کیا جا سکتا ہے۔ چند خاص نصف قطروں والے مدار جائز(Permissible) بن جاتے ہیں اگر وہ ذیل کی شرط کو پورا کریں۔

$$n\lambda = 2\pi\tau \qquad \text{----------(9.2)}$$

جہاں r مدار کا نصف قطر ہے اور n ایک صحیح عدد ہے۔ مساوات(9.1) سے λ کا قیمت(9.2) میں درج کرنے پر ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$nh/mv = 2\pi r$$

یا $$mVr = {}^{nh}/_{2\pi} \qquad n = 1, 2, 3$$



/https://courses.lumenlearning.com/suny-osuniversityphysics/chapter/16-6-standing-waves-and-resonance

شکل(9.2)کھینچے ہوئے تار میں ارتعاشات کے طریقے

اگر تار کا طول L حلقوں کی تعداد ہو تو مباح اور درست طول موج ذیل کے رشتے سے معلوم کئے جاسکتے ہیں یعنی

$$\lambda = 2l/n$$

تار کے بعض مقامات پر کوئی حرکت نہیں ہوئی۔ انہیں عقدے(NODES)کہا جاتا ہے جس کو N کے نشان سے ظاہر کیا گیا ہے۔ تار کی صورت میں اس کے سروں کو جکڑے رکھنا اس پر عائد کردہ حدی شرائط(Boundary Conditions)ہیں۔ اور الکٹران کی صورت میں جب کہ وہ کسی مدار میں ہو مرکزے کی اس پر عمل پیرا قوت کشش اس پر عائد کردہ حدی شرائط ہیں۔ اس لیے ارتعاشات کے بعض نمونے(modes)مباح اور درست ہو جاتے ہیں۔

9.3 موجی تفاعل کا مفہوم(Meaning of the Wave Function)

ایک جوہر کے قائم حالتوں(Stationary states)میں الکٹران توانائی کو خارج یا جذب نہیں کرتے۔ ارون شوڈنجر Erwin Schroedinger کو یہ خیال آیا کہ جوہروں کی قائم حالتیں، مادی موجوں کے متناظر ہیں۔ اس نے موجی میکانیات(Wave mechania)کو بڑھاوا دیا۔ موجی مساوات کا حل اس حقیقت سے روشناس کراتا ہے کہ الکٹران کے پوزیشن کو سوائے احتمال کی رقوم کے بالکل صحیح طریقہ پر نہیں بتایا جاسکتا۔ فوٹان کے حوالے سے اس کو اچھی طرح اور واضح طور پر سمجھا جاسکتا ہے۔ فوٹان سے متعلق ڈی برا گلی موج کو برقی مقناطیسی موج ہونا چاہئے۔

فرض کرو کہ لاتعدد والی برقی مقناطیسی اشعاع کی ایک بیم ایک پردے پر عموداً گر رہی ہے۔ اگر بیم کی حدت اچھی خاصی ہو تو پردہ یکساں طور پر منور دکھائی دے گا۔ اشعاع کی حدت کی تعریف یوں کی جاتی ہے کہ یہ فی اکائی وقت توانائی کی مقدار ہے اس کی قیمت I ہوتی ہے۔

$$I = \epsilon_0 \xi^2 c$$

جہاں ϵ_0 خلا کی برق کذاریت (permittivity) اور ξ برقی میدان کی حدت کو تعبیر کرتے ہیں۔

$$I = (hv)N$$ جہاں (hv) سے مراد ایک فوٹان کی توانائی ہے

اگرچہ کہ فوٹان اسکیرن سے علاحدہ علاحدہ ذروں کے طور پر ٹکراتے ہیں۔ لیکن بیم کی حدت کے شدید ہونے کی وجہ سے ان کی تعداد اتنی زیادہ ہو جاتی ہے کہ ان کی علاحدگی ایک حجم حقیر میں بدل جاتی ہے اور اسکرین کی چمکدار یکساں دکھائی دیتی ہے۔ یہ ایک تیل کے قطرہ کے مانند ہے جو ایک ہموار سطح پر یکساں طور پر پھیلتا ہے جس کیوجہ سے تیل کے سالمات کی ایک دوسرے سے علاحدگی ہو جاتی ہے لیکن جب ایک کمزور بیم کو استعمال کیا جاتا ہے تو اسکرین پر فوٹان کی بے قاعدہ تقسیم کا مشاہدہ کیا جاسکتا ہے۔ ہو سکتا ہے کہ پیچیدہ آفات کی مدد سے اور کافی طویل عرصے کے بعد اسکرین کو یکساں طور پر مل جاتے لیکن اس کی حدت میں کمی ہو جاتی ہے۔

ایک مثال سے اس کی وضاحت ہوتی ہے۔

مثال۔ ایک لونی موجوں کی ایک بیم کی حدت $200 \times 10^{-11}\ W/\mathrm{m}^2$۔ یہ بیم فوٹانس پر مشتمل ہے اور ہر فوٹان کی توانائی $9 \times 10^{-10}\ j$ جولس ہے۔ فوٹان کا نفوذ معلوم کیجئے۔ فوٹان کا نفوذ ہوتا ہے۔

$$N = I/hv = 2 \times 10^{-13}/2 \times 10^{-10}$$
$$= 2.22 \times 10^5\ photon/cm^2 - sec$$
$$Na = 2.22\ photon/cm^2 - sec$$

اس کا مطلب یہ ہوا کہ وقت کے ایک وقفے ایک سکنڈ کے دوران اسکرین کے ایک رقبہ $1cm^2$ پر آنے والے فوٹان کی اوسط تعداد 22.2 ہوتی ہے۔ جس کا سراغ لگنا چاہئے۔ فوٹان کی کسر کا مشاہدہ نہیں کیا جاسکتا۔ لیکن اگر ایک رقبے $1cm^2$ کو کافی طویل عرصے تک دیکھا جائے تو اوسط گنتی فی سکنڈ 22.2 ہوتی ہے۔ مزید بر آن فوٹان کی تقسیم بے قاعدہ ہے صرف وقت کے ایک طویل وقفے کے بعد ہی یہ یکساں دکھائی دیتا ہے۔ اس طرح کسی ایک فوٹان کی پوزیشن کے بارے میں صحیح معلومات کے فراہم کرنے میں فوٹاں کا نفوذ ناکام رہتا ہے لیکن اس سے صرف فوٹان کے مقام کا احتمال حاصل ہو سکتا ہے یعنی

ایک فوٹان کے معلوم کرنے کا امکان

اس سے ہمیں یہ معلوم ہوتا ہے کہ ایک لونی برقی مقناطیسی اشعاع کی حدت کی تعریفیں دو طرح سے کی جاسکتی ہیں یعنی یا تو موج کے بیان کے طریقہ یا پھر ذرے کی رقوم میں۔ یہ اس لحاظ سے اہمیت کی حامل ہو جاتی ہے کہ حدت کی تعریف ان دو علاحدہ علاحدہ مفہوموں کو ایک دوسرے سے ملاتی ہے۔

اب موج کے رقوم میں اور ذرات کے رقوم میں حدت کے لیے حاصل کردہ قیمتوں کو ایک دوسرے کے مساوی رکھنے سے ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$I = \epsilon_0 \xi^2 C = h\upsilon N \qquad \text{لہٰذا}$$

$$N a \xi^2$$

اس لیے ہم لکھ سکتے ہیں کہ

$a\xi^2$ فوٹان کو معلوم کرنے کا امکان

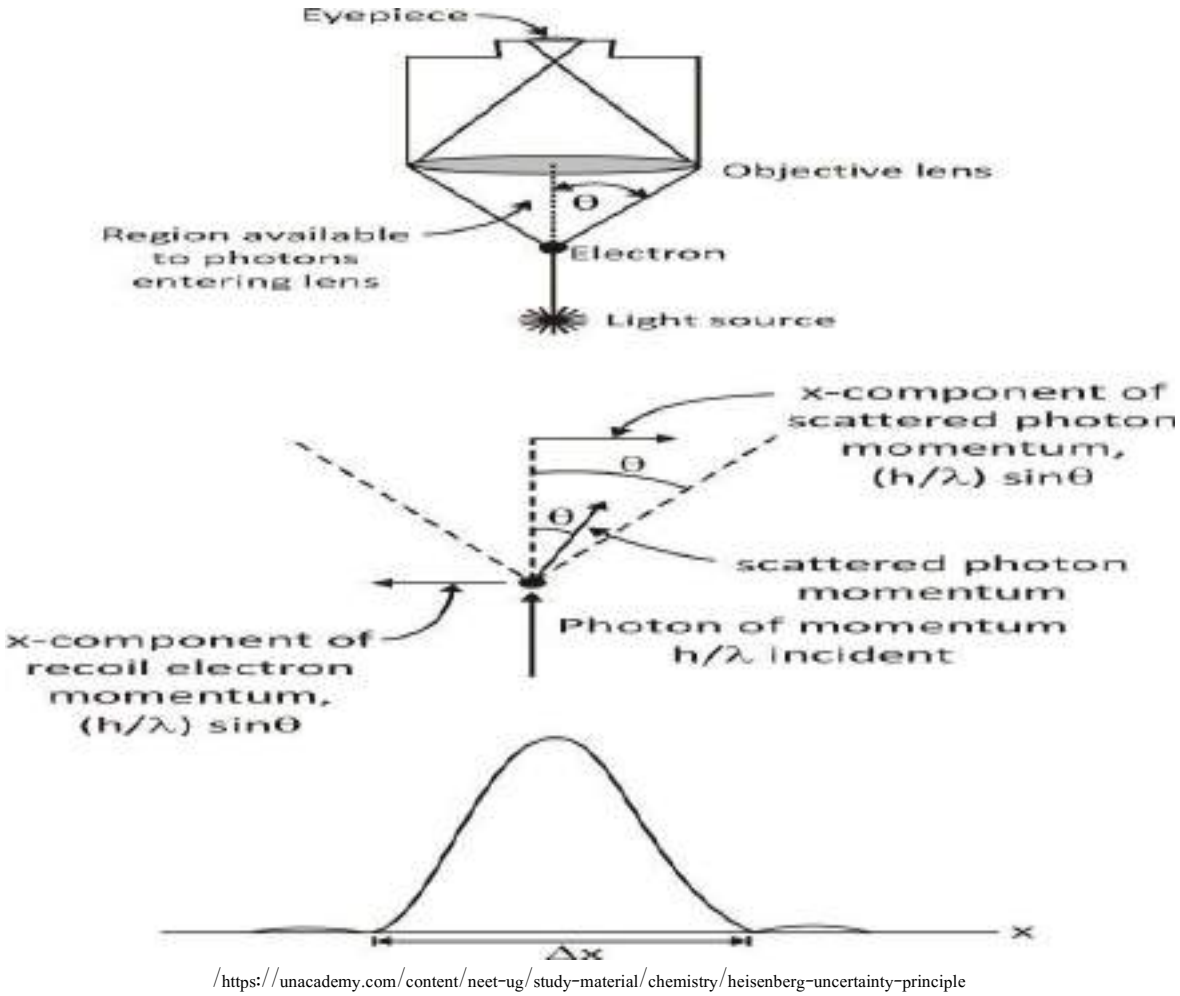
بالفاظ دیگر فوٹان کو معلوم کرنے کا امکان برقی میدان کی حدت کے مربع کے متناسب ہے۔ اس تصور کو جب الکٹران جیسے ذرے تک وسعت دی جاتی ہے تو نئے نئے علوم کی راہ نکل آتی ہے۔ یہ دیکھا گیا کہ فوٹان کو معلوم کرنے کا امکان برقی میدان کی حدت کے مربع یا فوٹان سے متعلقہ ذی برا گلی موج کے متناسب ہے اس طرح یہ بھی کہا جاسکتا ہے کہ الکٹران کو معلوم کرنے کا امکان اس سے متعلقہ دی برا گلی موج کے حیطے کے متناسب ہے۔ شروڈِنگر (Schroedinger) کے مطابق ایک ذرے سے متعلقہ ڈی برا گلی موج کے حیطے کو ψ سے تعبیر کیا جاتا ہے ψ کو موجی تفاعل کہا جاتا ہے۔ اس سے موجی تفاعل کی تعریف کا اشارہ ملتا ہے۔ یعنی موجی تفاعل ایک ایسی مقدار ہے (جس کا مربع) ذرے کو معلوم کرنے کے امکان کا تناسب ہے۔ $\psi^2 dx$ سے مراد x اور $(x + dx)$ کے درمیان کے ایک چھوٹے عنصر میں ذرے کے معلوم کرنے کا امکان ہے۔ اس کو سب سے پہلے میاکس بارن (Max born) نے پیش کیا تھا۔

9.4 اصول عدم یقین (The Uncertainty Principle)

یہ چیز انتہائی تعجب خیز دکھائی دیتی ہے کہ ایک ایسا اصول جس کی سرخی "اصول عدم یقین" ہے کو سائنس کی دنیا میں ایک معزز مقام حاصل ہو گیا ہے۔ لیکن ایسے تعجب کی کوئی معقول وجہ نہیں ہے۔ اصول عدم یقین کا دائرہ عمل صرف دنیائے صغیرہ کی حد تک محدود ہے جب کہ قدیم طبیعیات ہمیشہ سے اجسام کبیرہ سے بحث کرتی آرہی ہے۔ جب ایک جوہر کا کڑا تجزیہ کیا گیا تو چند ایسے واقعات رونما ہوئے جس کے لیے نئے تصورات کو بڑھاوا دینا ضروری ہو گیا تا کہ جواہر اور زیر جوہری ذرات کی خصوصیات کو سمجھا جاسکے چنانچہ دو نئے نظریات یعنی قدری نظریہ اور نظریہ اضافیت تجویز کے گئے تا کہ نئے حالات کو کامیابی کے ساتھ سمجھا جاسکے۔ اصول عدم یقین تو صرف دنیائے صغیرہ پر اطلاق کے قابل ہے۔ دنیائے کبیرہ کے لیے ابھی بھی قدیم طبیعیات درست ہے۔ سورج اور چاند کے گہنوں کی پیشن گوئی کرنا اور سٹیلائیٹس (مصنوعی سیارے) کی لانچنگ یعنی فضا میں داغنا اس کی درستگی کے کھلے ثبوت ہیں۔

ایک جوہر کی ساخت کی تحقیقات کے دوران اس اصول کی ضرورت ظاہر ہوئی۔ الکٹران کی اس حالت پر غور کیجئے جب کہ یہ حرکت میں ہو۔ اس کو ایک خرد بین کے ذریعہ دیکھنا ہو گا۔ مشاہدے کے بھی بہت سے پہلو ہوتے ہیں۔ اولاً تو خرد بین کی صلاحیتی حدوں پر غور کرنا ہو گا۔ قریبی فاصلہ پر دو نقاط دو علاحدہ نقطوں کے طور پر دکھائی دینے کے لیے چند شرائط کا پورا ہونا ضروری ہوتا ہے۔ نور کی موجی نوعیت کی وجہ سے خرد بین میں ایک نقطے کا خیال نقطے کے طور پر نہیں بلکہ ایک چھوٹے قرص کی شکل میں دکھائی

دیتا ہے۔ دو قریبی فاصلہ کے نقاط صرف اسی وقت علاحدہ علاحدہ دیکھے جاسکتے ہیں جب کہ ان کے قرص نما خیال ایک دوسرے کو ڈھانک نہ لیں۔ فرض کرو کہ λ طول موج کے نور سے ان دو نقطوں کو منور کیا گیا ہے۔ ان کے درمیان کے اس اقل ترین فاصلے کو محسوب کیا جاسکتا ہے جس کے لیے خیالات واضح طور پر صاف دکھائی دیں۔ فرض کرو کہ نقطہ P پر کے ایک ذرے کو خرد بین سے دیکھا گیا۔ عدسے کے قطر کے سروں کو نقطہ سے ملایئے۔ فرض کرو کہ ان خطوط سے P پر بننے والا زاویہ α ہے اگر P پر دو نقطے ہوتے اور اگر ان کے خیالوں کو واضح طور پر دیکھنا مقصود ہے تو یہ بتایا جاسکتا ہے کہ ان نقطوں کے درمیان کم سے کم فاصلے کو $\frac{\lambda}{\sin\alpha}$ ہونا چاہئے جہاں λ ان کی تنویر کے متعملہ نور کا طول موج ہے۔ طول موج جتنا چھوٹا ہوتے جاتا ہے دونوں نقطوں کے درمیان کا فاصلہ ان کے واضح نظارے کے لیے اتنا ہی کم سے کم ہو سکتا ہے اس طرح مستعملہ طول موج کے گھٹانے سے نقاط کی قربت میں اضافہ ہوتے جاتا ہے۔



/https://unacademy.com/content/neet-ug/study-material/chemistry/heisenberg-uncertainty-principle

شکل(9.3) خرد بین کے ذریعہ دیکھا گیا ذرہ

اب P پر کے ذرے پر توجہ دیجئے۔ یہ یقین نہیں کیا جاسکتا ہے کہ واقعتاً ذرہP پر واقع ہے کیوں کہ اس کا خیال ایک چھوٹا سا قرص ہے۔ یہ P کے قرب و جوار میں کہیں بھی ہو سکتا ہے اس طرح ذرے کے خیال کو دیکھتے ہوئے اس کے مقام کے تعین کی کوشش میں ہم کسی قدر تذبذت یعنی عام یقینی کیفیت سے دوچار ہو جاتے ہیں اس عدم یقینی کی مقدار ہوتی ہے $\frac{\lambda}{\sin\alpha}$

اب فرض کرو کہ P کے ہر نقطے کو m کمیت والے ایک الکٹران سے بدلا جاتا ہے۔ یہ الکٹران خرد بین کے میدان نظر میں x–محور کے ساتھ ایک رفتار v سے حرکت کر رہا ہے۔ ظاہر کہ الکٹران بھی شائد منور ہو گیا ہے۔ تب تنویر پیدا کرنے والے نور کا ایک فوٹان اس الکٹران پر گرتا ہے اور اسے منصرف ہو کر مشاہدہ کرنے والے کی آنکھ میں داخل ہوتا ہے۔ الکٹران کو قابل دید ہونے کے لیے ایسا ہونا ضروری ہے۔ فرض کرو کہ خیال P پر ہی دکھائی دیتی ہے۔ اس کا مطلب یہ تو نہیں ہوتا کہ الکٹران واقعتاً P پر ہی ہے۔ لیکن جیسا کہ اس سے قبل بیان کیا جاچکا ہے کہ اس کو P کے قرب و جوار میں ایک چھوٹے سے وقفے Δx کے اندر ہی ہونا چاہئے اور Δx کی تعریف یوں کی جاتی ہے

$$\Delta x = \lambda/\sin\alpha$$

جہاں $\Delta x'$ الکٹران کے پوزیشن میں واقع ہونے والے تذبذب یعنی عدم یقینی کے سلسلے (Range) کو ظاہر کرتا ہے

اب الکٹران کے معیار حرکت پر غور کیجئے۔ ہم یہ فرض کر لیتے ہیں کہ واقع ہونے والے نور کے فوٹان سے اس کے تصادم سے پہلے یعنی اس کی شبیہ کے نظر آنے سے قبل اس کی کمیت اور رفتار کی بہت ہی صحت کے ساتھ تخمین ہوتی تھی اس طرح اس کا معیار حرکت Px قطعی طور پر معلوم تھا۔ لیکن جونہی اس کی ٹکر الکٹران سے ہوئی۔ ان دونوں کے مابین معیار حرکت کا تبادلہ عمل میں آیا۔ لہٰذا تصادم کے بعد کا معیار حرکت وہی نہیں ہو گا جو تصادم سے پہلے تھا۔ ضیاء برقی اثر کے نظریے سے یہ معلوم ہو چکا ہے کہ لاتعداد اور λ طول موج والے فوٹان کی توانائی υ ہوتی ہے اور معیار حرکت h/λ ہوتا ہے (کیوں کہ $E = mx^3 = pc = h\upsilon$ لہٰذا $p = h\upsilon/e = h/\lambda$)

اصول بقائے توانائی اور معیاری حرکت سے یہ بتلایا جاسکتا ہے کہ تصادم کے بعد الکٹران کا معیار حرکت۔۔۔۔ نہیں ہو گا بلکہ ذیل کے حدود کے مابین ہو گا یعنی

$$P_x - \frac{h}{\lambda}\frac{\sin x}{2} \; and \; P_x + \frac{h}{\lambda}\frac{\sin x}{2}$$

اس طرح وہ مقدار جس کے اندر معیار حرکت کو پایا جاسکتا ہے ہو گی۔ یوں

$$\Delta px = \frac{h}{\lambda}\sin\alpha$$

اس سے تصادم کے بعد الکٹران کے معیار حرکت میں عدم یقینی کیفیت ظاہر ہوتی ہے۔ پوزیشن اور معیار حرکت کی عدم یقینیوں کو باہم ضرب دینے سے ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$h = \Delta z \Delta P_x = \frac{\lambda}{\sin\alpha}\frac{h}{\lambda}\sin\alpha$$

عدم یقینی کی قیمت پلانگ کے مستقل h سے کم نہیں ہو سکتی۔ یہاں اس نکتے کو نوٹ کرنا ہوگا کہ خرد بین کی حساسیت کو بڑھانا مشاہدہ کو حساس بنانے کے طریقے عدم یقینی کو کم کرنے کے لیے اثر انداز نہیں ہو سکے۔ کیوں کہ الکٹران کی پوزیشن میں عدم یقینی کو کم کرنے کے لیے اگر اونچے تعدد کے نور کو استعمال کیا جائے تو اس کا فوٹان کافی توانا ہونے کی بناء الکٹران پر ایسی ضرب لگتا ہے کہ الکٹران کے معیار حرکت کے مشاہدے میں تذبذب یعنی عدم یقنی آجاتی ہے۔ اگر ایک کم تر تعدد کے نور کو استعمال کیا جائے تو معیار حرکت کی عدم یقینی میں کمی تو آجاتی ہے لیکن نور کے طول موج کے طویل ہونے کی بناء الکٹران کی پوزیشن میں عدم یقینی بڑھ جاتی ہے۔ کسی ایک مقدار جیسے پوزیشن کی پیائش کی صحت میں جیسے جیسے اضافہ ہوتے جاتا ہے۔ دوسری مقدار جیسے معیار حرکت کی پیائش کی صحت میں ویسی ہی کمی ہوتی جاتی ہے۔ یہ اس حقیقت کی جانب اشارہ ہے کہ وقت واحد میں پوزیشن اور معیار حرکت کی صحیح قیمتین معلوم نہیں ہو سکتیں۔

کسی خاص لمحے پر ذرے کی توانائی کی پیائش میں بھی اسی قسم کی عدم یقینیاں وجود پذیر ہوتی ہں۔ اگر توانائی میں عدم یقینی ہو اور وقت میں عدم یقینی Δt ہو تو اصول عدم یقین کے مطابق یہ بتلایا جاسکتا ہے کہ

$$\Delta E . \Delta t \sim h$$

نظری طور پر تذبذب (عدم یقینی) ہر طرف موجود ہے۔ لیکن عملی طور پر اس کا دائرہ عمل زیر جوہری ذروں کی دنیائے صغیر وارانہ کی حد تک محدود ہے۔ ان شرائط کی تخمین ممکن ہے جن کے تحت عدم یقینی ابھر آتی ہے۔ ذیل کے رشتے پر غور کیجئے۔

$$\Delta z . \Delta P_x \geq h$$

معیار حرکت کے لیے mv_x درج کرنے پر

$$\Delta x . \Delta m v_x \geq h$$

جتنی m کی قیمت کم ہو گی اتنا ہی پوزیشن اور رفتار کی عدم یقینی زیادہ ہوتے جائے گی۔

9.5 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

100 گرام کمیت کی ایک گولی 200 میٹر فی سکنڈ کے رفتار سے سفر کرتی ہے۔ اس کی صحت 0.02٪ ہے۔ صحت کی اس قدر کو معلوم کیجئے جس سے اس کے پوزیشن کو معلوم کیا جاسکتا ہے۔

حل: دیا گیا ہے

گولی کا معیار حرکت ہوتا ہے

$$P = mv.$$

$$= (0.1) \times (200) = 20kg - m$$

اس کے معیار حرکت میں عدم یقینی ہوتی ہے۔

$$\Delta P = 0.0002 \times 20 = 4 \times 10^{-3} kg - m/sec$$

$$\Delta x = \frac{6.6\times10^{-14}}{4\times10^{-4}}$$
$$= 1.65 \times 10^{-31} meter$$

حل شدہ مثال 2

ایک الکٹران 200 میٹر فی سکنڈ کی رفتار سے سفر کرتا ہے اور اس کی صحت 0.02٪ تک محدود ہے۔ صحت کی اس قدر کو معلوم کیجئے۔ جس سے اس کے پوزیشن کا پتہ لگایا جاسکتا ہے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

الکٹران کا معیار حرکت ہوتا ہے۔

$$P = mV = (9.1 \times 10^{-31}) \times (200 ms^{-1})$$
$$= 1.8 \times 10^{-28} kg.ms$$

معیار حرکت میں عدم یقینی کے لیے ہم جانتے ہیں کہ

$$\Delta p = (0.0002) \times (1.8 \times 10^{-28}) = 3.6 \times 10^{-32}$$

لہٰذا پوزیشن میں عدم یقینی ہو گی

$$\Delta x = \frac{h}{\Delta F} = \frac{6.6\times10^{-14}}{5.6\times10^{-15}}$$
$$= 1.83 \times 10^{-2}\ meter$$
$$= 1.83 cm$$

حل شدہ مثال 3

ایک لونی موجوں کی ایک بیم کی حدت $200 \times 10^{-11}\ W/\mathrm{m}^2$۔ یہ بیم فوٹانس پر مشتمل ہے اور ہر فوٹان کی توانائی $9 \times 10^{-10} j$ جولس ہے۔ فوٹان کا نفوذ معلوم کیجئے۔ فوٹان کا نفوذ ہوتا ہے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$N = I/hv = 2 \times 10^{-13}/2 \times 10^{-10}$$
$$= 2.22 \times 10^{5}\ photon/cm^2 - sec$$

$$= 2.22\ photon/cm^2 - sec$$

9.6 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- مادے ذرے سے متعلقہ موج ایک قائم موجی پیٹرن ترتیب دیتی ہے جب کہ ذرہ سیف دنہ ہو جیسے ایک مدار پر حرکت کرتا ہے۔ اکثر یہ موجی نوعیت مدار کے سائز پر ایک شرط عائد کر دیتی ہے اور الکٹران کے لئے چند مداروں کو منتخب کرتی ہے۔ اس طرح کا عمل وجود میں آتا ہے۔
- ذی۔ براگلی امواج کے لیے شروڈینجر کی ترقی دی ہوئی مساواوت، احتمال کے تصور کی جانب رہنمائی کرتی ہے۔ الکٹران کے پوزیشن کو معلوم نہیں کیا جاسکتا۔ لیکن کسی ایک لمحے پر ایک چھوٹ سے حجم میں الکٹران کو معلوم کرنے کے امکان کی تخمین کی جاسکتی ہے۔
- زیر جوہری ذروں کی دنیا میں ہائسنبرگ (Heisenberg) کا اصول عدم یقین کارگر دہتا ہے۔ الکٹران کو دیکھنے کے لئے اسکو منور کرنا چاہئے۔ فوٹان کی شکل میں تنویر سے الکٹران میں خلل پڑتا ہے۔ جس کی وجہ سے اس کے پوزیشن اور معیار حرکت کی ایک ہی وقت میں صحت کے ساتھ پیائش نہیں یا جاسکتی۔ اس طرح کی پیائش غیر یقینی ہو جاتی ہے۔ پوزیشن اور معیار حرکت کی عدم یقینی کا حاصل ضرب کبھی پلانگ کے مستقل h سے چھوٹا نہیں ہوتا۔ مقادیر کے جوڑے جیسے توانائی اور وقت کی پیائش میں ایک عدم یقینی ظہور پذیر ہوتی ہے۔ یہ اصول زیر جوہری دنیا تک محدود ہے۔ دنیائے کبیر (Macro World) میں اس کا کوئی اطلاق نہیں ہوتا۔

9.7 کلیدی الفاظ (Keywords)

- ایٹم بناوٹ ایٹم کا میک اپ ہے اور یہ کس چیز پر مشتمل ہے۔ ایٹم ایک مرکزی مثبت چارج شدہ نیوکلئس ہے جو پروٹون اور نیوٹران سے بنا ہے۔ اس نیوکلئس کے ارد گرد متعدد الیکٹران ہیں جو متواتر جدول کے عنصر کے لحاظ سے مختلف ہوتے ہیں۔
- **پروٹون:**
  a) پروٹون مثبت طور پر چارج شدہ ذیلی ایٹمی ذرات ہیں۔ پروٹون کا چارج e1 ہے، جو تقریباً 1.602×10^{-19} کے مساوی ہے۔
  b) ایک پروٹون کا وزن تقریباً 1.672×10^{-24} ہے۔
- **نیوٹران:**
  a) نیوٹران کا حجم تقریباً ایک پروٹون جیسا ہی ہوتا ہے، یعنی 1.674×10^{-24}
  b) نیوٹران برقی طور پر غیر جانبدار ذرات ہیں اور کوئی چارج نہیں لیتے ہیں۔

- الیکٹران:

a) الیکٹران کا چارج -e1 ہے، جو تقریبا -1.602×10^{-19} ہے

b) ایک الیکٹران کا وزن تقریباً 9.1×10^{-31} ہے۔

9.8 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

9.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. برقی مقناطیسی موجیں کی نوعیت کس قسم کی ہوتی ہے؟

a)دوہری فطرت b)موجفطرت c)ذرہ فطرت d)فوٹون کی نوعیت جواب دیکھیں2

2. درج ذیل میں سے کس کی شدت موجکی تعدد کے متناسب ہے؟

a)الیکٹران b)نیوٹران c)فوٹون d)پروٹون

3. ایک الیکٹران سے وابستہ ڈی-بروگلی طول موج کیا ہے، جو200وولٹ کے ممکنہ فرق کے ذریعے تیز ہوتی ہے؟

a) 0.086 nm b) 0.0056 nm c) 0.5 nm d) 1 nm

4. کے ممکنہ فرق کے ذریعے تیز ہونے والے پروٹون کی ڈی-بروگلی طول موج کیا ہے؟

a) 0.65×10^{-13} b)میٹر b)

c) 0.65×10^{-10} میٹر d)میٹر 0.65×10^{-20}

5. 9. 50 میٹر فی سیکنڈ کی رفتار سے حرکت کرنے والی 150 گرام ماس کی گیند کی ڈی -بروگلی طول موج کیا ہے؟

a)8.8×10^{-34} میٹر

b) 8.8×10^{-30} میٹر

c)8.8×10^{-25} میٹر

d)8.8×10^{-35} میٹر

6. درج ذیل سے ڈی-بروگلی اظہار کی شناخت کریں

a) $\lambda=h-p$ b) $\lambda=h+p$ c) $\lambda=hp$ d) $\lambda=h\times p$

9.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات(Short Answer Type Questions)

1. مادہ ایک مقام پر قائم رہتا ہے اور موجیں پھیلتی ہیں۔مادہ اور توانائی ان دونوں خواص کا کس طرح اظہار کرتے ہیں۔
2. اصول عدم یقین کے قیود کیا ہوتے ہیں۔

9.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. اصول تذبذب یعنی عدم یقین کے اہم خدوخال کو سمجھایئے اور ان پر بحث بھی کیجیے۔
2. کسی مدار کے ایک الکٹران پر مقیم موجوں کے مفہوم کا کس طرح اطلاق کیا جاسکتا ہے اس کو سمجھایئے اور اس کے نتائج پر بحث کیجئے۔

9.8.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. ایک جوہر میں $0.2\dot{A}$ فاصلے کے اندر الکٹران کا مقام معلوم کرنے کے لیے ایک خوردبین کو استعمال کیا گیا۔ الکٹران کے معیار حرکت ے تذبذب یعنی عدم یقینی معلوم کیجئے۔

(جواب:$3.3 \times 10^{-23}\ kg - m/sec$)

2. ایک ہی وقت میں ایک الکٹران کی پوزیشن اور اس کی رفتار کی پیائش کی کوشش کی گئی۔ x– محور کی سمت میں رفتار کی صحیح پیائش $10^{-4}\ cm/sec$ حاصل ہوئی x– محور کے ساتھ اس کے مقام کو معلوم کرنے میں صحت کی حد معلوم کیجئے۔

(جواب:$7.6 \times 10^{2}\ meter$ میٹر)

3. ایک ذرہ x– محور کی سمت میں بہ مع توانائی $E = \frac{1}{2}mv^2$ سفر کرتا ہے۔ یہ فرض کرتے ہوئے کہ اس کا x محدود بقدر Δx غیر یقینی ہے۔ ثابت کیجئے۔ $\Delta E_1 \Delta t \geq h$

اگر $\Delta P_x, \Delta X \geq h$ اور $\Delta t = \Delta x/V$

9.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th} & 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.

اکائی10۔ آپریٹرز اور امواج

(Operators and Waves)

اکائی کے اجزا

10.0	تمہید
10.1	مقاصد
10.2	روشنی کی دوہری نوعیت
10.3	کامپٹن اثر
10.4	ڈی بروگلی مفروضہ
10.5	امواج پیکٹ
10.6	ہائزنبرگ کا غیر یقینی کا اصول
10.7	حل شدہ مثالیں
10.8	اکتسابی نتائج
10.9	کلیدی الفاظ
10.10	نمونہ امتحانی سوالات
10.10.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
10.10.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
10.10.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
10.10.4	غیر حل شدہ سوالات
10.11	تجویز کردہ اکتسابی مواد

10.0 تمہید (Introduction)

کوانٹم میکانکس ایک طبعی سائنس ہے جو ایٹموں اور ذیلی ایٹمی ذرات یا موجیں کے پیمانے پر مادے اور توانائی کے رویے سے نمٹتی ہے۔

اصطلاح "کوانٹم میکانکس" سب سے پہلے میکس بورن نے 1924 میں وضع کی تھی۔ کوانٹم میکانکس کی عام فزکس کمیونٹی کی طرف سے قبولیت کا سبب سسٹمز کے جسمانی رویے کی درست پیشین گوئی ہے، بشمول وہ سسٹم جہاں نیوٹنین میکانکس ناکام ہو جاتے ہیں۔

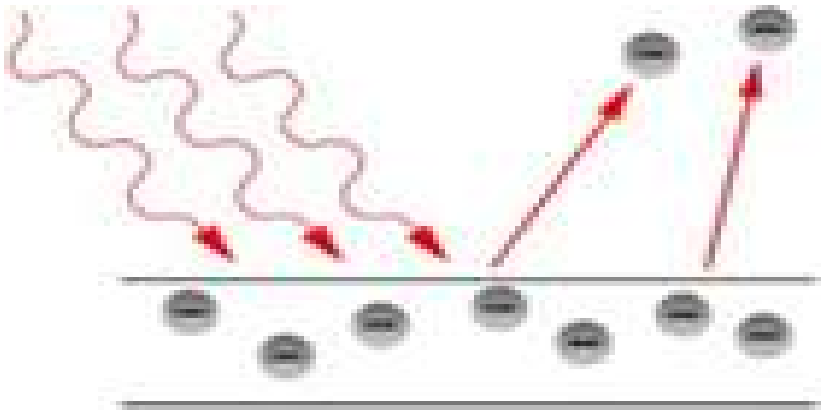
10.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- روشنی کی دوہری نوعیت کے بنیادی مفروضا تکو سمجھیں گیں۔
- کامپٹن اثر,ڈی بروگلی مفروضہ ,بارے میں معلومات حاصل کریں گیں۔
- ہائزنبرگ کا غیر یقینی کا اصول تفصیلی بحث کرنا ہے۔

10.2 روشنی کی دوہری نوعیت (The dual nature of light)

کچھ مظاہر ہیں جیسے مداخلت، تفاوت اور پولرائزیشن جن کی وضاحت روشنی کو صرف موجسمجھ کر کی جاسکتی ہے۔
دوسری طرف مظاہر جیسے فوٹوالیکٹرک اثر اور کامپٹن اثر کی وضاحت روشنی کو صرف ایک ذرہ سمجھ کر کی جاسکتی ہے۔
جب ہم روشنی کو ایک موجکے طور پر دیکھتے ہیں، تو ہمیں اس کے ذرہ پہلو کو مکمل طور پر اور اس کے برعکس بھولنے کی ضرورت ہوتی ہے۔ روشنی کے اس طرز عمل کو ایک موجکے ساتھ ساتھ ذرہ بھی روشنی کی دوہری نوعیت کے طور پر جانا جاتا ہے۔



شکل(10.1)

آئن سٹائن کا فوٹو الیکٹرک اثر کا نظریہ: جب توانائی کا ایک فوٹون دھات کی سطح پر واقع ہوتا ہے، تو توانائی Φ کا ایک حصہ الیکٹران کو دھات سے آزاد کرنے میں استعمال ہوتا ہے۔ اس توانائی کو دھات کے کام کے فعل کے نام سے جانا جاتا ہے۔ باقی توانائی الیکٹران کو دی جاتی ہے تاکہ وہ حرکی توانائی $\frac{1}{2} mv2$ حاصل کرے۔ اس طرح توانائی کا ایک فوٹون $h\upsilon$ مکمل طور پر ایمیٹر کے ذریعے جذب ہو جاتا ہے۔

فوٹون کی توانائی = الیکٹران کو آزاد کرنے کے لیے درکار توانائی + آزاد شدہ الیکٹران کا زیادہ سے زیادہ $K.E\ h\upsilon = \Phi +$

$$KEmax = h\upsilon = \Phi + \frac{1}{2} mv^2_{max}$$

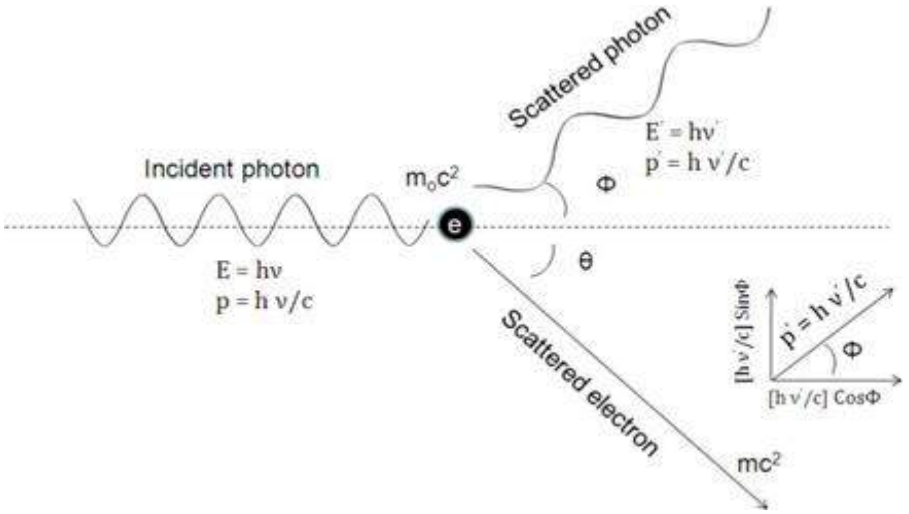
مندرجہ بالا مساوات کو آئن سٹائن کی فوٹو الیکٹرک مساوات کہا جاتا ہے۔ یہ مساوات فوٹو الیکٹرک اثر کی تمام خصوصیات کی وضاحت کر سکتی ہے۔

10.3 کامپٹن اثر (Compton Effect)

جب ہائی فریکوئنسی ریڈی ایشن (ایکس رے یا گامارے) کی شہتیر بکھرے ہوئے الیکٹرانوں کے ذریعے بکھر جاتی ہے تو بکھری ہوئی شعاعوں میں اصل طول موج کے ساتھ طویل طول موج کی شعاعیں بھی ہوتی ہیں۔ اس رجحان کو Compton Effect کے نام سے جانا جاتا ہے۔

جب توانائی کا فوٹون الیکٹران سے ٹکراتا ہے، تو کچھ توانائی اس الیکٹران کو دی جاتی ہے۔ اس توانائی کی وجہ سے، الیکٹران حرکی توانائی حاصل کرتا ہے اور فوٹون توانائی کھو دیتا ہے۔ اس لیے بکھرے ہوئے فوٹون میں کم توانائی ہو گی جو کہ واقعے سے زیادہ طول موج ہے۔

$$\text{جہاں } (\lambda' - \lambda) = h/mc\,[1-\cos\Phi] \quad h/mc = \lambda C = \text{کامپٹن طول موج} = 0.02424 Å$$



شکل (10.2)

10.4 ڈی بروگلی مفروضہ (De Broglie Hypothesis)

لوئس ڈی بروگلی ایک فرانسیسی ماہر طبیعیات نے اپنے دلیرانہ خیالات کو اس طرح پیش کیا۔

"چونکہ فطرت ہم آہنگی کو پسند کرتی ہے، اگر تابکاری مخصوص حالات میں ایک ذرہ کی طرح برتاؤ کرتی ہے اور دیگر حالات میں لہریں، تو کوئی یہ توقع بھی کر سکتا ہے کہ وہ ہستی جو عام طور پر ذرات کی طرح برتاؤ کرتی ہیں وہ بھی مناسب حالات میں موجیں سے منسوب خصوصیات کو ظاہر کرتی ہیں اور ان قسم کیموجیں کو کہا جاتا ہے۔ مادے کیموجیں کے طور پر۔

تمام مادے موجیسا رویہ ظاہر کر سکتے ہیں۔ مثال کے طور پر، الیکٹران کی ایک شہتیر روشنی کی شہتیر یا پانی کی موجکی طرح مختلف ہو سکتی ہے۔ یہ تصور کہ مادہ موج کی طرح برتاؤ کرتا ہے لوئس ڈی بروگلی نے 1924 میں پیش کیا تھا۔ اسے مادے کیموجیں کے ڈی بروگلی مفروضے کے طور پر بھی جانا جاتا ہے۔ دوسری طرف ڈی بروگلی مفروضہ موجفطرت اور ذرہ فطرت کا مجموعہ ہے۔

اگر 'E' تابکاری کے فوٹوون کی توانائی ہے اور اسی توانائی کو کسی موجکے لیے درج ذیل

$E = mc2$ ---(1) ذرہ کی نوعیت

اور $E = h\nu = hc/\lambda$ ---(2) کے لیے لکھا جا سکتا ہے۔

eqns (1) اور (2) کا موازنہ کرنے سے ہمیں $mc2 = hc/\lambda$ یا $\lambda = h/mc = h/p$ ملتا ہے۔

$\lambda = h/p$; جہاں λ = ڈی بروگلی طول موج

مادے کے ذرات بھی موج نما خصوصیات کی نمائش کرتے ہیں اور انموجیں کو مادے کی موجیں کے نام سے جانا جاتا ہے۔

ایک تیز الیکٹران کی ڈی بروگلی طول موج کا اظہار

ڈی بروگلی طول موج مادے کی موجکے لیے دی گئی ہے۔

$\lambda = h/p$; جہاں λ = ڈی بروگلی طول موج

eqn سے ہمیں معلوم ہوتا ہے کہ اگر الیکٹران جیسے ذرات کو مختلف رفتار تک تیز کیا جائے تو ہم مختلف طول موج کی لہریں پیدا کر سکتے ہیں۔ اس طرح الیکٹران کی رفتار زیادہ ہوگی، ڈی بروگلی طول موج کم ہوگی۔ اگر ایک الیکٹران کو ایک ممکنہ فرق V کے ذریعے تیز رفتاری دے کر رفتار v دی جاتی ہے، تو الیکٹران پر کیا جانے والا کام eV ہے۔ یہ کام الیکٹران کی حرکی توانائی میں بدل جاتا ہے۔ لہذا، ہم لکھ سکتے ہیں

$\frac{1}{2} mv2 = eV$

$mv = (2meV)1/2$

لیکن eqn.(1) کو $\lambda = h/mv$ (3) کے طور پر لکھا جا سکتا ہے۔

eqn کو تبدیل کرنا۔ (2) eqn میں۔ (3) ہمیں ملتا ہے۔

مادے کی موجیں کی خصوصیات:

1 .مادے کی موجکی طول موج اس کے ذرات کی رفتار سے الٹا تعلق رکھتی ہے۔

2 .مادے کی موجکو منعکس کیا جاسکتا ہے، ریفریکٹ کیا جاسکتا ہے، الگ کیا جاسکتا ہے اور مداخلت سے گزر سکتا ہے۔

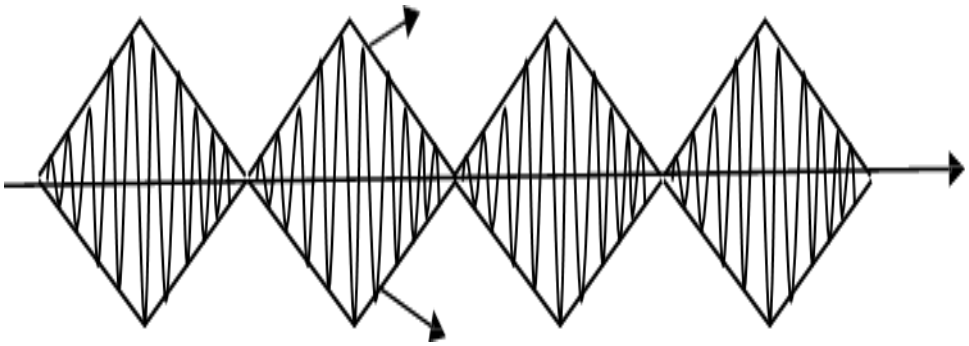
3 .مادی ذرات کی پوزیشن اور رفتار کا درست اور بیک وقت تعین نہیں کیا جاسکتا۔

4 .کسی خاص علاقے اور وقت پر مادے کی موجیں کا طول و عرض اسی خطے اور وقت پر ذرہ تلاش کرنے کے امکان پر منحصر ہے۔

10.5 امواج پیکٹ (Waves Packet)

قدرے مختلف طول موج کی دو یا زیادہ لہریں باری باری مداخلت کرتی ہیں اور تقویت دیتی ہیں تاک موجیں کے گروپوں یا موجیں کے پیکٹوں کا لامحدود تسلسل پیدا ہو۔

موج پیکٹ میں انفرادی موج کی رفتار کو موجکا مرحلہ رفتار کہا جاتا ہے اور اسے Vp سے ظاہر کیا جاتا ہے۔



شکل (10.3)

مرحلہ، گروپ اور ذرہ کی رفتار:

ڈی بروگلی کے مطابق مادے کا ہر ذرہ (جیسے الیکٹران، پروٹون، نیوٹران وغیرہ) ڈی بروگلی موجسے وابستہ ہے۔ اس ڈی بروگلی موج کو موجیں کے ایک گروپ پر مشتمل ایک موجپیکٹ کے طور پر شمار کیا جاسکتا ہے۔ متعدد تعدادات کو ملایا گیا تاکہ نتیجے میں آنے والی موجکا آغاز ہو اور ایک اختتام گروپ کی شکل اختیار کرے۔ ہر جزو کی موجا ایک خاص رفتار کے ساتھ پھیلتی ہے جسے موجکی رفتار یا مرحلے کی رفتار کہا جاتا ہے۔

فیز کی رفتار کا اظہار:

ایک موجکی نمائندگی $Y = A \sin(\omega t - kx)$............(1) سے کی جاسکتی ہے۔

جہاں $k = \omega / v$ = موج نمبر ω (rad/m) = کونیی فریکوئنسی (rad/s) جب کوئی ذرہ دائرے کے گرد گھومتا ہے۔

$(\omega t - kx)$ = متواتر موجکے لیے مستقل

$$dx/dt = \omega/k \text{ یا } \omega - k(dx/dt) = 0 \text{ یا } d(\omega t - kx)/dt = 0$$

$$\mathbf{v_p = \omega/k}$$

جب ایک موج پیکٹ یا گروپ متعدد اجزاء کی موجیں پر مشتمل ہوتا ہے جس میں ہر ایک قدرے مختلف رفتار کے ساتھ سفر کرتی ہے، تو موجپیکٹ (گروپ) گروپ کی اجزاء کی موجیں کی رفتار سے مختلف رفتار کے ساتھ سفر کرتا ہے۔ اس رفتار کو گروپ کی رفتار کہا جاتا ہے۔

گروپ کی رفتار کے لیے اظہار:

ایک موج گروپ کو ریاضیاتی طور پر مختلف طول موجوں کی انفرادی موجیں کے سپر پوزیشن کے ذریعہ پیش کیا جاسکتا ہے۔ ان انفرادی موجیں کے درمیان مداخلت کے نتیجے میں طول و عرض کی تبدیلی ہوتی ہے جو گروپ کی شکل کی وضاحت کرتی ہے۔ اگر تمام لہریں جو ایک گروپ کو تشکیل دیتی ہیں ایک ہی رفتار کے ساتھ سفر کرتی ہیں، تو گروپ بھی اسی رفتار کے ساتھ سفر کرے گا۔

تاہم اگر موج کی رفتار گروپ کی طول موج پر منحصر ہے، تو رفتار انفرادی موجیں کی رفتار سے مختلف ہوگی۔

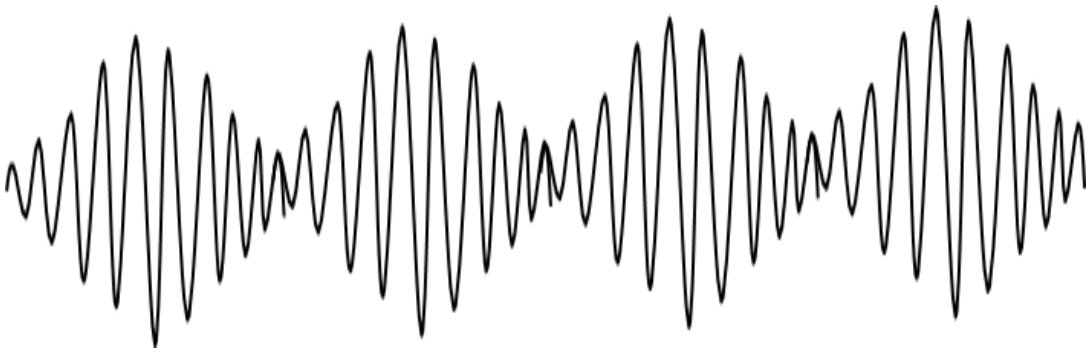
سب سے آسان موجگروپ وہ ہے جس میں دو مسلسل لہریں سپر میپوز ہوتی ہیں۔ دو موجیں کی نمائندگی کرنے دیں۔

$$y_1 = a\cos(\omega_1 t - k_1 x) \text{ and } y2 = a\cos(\omega_2 t - k_2 x)$$

The resultant

$$y = y_1 + y_2 = a\cos(\omega_1 t - k_1 x) + a\cos(\omega_2 t - k_2 x)$$

یہ مساوات زاویہ فریکوئنسی ω اور موج نمبر k کی ایک موج کی نمائندگی کرتی ہے جس کا طول و عرض کو نیی فریکوئنسی $(\omega_1 - \omega_2)/2$ اور موج نمبر $(k_1 - k_2)/2$ کے ذریعہ ماڈیول کیا جاتا ہے اور اس کی زیادہ سے زیادہ قدر $2a$ ہے۔ اس ماڈیولیشن کا اثر ویو گروپس کا ایک تسلسل پیدا کرنا ہے جیسا کہ ذیل میں دکھایا گیا ہے۔



شکل (10.5)

جس رفتار کے ساتھ یہ لفافہ حرکت کرتا ہے، یعنی گروپ کے زیادہ سے زیادہ طول و عرض کی رفتار کی طرف سے دیا گیا

اگر کسی گروپ میں لامحدود چھوٹے تعدد کے وقفے میں تعدد کے متعدد اجزاء ہوتے ہیں Δk کے لیے $0 \longrightarrow$، پھر مندرجہ بالا اظہار کو بطور لکھا جا سکتا ہے۔

جی ڈی کے:

یہ گروپ کی رفتار کا اظہار ہے۔

قدرے مختلف طول موج کی دو یا زیادہ لہریں باری باری مداخلت کرتی ہیں اور تقویت دیتی ہیں تاکہ موجیں کے گروپوں یا موجیں کے پیکٹوں کا لامحدود تسلسل پیدا ہو۔ ایک ذرہ سے وابستہ ڈی بروگلی موج گروپ ذرہ کی رفتار کے برابر رفتار کے ساتھ سفر کرتا ہے۔

مرحلے کی رفتار، ذرہ کی رفتار اور روشنی کی رفتار کے درمیان تعلق

چونکہ ڈی بروگلی موج ایک حرکت پذیر ذرے سے وابستہ ہے اس لیے یہ جاننا بہت ضروری ہے کہ اگر ان سے وابستہ ذرہ اور موج دونوں ایک ہی رفتار سے سفر کرتے ہیں یا مختلف رفتار کے ساتھ۔

$$vp = \omega/k = 2\pi\upsilon/(2\pi/\lambda) = \lambda\nu = (h/mv)(mc^2/h)$$

$$\therefore vp = c_2/v$$

چونکہ مادی ذرہ کی رفتار روشنی c کی رفتار سے ہمیشہ کم ہوتی ہے، اس کا مطلب ہے کہ ڈی بروگلی موجکی پھیلاؤ کی رفتار ہمیشہ c سے زیادہ ہوتی ہے۔ اس طرح ایسا لگتا ہے کہ پارٹیکل سے وابستہ پارٹیکل اور ڈی بروگلی موجد دونوں ایک ہی رفتار کے ساتھ ساتھ سفر نہیں کرتے ہیں اور موجذرہ کو پیچھے چھوڑ دیتی ہے۔ تاہم، ان دشواریوں کو اس بات پر غور کر کے طے کیا جا سکتا ہے کہ ایک حرکت پذیر مادی ذرہ ایک موجکے بجائے موجپیکٹ کے برابر ہے۔

10.6 ہائزنبرگ کا غیر یقینی کا اصول (Uncertainty Principle)

جسمانی مقدار جیسے پوزیشن، رفتار، وقت، توانائی وغیرہ کو میکروسکوپک سسٹمز (یعنی کلاسیکل میکانکس) میں درست طریقے سے ماپا جا سکتا ہے۔ تاہم، خوردبینی نظاموں کے معاملے میں، ذرات جیسے الیکٹران، پروٹون، نیوٹران، فوٹوون وغیرہ کی جسمانی مقدار کی پیمائش درست نہیں ہے۔ اگر ایک کی پیمائش یقینی ہے اور دوسرے کی غیر یقینی ہو گی۔

ایک موجپیکٹ جو ذرہ کے بارے میں سب کی نمائندگی کرتا ہے اور اس کی علامت کرتا ہے اور گروپ کی رفتار کے ساتھ حرکت کرتا ہے ڈی بروگلی موجکو بیان کرتا ہے۔ بوہر کی احتمالی تشریح کے مطابق، ذرہ موجپیکٹ کے اندر کہیں بھی پایا جا سکتا ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ موجپیکٹ کی حدود میں ذرہ کی پوزیشن غیر یقینی ہے۔ چونکہ موجپیکٹ کی رفتار پھیلتی ہے، اس لیے ذرہ کی رفتار کے بارے میں ایک غیر یقینی صورتحال ہے۔ اس طرح غیر یقینی کے اصول کے مطابق جوہری نظام میں کسی ذرے کی پوزیشن اور رفتار کا ایک ساتھ اور درست طریقے سے تعین نہیں کیا جا سکتا۔ اگر Δx کسی ذرے کی پوزیشن سے وابستہ غیر یقینی صورتحال ہے

اور Δpx اس کی رفتار سے وابستہ غیر یقینی صورتحال ہے، تو ان غیر یقینی صورتحال کی پیداوار ہمیشہ $h/4\pi$ سے برابر یا زیادہ ہوگی۔ یہ ہے کہ

$\Delta x \, \Delta px \geq h/4\pi$ غیر یقینی اصول کی مختلف شکلیں۔

$\Delta E \, \Delta t \geq h/4\pi \quad \Delta\omega \, \Delta\theta \geq h/4\pi$

اپیلی کیشنز ہیز نبرگ کا غیر یقینی اصول (نیوکلئس میں الیکٹران کا عدم وجود)

کسی بھی ایٹم کے نیوکلئس کا رداس 10^{-14}m 'r' کی ترتیب کا ہوتا ہے تاکہ اگر کوئی الیکٹران نیوکلئس میں محدود ہو تو اس کی پوزیشن میں غیر یقینی صورتحال $r = \Delta x \, 2$ کہیں یعنی قطر کی ترتیب کی ہوگی۔ نیوکلئس کے

لیکن HUP کے مطابق

$\Delta x \, \Delta p \geq h/4\pi$ (Δp = رفتار میں غیر یقینی صورت حال

لہذا، $\Delta x \sim 2x10^{-14}$m

$\Delta p = h/(4\pi \, \Delta x) = 6.625E^{-34} / (4\pi \times 2x10^{-14}) = 2.63 \times 10^{-21}$ kg-m/s

$\Delta p \sim p$ لے کر ہم فارمولے کا استعمال کرتے ہوئے توانائی کا حساب لگا سکتے ہیں۔

$E2 = c^2(p^2 + m\,2c^2) = (3x10^8)^2 x \, [(2.63 \times 10^{-21})^2 + (9.1x10^{-31})^2 x \, (3x10^8)^2]$

$= 7.932x10^{-13}J = 4957745$ eV ~ 5 MeV

تاہم، بیٹا کشی پر تجرباتی تحقیقات سے پتہ چلتا ہے کہ الیکٹران کی حرکی توانائیاں 4 MeV کے برابر ہونی چاہئیں۔ چونکہ نظریاتی اور تجرباتی توانائی کی قدروں میں اختلاف ہے ہم یہ نتیجہ اخذ کر سکتے ہیں کہ نیوکلئس کے اندر الیکٹران نہیں پائے جاسکتے۔

(a) موجکی تقریب (ψ)

پانی کی موجیں کی سطحوں کی اونچائی مختلف ہوتی ہے۔

روشنی کی موجیں کے برقی اور مقناطیسی میدان مختلف ہوتے ہیں۔

مادے کی موجیں کی موجکا فعل (ψ)

Ψ کا تعلق ذرہ تلاش کرنے کے امکان سے ہے۔ میکس بورن نے پہلی بار ان خیالات کو سامنے رکھا۔

موج کا فعل ψ ذرہ کی حالت کی نشاندہی کرتا ہے۔ تاہم اس کی کوئی براہ راست جسمانی اہمیت نہیں ہے۔ ایک سادہ سی وجہ ہے کہ ψ کو کسی تجربے کے لحاظ سے تشریح نہیں کیا جاسکتا۔ کسی چیز کے کسی مخصوص جگہ پر ہونے کا امکان 0 اور 1 کے درمیان ہونا چاہیے یعنی شے یقینی طور پر وہاں نہیں ہے اور شے بالترتیب وہاں ضرور ہے۔

ایک درمیانی امکان، کہئے 0.2، کا مطلب ہے کہ آبجیکٹ کو تلاش کرنے کا 20٪ امکان ہے۔ تاہم، موجکا طول و عرض منفی کے ساتھ ساتھ مثبت بھی ہو سکتا ہے اور منفی امکان 0.2- بے معنی ہے۔ لہذا ψ بذات خود ایک قابل مشاہدہ مقدار نہیں ہو سکتا۔

اس کی وجہ سے موج فنکشن کی مطلق قدر کا مربع ψ سمجھا جاتا ہے اور اسے امکانی کثافت کے طور پر جانا جاتا ہے جس کی طرف سے اشارہ کیا جاتا ہے $|\psi|^2$

تجرباتی طور پر جسم کو تلاش کرنے کا امکان جو موج کے فعل کے ذریعہ بیان کیا گیا ہے ψ نقطہ x، y، z پر اس وقت t کی قدر کے متناسب ہے۔ $|\psi|2$

$|\psi|2$ کی چھوٹی قدر موجودگی کا کم امکان

جب تک کہ $|\psi|2$ حقیقت میں کہیں صفر نہیں ہے، تاہم، وہاں اس کا پتہ لگانے کا ایک یقینی موقع ہے، چاہے چھوٹا ہی کیوں نہ ہو۔ میکس بورن نے پہلی بار یہ تشریح 1926 میں کی۔

اگر ہم کسی ذرے کی رفتار کو جانتے ہیں، تو ہم مساوات $\lambda = h/m\nu$ استعمال کر کے متعلقہ مادے کی موجگی طول موج معلوم کر سکتے ہیں۔ ہمیں اب یہ سمجھنا ہو گا کہ ہم مادے کی موجگے طول و عرض کو کیسے بیان کر سکتے ہیں۔ یعنی ہمیں یہ معلوم کرنا ہے کہ کیا لہرا رہا ہے۔

بڑے پیمانے پر 'm' کا ایک ذرہ بڑھتی ہوئی ایکس سمت میں سفر کرتا ہے جس پر کوئی قوت عمل نہیں کرتی ہے اسے آزاد ذرہ کہا جاتا ہے۔

امکانی کثافت:

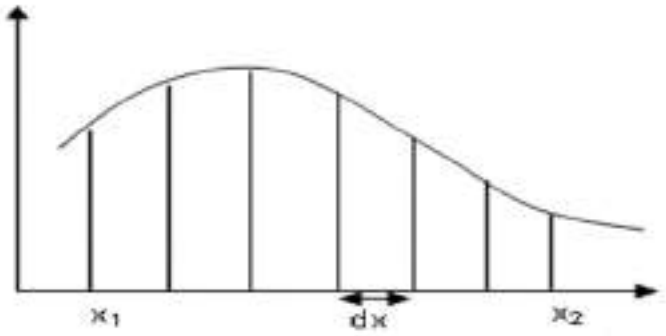
اگر ψ ایک کمپلیکس نمبر ہے۔ پھر اس کا پیچیدہ کنجوجٹ i کو i– سے بدل کر حاصل کیا جاتا ہے، صرف ψ کا کوئی مطلب نہیں ہوتا بلکہ صرف $\psi\psi^*$ ذرہ تلاش کرنے کا امکان فراہم کرتا ہے۔ کوانٹم میکانکس میں ہم اس بات پر زور نہیں دے سکتے کہ ایک ذرہ بالکل کہاں ہے۔ ہم یہ نہیں کہہ سکتے کہ اس کا امکان کہاں ہے۔

$$P(x) = \psi\psi^* = [\psi o\, e^{i(kx - \omega t)}]\,[\psi o\, e^{-i(kx - \omega t)}] = |\psi o|^2$$

بڑی قدر $|\psi|2$ ذرہ کی موجودگی کا قوی امکان

چھوٹی قدر $|\psi|2$ ذرہ کی موجودگی کا کم امکان

موج کی تقریب کو معمول بنانا: کسی بھی دو نقاط x_1 اور x_2 کے درمیان ذرہ تلاش کرنے کا امکان اس سے طے ہوتا ہے۔ ہر وقفہ dx میں امکانات کا خلاصہ۔ لہذا کسی بھی وقفہ dx میں x_1 اور x_2 کے درمیان ایک ذرہ موجود ہے۔ اس صورت حال کو ریاضیاتی طور پر بیان کیا جا سکتا ہے۔ $\int_{x_2} \psi(x)_2 dx = 1\ x1$ اگر کوئی ذرہ خلا کے کسی علاقے میں ایک چھوٹے حجم والے عنصر dv کے اندر کہیں بھی موجود ہو تو نارمل حالت کو اس طرح ظاہر کیا جا سکتا ہے۔ $\int_{+\infty} \psi_2 dV = 1$



شکل10.5

10.7 حل شدہ مثالیں(Solved Examples)

حل شدہ مثال1

واقعہ فوٹون کی توانائی ہے۔

حل: دیا گیا ہے

(جولز میں)$E = h\nu = hc/\lambda$

(eVمیں) $E = hc/\lambda e$

معلوم اقدار کو تبدیل کرتے ہوئے، ہمیں ملتا ہے۔

$E = 6.626\times10-34 \times3\times108 / 300\times10-9 \times1.6\times10-19$

$E = 4.14$ eV

حل شدہ مثال2

جب2200 Å طول موج کی روشنی Cu پر پڑتی ہے تو اس سے فوٹو الیکٹران خارج ہوتے ہیں۔ تلاش کریں (i) حد طول موج اور (ii) روکنے کی صلاحیت۔ دیا گیا Cu : کے لیے کام کا فنکشن $\phi_0 = 4.65$ eV ہے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

حد طول موج کی طرف سے دیا جاتا ہے

ہم جانتے ہیں کہ تیز ترین = 9.035×10^{-19} J = 5.65 eV کے فوٹون کی توانائی ہے۔ طول موج 2200 Å = 2672 Å

فوٹو الیکٹران کی حرکی توانائی ہے۔ Kmax = hv – ϕ0 = 5.65 – 4.65 = 1 eV مساوات (7.3) سے، Kmax =

لہٰذا، روکنے کی صلاحیت = eV0 V0 = K_{max}/e $1\times1.6\times10^{-19}$ / 1.6×10^{-19} = V^1

حل شدہ مثال 3

پوٹاشیم کا کام 2.30 eV ہے۔ طول موج 3000 Å اور شدت 2 Wm-2 کی UV روشنی پوٹاشیم کی سطح پر واقع ہے۔ (i فوٹو الیکٹرانوں کی زیادہ سے زیادہ حرکی توانائی کا تعین کریں (ii اگر 40٪ واقعہ فوٹونز فوٹو الیکٹران تیار کرتے ہیں، تو پوٹاشیم کی سطح کا رقبہ 2 سینٹی میٹر ہے تو فی سیکنڈ کتنے الیکٹران خارج ہوتے ہیں؟

حل: دیا گیا ہے کہ

(i فوٹون کی توانائی ہے۔ $E = hc/\lambda = 6.626\times10^{-34} \times 3\times108/3000\times10^{-10}$ $E = 6.626\times10^{-19}$ J

فوٹو الیکٹران کا زیادہ سے زیادہ KE ہے۔ (ii Kmax = hv – ϕ0 = 4.14 – 2.30 = 1.84 eV = 4.14 eV فی سیکنڈ سطح تک پہنچنے والے فوٹون کی تعداد ہے۔ $np = P/E \times A = [\ 2\ /\ 6.626\times10^{-19}] \times [2\times10^{-4}] = 6.04\times10^{14}$

فوٹون / سیکنڈ فوٹو الیکٹران کے اخراج کی شرح ہے۔ $(0.40)np = 0.4\times6.04\times1014 = 2.415'10^{14}$ = فوٹو الیکٹران / سیکنڈ

10.8 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- جب ہائی فریکوئنسی ریڈی ایشن (ایکس رے یا گاما رے) کی شہتیر بکھرے ہوئے الیکٹرانوں کے ذریعے بکھر جاتی ہے تو بکھری ہوئی شعاعوں میں اصل طول موج کے ساتھ طویل طول موج کی شعاعیں بھی ہوتی ہیں۔ اس رجحان کو Compton Effect کے نام سے جانا جاتا ہے۔
- قدرے مختلف طول موج کی دو یا زیادہ لہریں باری باری مداخلت کرتی ہیں اور تقویت دیتی ہیں تا کہ موجیوں کے گروپوں یا موجیوں کے پیکٹوں کا لا محدود تسلسل پیدا ہو۔
- جب ایک موجپیکٹ یا گروپ متعدد اجزاء کیموجیوں پر مشتمل ہوتا ہے جس میں ہر ایک قدرے مختلف رفتار کے ساتھ سفر کرتی ہے، تو موجپیکٹ (گروپ) گروپ کی اجزاء کیموجیوں کی رفتار سے مختلف رفتار کے ساتھ سفر کرتا ہے۔ اس رفتار کو گروپ کی رفتار کہا جاتا ہے۔

10.9 کلیدی الفاظ (Keywords)

- **گروپ کی رفتار:** جب ایک موجپیکٹ یا گروپ متعدد اجزاء کیموجیوں پر مشتمل ہوتا ہے جس میں ہر ایک قدرے مختلف رفتار کے ساتھ سفر کرتی ہے، تو موجپیکٹ (گروپ) گروپ کی اجزاء کیموجیوں کی رفتار سے مختلف رفتار کے ساتھ سفر کرتا ہے۔ اس رفتار کو گروپ کی رفتار کہا جاتا ہے۔
- جب ہائی فریکوئنسی ریڈی ایشن (ایکس رے یا گاما رے) کی شہتیر بکھرے ہوئے الیکٹرانوں کے ذریعے بکھر جاتی ہے تو بکھری ہوئی شعاعوں میں اصل طول موج کے ساتھ طویل طول موج کی شعاعیں بھی ہوتی ہیں۔ اس رجحان کو Compton Effect کے نام سے جانا جاتا ہے۔

10.10 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

10.10.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. ایک ویو گائیڈ میں، مندرجہ ذیل میں سے کون سی شرط ہمیشہ درست ہوتی ہے؟

   (a) مرحلے کی رفتار=c

   (b) گروپ کی رفتار=c

   (c) مرحلے کی رفتار>c

   (d) مرحلے کی رفتار<c

2. θ cos کی اصطلاح 2.5 سے دی گئی ہے۔ مرحلے کی رفتار تلاش کریں۔

   (a) 3

   (b) 5

   (c) 7.5

   (d) 2.5

3. کٹ آف طول موج اور گائیڈڈ طول موج بالترتیب 0.5 اور 2 یونٹ دی جاتی ہے۔ موج کی طول موج معلوم کریں۔

   (a) 0.48

   (b) 0.32

   (c) 0.45

   (d) 0.54

4. 6 سینٹی میٹر x 4 سینٹی میٹر کے طول و عرض کے ساتھ ڈومیننٹ موڈ میں مستطیل ویو گائیڈ کی کٹ آف ویو لینتھ ہے۔

a) 12 سینٹی میٹر

b) 6 سینٹی میٹر

c) 4 سینٹی میٹر

d) 2 سینٹی میٹر

5. مرحلے کی پیداوار اور گروپ کی رفتار کی طرف سے دیا گیا ہے۔

a)روشنی کی رفتار

b) روشنی کی رفتار/2

c) 2روشنی کی رفتار

d) روشنی کی رفتار)/4

10.10.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات(Short Answer Type Questions)

1. موجکی تقریب کیا ہے؟موج فنکشن کی بنیادی خصوصیات کیا ہیں؟
2. ویو فنکشن کی میکس بورن کی تشریح کا خاکہ بنائیں۔
3. ایک جہت میں مفت ذرہ کے لیے شروڈنگر کے وقت کی آزاد مساوات پر پہنچیں۔ تین جہتوں کے لیے مساوات لکھیں۔
4. eigen value، eigen functionاور degenercy کی اصطلاحات کی وضاحت کریں۔
5. توقع کی قدریں کیا ہیں؟وضاحت کریں۔نارملائزیشن کے تصور کی وضاحت کریں۔
6. .شروڈنگر کے وقت پر منحصر مساوات پر کی وضاحت کریں۔
7. .ایک جہتی خانے میں ایک ذرہ کے لیے شروڈنگر کی مساوات حاصل کریں اور توانائی ایگن کی قدروں اور ایگن کے افعال کو حاصل کرنے کے لیے اسے حل کریں۔ گراف میں پہلے تین انرجی ایگن فنکشنز کی بھی نمائندگی کریں۔
8. لامحدود گہرائی کے یک جہتی خانے میں پھنسے ہوئے ذرے کی توانائی کی ایگن اقدار کے لیے ایک اظہار اخذ کریں۔
9. نارملائزڈ ویو فنکشن کے لیے ایک اظہار اخذ کریں۔
10. کوانٹم میکانکس میں قابل مشاہدہ کی توقع کی قدر کی وضاحت کریں۔ موجکی تقریب کے لئے ایک ذرہ کی پوزیشن اور رفتار کی توقع کی اقدار کیا ہیں؟
11. امکانی کثافت کیا ہے؟موج کے فعل کی Born تشریح دیں اور نارملائزیشن کی وضاحت کریں۔
12. آپریٹرز کیا ہیں؟دو مثالیں دیں۔
13. ایک مفت ذرہ کے لیے شروڈنگر کی مساوات تیار کریں۔ آزاد ذرہ کی eigen قدر اور eigen فعل کا تذکرہ کریں۔
14. oscillatorکی eigen ویلیو اور eigen فنکشن کا ذکر کریں۔

15. .دکھائیں کہ ہارمونک آسکیلیٹر کی توانائی کو h کے مراحل میں مقدار میں شمار کیا جاتا ہے۔زیرو پوائنٹ انرجی کے وجود کی وضاحت کریں۔

10.10.3 طویل جوابات کے حامل سوالات(Long Answer Type Questions)

1. موجکی تقریب کیا ہے؟موجفنکشن کی بنیادی خصوصیات کیا ہیں؟
2. ویو فنکشن کی میکس بورن کی تشریح کا خاکہ بنائیں۔
3. eigen value، eigen functionاور degenercy کی اصطلاحات کی وضاحت کریں۔
4. توقع کی قدریں کیا ہیں؟وضاحت کریں۔نارملائزیشن کے تصور کی وضاحت کریں۔
5. ایک جہتی خانے میں ایک ذرہ کے لیے شروڈنگر کی مساوات حاصل کریں اور توانائی ایگن کی قدروں اور ایگن کے افعال کو حاصل کرنے کے لیے اسے حل کریں۔گراف میں پہلے تین انرجی ایگن فنکشنز کی بھی نمائندگی کریں۔
6. لامحدود گہرائی کے یک جہتی خانے میں پھنسے ہوئے ذرے کی توانائی کی ایگن اقدار کے لیے ایک اظہار اخذ کریں۔
7. نارملائزڈ ویو فنکشن کے لیے ایک اظہار اخذ کریں۔
8. کوانٹم میکانکس میں قابل مشاہدہ کی توقع کی قدر کی وضاحت کریں۔موجکی تقریب کے لئے ایک ذرہ کی پوزیشن اور رفتار کی توقع کی اقدار کیا ہیں؟
9. امکانی کثافت کیا ہے؟موجکے فعل کی Born تشریح دیں اور نارملائزیشن کی وضاحت کریں۔
10. آپریٹرز کیا ہیں؟دو مثالیں دیں۔
11. ایک مفت ذرہ کے لیے شروڈنگر کی مساوات تیار کریں۔آزاد ذرہ کی eigen قدر اور eigen فعل کا تذکرہ کریں۔
12. ایک جہتیخطیہارمونک کے لیے شروڈنگر کی مساوات تیار کریں
13. oscillator oscillatorکی eigen ویلیواور eigen فنکشن کا ذکر کریں۔
14. .دکھائیں کہ ہارمونک آسکیلیٹر کی توانائی کو h کے مراحل میں مقدار میں شمار کیا جاتا ہے۔زیرو پوائنٹ انرجی کے وجود کی وضاحت کریں۔

10.10.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. طول موج390nm کی روشنی دھاتی الیکٹروڈ کی طرف ہدایت کی جاتی ہے۔خارج ہونے والے الیکٹرانوں کی توانائی کو تلاش کرنے کے لیے،اس کے اور دوسرے الیکٹروڈ کے درمیان ایک مخالف ممکنہ فرق قائم کیا جاتا ہے۔ایک سے دوسرے میں فوٹو الیکٹران کا کرنٹ اس وقت مکمل طور پر بند ہو جاتا ہے جب ممکنہ فرق1.10 V ہوتا ہے۔i)دھات کے کام کا تعین کریں اورii)روشنی کی زیادہ سے زیادہ طول موج جو اس دھات سے الیکٹران نکال سکتی ہے۔

2. درج ذیل صورتوں میں رفتار اور ڈی بروگلی طول موج کا حساب لگائیں (i :ایک الیکٹران جس میں حرکی توانائی 2 eV ہے۔ (ii رائفل سے 200 میٹر فی سیکنڈ کی رفتار سے فائر کی گئی 50 جی کی گولی (iii ایک 4000 کلوگرام کار ہائی ویز کے ساتھ 50 میٹر فی سیکنڈ کی رفتار سے چل رہی ہے۔ لہذا یہ ظاہر کریں کہ مادے کی موجکی نوعیت جوہری سطح پر اہم ہے لیکن میکروسکوپک سطح پر واقعی متعلقہ نہیں ہے۔

10.11 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th} & 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol–I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 11۔ شروڈِنگر موج مساوات

(Schrodinger Wave Equation)

اکائی کے اجزا

11.0		تمہید
11.1		مقاصد
11.2		شروڈنگر موج مساوات
11.3		سادہ موسیقی اہتزازیہ
11.4		حل شدہ مثالیں
11.5		اکتسابی نتائج
11.6		کلیدی الفاظ
11.7		نمونہ امتحانی سوالات
	11.7.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
	11.7.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
	11.7.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
	11.7.4	غیر حل شدہ سوالات
11.8		تجویز کردہ اکتسابی مواد

11.0 تمہید (Introduction)

شروڈنگر مساوات ایکخطیمجزوی تفریق مساوات ہے جو کوانٹم مکینیکل نظام کی موجکے فعل کو کنٹرول کرتی ہے۔ اس کا نام ایرون شروڈنگر کے نام پر رکھا گیا ہے، جس نے 1925 میں مساوات کو مرتب کیا اور اسے 1926 میں شائع کیا، اس کام کی بنیاد بنائی جس کے نتیجے میں اسے 1933 میں فزکس کا نوبل انعام ملا۔ شروڈنگر مساوات کلاسیکی میکانکس میں نیوٹن کے دوسرے قانون کا کوانٹم ہم منصب ہے۔ معلوم ابتدائی حالات کے ایک سیٹ کے پیش نظر، نیوٹن کا دوسرا قانون ایک ریاضیاتی پیشین گوئی کرتا ہے کہ ایک دیا ہوا جسمانی نظام وقت کے ساتھ کون سا راستہ اختیار کرے گا۔ شروڈنگر مساوات ایک موجکے فعل کے وقت کے ساتھ ارتقاء دیتی ہے، ایک الگ تھلگ جسمانی نظام کی کوانٹم مکینیکل خصوصیات۔ اس مساوات کو شروڈنگر نے لوئس ڈی بروگلی کے ایک مراسلے کی بنیاد پر وضع کیا تھا کہ تمام مادے میں مادے کی موجہوتی ہے۔

شروڈنگر مساوات کوانٹم مکینیکل سسٹمز کا مطالعہ کرنے اور پیشین گوئیاں کرنے کا واحد طریقہ نہیں ہے۔ کوانٹم میکانکس کے دیگر فارمولیشنز میں میٹرکس میکانکس شامل ہیں، جسے ورنر ہائزنبرگ نے متعارف کرایا تھا، اور پاتھ انٹیگرل فارمولیشن، جو بنیادی طور پر رچرڈ فین مین نے تیار کیا تھا۔ جب ان طریقوں کا موازنہ کیا جاتا ہے تو، شروڈنگر مساوات کے استعمال کو بعض اوقات "موجمیکانکس" کہا جاتا ہے۔ پال ڈیرک نے خصوصی اضافیت اور کوانٹم میکانکس کو ایک واحد فارمولیشن میں شامل کیا جو شروڈنگر مساوات کو آسان بناتا ہے جب اضافیت کے اثرات اہم نہ ہوں۔

11.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- شروڈِنگر موج مساوات کو اخذ کیا گیا ہے اور موجی تعامل کی طبیعی اہمیت پر بحث کی گئی ہے۔

اس اکائی کے مطالعہ کے بعد

- صندوق میں ایک ذرے کے طرز عمل کو سمجھانے کے قابل ہو جائیں گے۔
- ایک سادہ موسیقی اہتزازیے اور صندوق میں ایک ذرے کے طرزِ عمل میں تقابل کریں گے۔

11.2 شروڈنگر موج مساوات (Schrodinger Wave equation)

جب جوہر سے متعلق مسائل کو اس وقت کی موجودہ نیل بور (Neils Bohr) کی تجرباتی نتائج پر مبنی نیم مکمل تھیوری حل نہ کر سکی تو عین اسی وقت قدری یا موجی میکانیات وجود میں آئے۔ قدری میکانیات کی ضابطہ سازی کا بنیادی تصور، ذروں کا تموجی طرز عمل اور ان کی تموجی خصوصیات ہیں۔

بورن(Born)، ہائی سنبرگ(Heisenberg)، شروڈِنگر(Schrodinger)اور دیگر سائنسدانوں نے مختلف ریاضیاتی طریقوں کی مدد سے قدری میکانیات کے نظریات(Theories)کی صراحت کی۔ بورن اور ہائز نبرگ نے اپنی ریاضیاتی تصریحات کے لیے مقطعات (Matrix)کا انتخاب کیا وہاں شروڈِنگر نے ریاضیاتی تصریحات کے لیے بجائے قدیم میکانیات کی حرکت کی مساواتوں کے موجی مساوات کو بنیاد بنایاہے۔ ایک خاص موجی عمل میں ڈی برا گلی کی تھیوری کے مطابق اس مساوات سے بھی مادے کے وہی خواص کا اظہار ہوتا ہے۔ اس طرح جوہری طبیعیات کے بہت سارے مسائل کو حل کرنے شروڈِنگر کی موجی مساوات بہت ہی نمایاں اور اہم حصہ ادا کرتی ہے۔

فرض کرو کہ x– محور کی مثبت سمت میں ایک ذرہ آزادانہ حرکت کر رہاہے۔ فرض کرو کہ اس کی کمیت mاور اس کی رفتار v ہے۔ تب یہ صرف توانائی بالحرکت کا حمل ہو گا اس لیے اس کی مجموعی توانائی Eہو گی۔

$$E = K = \frac{11}{2}mv^2 = {\rho^2}/{2m}\ (\rho = mv)$$

اب چوں کہ معیار حرکت اور توانائی کی تعریفیں اس طرح بھی کی جاتی ہیں۔

$$P = {h}/{\lambda}\ \ E = hv$$

ذرے سے متعلقہ موج کو یک لونی ہونا چاہئے۔ فرض کرو کہ اس کا تعدد qاور طول موج λ ہے۔ ایسی سفر کرنے والی موج کو تفاعل ψ سے اس طرح تعبیر کیا جاتا ہے کہ:

$$\psi_1 = A_1 \cos 2\pi \left\{\left(\frac{x}{\lambda}\right) - vt\right\}$$

مخالف سمت میں سفر کرنے والی منعکس موج کی تعبیر ہوتی ہے۔

$$\psi_2 = A_1 \cos 2\pi \left\{\left(\frac{x}{\lambda}\right) + vt\right\}$$

جب یہ ایک دوسرے پر منطبق ہوتے ہیں تو قائم موج حاصل ہوتی ہے جس کو تعبیر کیا جاتا ہے۔

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 = 2A\cos(2\pi x/\lambda)\cos(2\pi vt) \qquad \text{---------(11.1)}$$

یہ مساوات دو اجزاء کا حاصل ضرب ہے۔ اس کا وہ جز جس کا انحصار جگہ پر ہوتا ہے یعنی جگہ پر مبنی(Spatial dependent term)ہو گا۔

$$\psi(x) = 2A\cos 2\pi x/\lambda$$

اور وقت پر مبنی جز(Time–dependent term)ہوتا ہے۔

$$f(t) = A\cos(2vt)$$

اب فرض کرو کہ ہم صرف جگہ پر مبنی جز پر ہی غور کرتے ہیں اور $\psi(x,t)$ کا جزوئی استخراج صرف بلحاظ x ہوتا ہے۔

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\left(\frac{2x}{\lambda}\right)^2\psi$$

چوں کہ $\psi(x,t) = \psi(x)f(t)$

تب ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\left(\frac{2x}{\lambda}\right)^2 \psi = -4\pi^2 \left(\frac{P^2}{\lambda^2}\right)\psi \qquad \text{--------(11.2)}$$

مساوات (11.2) ایک آزاد ذرہ کے لیے بنائی گئی ہے لیکن شروڈِنگر نے یہ فرض کر لیا کہ یہ مساوات چند شرائط کے تحت ذرے کے موجی طرز عمل کو بھی برابر بیان کرتی ہے۔ ذرے کو توانائی بالقوہ V بھی حاصل رہتی ہے اس لیے اس کی مجموعی توانائی E ہوتی ہے۔

$$E = K + V = (\rho^2/2m) + V$$

لہٰذا

$$\rho^2 = 2m(E - V) \qquad \text{--------(11.3)}$$

مساوات (11.2) اس قدر کے درج کرنے پر ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$\frac{h^2}{2m}\frac{d^2\psi}{dx^2} + (E - V)\psi = 0 \qquad \text{----------(11.4)}$$

مذکورہ الصدر شروڈِنگر کی مساوات غیر پابند وقت (Time – Independent equation) کہا جاتا ہے۔ یہ ایک ابعادی مساوات ہے۔ اس کو تین ابعادوں تک وسعت دی جاسکتی ہے یہ موجی مساوات کہلاتی ہے۔

11.4 صندوق میں ایک ذرہ (Particle in a Box)

قدیم طبیعیات کی رو سے دوسروں کے مابین جکڑے ہوئے تار پر پیدا ہونے والی موجیں قائم یا مقیم ہوتی ہیں، بالکل اسی طرح سے ایک ذرے کے ساتھ ڈی برا گلی موجیں متعلق ہو جاتی ہیں اگر یہ ذرہ اپنی حرکت کو حدوں کے ایک سٹ کے درمیان محدود رکھے۔

فرض کرو کہ ایک ذرہ حدود $x = 0$ اور $x = L$ والی ایک استوار دیواروں کے مابین مقید ہے۔ ذرہ چوں کہ مقید ہے اس لئے صندوق کے اندر اس کی توانائی بالقوہ کو صفر مان لیا جاتا ہے لیکن سرحدوں پر یہ بڑھ کر لامتناہی ہو جاتی ہے۔ ان حالات کے تحت مساوات کی شکل ہو جاتی ہے۔

$$\text{or } \frac{d^2\psi}{dx^2} = -B^2 \qquad \text{-----(11.5)}$$

جہاں $B = \sqrt{2mE/h}$

ذرہ چوں کہ سرحدی حدود کے درمیان مقید ہے شرائط ذیل کے تحت ذرے کو معلوم کرنے کے امکان کی قیمت صفر ہو جاتی ہے۔ یعنی '0' اور $x \geq L$ کے تحت احتمال صفر ہو جاتا ہے۔ مساوات (11.5) کا مل حدی شرائط $\psi(0) = -(L) = 0$ کے مطابق ہونا چاہئے۔ ایسا حل ایک جیبیئ تفاعل (Sink function) کے مانند ہو گا یعنی

$$\psi(x) = A \sin Bx \qquad \text{--------(11.6)}$$

جب $x = 0$ ہوتا ہے تو پہلی سرحدی شرائط یعنی $\psi(0) = (0)$ پوری ہو جاتی ہے اور جب $x = L$ ہوتا ہے تو دوسری سرحدی شرط $\psi(L) = \phi$ اسی وقت پوری ہو گی جب کہ

$$BL = n\pi \qquad n - 1, 2, 3$$

جہاں کہ $B = \frac{2}{h} = \sqrt{2mE/K}$ اس لیے مذکورہ بالا مساوات ہو جاتی ہے۔

$$\because \sqrt{2mE} \times \frac{h}{n} = n\pi$$

جس سے ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$E = \frac{n^2h^2x^2}{2mL^2} = \frac{n^2h^2}{8mL^2}$$

$$\because \zeta = \frac{h}{2\pi}$$

$$E = \frac{n^2h^2}{8mL^2}$$

n کی تمام صحیح قیمتوں کے لیے

$$E_n = \frac{h^2n^2}{8mL^2}$$

B کی قیمت کو مساوات (11.6) میں درج کرنے پر

$$\psi_2(x) = A_n \sin(n\pi x/L) \quad \text{---------(11.7)}$$

مختلف مساواتوں کے نظریات سے یہ بات سمجھ میں آتی ہے کہ کسی بھی مساوات کا حل جو مسئلے کی طبعی شرحوں کو پورا کرتا ہو صرف مساوات میں حصہ لینے والی مقداروں کی معینہ قیمتوں کے لیے ہی ممکن ہے۔ شروڈِنگر موج کی مساوات ایک دوسرے کے ذریعہ کی نظرتی مساوات ہے اس سے حاصل ہونے والی قیمتوں کو آئجن قیمتیں (Eigen Values) میں جاتا ہے۔ اس طرح مساوات 11.6 کی E_n قیمتیں آئجن قیمتیں ہوں گیں اور اس کے مناظر مساوات (11.7) کے تفاعل ψ_n کی آئجن تفاعل کہلاتے ہیں۔

اب ہم قائم موجوں کو حاصل کرنے کی شرطوں کی جانب واپس آتے ہیں۔ ذرہ جب حدود کے اندر حرکت کرنے کے لیے آزاد ہے تو اس سے متعلق ڈی برا گلی موج کو ظاہر ہے کہ ایک جیسی موج ہی ہونا چاہئے۔ سرحدوں میں شرائط کو پورا ہونا ہے تو ان حدوں کے درمیان کے فاصلے کو چند طول موج کی رقوم میں ظاہر کرنا ہو گا یعنی x=0 اور x=L کے درمیان کی جگہ کو نصف طول کے صحیح عدد سے پر ہونا چاہئے یعنی قائم ڈی۔ برا گلی موج کے وجود کے لیے جس شرط کو پورا ہونا ہے وہ ہو گی

$$L = n(\lambda/2)$$

جہاں λ ڈی برا گلی طول موج ہے اور n ایک قدری عدد Quantum numbers ہے اور اس کی امکانی قیمتیں n=1,2,3 ہوتی ہے۔ یہ طول موج ذیل کی شرطوں کو پورا کرتے ہیں یعنی

$$V = \infty for\ X < 0, X > L$$

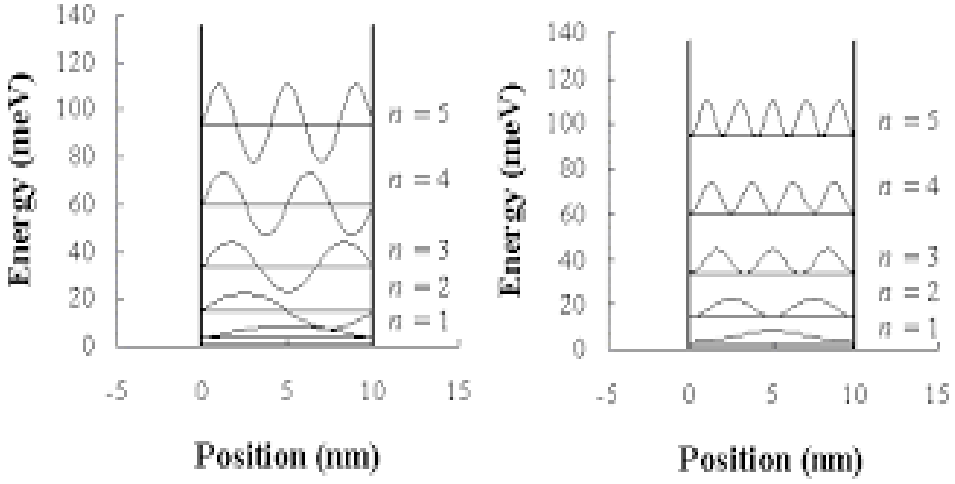
$$V = 0\ for\ 0 < X < L$$

$$\psi = 0\ for\ X \leq 0,\ X \geq L$$

موجی تفاعل ψ اور امکان کی تقسیم ψ^2 بمقابل سرحدی شرائط کے کھینچے ہوئے گراف کے مطالعہ سے ہمیں صدوق میں کے ذرے کے بارے میں کچھ معلومات حاصل ہوتی ہیں ۔ شکل (11.1) ایک ابعادی صندوق کے ذرے کی تین قائم حالتوں (Stationary States) کے لیے موجی موجی تفاعل (a) اور امکان کی تقسیم (b) کو بتاتی ہے۔ یہ میاکس بارن (Max

Born)تھا جس نے یہ تجویز کیا کہ کسی نقطے پر مقدار ψ^2 سے ذرے کے اس نقطے کے قریب پائے جانے کے امکان کی پیمائش ہوتی ہے۔یعنی اس نقطہ کے گرد اگر ایک چھوٹا سا حجم dV لیا جائے تو اس حجم میں ذرے کو پانے کا امکان ہو گا۔

$$E_n = hf\left(n + \frac{1}{2}\right)\ for\ n = 0, 1, 2, 3$$



شکل(11.1)

a=موجی تفاعل اور

b=امکان کی تقسیم تین قائم حالتوں کے لیے

ذرے کو پانے کا امکان ہو گا $\psi^2 d\ V$ اشکال سے ظاہر ہے کہ ψ مثبت اور منفی دونوں ہو سکتا ہے جب کہ ψ^2 ہمیشہ مثبت ہے یعنی امکان کی تقسیم کچھ ایسی ہوتی ہے۔ ψ^2 ہمیشہ مثبت ہوتا ہے۔امکان کی تقسیم کچھ ایسی ہوتی ہے کہ بلالحاظ n کی قیمت سرحدوں پر ψ ہمیشہ صفر رہتی ہے۔جب n=1 ہوتا ہے تو ذرے کو معلوم کرنے کا احتمال دیواروں کے درمیان وسطی نقطے پر اعظم ہوتا ہے۔ لیکن جب $n = 2$ ہوتا ہے اس وسطی نقطے یعنی $X = L/2$ پر یہ امکان صفر ہو جاتا ہے۔

ہم جانتے ہیں کہ ایک ذرے کے طول موج اور اس کے معیار حرکت ایک دوسرے سے ضابطہ $P = h/\lambda$ کے ذریعے جڑے ہوئے ہیں ψ پر سرحدی شرطوں کو عائد کرنے پر ذرے کے طول موج کی قیمت $\lambda = 2L/n$ کی حد تک محدود ہو جاتی ہے جیسا کہ مساوات سے حاصل ہوتا ہے λ اور p کے باہمی تعلق سے ان قابل قبول جائز (Permissible) طول موج کے متناظر معیار حرکتیں بھی چند قیمتوں کی حد تک محدود ہو جاتی ہیں جنہیں ذیل کے ضابطے سے حاصل کیا جاتا بھی ہے۔

$$p = h/\lambda = hn/2L$$

اس سے توانائی بالحرکت یالفاظ دیگر ذرے کی مجموعی توانائی E چوں کہ توانائی بالقوہ صفر ہوتی ہے۔اس طرح حاصل ہوتی ہے:

$$K.E = \frac{1}{2}mV^2 = p^2/2m = h^2n^2/8mL$$

Mاورکی دی ہوئی قیمتوں کے لیے توانائی کی قائم قدروں کا انحصار چوں کہ n پر رہتا ہے اس لیے اس کو ظاہر کرنے کے لیے n کو بطور زیر صرف اس طرح لکھا جاتا ہے کہ

$$E_n = n^2h^2/8mL$$

اس طرح اس سے یہ سمجھا جاتا ہے کہ ایک صندوق میں ذرے کی توانائی میں قدر آجاتی ہے۔(energy is quantized) ذرے کو سوائے ان ممکنہ توانائیوں کی قیمتوں کے کوئی اور قیمتوں کی توانائیاں یا(Speeds)چالیں حاصل نہیں ہو سکتیں۔

اس حقیقت کے باوجود کہ صندوق میں ایک ذرے کا تصور مصنوعی ہے ہ، یہ ایک اہم مسئلہ اس لیے ہے کہ اس سے توانائی کی قدری نوعیت کا اظہار ہوتا ہے کیوں کہ دی ہوئی سرحدوں کے درمیان اس کی موزوں تحدیدات کو ڈی۔ براگلی کے قابل قبول طول موج کی قیمتوں پر عائد کرنے کے نتیجے کے طور پر یہ حاصل ہوتی ہے۔

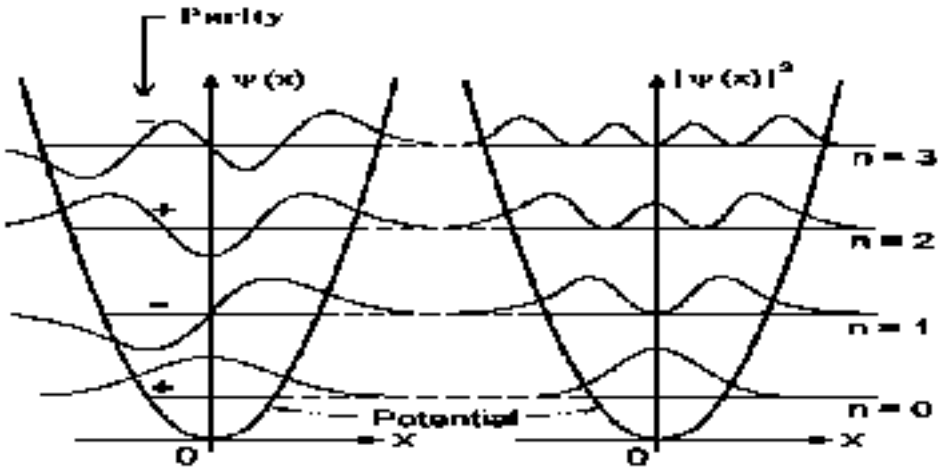
11.3 سادہ موسیقی اہتزازیہ (Simple Harmonic Oscillator)

سادہ موسیقی اہتزازیہ کے لیے شروڈِنگر کی موجی مساوات سے اس کے جو آئیجن قیمتیں حاصل ہوتی ہیں وہ ہوں گی:

$$E_nE_n = hf\left(n + \frac{1}{2}\right), n = 0,1,2,3 ....$$

ایک ذرہ a حیطے کے ساتھ حرکت کر رہا ہے۔ان نقاط جن کے لیے x>a اور ایک ایسے منطقے ہیں جہاں توانائی بالقوۃ اس کی مجموعی توانائی سے زائد دہو، ذرے کو معلوم کرنے کی احتمالی کثافت(probability density)صفر نہیں بن سکتی۔ اس سے کلیہ بقائے توانائی کی تردید نہیں ہوتی کیوں کہ ہائسنبرگ(Heisenbarg)کے اصولی تذبذب کے مطابق ایک ذرے کی توانائی بالقوہ اور اس کی توانائی بالفعل کی ایک ہی وقت پر صحیح طور سے پیائش نہیں کی جاسکتی کیوں کہ توانائی بالحرکت کا انحصار ذرے کی رفتار اور معیار حرکت پر ہوتا ہے اور توانائی بالقوہ ذرے کے محدودوں پر منحصر ہوتی ہے۔

جیسے جیسے قدری عدد n میں اضافہ ہوتے جاتا ہے تو ایک خطی موسیقی اہتزازیہ کی قدری امکانی کثافت اپنی کلاسیکی قیمت سے قریب ہوتی ہے۔اس سے اصول تناظر(Correspondence principle)ابھر آتا ہے جس کو بورنے پیش کیا تھا۔اس اصول کا کہنا ہے کہ جب قدری اعداد اونچے ہو جاتے ہیں تو جدید قدری میکانیات سے مستنبط(مستخرج)نتائج کلاسیکل نتائج کو اختیار کر لینا چاہیئے۔



https://chemistry.stackexchange.com/questions/40415/physical-implications-of-the-simple-harmonic-oscillator-quantum-mechanical-solut

شکل(11.2)

(a)۔پہلے آئیجن قیمتیں اور قوہ

(b)۔صندوق میں کے ایک ذرہ کے لئے آئیجن تفاعل

شکل(11.2)صندوق میں کے ایک ذرے اور سادہ موسیقی استہزازیہ کے موجی میکانی حل کی چند خصوصیتوں کو ظاہر کرتی ہے۔

a. صندوق میں کے ایک ذرے کے لیے، اس کی حدوں اور بیرونی نقاط پر موجی تفاعل بالکل صفر ہوتا ہے اور موسیقی اہتزازیہ کے لیے موجی تفاعل محدود ہے اور کلاسیکل سرحدوں کو عبور کر جاتا ہے۔

b. صندوق میں کے ذرے کے لیے طول موج مستقل ہے اور موجی تفاعل جیبی ہے۔ ایک سادہ موسیقی اہتزازیہ کے لیے طول موج مستقل نہیں ہے اور موجی تفاعل جیبی نہیں ہے۔

c. صندوق میں کے ذرے کے لیے توانائی کی سطحیں(Levels)اس کی تہہ میں گنجان اور قریب الفصل نہیں جب کہ سادہ موسیقی اہتزازیہ میں یہ مساوی الفصل ہیں۔

d. ان دونوں صورتوں میں سے کسی صورت میں گراؤنڈ اسٹیٹ کی توانائی صر نہیں ۃے۔

11.4 حل شدہ مثالیں(Solved Examples)

حل شدہ مثال1

0.5کلوگرام کا ایک ذرہ طول و عرض0.03 m کے SHM کو انجام دے رہا ہے۔ جب ذرہ اوسط پوزیشن سے گزرتا ہے تو اس کی حرکی توانائی10 × 10 — 3 Jہوتی ہے۔45° میں دولن کے ابتدائی مرحلے کے اس ذرہ کی حرکت کی مساوات حاصل کریں؟

حل: دیا گیا ہے

سادہ ہارمونک حرکت میں کسی ذرہ کی حرکت کی مساوات ہے۔

Given, x = $A\cos(\omega t + \Phi)$

Amplitude A = 0.3 m

Initial phase Φ = 45°

= $\frac{\pi}{4}$ rad

Mass of the particle m = 0.5 kg

Kinetic energy at the mean position E_k = 10×10^{-3}J

$$\text{i.e, } \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = 10 \times 10^{-3}$$

$$\omega^2 = 10 \times 10^{-3}\left(\frac{2}{mA^2}\right)$$

$$= \frac{20 \times 10^{-3}}{0.5 \times (0.3)^2}$$

$$\omega^2 = 444.4 \times 10^{-3}$$

$$= 0.67 \text{ s}^{-1}$$

∴ حرکت کی مساوات

$$x = 0.3\cos\left(0.67t + \frac{\pi}{4}\right)$$

حل شدہ مثال 2

0.2 کلو گرام کا ایک ذرہ طول و عرض 2 سینٹی میٹر اور مدت 6 سیکنڈ کا ایک SHM انجام دیتا ہے۔ کسی بھی فوری طور پر کل میکنیکل توانائی تلاش کریں اور جب نقل مکانی 1 سینٹی میٹر ہو تو حرکی اور ممکنہ توانائیاں؟

حل: دیا گیا ہے کہ

Mass of the particle m = 0.2 kg

Amplitude of the motion A = 2 cm

= 0.02 m

Time period T = 6 sec

Angular frequency ω = $\frac{2\pi}{6}$ rad/s

کسی بھی لمحے میں ذرہ کی کل توانائی ہے۔

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

$$= \frac{1}{2} 0.2 \times \left(\frac{2\pi}{6}\right)^2 \times (0.02)^2$$

$$= 4.4 \times 10^{-5} \text{ J}$$

Kinetic energy at any instant, $E_k = \frac{1}{2} m\omega^2 (A^2 - x^2)$

Given displacement x = 1 cm = 0.01mm

$$E = \frac{1}{2} \times 0.2 \times \left(\frac{2\pi}{6}\right)^2 \times \left[(0.02)^2 - (0.01)^2\right]$$

$$= 3.3 \times 10^{-5} \text{ J}$$

Potential energy at any instant, $E_p = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$

At x = 1 cm = 0.01 m

$$E_p = \frac{1}{2} \times 0.2 \times \left(\frac{2\pi}{6}\right)^2 \times (0.01)^2$$

$$= 1.1 \times 10^{-5} \text{ J}$$

11.5 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- جب ایک ذرے کی حرکت کو محدود کر دیا جاتا ہے تو اس سے متعلق ڈی برا گلی موج بھی محدود ہو جاتی ہے جس کی وجہ سے قائم موجیں وجود میں آتی ہیں۔ شروڈِنگر نے ایسے نظام کے لیے ایک مساوات اخذ کی جو ایک ابعادی ہے اور وقت کے غیر تابع ہے۔
- شروڈِنگر کی مساوات کے اطلاق سے ، صندوق میں معینہ حدود کے درمیان ذرے کی حرکت کے مسئلے کو حل کیا گیا۔ ψ اور ψ^2 کو x کے مقابل مرتسم کر کے یہ بتلایا گیا کہ ψ مثبت اور منفی دونوں ہو سکتا ہے جب کہ ψ^2 ہمیشہ مثبت ہی رہتا ہے۔ $n = 1$ کے لیے ذرے کے مقام کو معلوم کرنے کا امکان منطقے کے وسط میں اعظم ہوتا ہے جب کہ $n = 2$ کے لیے درمیان میں معلوم کرنے کا احتمال صفر رہتا ہے۔
- ایک ابعادی سادہ موسیقی اہتزاز یہ کے لیے قوہ آئیجن قیمتیں اور آئیجن تفاعلوں کو خاکہ کے ذریعہ بتلایا گیا ہے اور ان کے خصوصیت کو نوٹ کیا گیا۔

11.6 کلیدی الفاظ (Keywords)

- **شروڈنگر کی مساوات:** یہ ایک ریاضیاتی مساوات ہے جس کے بارے میں ارون شروڈنگر نے 1925 میں سوچا تھا۔ یہ ایک ذرہ یا نظام (ذرات کے گروپ) کے موجکے فعل کی وضاحت کرتا ہے جس کی ہر مقررہ وقت کے لیے خلا میں ہر نقطہ پر ایک خاص قدر ہوتی ہے۔
- **شروڈنگر فری ویو فنکشن:** موجکا فعل $\Psi(x, t) = Aei(kx-\omega t)$ شروڈنگر مساوات کے درست حل کی نمائندگی کرتا ہے۔ ویو فنکشن کو فری ویو فنکشن کہا جاتا ہے کیونکہ یہ صفر خالص قوت کا تجربہ کرنے والے ذرہ کی نمائندگی کرتا ہے۔
- **شروڈنگر کا قانون:** یہ موجکی مساوات کے لحاظ سے ایک موجکا فارمولا ہے جو واقعات یا نتائج کے امکانات کی تجزیاتی اور درست طریقے سے پیش گوئی کرتا ہے۔

11.7 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

11.7.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. شروڈنگر ویو فنکشن کے لیے درج ذیل میں سے کون سا صحیح اظہار ہے؟

(a $i\hbar d\Psi dt=-i\hbar 2m\partial 2\Psi\partial x2+U\Psi$ (b $i\hbar d\Psi dt=-i\hbar 2m\partial\Psi\partial x+U\Psi$

(c $i\hbar d\Psi dt=-i\hbar z2m\partial 2\Psi\partial x2+U\Psi$ (d $i\hbar d\Psi dt=-i\hbar z2m\partial\Psi\partial x+U\Psi$

2. کوانٹم ویو پارٹیکل کے لیے، E = _____

a) $\hbar$ k b) $\hbar\ \omega$ c) $\hbar\ \omega/2$ d) $\hbar$ k/2

3. شروڈنگر ویو مساوات کوانٹم میکانکس کے اصولوں سے اخذ کیا جا سکتا ہے۔

a) ایک سچا

b) غلط

4. مندرجہ ذیل میں سے کون سی موجفنکشن کی خصوصیت نہیں ہے؟

a) مسلسل

b) واحد قابل قدر

c) قابل تفریق

d) جسمانی طور پر اہم

5. فنکشن تلاش کریں، f(x)، جس کے لیے $X\ f(x) = -i\hbar a2pxf(x)$، جہاں a حقیقی مقدار ہے۔

a) ke−x2/2a b) ke−x2

c) ke−x2/2a d) ke−x2/2a2

6. $d\Psi/dx$ صفر ہونا چاہیے۔

a) ایک سچا

b) غلط

7. کسی بھی موجکی تقریب کو _____ کے خطیمجموعہ کے طور پر لکھا جا سکتا ہے

a) ایگین ویکٹر b) ایگن ویلیوز

c) ایگین فنکشنز d) آپریٹرز

8. شروڈنگر ایک امتیازی مساوات ہے۔

a) ایک سچا

b)غلط

11.7.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات(Short Answer Type Questions)

1. موجی تفاعل سے شروڈِنگر کا تصور کیا ہے؟
2. استوار دیواروں کے درمیان ایک حرکت کرتے ہوئے ذرے کے امکانی تفاعل کی ترسیم بتلاتی ہے کہ اس تفاعل کی قیمت دیواروں کے وسطی نقطے پر صفر ہوتی ہے تو کس طرح ایک نقطہ دوسرے نقطہ کو عبور کر سکتا ہے؟

11.7.3 طویل جوابات کے حامل سوالات(Long Answer Type Questions)

1. شروڈِنگر موج مساوات کو اخذ کیجئے۔
2. ایک صندوق میں مقید ذرے کی قدری تفصیل کیا ہوتی ہے۔
3. ایک سادہ موسیقی اہتزازیہ کے موجی میکانی حلوں کی خصوصیتوں کو سمجھایئے۔

11.7.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. 3کلوگرام کی ایک چیز سپرنگ کنسٹینٹ $k = 280N/m$ کے ساتھ اسپرنگ سے منسلک ہوتی ہے اور سادہ ہارمونک حرکت کر رہی ہوتی ہے جب آبجیکٹ اپنی متوازن پوزیشن سے $m0.02$ ہوتی ہے تو یہ $m/s0.55$ کی رفتار سے حرکت کر رہی ہوتی ہے۔ حرکت کے طول و عرض اور آبجیکٹ کے ذریعہ حاصل کردہ زیادہ سے زیادہ رفتار کا حساب لگائیں؟
2. ایک سادہ ہارمونک آسکیلیٹر آدھے P.E اور آدھے K.E کی توانائی توازن سے کس بے گھر ہونے پر ہوتی ہے؟

(0.707 times)

11.8 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

---

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
3. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
4. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
5. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
6. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
7. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.

اکائی12۔ کوانٹم میکینکس آپریٹرز

(Operators in Quantum Mechanics)

اکائی کے اجزا

12.0 تمہید

12.1 مقاصد

12.2 موجیں مساوات کی اقسام

12.3 کوانٹم میکینکس کی پوسٹولیٹس

12.4 کوانٹم میکانکس میں امکان

12.5 Eigen functions اور آپریٹرز کے eigenvalues

12.6 ہرمیٹیئن پراپرٹی پوسٹولٹ

12.7 آپریٹر الجبرا کے بنیادی تصورات

12.8 خطی آپریٹرز

12.9 آپریٹرز

12.10 ہیملٹونین آپریٹرز

12.11 حل شدہ مثالیں

12.12 اکتسابی نتائج

12.13 کلیدی الفاظ

12.14 نمونہ امتحانی سوالات

12.14.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

12.14.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

12.14.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

12.14.4 غیر حل شدہ سوالات

12.15 تجویز کردہ اکتسابی مواد

12.0 تمہید (Introduction)

شروڈنگر مساوات ایک خطی جزوی تفریق مساوات ہے جو کوانٹم مکینیکل نظام کی موج کے فعل کو کنٹرول کرتی ہے۔ اس کا نام ایرون شروڈنگر کے نام پر رکھا گیا ہے، جس نے 1925 میں مساوات کو مرتب کیا اور اسے 1926 میں شائع کیا، اس کام کی بنیاد بنائی جس کے نتیجے میں اسے 1933 میں فزکس کا نوبل انعام ملا۔ شروڈنگر مساوات کلاسیکی میکانکس میں نیوٹن کے دوسرے قانون کا کوانٹم ہم منصب ہے۔ معلوم ابتدائی حالات کے ایک سیٹ کے پیش نظر، نیوٹن کا دوسرا قانون ایک ریاضیاتی پیشین گوئی کرتا ہے کہ ایک دیا ہوا جسمانی نظام وقت کے ساتھ کون سا راستہ اختیار کرے گا۔ شروڈنگر مساوات ایک موج کے فعل کے وقت کے ساتھ ارتقاء دیتی ہے، ایک الگ تھلگ جسمانی نظام کی کوانٹم مکینیکل خصوصیات۔ اس مساوات کو شروڈنگر نے لوئس ڈی بروگلی کے ایک مراسلے کی بنیاد پر وضع کیا تھا کہ تمام مادے میں مادے کی موجہوتی ہے۔

شروڈنگر مساوات کوانٹم مکینیکل سسٹمز کا مطالعہ کرنے اور پیشین گوئیاں کرنے کا واحد طریقہ نہیں ہے۔ کوانٹم میکانکس کے دیگر فارمولیشنز میں میٹرکس میکانکس شامل ہیں، جسے ورنر ہائزنبرگ نے متعارف کرایا تھا، اور پاتھ انٹیگرل فارمولیشن، جو بنیادی طور پر رچرڈ فین مین نے تیار کیا تھا۔ جب ان طریقوں کا موازنہ کیا جاتا ہے تو، شروڈنگر مساوات کے استعمال کو بعض اوقات "موج میکانکس" کہا جاتا ہے۔ پال ڈیرک نے خصوصی اضافیت اور کوانٹم میکانکس کو ایک واحد فارمولیشن میں شامل کیا جو شروڈنگر مساوات کو آسان بناتا ہے جب اضافیت کے اثرات اہم نہ ہوں۔

12.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- ہرمیشین آپریٹرز توقع کی قدریں اور آپریٹر الجبرا کے بنیادی تصورات کی طبیعی اہمیت پر بحث کی گئی ہے۔

اس اکائی کے مطالعہ کے بعد

- آپریٹر الجبرا کے بنیادی تصورات کو سمجھانے کے قابل ہو جائیں گے۔

12.2 موجیں مساوات کی اقسام (Types of Waves Equation)

20ویں صدی کے اوائل میں، الیکٹرانوں میں لہر کی خصوصیات کو دکھایا گیا تھا، اور لہر ذرہ دوہری فطرت کے بارے میں ہماری سمجھ کا ایک حصہ بن گیا تھا۔ اس طرح کی الیکٹران لہروں کے رویے کو بیان کرنے کے لیے ریاضی سے کلاسیکی لہروں کو بیان کرنے کے لیے اسی طرح کی توقع کی جاسکتی ہے، جیسے کہ پھیلی ہوئی تار پر لہر

$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\rho}{T}\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2}$$

یاہوائی جہاز کی برقی مقناطیسی لہر

$$\frac{\partial^2 E(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E(x,t)}{\partial t^2}$$

1926 میں Erwin Schrodinger کی طرف سے تیار کردہ لہر مساوات اپنی یک جہتی شکل میں کچھ مماثلتوں کو ظاہر کرتی ہے:

$$\frac{-\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2 \Psi(x,t)}{\partial x^2} + U(x)\Psi(x,t) = i\hbar\frac{\partial \Psi(x,t)}{\partial t}$$

12.3 کوانٹم میکینکس کی پوسٹولیٹس (Quantum Mechanics Postulates)

i. قوت کے قدامت پسند میدان میں حرکت کرنے والے کسی بھی ذرے سے وابستہ ایک لہر کا فعل ہے جو نظام کے بارے میں معلوم ہونے والی ہر چیز کا تعین کرتا ہے۔

ii. ہر فزیکل قابل مشاہدہ q کے ساتھ ایک آپریٹر Q منسلک ہوتا ہے، جو اس قابل مشاہدہ کی ایک خاص قدر کے ساتھ منسلک ویو فنکشن پر کام کرتے وقت اس قدر کو ویو فنکشن کے گنا زیادہ حاصل کرتا ہے۔

iii. جسمانی طور پر قابل پیمائش پراپرٹی q سے وابستہ کوئی بھی آپریٹر Q ہرمیٹیئن ہو گا۔

iv. آپریٹر Q کے eigenfunctions کا سیٹ خطی طور پر آزاد افعال کا ایک مکمل سیٹ تشکیل دے گا۔

v. دیے گئے ویو فنکشن کے ذریعے بیان کردہ سسٹم کے لیے، کسی بھی پراپرٹی q کی توقع کی قیمت اس ویو فنکشن کے حوالے سے متوقع قدر انٹیگرل کو انجام دے کر تلاش کی جاسکتی ہے۔

vi. ویو فنکشن کا وقت کا ارتقاء وقت پر منحصر شروڈنگر مساوات کے ذریعہ دیا جاتا ہے۔

ویو فنکشن The Wavefunction Postulate

یہ کوانٹم میکانکس کے اصولوں میں سے ایک ہے کہ ایک ذرّہ پر مشتمل جسمانی نظام کے لیے ایک وابستہ ویو فنکشن ہوتا ہے۔ یہ ویو فنکشن ہر اس چیز کا تعین کرتا ہے جو سسٹم کے بارے میں معلوم ہو سکتا ہے۔ ویو فنکشن کو یہاں پوزیشن اور وقت کا ایک واحد قابل قدر فعل سمجھا جاتا ہے، کیونکہ یہ کسی خاص مقام اور وقت پر ذرہ کو تلاش کرنے کے امکان کی غیر مبہم قدر کی ضمانت دینے کے لیے کافی ہے۔ ویو فنکشن ایک پیچیدہ فنکشن ہو سکتا ہے، کیونکہ یہ اس کے پیچیدہ کنجوجٹ کے ساتھ اس کی پیداوار ہے جو کسی خاص حالت میں ذرہ کو تلاش کرنے کے حقیقی جسمانی امکان کی وضاحت کرتا ہے۔

$\Psi(x,t) =$ single-valued probability amplitude at (x,t)

$\Psi^*(x,t)\Psi(x,t) =$ probability of finding particle at x at time t provided the wavefunction is normalized.

Wavefunction پر پابندیاں

جسمانی طور پر قابل مشاہدہ نظام کی نمائندگی کرنے کے لیے، ویو فنکشن کو کچھ رکاوٹوں کو پورا کرنا ضروری ہے:

بحث

(a) شروڈنگر مساوات کا حل ہونا چاہیے۔

(b) معمول کے مطابق ہونا ضروری ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ ویو فنکشن صفر کے قریب پہنچ جاتا ہے جیسے ہی x لامحدودیت کے قریب پہنچتا ہے۔

(c) x کا مسلسل فعل ہونا چاہیے۔

(d) x میں فنکشن $\frac{\partial \Psi(x)}{\partial x}$ کی ڈھلوان مسلسل ہونی چاہیے۔

خاص طور پر مسلسل ہونا چاہیے۔

یہ رکاوٹیں حل کی حدود کی شرائط پر لاگو ہوتی ہیں، اور اس عمل میں توانائی کی قدروں کا تعین کرنے میں مدد ملتی ہے۔

12.4 کوانٹم میکانکس میں امکان (Probability In Quantum Mechanics)

ویو فنکشن ایک مقررہ وقت پر خلا میں کسی مخصوص نقطہ پر کسی ذرہ کو تلاش کرنے کے امکانی طول و عرض کی نمائندگی کرتا ہے۔ ذرہ کو تلاش کرنے کا اصل امکان اس کے پیچیدہ کنجوگیٹ (جیسے کسی پیچیدہ فنکشن کے لئے طول و عرض کا مربع) کے ساتھ ویو فنکشن کی پیداوار سے دیا جاتا ہے۔

$\Psi(x,y,z,t) =$ probability amplitude $\quad \Psi^*\Psi =$ probability

چونکہ ذرہ کو کہیں تلاش کرنے کے لیے امکان = 1 ہونا چاہیے، اس لیے ویو فنکشن کو معمول پر لانا چاہیے۔ یعنی تمام اسپیس کے امکانات کا مجموعہ ایک کے برابر ہونا چاہیے۔ اس کا اظہار انٹیگرل سے ہوتا ہے۔

$$\int \Psi^*\Psi \, dr = 1$$

نارملائزیشن کی مثالیں۔

شروڈنگر مساوات کے کام کرنے والے حل کا حصہ جسمانی طور پر قابل اطلاق امکانی طول و عرض کو حاصل کرنے کے لیے حل کو معمول پر لانا ہے۔

نارملائزیشن کی مثالیں:

کسی بھی طبعی قابل مشاہدہ کی قدر کا تعین کرنے کے لیے شروڈنگر مساوات سے حساب کیے گئے ویو فنکشن کو استعمال کرنے کے لیے، اسے معمول پر لانا چاہیے تا کہ تمام اسپیس پر مربوط امکان ایک کے برابر ہو۔

$$\int \Psi^{*}\Psi \, dr = 1$$

12.5 Eigen functions اور آپریٹرز کے eigenvalues

(Eigen Functions and Eigenvalues of Operators)

دیئے گئے جسمانی نظام کے لیے ویو فنکشن سسٹم کے بارے میں قابل پیمائش معلومات پر مشتمل ہے۔ جسمانی پیرامیٹرز کے لیے مخصوص قدریں حاصل کرنے کے لیے، مثال کے طور پر توانائی، آپ اس پیرامیٹر سے وابستہ کوانٹم مکینیکل آپریٹر کے ساتھ ویو فنکشن پر کام کرتے ہیں۔ توانائی سے وابستہ آپریٹر ہیملٹنین ہے، اور ویو فنکشن پر عمل شروڈنگر مساوات ہے۔ صرف توانائی کی کچھ قدروں کے لیے آزاد شروڈنگر مساوات کے لیے حل موجود ہیں، اور ان اقدار کو توانائی کی "ایگن ویلیوز*" کہا جاتا ہے۔

ہر ایک eigenvalue کے مطابق ایک "eigenfunction*" ہے۔ دی گئی توانائی کے لیے شروڈنگر مساوات کے حل میں مخصوص فنکشن کو تلاش کرنا بھی شامل ہے جو اس توانائی کی حالت کو بیان کرتا ہے۔ وقت کی آزاد شروڈنگر مساوات کا حل شکل اختیار کرتا ہے۔

$$H_{op}\Psi_i = E_i \Psi_i$$

$$\underbrace{Q_{op}}_{\text{operator}}\Psi_i = \underbrace{q_i}_{\text{eigenvalue}}\overbrace{\Psi_i}^{\text{eigenfunction}}$$

eigenvalue کا تصور صرف توانائی تک محدود نہیں ہے۔ جب کسی جنرل آپریٹر Q پر لاگو ہوتا ہے، تو یہ فارم لے سکتا ہے۔

"Eigenvalue" جرمن "Eigenwert" سے آیا ہے جس کا مطلب ہے مناسب یا خصوصیت والی قدر۔

"Eigenfunction" "Eigenfunktion" سے ہے جس کا مطلب ہے "مناسب یا خصوصیت کا کام"۔

12.6 ہرمیٹیئن پراپرٹی پوسٹولٹ (The Hermitian Property Postulate)

کوانٹم مکینیکل آپریٹر Q ایک قابل پیمائش پراپرٹو q سے وابستہ ہرمیٹیئن ہونا چاہیے۔ ریاضی کے لحاظ سے اس خاصیت کی تعریف کی گئی ہے۔

$$\int \Psi_a^{*} Q \Psi_b \, dr = \int (Q\Psi_a)^{*} \Psi_b \, dr$$

جہاں Ψa اور Ψb صوابدیدی معمول کے قابل افعال ہیں اور انضمام پوری جگہ پر ہے۔ جسمانی طور پر، ہرمیٹیئن خاصیت ضروری ہے تا کہ ناپے گئے اقدار (eigenvalues) کو حقیقی اعداد تک محدود رکھا جائے۔

کوانٹم میکانکس کے دائرے میں، آپ کو بہت سے پیچیدہ تصورات کا سامنا کرنا پڑے گا۔ ایسا ہی ایک تصور ہرمیٹین آپریٹر ہے۔ یہ ایک لازمی جزو ہے جو کوانٹم فزکس کے قوانین کو کنٹرول کرتا ہے اور میدان میں کچھ بنیادی اصولوں کو حاصل کرنے کے لیے استعمال ہوتا ہے۔

ہرمیٹیئن آپریٹر ایک خطی آپریٹر ہے جو ایک منفرد پراپرٹی کا اشتراک کرتا ہے: یہ اس کے اپنے ہرمیٹیئن ملحقہ (جسے اس کے کنجوگیٹ ٹرانسپوز بھی کہا جاتا ہے) کے برابر ہے۔ آسان الفاظ میں، اگر آپ ہرمیٹین آپریٹر کو منتقل کرتے ہیں اور پھر پیچیدہ کنجوگیٹ لیتے ہیں، تو آپ اصل آپریٹر کے ساتھ ختم ہو جائیں گے۔ یہ منفرد خاصیت کوانٹم فزکس کی دنیا میں ہرمیٹین آپریٹرز کو بالکل ناگزیر بناتی ہے۔

کوانٹم میکانکس میں ہرمیشین آپریٹر کا کردار

کوانٹم میکانکس کی دلچسپ دنیا میں، ہرمیٹیئن آپریٹر کا ایک اہم کردار ہے۔ وہ اکثر جسمانی مشاہدات کی نمائندگی کرنے کے لیے استعمال ہوتے ہیں، کوانٹم سسٹمز کی قابل پیمائش خصوصیات۔ قابل مشاہدہ میں توانائی، رفتار، اور کونی رفتار جیسی خصوصیات شامل ہو سکتی ہیں۔

ایک دلچسپ حقیقت یہ ہے کہ ہرمیٹیئن آپریٹر کے eigenvalues پیمائش کے ممکنہ نتائج کی نمائندگی کرتے ہیں، اور متعلقہ eigenvectors پیمائش کے بعد نظام کی حالت کی نمائندگی کرتے ہیں۔ ہرمیشین آپریٹرز اس طرح ان کوانٹم مظاہر کے لیے ایک ٹھوس ریاضیاتی فریم ورک فراہم کرتے ہیں۔

طبیعیات میں ہرمیشین آپریٹر کی مثالیں۔

جب آپ ان کی مثالوں کو دیکھتے ہیں تو ہرمیٹیئن آپریٹرز کی خوبصورتی حقیقت میں چمک اٹھتی ہے۔ فزکس میں جن دو سب سے عام آپریٹرز کا آپ سامنا کریں گے ان میں پوزیشن آپریٹر اور مومینٹم آپریٹر شامل ہیں۔

مثال کے طور پر، پوزیشن آپریٹر پر غور کریں۔

(a) اگر آپ کوئی ویو فنکشن لیتے ہیں۔

، پوزیشن کے لیے متوقع قدر (اوسط مشاہدہ کی قیمت) کی طرف سے دی جائے گی۔

(b) اسی طرح، رفتار آپریٹر

ویو فنکشن کے ساتھ اسی طرح برتاؤ کرتا ہے تاکہ آپ کو رفتار کی توقع کی قیمت فراہم کی جا سکے۔

اگر آپ واقعی ایک ہرمیٹیئن آپریٹر کی طاقت اور اہمیت کو سمجھنا چاہتے ہیں، تو اس کی کلیدی خصوصیات کو سمجھنا ضروری ہے۔ ان میں سے کچھ خصوصیات صرف ریاضیاتی طور پر دلچسپ نہیں ہیں، بلکہ وہ طبعی دنیا، خاص طور پر کوانٹم میکانکس کے دائرے میں اہم بصیرت بھی فراہم کرتی ہیں۔

ہرمیٹین آپریٹر پراپرٹیز:

آیئے ہرمیشین آپریٹر کی غیر معمولی خصوصیات کو مزید گہرائی میں دیکھیں۔ اس کے مساوی کنجوجٹ ٹرانسپوز سے آگے، ایک ہرمیشین آپریٹر دلچسپ خصوصیات کا ایک مجموعہ رکھتا ہے۔

ہر میٹیئن آپریٹر کی پہلی کلیدی خصوصیت یہ ہے کہ اس کی eigenvalues ہمیشہ حقیقی اعداد ہوتے ہیں۔ اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ جب بھی کوانٹم میکانکس میں ہر میٹیئن آپریٹر کا استعمال کسی جسمانی قابل مشاہدہ جیسے توانائی یا رفتار کی نمائندگی کرنے کے لیے کیا جاتا ہے، پیمائش کے نتائج ہمیشہ حقیقی ہوتے ہیں۔

جب ہم آپریٹر کے eigenvectors کی بھی چھان بین کرتے ہیں، تو ہمیں معلوم ہوتا ہے کہ eigenvectors جو مختلف eigenvalues سے مطابقت رکھتے ہیں وہ آرتھوگونل ہیں۔ دوسرے لفظوں میں، یہ ایجین ویکٹر ایک اعلیٰ جہتی ویکٹر اسپیس میں ایک دوسرے کے لیے کھڑے ہیں۔ خاص طور پر، ریاضی کے لحاظ سے، اس کا مطلب ہے کہ کسی بھی دو مختلف ایجین ویکٹرز کی اندرونی پیداوار صفر ہے۔

ہرمیشین آپریٹر کا اگلا دلچسپ پہلو ہلبرٹ اسپیس سے وابستہ ہے۔ جب کوئی جسمانی نظام ہر میٹیئن آپریٹر کی ایجن سٹیٹ میں ہوتا ہے، تو نتیجہ خیز وقت کا ارتقاء امکان کو تبدیل نہیں کرتا ہے۔ یہ امکان کے تحفظ کو یقینی بناتا ہے۔

حقیقی Eigenvalues اور Hermitian آپریٹر:

حقیقی eigenvalues اور Hermitian آپریٹر کے درمیان تعلق کو تلاش کرتے ہوئے، آیئے پہلے یہ سمجھیں کہ eigenvalue کیا ہے۔ خطی الجبرا کے لحاظ سے، ایک eigenvalue ایک دی گئی خطی تبدیلی سے منسلک ایک اسکیلر ہے جس میں ایک غیر صفر ویکٹر ہوتا ہے، جو صرف اس اسکیلر فیکٹر کے ذریعے تبدیل ہوتا ہے جب اس خطی تبدیلی کو لاگو کیا جاتا ہے۔

Hermitian جیسے آپریٹرز کے لیے، یہ eigenvalue ہمیشہ ایک حقیقی نمبر ہوتا ہے۔ یہ ریاضیاتی طور پر ظاہر کردہ خاصیت کوانٹم فزکس میں حقیقی، قابل مشاہدہ طبعی اقدار کے ساتھ سیدھ میں رکھتی ہے، جو طبعی دنیا کے ساتھ بہتر تشریح اور صف بندی کے راستے کھولتی ہے۔

ہرمیشین آپریٹر کی خصوصیات

حقیقی eigenvalues رکھنے کی الگ خاصیت کے علاوہ، Hermitian Operators کے پاس دیگر دلچسپ خصوصیات ہیں۔ چند کی فہرست کے لیے، وہ یہ ہیں:

آرتھوگونل ایگین ویکٹر: جب مختلف ایگن ویلیوز موجود ہوتے ہیں، تو اس سے وابستہ ایگن ویکٹر ایک دوسرے کے لیے آرتھوگونل ہوتے ہیں۔ سادہ الفاظ میں، وہ ایک اعلی جہتی ویکٹر کی جگہ میں کھڑے ہوتے ہیں۔

نارم پرزرویشن: ایک کوانٹم حالت معمول پر رہتی ہے، یا ہرمیٹین آپریٹر کے تحت اپنے وقت کے ارتقاء کے دوران 1 کے اپنے کل امکان کو برقرار رکھتی ہے۔ درحقیقت، یہ خاصیت کوانٹم امکان کی مستقل مزاجی کو برقرار رکھتے ہوئے کوانٹم میکانکس میں ہرمیٹین آپریٹرز کی جسمانی اہمیت میں حصہ ڈالتی ہے۔

ہر میٹیئن اور اینٹی ہر میشین آپریٹرز کا موازنہ کرنا:

کوانٹم میکینکس میں آپریٹرز کوانٹم سسٹمز کے مختلف پہلوؤں کو ظاہر کر سکتے ہیں، اور دو قسم کے آپریٹرز - ہر میٹیئن آپریٹرز اور اینٹی ہر میٹیئن آپریٹرز - اہم کردار ادا کرتے ہیں۔ ہر آپریٹر کے نظام کے اندر منفرد خصوصیات اور کردار ہوتے ہیں، اور ان کے کام کو سمجھنا مختلف کوانٹم مظاہر پر روشنی ڈال سکتا ہے۔

اینٹی ہر میشین آپریٹر کو سمجھنا:

جب آپ کوانٹم میکینکس میں سفر کرتے ہیں، ہر میٹین آپریٹر کے ساتھ ساتھ، ایک اور کلیدی تصور جس کا آپ کو سامنا ہو گا وہ اینٹی ہر میٹیئن آپریٹر ہے۔ یہ ایک اور قسم کا آپریٹر ہے جو کچھ کوانٹم کمپیوٹیشن میں اہم کردار ادا کر سکتا ہے۔

ایک اینٹی ہر میٹیئن آپریٹر ہر میٹیئن آپریٹر سے ملتا جلتا ہے، لیکن ایک اہم فرق کے ساتھ۔ اگر آپ اینٹی ہر میٹیئن آپریٹر کا ہر میٹیئن ملحقہ (کنجوگیٹ ٹرانسپوز) لیتے ہیں، تو آپ کو اصل آپریٹر کا منفی ملتا ہے۔

اس کا مطلب ہے، ایک اینٹی ہر میٹیئن آپریٹر دیا گیا ہے۔، اس کے ملحقہ مساوی ہے۔ اس آپریٹر کو مربع کرنے سے، ہر میٹی آپریٹرز کے بالکل برعکس خیالی ایگن ویلیوز تلاش کرنا ایک عام بات ہے۔

یہ فرق محض ریاضیاتی معلوم ہو سکتا ہے، لیکن درحقیقت اس کے گہرے جسمانی اثرات ہیں۔ اینٹی ہر میٹیئن آپریٹرز عام طور پر تحلیل کرنے والے نظاموں سے جڑے ہوتے ہیں، یعنی ایسے نظام جہاں توانائی کا نقصان یا فائدہ ہوتا ہے۔

ہر میٹیئن آپریٹر اور اینٹی ہر میٹیئن آپریٹر کے درمیان فرق:

جب کہ ہر میٹیئن اور اینٹی ہر میشین آپریٹرز میں مماثلت پائی جاتی ہے، ان میں اہم اختلافات بھی ہیں، جن میں سے بہت سے کوانٹم مکینیکل مظاہر کے اندر ان کی اپلی کیشنز سے منسلک ہیں۔ آیئے ان اختلافات کی مزید تحقیقات کرتے ہیں۔

a) **Eigenvalues :** ہر میٹیئن آپریٹرز کے پاس ہمیشہ حقیقی eigenvalues ہوتے ہیں، جو کوانٹم میکانکس میں جسمانی مشاہدات کے ساتھ ہم آہنگ ہوتے ہیں۔ دوسری طرف ہر میٹی مخالف آپریٹرز کے پاس خالصتاً خیالی اقدار ہیں۔

b) **جسمانی اہمیت:** ہر میٹیئن آپریٹرز بنیادی طور پر جسمانی مشاہدات کی نمائندگی کرنے کے لیے استعمال ہوتے ہیں جیسے توانائی، رفتار، وغیرہ۔ اینٹی ہر میشین آپریٹرز عام طور پر ضائع کرنے والے نظاموں سے وابستہ ہوتے ہیں جہاں توانائی کا فائدہ یا نقصان ہوتا ہے۔

c) **ملحقہ:** اگر ہم ہر میشین آپریٹر کا ملحقہ لیتے ہیں، تو ہمیں اصل آپریٹر واپس مل جاتا ہے۔ تاہم، اگر ہم اینٹی ہر میٹیئن آپریٹر کا ملحقہ لیتے ہیں، تو ہمیں اصل آپریٹر کا منفی ملتا ہے۔

12.7 آپریٹر الجبرا کے بنیادی تصورات (Basic Notions of Operator Algebra)

جسمانی نظام میں ہر ایک قابل پیمائش پیرامیٹر کے ساتھ منسلک ایک کوانٹم مکینیکل آپریٹر ہے۔ ایسے آپریٹرز اس لیے پیدا ہوتے ہیں کہ کوانٹم میکینکس میں آپ فطرت کو لہروں (موج فنکشن) کے ساتھ بیان کر رہے ہیں نہ کہ مجرد ذرات کے ساتھ جن کی حرکت اور حرکیات کو نیوٹنین فزکس کی تعیناتی مساوات کے ساتھ بیان کیا جا سکتا ہے۔ کوانٹم میکانکس کی ترقی کا ایک حصہ نظام کو بیان کرنے کے لیے درکار پیرامیٹرز سے وابستہ آپریٹرز کا قیام ہے۔ ان میں سے کچھ آپریٹرز ذیل میں درج ہیں۔

$f(x)$	Any function of position, such as x, or potential V(x)	$f(x)$
p_x	x component of momentum (y and z same form)	$\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x}$
E	Hamiltonian (time independent)	$\frac{p_{op}^2}{2m} + V(x)$
E	Hamiltonian (time dependent)	$i\hbar\frac{\partial}{\partial t}$
KE	Kinetic energy	$\frac{-\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}$
L_z	z component of angular momentum	$-i\hbar\frac{\partial}{\partial \phi}$

یہ کوانٹم میکانکس کے بنیادی ڈھانچے کا حصہ ہے کہ شروڈنگر مساوات میں پوزیشن کے افعال میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی ہے، جبکہ لمحہ مقامی مشتقات کی شکل اختیار کرتا ہے۔ Hamiltonian آپریٹر وقت اور جگہ دونوں مشتقات پر مشتمل ہے۔

i. بیس سیٹ پوسٹیلیٹ

فنکشنز کا سیٹ Ψ_j جو eigenvalue مساوات کے eigenfunctions ہیں

$$\langle q \rangle = \int \Psi^* Q \Psi dr$$

خطی طور پر آزاد افعال کا ایک مکمل سیٹ بنائیں۔ ان کے بارے میں کہا جا سکتا ہے کہ وہ ایک بنیاد قائم کرتے ہیں جس کے تحت نظام کی نمائندگی کرنے والے کسی بھی لہر کے فعل کا اظہار کیا جا سکتا ہے:

$$\Psi = \sum c_j \Psi_j$$

اس کا مطلب یہ ہے کہ کسی بھی ویو فنکشن Ψ جو کسی جسمانی نظام کی نمائندگی کرتا ہے، نظام کے کسی بھی جسمانی قابل مشاہدہ کے eigenfunctions کے خطی مجموعہ کے طور پر ظاہر کیا جا سکتا ہے۔

ویو فنکشن Ψ کے ذریعہ بیان کردہ فزیکل سسٹم کے لیے، کسی بھی جسمانی قابل مشاہدہ q کی متوقع قدر کو متعلقہ آپریٹر Q کے لحاظ سے اس طرح ظاہر کیا جاسکتا ہے:

ii. توقع کی قدر کا تعین

$$\langle q \rangle = \int \Psi^* Q \Psi dr$$

یہاں یہ خیال کیا جاتا ہے کہ ویو فنکشن کو معمول بنایا گیا ہے اور یہ کہ انضمام پوری جگہ پر ہے۔ یہ پوسٹولٹ آپریٹر پوسٹولیٹ اور بیس سیٹ پوسٹولیٹ کی خطوط پر عمل کرتا ہے۔ فنکشن کو Q کے eigenfunctions کے ایک خطی امتزاج کے طور پر پیش کیا جا سکتا ہے، اور آپریشن کے نتائج طبعی قدروں کو ایک امکانی گتانک دیتا ہے۔ چونکہ ویو فنکشن کو نارمل کیا جاتا ہے، انٹیگرل ممکنہ قابل مشاہدہ قدروں کا وزنی اوسط دیتا ہے۔

iii. وقت کے ارتقاء کا ضابطہ

اگر Ψ ابتدائی وقت میں کسی جسمانی نظام کے لیے ویو فنکشن ہے اور یہ نظام بیرونی تعاملات سے پاک ہے، تو ویو فنکشن کے وقت میں ہونے والا ارتقا

$$H\Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

جہاں H ہیملٹونین آپریٹر ہے جو کلاسیکی ہیملٹونین سے بنایا گیا ہے جو کلاسیکی آبزرویبلز کو ان کے متعلقہ کوانٹم مکینیکل آپریٹرز کی جگہ لے کر تشکیل دیا گیا ہے۔ ایک میکانی نظام کے لیے، کلاسیکی ہیملٹنین صرف حرکی توانائی کے علاوہ ممکنہ توانائی، یعنی توانائی کا اظہار ہو گا۔ جگہ اور وقت دونوں میں ہیملٹونین کا کردار شروڈنگر مساوات میں موجود ہے۔

12.8 خطی آپریٹرز (Linear operators)

خطی آپریٹرز:

آپریٹر خطی ہے اگر یہ دو شرائط کو پورا کرتا ہے:

فنکشنز کو جوڑے یا گھٹائے جانے کے لیے، فنکشن کو انفرادی طور پر تمام فنکشنز پر لاگو کیا جاسکتا ہے۔

$$\hat{A}(m + n) = \hat{A}m + \hat{A}n$$

خطی آپریٹرز کے اطلاق سے مستقل متاثر نہیں ہوتے ہیں۔

$$\hat{A}(cm) = c\hat{A}m$$

خطی آپریٹرز کے لیے ثبوت

جمع اور فرق کے افعال کے لیے آپریٹر کو ہر فنکشن پر لاگو کیا جاسکتا ہے۔ مثال کے طور پر، اگر P ایک آپریٹر ہے،

$$P(f + g) = Pf + Pg$$

$$P = d/dx$$

$$f = 3x2$$

$$g = 2x$$

$$d/dx\,(3x2+2x) = d/dx\,(3x2) + d/dx\,(2x)$$

$$6x + 2 = 6x + 2$$

ضرب کی حالت کے لیے،

پی(اف)=اے پی ایف

$$f = x2$$

$$P = d/dx$$

$$d/dx\,(ax2) = a.d/dx\,(x)2$$

$$a.2x = a.2x$$

ہرمیشین آپریٹر:

آپریٹر کو ہرمیشین کہا جاتا ہے اگر وہ درج ذیل شرائط کو پورا کرتا ہے۔

ایک ہرمیشین آپریٹر کو دوسری طرف پلٹایا جاسکتا ہے۔ دوسرے لفظوں میں، یہ میٹرکس کے پیچیدہ کنجوجٹ ٹرانسپوز کا جواز پیش کرتا ہے۔

اگر $\hat{A}$ ہرمیٹیئن ہے، $\{g|\hat{A}.f\} = \{f|\hat{A}.g\}$

ہرمیشین آپریٹر کی ایگنی ویلیوز ہمیشہ حقیقی ہوتی ہیں۔

اوپر کی مثال سے، $\{f|\hat{A}.f\}$ ایک حقیقی قدر ہونی چاہیے۔

eigenvalues ایک ہرمیشین آپریٹر کے لیے کنونشن کے مطابق آرتھونورمل ہیں۔ دوسرے لفظوں میں، ان کے پاس آرتھونارمل ایجن فنکشنز (ایگن ویکٹرز) کا ایک مکمل سیٹ ہے۔

ہرمیشین آپریٹرز کے لیے ثبوت

اگر $\Psi 1$ اور $\Psi 2$ دو افعال ہیں اور A ایک آپریٹر ہے تو،

$$d\tau - d\tau = \int \Psi 2\,(\hat{A}.\Psi 1^{*}) - \int \Psi 1^{*}\,(\hat{A}.\Psi 2)$$

چلو،

$$\Psi 1 = e{-}ix$$

$$\Psi 2 = \cos(x)$$

$$\hat{A} = d2/dx2$$

مساوات بن جاتی ہے،

the equation becomes,

$$\int e^{-ix}(d^2/dx^2 \cos(x)) . dx = \int \cos(x)(d^2/dx^2 e^{-ix}) . dx$$

$$\int e^{-ix} d/dx(-\sin x) . dx = \int (\cos x) / dx(-ie^{-ix}) . dx$$

$$-\int e^{-ix}(\cos x) . dx = -\int \cos x (ie^{-ix}) . dx$$

یہ ثابت کرتا ہے کہ d2/dx2 ایک ہرمیشین آپریٹر ہ

12.9 آپریٹرز (Operators)

ہیملٹونین کا مکمل کردار وقت پر منحصر شروڈنگر مساوات میں دکھایا گیا ہے جہاں اس کے مقامی اور وقتی عمل دونوں خود کو ظاہر کرتے ہیں۔

جب آپ کوانٹم میکانکس کا مطالعہ کرتے ہیں، تو وہاں آپ کو مختلف آپریٹرز کے ساتھ کام کرنا پڑتا ہے۔ لہٰذا، یہاں ہم ہیملٹونین آپریٹر (H) پر گہرائی سے بحث کریں گے جسے ہم ٹوٹل انرجی آپریٹر (H) کہتے ہیں۔

$$\hat{H} = \hat{K} + \hat{U} [\because \hat{T} = \hat{H}]$$

یہاں ہم جانتے ہیں کہ کلاسیکی میکانکس کے مطابق، کسی ذرے کے نظام کی کل توانائی (T) اس نظام کی حرکی توانائی (K) اور ممکنہ توانائی (U) کا مجموعہ ہوگی۔

$$\hat{T} = \hat{K} + \hat{U} [\because T.E = K.E + P.E]$$

اس کل توانائی کو کوانٹم میکانکس میں ہیملٹونین آپریٹر کہا جاتا ہے۔

$$\hat{H} = \hat{T}$$

ہیملٹونین پر گہرائی سے بحث کرنے سے پہلے، ہم آپریٹر کے بارے میں جانیں گے۔ آپ کو یہ بھی معلوم ہونا چاہیے کہ کوانٹم میکانکس میں کلاسیکی میکانکس کی مساوات کیسے لکھی جاتی ہیں۔

نتیجے کے طور پر، آپ کو اس آپریٹر کی مختلف ایپلی کیشنز کو سمجھنے میں کوئی پریشانی نہیں ہوگی۔

کوانٹم میکینکس میں قابل مشاہدہ اور آپریٹرز

1. قابل مشاہدہ نظام کی خصوصیات ہیں جن کی آپ پیمائش کرسکتے ہیں۔ جیسے ماس، فاصلہ، نقل مکانی، کام کی توانائی وغیرہ۔
2. قابل مشاہدہ خصوصیات کی پیمائش کرنے کے لیے، آپ کو کچھ فیلڈ آپریشنز کرنے کی ضرورت ہے۔ اس آپریشن کی نمائندگی آپریٹر کرتا ہے۔

فرض کریں کہ یہاں آپ کو نظام کی کثافت کی پیمائش کرنے کے لیے کہا گیا ہے۔ اس صورت میں، آپ کو کثافت (D) کا تعین کرنے کے لیے بڑے پیمانے پر (M) کو حجم (V) سے تقسیم کرنے کی ضرورت ہے۔

$$D = \frac{M}{V}$$

تو، آپ نے دیکھا کہ یہاں ماس (M)اور حجم (V) قابل مشاہدہ یا اوپرینڈ ہیں۔ اور ڈویژن (-) آپریٹر ہے۔

ذیل میں اس جدول میں دیکھیں کہ آپریٹر کی شناخت یہاں مختلف مثالوں کے ساتھ کی گئی ہے۔

کوانٹم میکانکس میں کلاسیکی میکانکس کی مساوات

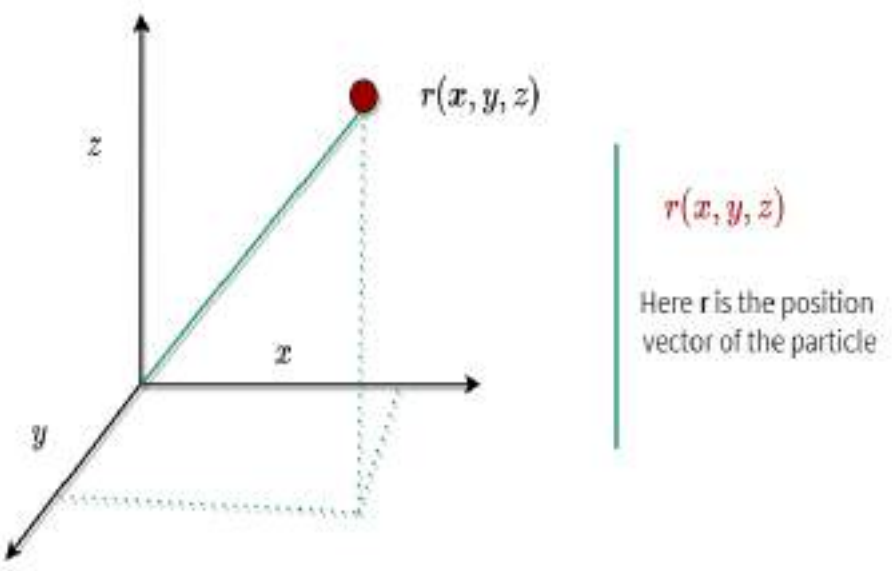
کلاسیکی میکانکس کی ناکامی کی وجہ سے، نیوٹنین میکانکس نے کوانٹم میکانکس میں ایک نئی شکل اختیار کی۔ دوسرے لفظوں میں، کلاسیکی میکانکس کا پورا تصور کوانٹم میکانکس میں بدل گیا ہے۔

کلاسیکی میکانکس کبھی بھی چھوٹے بڑے پیمانے پر اور تیز رفتار رفتار کے ساتھ ذرات کی حرکت کو بیان نہیں کر سکتے ہیں۔ یہاں آپ کو نظریہ اضافیت یا کوانٹم میکانکس کے ساتھ کام کرنا ہو گا۔

اس صورت میں، کلاسیکی میکانکس کا ہر تصور ایک جیسا رہے گا لیکن حرکت کی مساوات بدل جائے گی۔

1. نقل مکانی

نقل مکانی حتمی حالت اور حرکت پذیر ذرہ کی پہلی حالت کے درمیان کم از کم فاصلہ ہے۔ یہاں نقل مکانی ہمیشہ ایک ویکٹر کی مقدار ہوتی ہے جس کی ایک متعین قدر اور سمت ہوتی ہے۔



شکل(12.1)

2. رفتار

مومنٹم کا استعمال حرکت پذیر شے پر لاگو قوت کی مقدار کو سمجھنے کے لیے کیا جاتا ہے۔ مومنٹم کی مدد سے آپ کسی چیز پر لگائی جانے والی قوت کی نوعیت جان سکتے ہیں۔

مومنٹم کو عام طور پر کسی حرکت پذیر شے کی کمیت اور رفتار کی پیداوار سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ لیکن کوانٹم میکانکس کی اس صورت میں، رفتار کی مساوات مختلف ہو گی۔

In Classical Mechanics	In Quantum Mechanics
$P = m\dot{r}(x, y, z)$ $= m(v_x + v_x + v_x)$	$-i\hbar(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{z})$ $= -i\hbar\nabla$
$P = \int d(m\dot{r}(x, y, z))$ for variable mass system	$-i\frac{h}{2\pi}\nabla[\because \hbar = \frac{h}{2\pi}]$

3. حرکی توانائی

توانائی کی مقدار جو کسی چیز کو اپنی حرکت کی وجہ سے حاصل ہوتی ہے اسے حرکی توانائی کہا جاتا ہے۔

In Classical Mechanics	In Quantum Mechanics
$K_x = \int F_x ds = \int m\frac{dv_x}{dt}dx$ $= \int m(\frac{dx}{dt})dv = m\int_0^v v_x dv$ $= \frac{1}{2}mv_x^2$ or $\frac{(mv_x)^2}{2m} = \frac{p_x^2}{2m}$	$K_x = \frac{P_x^2}{2m} = \frac{(-i\hbar\nabla_x)^2}{2m}$ $= -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2} = -\frac{h}{8\pi^2 m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}$
$So,$ $K = \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)$ $= \frac{1}{2m}(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2)$	$K = -\frac{\hbar}{8\pi^2 m}(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2})$ $= -\frac{\hbar}{8\pi^2 m}\nabla^2$

4. ممکنہ توانائی

قوت کے میدان میں، توانائی کی مقدار جو کوئی چیز اپنی پوزیشن کو تبدیل کرنے کے لیے حاصل کرتی ہے اسے پوٹینشل انرجی کہا جاتا ہے۔ دونوں صورتوں میں ممکنہ توانائی کو $V(x)$ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

ہیملٹونین آپریٹر

فرض کریں کہ ایک ذرہ تین جہتی خلا میں حرکت کر رہا ہے۔ پھر، یہ ذرہ کی کل توانائی ہو گی۔

$$T.E = \frac{1}{2}m\dot{r}^2(x,y,z) + V(r)$$
$$= \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) + V(r)$$
$$= \frac{1}{2m}(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) + V(r)$$

اگر ذرہ بہت چھوٹا ہے اور اس کی رفتار بہت زیادہ ہے تو آپ وہاں کلاسیکل میکانکس کے اصول کو لاگو نہیں کر سکتے۔ یہاں آپ کو کوانٹم میکینکس استعمال کرنے کی ضرورت ہے۔

لہذا، کوانٹم میکانکس کے مطابق، اس ذرہ کی کل توانائی ہو گی۔

$$\hat{T} = -\frac{h^2}{8\pi^2 m}(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}) + V(r)$$
$$= -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V(r) = \hat{H}$$

اس طرح، تین جہتی خلا میں ایک ذرہ کا ہیملٹونین آپریٹر ہو گا۔

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V(r)$$

12.10 ہیملٹونین آپریٹرز (Hamiltonian operators)

جسمانی نظام میں ہر قابل پیمائش پیرامیٹر کے ساتھ منسلک ایک کوانٹم مکینیکل آپریٹر ہے، اور نظام کی توانائی سے وابستہ آپریٹر کو ہیملٹنین کہا جاتا ہے۔ کلاسیکی میکانکس میں، نظام کی توانائی کو حرکیات اور ممکنہ توانائیوں کے مجموعہ کے طور پر ظاہر کیا جا سکتا ہے۔ کوانٹم میکینکس کے لیے، اس توانائی کے اظہار کے عناصر متعلقہ کوانٹم مکینیکل آپریٹرز میں تبدیل ہو جاتے ہیں۔ ہیملٹونین میں حرکیات اور ممکنہ توانائیوں سے وابستہ عمل شامل ہیں اور ایک جہت میں ایک ذرہ کے لیے لکھا جا سکتا ہے:

$$H_{operator} = \underbrace{\frac{-\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}}_{\text{Operator associated with kinetic energy}} + \underbrace{V(x)}_{\text{Potential energy}}$$

ہیملٹونین کے ساتھ ویو فنکشن پر کام کرنے سے شروڈنگر مساوات پیدا ہوتی ہے۔ وقت کی آزاد شروڈنگر مساوات میں، آپریشن توانائی کے لیے مخصوص قدریں پیدا کر سکتا ہے جسے انرجی ایگین ویلیوز کہتے ہیں۔ اس صورت حال کو فارم میں دکھایا جا سکتا ہے۔

$$H_{op}\psi_i = E_i\psi_i$$

جہاں توانائی کی مخصوص قدروں کو انرجی ایگین ویلیوز کہا جاتا ہے اور فنکشن Ψi کو eigenfunctions کہا جاتا ہے۔

نظام کی توانائیوں کا تعین کرنے میں اس کے کردار کے علاوہ، ہیملٹونین آپریٹر شکل میں موج فنکشن کا وقتی ارتقاء پیدا کرتا ہے۔

$$H\psi = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}$$

ہیملٹونین کا مکمل کردار وقت پر منحصر شروڈنگر مساوات میں دکھایا گیا ہے جہاں اس کے مقامی اور وقتی عمل دونوں خود کو ظاہر کرتے ہیں۔

جب آپ کوانٹم میکانکس کا مطالعہ کرتے ہیں، تو وہاں آپ کو مختلف آپریٹرز کے ساتھ کام کرنا پڑتا ہے۔ لہذا، یہاں ہم ہیملٹونین آپریٹر (H) پر گہرائی سے بحث کریں گے جسے ہم ٹوٹل انرجی آپریٹر (H) کہتے ہیں۔

$$\hat{H} = \hat{K} + \hat{U}[\because \hat{T} = \hat{H}]$$

یہاں ہم جانتے ہیں کہ کلاسیکی میکانکس کے مطابق، کسی ذرے کے نظام کی کل توانائی (T) اس نظام کی حرکی توانائی (K) اور ممکنہ توانائی (U) کا مجموعہ ہو گی۔

$$\hat{T} = \hat{K} + \hat{U}[\because T.E = K.E + P.E]$$

اس کل توانائی کو کوانٹم میکانکس میں ہیملٹونین آپریٹر کہا جاتا ہے۔

$$\hat{H} = \hat{T}$$

ہیملٹونین پر گہرائی سے بحث کرنے سے پہلے، ہم آپریٹر کے بارے میں جانیں گے۔ آپ کو یہ بھی معلوم ہونا چاہیے کہ کوانٹم میکانکس میں کلاسیکی میکانکس کی مساوات کیسے لکھی جاتی ہیں۔

نتیجے کے طور پر، آپ کو اس آپریٹر کی مختلف ایپلی کیشنز کو سمجھنے میں کوئی پریشانی نہیں ہو گی۔

فرض کریں کہ ایک ذرہ تین جہتی خلا میں حرکت کر رہا ہے۔ پھر، یہ ذرہ کی کل توانائی ہو گی۔

$$\begin{aligned} T.E &= \frac{1}{2}m\dot{r}^2(x,y,z) + V(r) \\ &= \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) + V(r) \\ &= \frac{1}{2m}(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) + V(r) \end{aligned}$$

اگر ذرہ بہت چھوٹا ہے اور اس کی رفتار بہت زیادہ ہے تو آپ وہاں کلاسیکل میکانکس کے اصول کو لاگو نہیں کر سکتے۔ یہاں آپ کو کوانٹم میکینکس استعمال کرنے کی ضرورت ہے۔

لہذا، کوانٹم میکانکس کے مطابق، اس ذرہ کی کل توانائی ہو گی۔

$$\hat{T} = -\frac{h^2}{8\pi^2 m}\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right) + V(r)$$
$$= -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V(r) = \hat{H}$$

اس طرح، تین جہتی خلا میں ایک ذرہ کا ہیملٹونین آپریٹر ہو گا۔

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V(r)$$

12.11 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

کیا ویو فنکشن $\varphi(x) = \cos kx$ خطی مومینٹم آپریٹر p کا ایک ایجین فنکشن ہے؟ اگر ہاں، تو ایگن ویلیو کیا ہے؟

حل: دیا گیا ہے

وضاحت: $p\varphi(x) = -i\hbar\partial(\cos(kx)\partial x = i\hbar k \sin kx$: یہ ایک مستقل نہیں ہے اور اس لیے دیا گیا ویو فنکشن خطی مومینٹم آپریٹر کا ایجن فنکشن نہیں ہے۔ اس طرح اس کی کوئی قدر نہیں ہو سکتی۔

حل شدہ مثال 2

کونیی رفتار (L) کے لیے کلاسیکی اظہار کیا ہے؟

حل: دیا گیا ہے

وضاحت: کونیی مومینٹم خطی مومینٹم کے گردشی مساوی ہے۔ اسے جسم کے خطی مومینٹم اور پوزیشن ویکٹر کے درمیان کراس پروڈکٹ کے طور پر بیان کیا گیا ہے، یعنی $L = r \times p$۔ $L = I\omega$ اس مقدار کو ظاہر کرنے کا ایک اور طریقہ بھی ہے، لیکن اسے کراس پروڈکٹ کے طور پر لکھنا غلط ہے۔

توانائی کا طول و عرض ہے، اس لیے ہیملٹونین کی ایگین اقدار موجکے فعل کے ذریعے بیان کردہ نظام کی توانائیاں ہیں۔

12.12 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- ویو فنکشن ایک مقررہ وقت پر خلا میں کسی مخصوص نقطہ پر کسی ذرہ کو تلاش کرنے کے امکانی طول و عرض کی نمائندگی کرتا ہے۔ ذرہ کو تلاش کرنے کا اصل امکان اس کے پیچیدہ کنجوگیٹ (جیسے کسی پیچیدہ فنکشن کے لئے طول و عرض کا مربع) کے ساتھ ویو فنکشن کی پیداوار سے دیا جاتا ہے۔

$$\Psi(x,y,z,t) = \text{probability amplitude} \qquad \Psi^*\Psi = \text{probability}$$

-

- ہر ایک eigenvalue کے مطابق ایک "eigenfunction*" ہے۔ دی گئی توانائی کے لیے شروڈنگر مساوات کے حل میں مخصوص فنکشن کو تلاش کرنا بھی شامل ہے جو اس توانائی کی حالت کو بیان کرتا ہے۔ وقت کی آزاد شروڈنگر مساوات کا حل شکل اختیار کرتا ہے۔

$$H_{op}\psi_i = E_i\,\psi_i$$

$$Q_{op}\psi_i = q_i\,\psi_i$$

operator (Q_{op}), eigenvalue (q_i), eigenfunction (ψ_i)

- کوانٹم میکانکس کی ترقی کا ایک حصہ نظام کو بیان کرنے کے لیے درکار پیرامیٹرز سے وابستہ آپریٹرز کا قیام ہے۔ ان میں سے کچھ آپریٹرز ذیل میں درج ہیں۔

$f(x)$	Any function of position, such as x, or potential V(x)	$f(x)$
p_x	x component of momentum (y and z same form)	$\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x}$
E	Hamiltonian (time independent)	$\frac{p_{op}^2}{2m} + V(x)$
E	Hamiltonian (time dependent)	$i\hbar\frac{\partial}{\partial t}$
KE	Kinetic energy	$\frac{-\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}$
L_z	z component of angular momentum	$-i\hbar\frac{\partial}{\partial \phi}$

- **ہرمیشین آپریٹر:**

آپریٹر کو ہرمیشین کہا جاتا ہے اگر وہ درج ذیل شرائط کو پورا کرتا ہے۔

ایک ہرمیشین آپریٹر کو دوسری طرف پلٹایا جاسکتا ہے۔ دوسرے لفظوں میں، یہ میٹرکس کے پیچیدہ کنجوجٹ ٹرانسپوز کا جواز پیش کرتا ہے۔

اگر Â ہرمیٹیئن ہے، {g|Â .f} = {f|Â .g}

- ہیملٹونین میں حرکیات اور ممکنہ توانائیوں سے وابستہ عمل شامل ہیں اور ایک جہت میں ایک ذرہ کے لیے لکھا جاسکتا ہے:

$$H_{operator} = \underbrace{\frac{-\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}}_{\text{Operator associated with kinetic energy}} + \underbrace{V(x)}_{\text{Potential energy}}$$

12.13 کلیدی الفاظ (Keywords)

- کوانٹم میکینکس میں آپریٹرز ریاضیاتی ادارے ہیں جو جسمانی عمل کی نمائندگی کرنے کے لیے استعمال ہوتے ہیں جن کے نتیجے میں نظام کے ریاستی ویکٹر میں تبدیلی آتی ہے ۔
- فنکشن آپریٹر ایک فنکشن ہے جو ایک (یا زیادہ) فنکشن کو بطور ان پٹ لیتا ہے اور ایک فنکشن کو آؤٹ پٹ کے طور پر واپس کرتا ہے۔

12.14 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

12.14.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. آپریٹر A>فنکشنز f1 اور f2 پر خطیطور پر کام کرتا ہے۔اسے f1 + f2 پر لگانے سے مندرجہ ذیل میں سے کیا ہوتا ہے؟

a) A> (f1 + f2) = A> f1 + A> f2

b) A> (f1 + f2) = A> f1 – A> f2

c) A> (f1 + f2) = A> f1 + A> f2 + A> f1 f2

d) A> (f1 + f2) = A> f1 + A> f2 – A> f1 f2

2. آپریٹر A> = d2dx2 کو فنکشن f(x) = 10x3 پر لگانے کا کیا نتیجہ ہے؟

30x2(a

30x3(b

60x2(c

60x (d

3. ہیملٹونین آپریٹر ایک ویو فنکشن میں تمام ممکنہ اور حرکی توانائی کے آپریٹرز کا مجموعہ ہے۔یہ ہیملٹونین تین جہتی جگہ میں کیسے ظاہر ہوتا ہے؟

H = V(x, y, z) (a

H = V(x, y, z) + −ℏ22m ∇2 (b

c) H = −ℏ22m ∇2 (c

d) H = V(x) + −ℏ22m ∇2 (d

4. کیا فنکشن f = 8e5x آپریٹر ddx کا ایک ایجن فنکشن ہے۔ اگر ایسا ہے تو، اس کی eigenvalue کیا ہے؟

a) یہ دیئے گئے آپریٹر کا کوئی فعل نہیں ہے۔

b) یہ 8 eigenvalue کے ساتھ ایک Eigen function ہے۔

c) یہ 25 eigenvalue کے ساتھ ایک Eigen function ہے۔

d) یہ 5 eigenvalue کے ساتھ ایک Eigen function ہے۔

5. 1-D اسپیس میں خطیمو مینٹم آپریٹر $p = -i\hbar \partial/\partial x$ کے ذریعہ دیا گیا ہے اور کائینیٹک انرجی آپریٹر $T = p^2/2m$ کے ذریعہ دیا گیا ہے۔ حرکی توانائی آپریٹر کی ایک آسان شکل کیا ہے؟

a) $\hbar^2/mx$

b) $-\hbar^2/2m\partial/\partial x^2$

c) $-\partial/\partial x^2$

d) $\hbar^2$

6. کیا پوزیشن (x) اور مومینٹم (p) کے آپریٹرز سفر کرتے ہیں (دیئے گئے ویو فنکشن ϕ کے لیے)؟ اگر نہیں، تو ان دو آپریٹرز کے درمیان کمیوٹیٹر کی نمائندگی کرنے والا آپریٹر کیا ہے؟

a) وہ سفر نہیں کرتے؛ آنے والا آپریٹر $i\hbar\omega$ ہے۔

b) آپریٹرز سفر کرتے ہیں۔

c) وہ سفر نہیں کرتے؛ سفر کرنے والا آپریٹر $i\hbar\omega$ ہے۔

d) وہ سفر نہیں کرتے؛ آنے والا آپریٹر $i\hbar$ ہے۔

7. شروڈنگر ویو فنکشن کے لیے درج ذیل میں سے کون سا صحیح اظہار ہے؟

a) $i\hbar d\Psi dt = -i\hbar 2m\partial 2\Psi\partial x2 + U\Psi$

b) $i\hbar d\Psi dt = -i\hbar 2m\partial\Psi\partial x + U\Psi$

c) $i\hbar d\Psi dt = -i\hbar z2m\partial 2\Psi\partial x2 + U\Psi$

d) $i\hbar d\Psi dt = -i\hbar z2m\partial\Psi\partial x + U\Psi$

8. کوانٹم ویو پارٹیکل کے لیے، E = _____

a) $\hbar k/2$ b) $\hbar\omega/2$ c) $\hbar\omega$ d) $\hbar k$

9. شروڈنگر ویو مساوات کو انٹم میکانکس کے اصولوں سے اخذ کیا جا سکتا ہے۔

a) ایک سچا

b) غلط

10. مندرجہ ذیل میں سے کون سی موجفنکشن کی خصوصیت نہیں ہے؟

a) مسلسل

b)واحد قابل قدر

c)قابل تفریق

d)جسمانی طور پر اہم

12.14.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات(Short Answer Type Questions)

1. موج فنکشن کی اکائی کیا ہے،؟اس موج فنکشن کے مربع کی اکائی کیا ہے؟
2. ایک ذرہ کی موجکی تقریب کا مطلب کیا ہے؟
3. اظہار "توقع کی قدر" کا کیا مطلب ہے؟وضاحت کریں۔

12.14.3 طویل جوابات کے حامل سوالات(Long Answer Type Questions)

1. کیا موجکے فنکشن کی وسعت($\Psi(x,t)\Psi^*(x,t)$) منفی نمبر ہو؟وضاحت کریں۔
2. ایک ذرہ کی موجکی تقریب کا جسمانی مطلب کیا ہے؟

12.14.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. کمپیوٹ $|\Psi(x,t)|^2$ فنکشن $\Psi(x,t)=\psi(x)\sin\omega t$ کے لیے،کہاں ω ایک حقیقی مستقل ہے۔
2. پیچیدہ قدر والے فنکشن کو دیکھتے ہوئے , $f(x,y)=(x-iy)/(x+iy)$ معلوم کریں۔

12.15 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th} & 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
8. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 13۔ جوہری نیوکلی کی ساخت

(Structure of Atomic Nuclei)

اکائی کے اجزا

13.0 تمہید

13.1 مقاصد

13.2 نیوکلیئر فزکس

13.3 جوہری اصطلاحات

13.4 ماس ڈیفیکٹ

13.5 بندشی توانائی

13.6 جوہری استحکام

13.7 پیکنگ فریکشن

13.8 بندشی توانائی فی یونت نیوکلیون

13.9 نیوکلئیر کی بناوٹ

13.10 نیوکلئی قوت

13.11 حل شدہ مثالیں

13.12 اکتسابی نتائج

13.13 کلیدی الفاظ

13.14 نمونہ امتحانی سوالات

13.14.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

13.14.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

13.14.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

13.14.4 غیر حل شدہ سوالات

13.15 تجویز کردہ اکتسابی مواد

13.0 تمہید (Introduction)

ایٹموں کی الیکٹرانک خصوصیات (کیمیائی، طبعی، وغیرہ) کی ہماری تحقیقات میں، نیوکلئس کو ایک مثبت چارج شدہ پوائنٹ پارٹیکل کے طور پر سمجھا جاتا ہے جو ایٹم کے بڑے بڑے حصے کو مجسم کرتا ہے۔ نیوکلئس اور ایٹم الیکٹران کے درمیان کولمب کا تعامل ایٹم کو ایک ساتھ رکھتا ہے۔ نیوکلیئس کی ساخت جوہری خصوصیات میں تقریباً کوئی کردار ادا نہیں کرتی کیونکہ نیوکلیائی اتیجیت توانائیاں جوہری یا الیکٹرانک اتیجیت توانائیوں سے کئی درجے زیادہ ہوتی ہیں۔ حالت. تاہم، ہم جانتے ہیں، رتھر فورڈ، چاڈوک اور دیگر کے تجربات کی بنیاد پر، کہ نیوکلئس کی ساخت ہوتی ہے۔ ہمارا سوال یہ ہے کہ نیوکلئس کی ساخت اور نیوکلئس کی خصوصیات کا آپس میں کیا تعلق ہے؟

13.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- اس اکائی میں جوہری اجزاء پر بحث کی گئی ہے۔
- جوہری سائز اور شکلیں کو بیان کر سکیں گے۔

13.2 نیوکلیئر فزکس (Nuclear Physics)

نیوکلیئر فزکس، فزکس کا وہ شعبہ ہے جو ایٹم نیوکلی اور ان کے اجزاء اور تعاملات کا مطالعہ کرتا ہے۔ نیوکلئر فزکس کو اٹامک فزکس کے ساتھ الجھایا نہیں جانا چاہئے جو ایٹم کا مجموعی طور پر مطالعہ کرتی ہے بشمول اس کے الیکٹران، ایک نظم وضبط کے طور پر جوہری طبعیات کی تاریخ کا آغاز 1896ء میں ہنری باکیریل کے ذریعہ یورانیم کے نمکیات میں فاسفورس کی تحقیقات کے دوران ریڈیو ایکٹیویٹی کی دریافت سے ہوتا ہے۔ اس کے بعد کے سالوں میں خاصی طور پر میری اور پیشتری کیوری کے ساتھ ساتھ ارنسٹ رتھر فورڈ اور ان کے ساتھیوں نے ریڈیو ایکٹیویٹی کی بڑے پیمانے پر چھان بین کی گئی۔ صدی کے آغاز تک سائنس دانوں نے ایٹموں سے نکلنے والی تابکاری کی تین اقسام بھی دریافت کیں جنہیں انہوں نے الفا، بیٹا اور گاما تابکاری کا نام دیا۔

طبیعات میں 1903ء کا نوبل انعام باکرئیل کو انکی دریافت کے لئے اور میری اور پیٹر کیوری کو تابکاری کے بارے میں ان کی تحقیق کے لئے مشترکہ طور پر دیا گیا۔ رتھر فورڈ کو 1908ء میں کمیسٹری میں نوبل انعام سے نوازا گیا۔ اس اعلان کے پیچھے کلیدی تجربہ 1910ء میں مانچسٹر یونیورسٹی میں کیا گیا۔ ارنسٹ روتھر فورڈ کی ٹیم نے ایک قابل ذکر تجربہ کیا جس میں گیگر اور مارسڈن نے روتھر فورڈ کی نگرانی میں سونے کے ورق کی پتلی فلم پر الفا کے ذرات کو فائر کیا۔ 1911ء میں رتھر فورڈ کے اعداد وشمار کے تجزیے کے نتیجے میں ایٹم کا رتھر فورڈ ماڈل سامنے آیا جس میں ایٹم کا ایک بہت ہی چھوٹا اور بہت گہنا نیوکلیو تھا جس میں اس کے زیادہ تر کمیت پر مشتمل تھا اور توازن برقرار رکھنے کے لئے سرایت شدہ الیکٹرانوں کے ساتھ بھاری مثبت چارج والے ذرات پر مشتمل تھا۔

قدرتی طور پر چار بنیادی قوتیں موجود ہیں۔ آیئے ہم ان قوتوں کے بارے میں کچھ اور تکنیکی پن جانیں۔

1. مضبوط قوتیں(مضبوط ایٹمی قوت):

مضبوط تعامل بہت ہی مضبوط ہے لیکن بہت مختصر رینج کا ہے(تقریبا 10^{-15} میٹر ہے)۔ یہ نیوکلئی کے انعقاد کے لئے ذمہ دار ہے۔ ایٹموں کا ایک ساتھ ہونا یہ بنیادی طور پر کشش ہے لیکن بعض حالات میں مؤثر طریقے سے یہ قابل دفع ہو سکتا ہے۔ Mesons ہیں فورسس کیریئر نیوکلیوں (پروٹران اور نیوٹران)کی صورت میں اور Quarks کی صورت میں گلوئون(Gluons)قوت بردار ہیں۔ اس طرح پروٹان اور نیوٹران کے اندر موجود کوارک بھی مضبوط ایٹمی قوت کے تبادلے سے جڑے ہوتے ہیں۔ اس کی Relative طاقت 1 ہے ان کے لئے ٹیم فیرم 10^{-25} سکنڈ ہے۔ یہ تحفظ کے تمام اصولوں کی پابندی کرتا ہے۔Isospin(ایک فرضی تصور)اس قوت کا ذمہ دار ہے۔ یہ قوت چارج سے آزاد ہے پھر بھی Spin پر منحصر ہے اور یہ ہمیشہ Saturate ہوتی ہے۔

2. برقی مقناطیسی قوت(Electro-magnetic force):

برقی مقناطیسیت قوت برقی اور مقناطیسیت اثرات کا سبب بنتی ہے۔ جیسے ہمہ قسم کے چارجز کے درمیان قوت دفع یا بار میگنیٹ کا تعامل۔ یہ قوت طویل فاصلے تک ہے لیکن مضبوط قوت سے بہت کمزور ہے۔ یہ پر کشش ہو سکتا ہے یا پھر قوت دفع یہ صرف برقی چارج لے جانے والے مادے کے ٹکڑوں کے درمیان کام کرتا ہے۔ جس کی مثالیں بجلی، مقناطیست اور روشنی ہیں۔ یہ تمام اس قوت سے پیدا ہوتا ہے۔ اس کی Relative طاقت 0.01 کی ترتیب میں ہے۔ اس کے لئے ٹائم فریم 10^{-16} سے 10^{-21} سکنڈ ہے۔Isospin کے علاوہ تحفظ کے تمام اصول کی تعمیل کی جاتی ہے۔ چارج اس قوت کے لئے ذمہ داری ہے اور فوٹون قوت بردار ہیں۔

3. کمزور قوت(Weak Force):

کمزور قوت تابکار کشی اور نیوٹرینو تعامل کے لئے ذمہ دار ہے۔ اس کی ایک بہت ہی مختصر رینج ہے اور جیسا کر اس کا نام سے ظاہر ہوتا ہے ہے کہ یہ بہت کمزور ہے۔ کمزور قوت بیٹا کشی کا سبب بنتی ہے۔ یعنی نیوٹران کا پروٹون میں تبدیل ہونا، ایک الیکٹران اور ایک اینٹی نیوٹرینو اس کی Relative طاقت 10^{-10} کی ترتیب میں ہے۔ تعامل کا ٹائم فریم 10^{-7} سے 10^{-10} سکنڈ ہے۔ بہت سے تحفظ کے اصول کی خلاف ورزی کی جاتی ہے۔ سپین اس قوت کے لئے ذمہ دار ہے۔ ویکٹر بونز قوت بردار ہیں۔

4. کشش ثقل کی قوت(Gravitational Force):

کشش ثقل کمزور ہے، لیکن بہت لمبی رینج والی ہے۔ اس کے علاوہ یہ ہمیشہ پر کشش ہے۔ کائنات میں یہ ماس کے کسی

بھی دو ٹکڑے کے درمیان کام کرتا ہے۔ چونکہ کمیت اس قوت کے لئے ذمہ دار ہے۔ اس کی Relative طاقت 10^{-40} کی ترتیب میں ہے۔ یہ قوت ایک فرضی کشش ثقل کے ذریعہ (Mediated) ثالثی کی جاتی ہے۔

13.3 جوہری اصطلاحات (Nuclear Terminology)

نیوکلئی کی وضاحت کچھ یوں کی گئی ہے۔

Z: جوہری نمبر جو کہ پروٹون کی تعداد ہے۔

N: نیوٹران نمبر جو کہ نیوٹران کی تعداد ہے۔

A؛ ماس نمبر جو کہ نیوکلیون کی تعداد ہے $(A = 2 + N)$ ہم A کو نیوکلیون نمبر کے طور پر بھی حوالہ دیں گے۔

نیکلس پر چارج Ze ہے، جہاں 'e' الیکٹران برقی چارج کی مطلق قدر ہے۔ نیوکلئی کے ساتھ ان تینوں نمبروں نے جمع کو نیکولائنز بھی کہا جاتا ہے اور ${}_{Z}X^{A}$ لکھا جاتا ہے جہاں X کیمیائی علامت ہے۔ اسی طرح عنصر کے Z دوسرے نام یہ ہیں:

a. نیوکلائیڈ: ایک جوہری نوع
b. آئسوٹوپ: نیوکلئی جس میں پروٹون کو ایک جیسی تعداد ہوتی ہے۔ مثالیں ${}_{6}C^{12}$ اور ${}_{6}N^{13}$
c. آئسوٹون: نیوکلئی جس میں نیوٹران کی تعداد ایک جیسی ہوتی ہے۔ مثالیں ${}_{6}C^{12}$ اور ${}_{7}N^{13}$
d. آئسوبار: نیوکلئی جس کا ماس نمبر یکساں ہو۔ مثالیں ${}_{6}C^{14}$ اور ${}_{7}N^{14}$
e. آئسو مر: نیوکلئی جس میں پروٹان اور نیوٹران کی ایک جیسی تعداد لیکن مختلف توانائیوں کے ساتھ ۔ مثالیں ${}_{9}F^{19}$ اور $[{}_{9}F^{19}]^{\psi}$

اوپر کا ψ نشان دیکھیں دراصل یہ ظاہر کرتا ہے کہ مخصوص مرکزہ دوسری سے زیادہ توانائی کی سطح پر ہے۔

کچھ دیگر اہم اصطلاحات:

☆ اٹامک ماس یونٹ (amu): ایک جوہری ماس یونٹ کی وضاحت دراصل ${}_{6}C^{12}$ کے ایٹم کی ماس کا $1/12^{th}$ حصہ ہے۔ ایک amu پروٹوں ریسٹ ماس اور نیوٹران ریسٹ ماس کی اوسط ہے۔ یہ تقریباً $1.67377 \times 10^{-27} Kg$ ہے۔

اس لئے ایک $amu = 1.66054 \times 10^{-27}$ کلوگرام ہے۔ اس طرح یہ بھی یاد رکھیں کہ

پروٹون کا ماس: 1.007276 amu

نیوٹران کا ماس: 1.008665 amu

الیکٹران کا ماس: 0.00055 amu

13.4 ماس ڈیفیکٹ (Mass Defect)

ہم جانتے ہیں کہ مرکزہ (نیوکلئی) نیوٹرانوں اور پروٹانوں پر مشتمل ہوتا ہے۔ اس لئے اُمید کی جاتی ہے کہ نیوکلئس کی کمیت اس کے پروٹانوں پر نیوٹرانوں کے انفادی کمیتوں کو جمع کرنے کی مساوی ہوگی۔ لیکن نیوکلئس کے کمیت M ہمیشہ اس سے کم معلوم کی گئی ہے۔ مثلاً ہم مائع کمیت $_6O^{16}$ اس کے نیوکلئس میں δ پروٹان اور δ نیوٹران ہوتے ہیں۔ اس لئے

δ نیوٹرانوں کی کمیت $= 8 \times 1.008664 = 8.069284$

δ پروٹانوں کی کمیت $= 8 \times 10007274 = 8.058164$

δ الیکٹرانوں کی کمیت $= 8 \times 0.000554 = 0.00444$

اس لئے δ (نیوٹرانوں اور پروٹانوں کی کمیت $=16.127444$ ہے۔

$_8O^{16} = 8 \times 2.01593 = 8(1.00866 + 1.00727)$ ہوتی ہے۔

کمیت طیف بینی تجربات کے ذریعہ $_8O^{16}$ کی کمیت 15.994934 ہے۔

اس میں سے 8 الیکٹرانوں کی کمیت (8x0.000554) نفس کرنے سے ہمیں $_8C^{16}$ نیوکلس کی تجرباتی کمیت 15.990534 حاصل ہوتی ہے۔

چونکہ $(15.99493 - 0.0044 = 15.99053) \because$

اس طرح ہمیں حاصل ہوتا ہے کہ $_6O^{16}$ مرکزے (نیوکلس) کی کمیت، اس کے اجزاءے ترکیبی کی جملہ کمیت سے 0.136914 کم ہے۔ ایک نیوکلس کی کمیت اور اس کے اجزائے ترکیبی کی کمیت کے مابین فرق ΔM سے ظاہر کیا جاتا ہے اور اسکو کمیتی نقص (mass defect) کہا جاتا ہے اور یہ

$$\Delta M = \left[Zm_p + (A - Z)m_n\right] - M$$

13.5 بند شی توانائی (Binding Energy) بائنڈنگ توانائی

اگر ہم آکسیجن مرکزے کو 8 پراٹانوں اور 8 نیوٹرانوں میں توڑنا چاہیں تو یہ درکار توانائی ΔMc^2 مہیا کرنی ہوگی۔ اس درکار توانائی کا ماس ڈیفیکٹ سے رشتہ ہے جو کہ

$$E_B = \Delta MC^2$$

اگر نیوٹرانوں اور پروٹانوں کی ایک مخصوص تعداد کو ایک دوسرے کے ساتھ لاکر ایک مخصوص چارج اور ایک مخصوص کمیت کا ایک مرکزہ تشکیل دیا جائے تو اس عمل میں توانائی E_B خارج ہوگی۔ توانائی E_B مکرزے کی بند شی توانائی (B.E) کہلاتی ہے۔

اگر ہم ایک نیوکلس کے اجزائے ترکیب کو علیحدہ علیحدہ کرنا چاہیں تو ہمیں ان حصوں کو E_B کے مساوی جملہ توانائی مہیا کرنی ہو گی۔

نیوکلئس کے اجزائے ترکیبی کے مابین بندشی کا ایک زیادہ کار آمد ناپ بندشی توانائی فی نیوکلیائی ذرہ E_{Bn} ہے جو کہ ایک نیوکلس کی بندشی توانائی اور اس نیوکلس میں نیوکلیائی ذرات کی تعداد 'A' کی نسبت ہے۔

$$E_{bn} = {}^{E_B}/_{A}$$

ہم بندشی توانائی فی نیوکلیائی ذرہ کو اس طرح کہہ سکتے ہیں کہ یہ ایک نیوکلس کو اس کے انفرادی نیوکلیائی ذرات میں علیحدہ کرنے کے لئے درکار اوسط توانائی فی نیوکلیائی ذرہ ہے۔

13.6 جوہری استحکام (Nuclear Stability)

یہ ایک ایسا تصور ہے جو جوہری عناصر کے استحکام کی شناخت میں مدد کرتا ہے۔ مثال کے طور پر آئسوٹوپ میں مختلف کثرت ہو سکتی ہے یعنی انکا استحکام مختلف طریقوں سے مختلف ہے۔ جوہری استحکام کا تعین کرنے والے اہم عوامل یہ ہیں۔

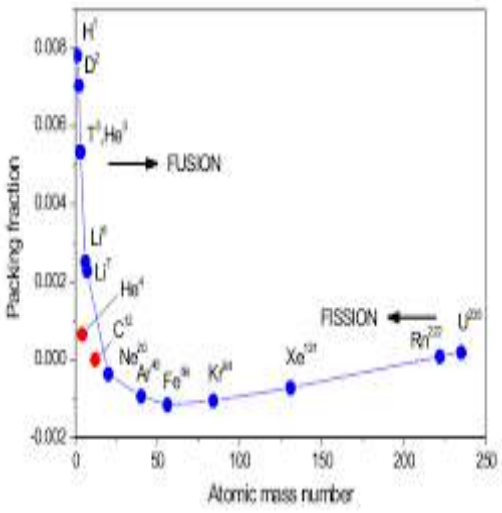
1. نیوٹران۔ پروٹون کا تناسب
2. نیوکلئس کا پیکینگ حصہ
3. بندشی توانائی فی یونٹ نیوکلیون

1. **نیوٹران۔ پروٹون کا تناسب:** نیوٹران۔ پروٹان کا تناسب (N/Z تناسب یا جوہری تناسب) ایک جوہری نیوکلئس کے نیوتران کی تعداد اور اس کے پروٹانوں کی تعداد کا تناسب ہے جو اس بات کا تعین کرنے کے لئے ایک اہم عنصر ہے کہ آیا ایک نیوکلئس مستحکم ہے۔ (Z<20) والے عناصر ہلکے ہوتے ہیں اور ان عناصر کے مرکزے (نیکو کلئس) 1:1 کا تناسب اور مستحکم اور قدرتی طور پر پائے جانے والے نیوکلئی کے درمیان پروٹان اور نیوٹران کی ایک ہی مقدار کو ترجیح دیتے ہیں لیکن بھاری نیوکلئی کے لئے یہ تناسب عام طور پر جوہری تعداد کے بڑھنے کے ساتھ بڑھتا ہے۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ فاصلہ کے فرق کے ساتھ پروٹون کے درمیان برقی ارتکاز قوتیں مضبوط جوہری قوت کی کشش سے زیادہ ہوتی ہیں خاص طور پر بڑے نیوکلئی میں پروٹون کے زیادہ تر جوڑے کافی ہوتے ہیں پھر برقی پسپائی مضبوط ایٹمی قوت پر حاوی ہو جاتی ہے اور اس طرح عدم استحکام بڑھ جاتا ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ اگر نیوکلس کو ابھی تک پکڑے رہنا ہے تو زیادہ تعداد نیوٹران کی ضرورت صرف نیوکلئر کور میں پرکشش قوتوں کی زیادہ تعداد دینے کے لئے ہو گی کیوں کہ نیوٹران چارج لیس ہوتے ہیں۔ اس طرح، بھاری نیوکلئس کے لئے N/2 تناسب اسے زیادہ ہو جائے گا۔ آگے والا گراف وہی ہے جو میں کہہ رہا ہوں۔

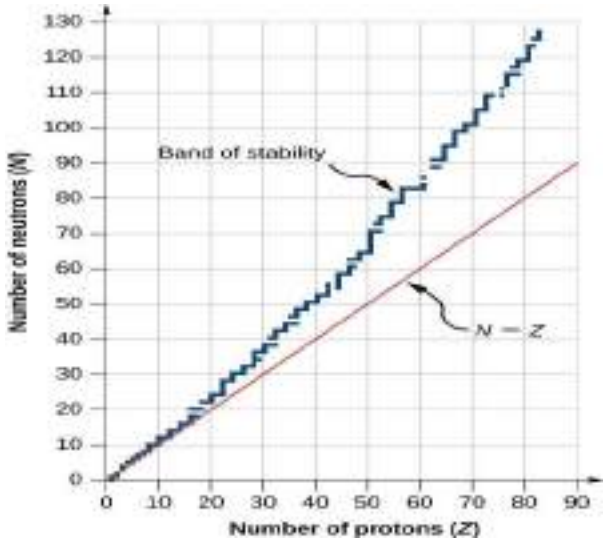
13.7 پیکنگ فریکشن (Packing Fraction)

اس کی تعریف ماس ڈیفیکٹ فی یونٹ نیوکلیون کے طور پر کی گئی ہے۔ پیکنگ فریکشن کی قدر نیوکلیون کا نیوکلئس کے ساتھ پیکنگ کے طریقے پر منحصر ہے۔ اس کی قدر منفی، مثبت یا صفر بھی ہو سکتی ہے۔ ایک مثبت پیکنگ کا حصہ عدم استحکام کی طرف رجحان کو بیان کرتا ہے۔ ایک منفی پیکنگ فریکشن کا مطلب ہے کہ آئسوٹوپک ماس اصل ماس نمبر سے کم ہے جو نیکوکلس کے استحکام کی نشاندہی کرتا ہے۔ گراف سے یہ ظاہر ہوتا ہے کہ 200 سے آگے ماس نمبر پر پیکنگ فریکشن مثبت ہو جاتا ہے اور ماس نمبر میں اضافے کے ساتھ بڑھتا ہے۔ عام طور پر کم پیکنگ فریکشن کے لئے بہتر اور زیادہ بندشی توانائی فی نیوکلیون اور اس لئے استحکام زیادہ ہے۔ ریاضیاتی طور پر اس کی تعریف کچھ یوں کی گئی ہے۔

$$P_f = \frac{\text{آئسوٹوپک ماس - ماس نمبر}}{\text{ماس نمبر}} \times 10^4$$



شکل (13.1)

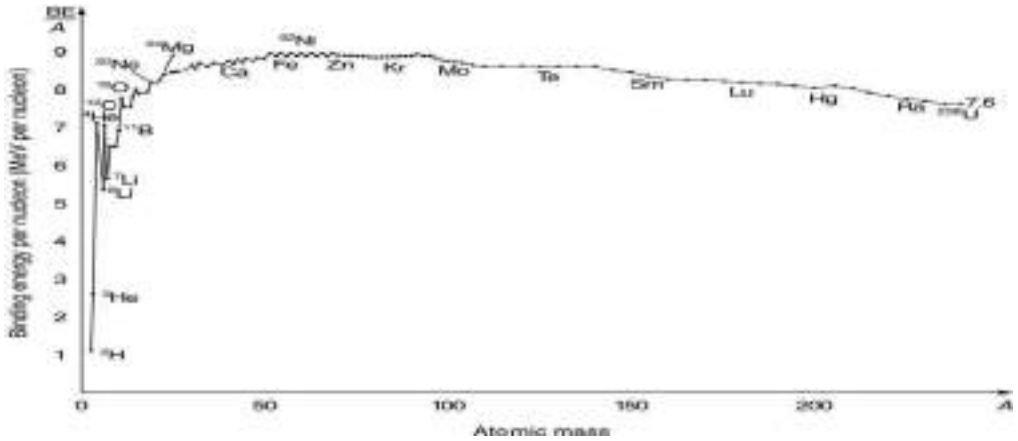


شکل (13.2)

13.8 بندشی توانائی فی یونت نیوکلیون (Binding Energy per unit Nucleons)

بائنڈنگ انرجی کروکل: نیوکلئیر بائنڈنگ انرجی کو نیوکلیون کی تعداد سے تقسیم کر کے حاصل کیا جاتا ہے۔ تاہم بائنڈنگ انرجی کی اصطلاح، ایک الجھاؤ والی ہے کیوں کہ آپ نے اکثر سوچا ہو گا جس کا مطلب ہے کہ نیوکلیون کو ایک ساتھ باندھنے کے لئے توانائی کی ضرورت ہوتی ہے۔ جیسا کہ کیمیائی بانڈز کے ساتھ ہوتا ہے۔ یہ حقیقت کے برعکس ہے۔ بانڈز کو توڑنے کے لئے توانائی کی ضرورت ہوتی ہے۔ لیکن ہمارے لئے یہ دراصل نیوکلس کے استحکام کا پیمانہ ہے فی نیوکلیون کی بائنڈنگ انرجی جتنی زیادہ ہو گی، نیوکلس اتنا

ہی مستحکم ہو گا اور نیوکلیون کو نیوکلس سے ہٹانے کے لئے اتنا ہی زیادہ کام کرنا ہو گا۔ اگلا گراف متواتر ٹیبل میں بیٹھے تمام نیوکلیون کے لئے بائنڈنگ انرجی / ماس نمبر کا پیٹرن دکھاتا ہے۔



شکل(13.3)

گراف کی اہم خصوصیات:

i. ہلکے نیوکلی کو چھوڑ کر، فی نیوکلیون کی اوسط بند شی توانائی تقریباً 8 MeV ہے۔

ii. زیادہ سے زیادہ بند شی توانائی فی نیوکلیون، ماس نمبر A=50 کے قریب ہوتی ہے۔ اور سب سے زیادہ مستحکم نیوکلی سے مساوی ہوتی ہے۔ آئرن نیوکلس Fe^{56} گراف میں چھوٹی کے قریب واقع ہے۔ جس کی بند شی توانائی فی نیوکلیون کی قدر تقریباً 8.8 MeV ہے۔ یہ سب سے زیادہ مستحکم نیوکلائڈزس سے ایک ہے جو موجود ہے۔

iii. بہت کم یا بہت زیادہ ماس نمبر والے نیوکلی میں بند شی توانائی فی نیوکلیون کم ہوتی ہے اور وہ مستحکم ہوتے ہیں کیونکہ فی نیوکلیون بائنڈنگ انرجی جتنی کم ہوتی ہے، نیوکلس کو اس کے جزو نیوکلیون میں الگ کرنا اتنا ہی آسان ہوتا ہے۔

13.9 نیوکلئیر کی بناوٹ(Nuclear Structure)

نیوکلس کا نصف قطر اچھی طرح سے بیان نہیں کیا گیا ہے کیونکہ ہم کسی نیوکلس کو دیئے گئے نصف قطر کے ساتھ ایک سخت کرہ کے طور پر بیان نہیں کر سکتے تاہم ہمارے پاس اب بھی اس حد کے لئے ایک عملی تعریف ہو سکتی ہے جس پر نیوکلس کے اندر نیوکلیون کی کثافت ہوتی ہے۔ بہت سے تجرباتی حالات کے لئے ایک کرہ کے ہمارے سادہ ماڈل کا تخمینہ لگائیں جس میں وہ فارمولا جو نیوکلس کے نصف قطر کو ماس نمبر 'A' سے جوڑتا ہے۔ وہ تجرباتی نصف قطر فارمولا ہے۔:

$$R = R_0 A^{1/3}$$

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi Ro^3 A$$

$$\therefore Volume = \frac{4}{3}\pi Ro^3 A$$

اس لئے کثافت $$\frac{1}{\frac{4}{3}\pi Ro^3} = \frac{A}{\frac{4}{3}\pi Ro^3 A} = p$$

جو کہ ایک مستقل ہے۔اور جہاں $R_0 = 1.12\ fm$ اور $1fm = 10^{-15}m$

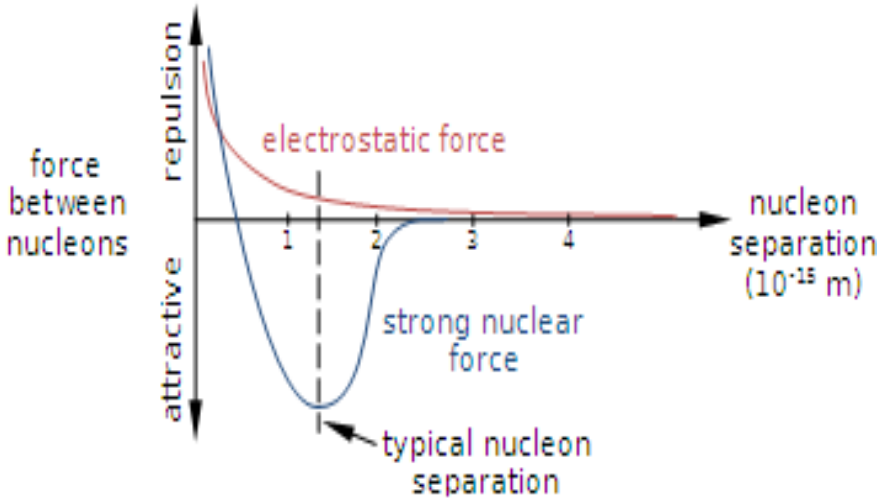
حسابی سوال:ثابت کرو کہ تمام نیوکلی کے لئے کثافت ایک مستقل ہے۔

ہم جانتے ہیں کہ $R = R_0 A^{1/3}$

جو کہ ایک مستقل ٹرم ہے۔یہ کہہ سکتے ہیں تمام نیوکلئی کے لئے کثافت ایک مستقل ہے۔

13.10 نیوکلئی قوت (Nuclear Force)

وہ قوت جو جوہری الیکٹرانوں کی حرکت کو متعین کرتی ہے۔جانی پہنچانی کولمب قوت ہے۔ہم جانتے ہیں کہ اوسط کمیت کے نیوکلس کے لئے بندشی توانائی فی نیوکلیون تقریباً 8 MeV ہوتی ہے جو کہ جوہروں میں بدنشی توانائی سے کہیں زیادہ ہے۔اس لئے ایک نیوکلس میں نیوکلیائی ذرات کو ایک ساتھ بندھا رکھنے کے لئے بالکل مختلف قسم کو ایک طاقتور کششی قوت کا ہونا ضروری ہے۔اسے اتنا طاقت ور ہونا چاہئے کہ پروٹانوں کے درمیان دفع پر قابو پاسکے اور پروٹانوں اور نیوٹرانوں کو ایک مختصر نیوکلیائی حجم میں بندھا رکھ سکے۔یہ خاصتیں ان مختلف تجربات کے نتائج سے حاصل ہوتی ہیں جو 1930 سے 1950 تک کئے گئی ہیں۔



شکل(13.4)

(i) نیوکلی قوت،برقی بار کے درمیان کام کر رہی کولمب یا کمیتوں کے درمیان کام کر رہی تجاذبی کشش قوتوں کے مقابلے میں بہت زیادہ طاقت ور ہوتی ہے۔نیوکلس کے اندر،نیوکلئی بندشی قوت کو پروٹانوں کے درمیان کولمب دفع پر حاوی آنا ضروری ہے۔

ایسا صرف اس لئے ہوتا ہے کہ نیوکلیئی قوت، کولمب قوت کے مقابلے میں کہیں زیادہ طاقت ور سطح تجاذبی کشش قوت، کولمب قوت سے بھی کمزور ہے۔

(ii) دو نیوکلئی ذرات کے درمیان نیوکلئی قوت، ان کے درمیان چند فیمٹو میٹرس سے زیادہ فاصلے ہونے پر تیزی سے صفر ہو جاتی ہے۔ اس کی وجہ سے ایک اوسط یا بڑی جسامت کے نیوکلس میں قوتوں کی سیر شدگی عمل میں آتی ہے جو کہ بندشی توانائی فی نیوکلیون کی مستقلیت کی وجہ ہے۔ دو نیوکلس کے درمیان وضعی توانائی بطور ان کے درمیانی فاصلے کے تفاعل کی ایک گراف (شکل نمبر:13.4) میں دکھلائی گئی ہے۔ وصفی توانائی کی اقل ترین قدر تقریباً 0.8 fm فاصلے ro پر حاصل ہوتی ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ قوت 0.8 fm سے زیادہ کے فاصلوں کے لئے کشش ہے اور اگر نیوکلس کے درمیان فاصلہ 0.8 fm سے کم ہو تو یہ دفاعی ہے۔

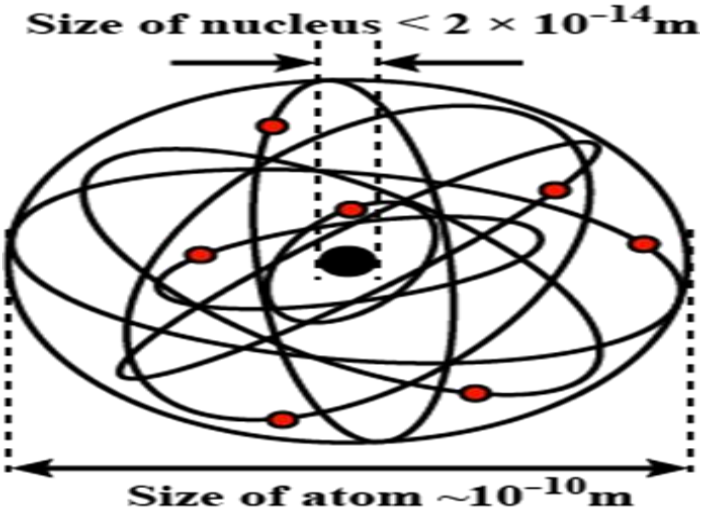
13.11 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

ایٹم کے نیوکلئس کے سائز کا ایٹم کے ساتھ موازنہ کریں۔

حل: دیا گیا ہے کہ

ایک ایٹم کا مرکزہ تقریباً 10^{-15} میٹر سائز کا ہوتا ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ یہ پورے ایٹم کے سائز کا تقریباً 10^{-5} (یا 1/100,000) ہے۔ نیوکلئس کا ایٹم سے اچھا موازنہ ریس ٹریک کے بیچ میں مٹر کی طرح ہے۔ (10^{-15} میٹر چھوٹے نیوکلی کے لیے عام ہے؛ بڑے اس سے تقریباً 10 گنا بڑھ جاتے ہیں۔)



شکل (13.5)

حل شدہ مثال2

(a Avogadro کے نمبر سے u 1 کی قدر کا حساب لگائیں۔

(b 1u کے مساوی توانائی کا تعین کریں۔

حل: دیا گیا ہے کہ

C12 کے ایک تل کا وزن 12 جی ہے اور اس میں ایو گاڈرو کا نمبر، NA، ایٹم ہے۔

تعریف کے مطابق، ہر C12 کا ماس u 12 ہے۔

اس طرح، 12 جی 12 این اے یو سے مساوی ہے جس کا مطلب ہے۔

u1= ایٹمی نیوکلئس

یا u 1 = 1.66056 × 10−27 کلو گرام

(b) آئن سٹائن کے تعلق سے $E = mc^2$

$\therefore E = (1.66056 \times 10^{-27})(3 \times 10^8)^2 = 1.4924 \times 10^{-10}$ J

چونکہ 1 $eV = 1.6 \times 10^{-19}$ J

$\therefore E = 931.5$ MeV

لہذا 1 u = 931.5 MeV

نیوکلئس کی شکل تقریباً کروی ہے اور اس کا رداس تقریباً بڑے پیمانے پر تعداد سے متعلق ہے۔

$R \approx 1.2\ A^{1/3}$ fm

جہاں 1 فرمی (ایف ایم) = 10^{-15} میٹر

حل شدہ مثال3

آکسیجن نیوکلئس O^{16}_{8} کی بڑے پیمانے پر کثافت معلوم کریں۔

حل: دیا گیا ہے کہ

حجم V= ایٹمی نیوکلئس = 1.16×10^{-43} m3

آکسیجن ایٹموں کا ماس (A = 16) تقریباً u 16 ہے۔

لہذا، کثافت $\rho = m/v$ ہے۔

یا ρ = ایٹمی نیوکلئس = 2.3 × 1017 kg/m3

یہ پانی کی کثافت سے 1014 گنا زیادہ ہے۔

حل شدہ مثال 4

جوہری مادے کی کثافت کتنی ہے؟

حل: دیا گیا ہے کہ

کثافت ρ وہ کمیت ہے جسے حجم سے تقسیم کیا جاتا ہے۔

ایک نیوکلئس کا کمیت ایک نیوکلیون کے بڑے پیمانے پر A گنا ہے، mnucleon ~ 1.6*10−27 kg۔

حجم (3/4) π R3 ہے، R = R0A1/3 کے ساتھ۔

A نیوکلیون کی تعداد ہے۔

حساب کی تفصیلات:

ρ = mnucleon/((4/3) π R03) ~ 2*1017 kg/m3 ۔

اس کا موازنہ عام مادے کی کثافت سے کریں۔ پانی کی کثافت، مثال کے طور پر 1 kg/(10 cm)3 = 1000 kg/m3۔

13.12 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- ایٹم الیکٹرانوں پر مشتمل ہوتے ہیں جو مرکز میں گھنے مثبت چارج والے علاقے سے جڑے ہوتے ہیں، جسے نیوکلئس کہتے ہیں، جو ذیلی ایٹمی ذرات - پروٹون اور نیوٹران پر مشتمل ہوتا ہے۔
- جوہری بناوٹ پہلی بار ارنسٹ ردرفورڈ نے 1911 میں سونے کے ورق کے تجربے کی بنیاد پر دریافت کیا تھا۔
- پروٹان اور نیوٹران بنیادی مضبوط قوت کے ذریعہ ایک ساتھ رکھے جاتے ہیں، جو پروٹون کے درمیان الیکٹرو اسٹاٹک ریپلشن کا مقابلہ کرتی ہے۔
- نیوکلئس کا عام رداس ارد گرد سے ہوتا ہے۔
- ایک ایٹم کی الیکٹران کی ساخت اس کی کیمیائی خصوصیات کا تعین کرتی ہے، ایک الیکٹران کی ممکنہ حالتوں کے ساتھ چار کوانٹم نمبروں کی خصوصیت
- الیکٹران دونوں سطحوں کے درمیان توانائی کے فرق کے برابر توانائی کے ساتھ برقی مقناطیسی تابکاری کو خارج کرکے / جذب کرکے توانائی کی سطحوں کے درمیان منتقلی کرسکتے ہیں۔
- الیکٹران 'بادل' وہ علاقے ہیں جہاں نیوکلئس کے ارد گرد الیکٹران پائے جانے کا زیادہ امکان ہوتا ہے۔

13.13 کلیدی الفاظ (Keywords)

- ایک ایٹم کا سائز تقریباً 10-10 میٹر یا 10-8 سینٹی میٹر ہوتا ہے۔ ایٹم کا سائز ایٹم کے مرکز کے مرکز اور اس کے سب سے باہر کے خول کے درمیان فاصلے کے طور پر ماپا جاتا ہے۔ مختلف عناصر کے ایٹم سائز میں مختلف ہوتے ہیں لیکن تمام ایٹموں کے لیے 10-10 میٹر کو کچا سائز کا تخمینہ سمجھا جاتا ہے۔
- ایٹم ایک انتہائی چھوٹے، مثبت چارج شدہ نیوکلئس پر مشتمل ہوتے ہیں جو منفی چارج شدہ الیکٹرانوں کے بادل سے گھرا ہوتا ہے۔ اگرچہ عام طور پر نیوکلئس ایٹم کے حجم کے دس ہزارویں حصے سے کم ہوتا ہے، لیکن نیوکلئس ایٹم کی کمیت کا 99.9٪ سے زیادہ پر مشتمل ہوتا ہے۔

13.14 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

13.14.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. رتھر فورڈ کا α -ذرہ بکھرنے کا تجربہ _____ کی دریافت کا باعث بنا۔
2. آاسوٹوپس میں ایک ہی _____ لیکن مختلف _____ ہوتے ہیں۔
3. نیون اور کلورین کے جوہری نمبر بالترتیب 10 اور 17 ہیں۔ ان کی قدریں بالترتیب _____ اور _____ ہوں گی۔
4. سلیکون کی الیکٹرانک ترتیب _____ ہے اور سلفر کی _____ ہے۔
5. _____ نے الیکٹران کو دریافت کیا۔

(a) چاڈوک

(b) ردر فورڈ

(c) تھامسن

(d) گولڈ سٹین

6. کسی عنصر کی کون سی خاصیت اس کے کیمیائی رویے کا تعین کرتی ہے؟

(a) کسی عنصر کی توازن

(b) ایک عنصر کا سائز

(c) عنصر کا مولر ماس

(d) مندرجہ بالا میں سے کوئی نہیں۔

7. _____ تابکار عنصر ہے جو کینسر کے علاج میں استعمال ہوتا ہے۔

(a) آیوڈین -131

(b) یورینیم-234

(c)پلوٹونیم-239

Cobalt-60(d)

13.14.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. کوئی بھی دو مشاہدات لکھیں جو اس حقیقت کی تائید کرتے ہیں کہ ایٹم قابل تقسیم ہیں۔
2. ایک عنصر X کے نیوکلئس میں موجود نیوٹران کی تعداد کا حساب لگائیں جسے X1531 کے طور پر دکھایا گیا ہے۔
3. ایٹم نیوکلئس کی ساخت کی وضاحت کریں اور ایٹم کی خصوصیات کے تعین میں اس کی اہمیت کی وضاحت کریں۔
4. وضاحت کریں کہ نیوکلئس کو ایٹم کا مرکزی مرکز کیوں سمجھا جاتا ہے اور اس کے اجزاء کے ذرات، پروٹون اور نیوٹران کے رشتہ دار ماس پر بحث کریں۔
5. ایٹم کے رداس اور اس کے نیوکلئس کے رداس کے درمیان فرق کی وضاحت کریں۔ ہر ایک کے لیے عددی اقدار فراہم کریں۔
6. نیوکلئس ایٹم کے زیادہ تر بڑے پیمانے پر کیوں ہوتا ہے، حالانکہ الیکٹران ایٹم کے اندر ایک اہم حجم لیتے ہیں؟
7. "نیوکلیون" کی اصطلاح کی وضاحت کریں اور جوہری نیوکلئس میں پائے جانے والے دو قسم کے نیوکلیون کی شناخت کریں۔
8. کالم A میں دیے گئے سائنسدانوں کے ناموں کو جوہری بناوٹیں کی تفہیم کے لیے ان کی شراکت کے ساتھ جوڑیں جیسا کہ کالم B میں دیا گیا ہے۔

(A)	B
(a) Ernest Rutherford	(i) Indivisibility of atoms
(b) J.J.Thomson	(ii) Stationary orbits
(c) Dalton	(iii) Concept of the nucleus
(d) Neils Bohr	(iv) Discovery of electrons
(e) James Chadwick	(v) Atomic number
(f) E. Goldstein	(vi) Neutron
(g) Mosley	(vii) Canal rays

13.14.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. ہائیڈروجن ایٹم اور اس کے نیوکلئس کے ریڈیائی کا تناسب ~105 ہے۔ ایٹم اور نیوکلئس کو کروی تصور کرتے ہوئے،
   (i) ان کے سائز کا تناسب کیا ہوگا
   (ii) اگر ایٹم کو سیارہ زمین 'Re' = 6.4 × 106m سے ظاہر کیا جائے تو نیوکلئس کے سائز کا اندازہ لگائیں۔

13.14.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. ماس نمبر A کے ساتھ نیوکلئس کی کثافت کا حساب لگائیں۔
2. درج ذیل ڈیٹا کا استعمال کرتے ہوئے He42 نیوکلئس کی بائنڈنگ انرجی کا حساب لگائیں: ہیلیم ایٹم کا جوہری ماس، MA (He) = 4.00260 u اور ہائیڈروجن ایٹم کا، mH = 1.00785u۔
3. Pu238 نیوکلئس کا رداس تلاش کریں۔ Pu238 ایک تیار کردہ نیوکلائڈ ہے جو کچھ خلائی تحقیقات پر طاقت کے منبع کے طور پر استعمال ہوتا ہے۔ میں 238 نیوکلیون پر مشتمل ہے۔
4. Fe56 نیوکلئس کا قطر معلوم کریں۔

13.15 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th} & 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
8. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya

اکائی14۔ نیوکلئیر ماڈلس

(Nuclear Models)

اکائی کے اجزا

14.0		تمہید
14.1		مقاصد
14.2		نیوکلئس کا مائع ڈراپ ماڈل
14.3		بیتھی ویزاکر سمی۔ تجرباتی ماس فارمولا
14.4		نیوکلئس کا مائع ڈراپ ماڈل
14.5		حل شدہ مثالیں
14.6		اکتسابی نتائج
14.7		کلیدی الفاظ
14.8		نمونہ امتحانی سوالات
	14.8.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
	14.8.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
	14.8.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
	14.8.4	غیر حل شدہ سوالات
14.9		تجویز کردہ اکتسابی مواد

14.0 تمہید (Introduction)

فزکس اور کیمسٹری میں، بائنڈنگ انرجی ذرات کے نظام سے کسی ذرے کو ہٹانے یا ذرات کے نظام کو انفرادی حصوں میں جدا کرنے کے لیے درکار توانائی کی سب سے چھوٹی مقدار ہے۔ سابقہ معنی میں یہ اصطلاح بنیادی طور پر کنڈینسڈ مادے کی طبیعیات، جوہری طبیعیات اور کیمسٹری میں استعمال ہوتی ہے، جب کہ جوہری طبیعیات میں علیحدگی توانائی کی اصطلاح استعمال ہوتی ہے۔ بائنڈنگ دو ذرات کو ایک ساتھ جوڑنے کا بھی حوالہ دے سکتی ہے، جیسے کہ فاگوسائٹوسس اور پیتھوجین بائنڈنگ (جوڑنا) ایک ساتھ تاکہ فگوسائٹوسس روگزن کو تباہ کر دے۔ ایک پابند نظام عام طور پر اس کے غیر پابند اجزاء سے کم توانائی کی سطح پر ہوتا ہے۔ نظریہ اضافیت کے مطابق، نظام کی کل توانائی میں ΔE کمی کے ساتھ کل کمیت میں Δm کمی ہوتی ہے، جہاں $\Delta E = \Delta mc2$ ۔

چاڈوک (Chadwick) نے 1932ء میں نیوٹران کی دریافت کی، جس کی بنیاد پر مرکزے کی ہئیت ترکیبی (constitution) کو اچھی طرح سے سمجھا جاسکا۔ اگر A ایک مرکزے کا کمیتی عدد (mass number) اور Z اس کا جوہری عدد (atomic number) ہو تو مرکزے کے اندر Z عدد پروٹان اور (A−Z) عدد نیوٹران موجود ہوتے ہیں۔ ڈیوٹیران (Deuteron) کی بلند قائمیت (stability) یہ ظاہر کرتی ہے کہ پروٹان اور نیوٹران اور نیوٹران اور نیوٹران کے درمیان کشتی قوت ہوتی ہے۔ نیوکلیائی قوتوں کی صحیح نوعیت کو مکمل طور پر اب تک نہیں سمجھا جاسکا۔ جیسے جیسے مکرزے کے درمیان فاصلہ کم ہوتا ہے جاتا ہے۔ کششی قوت میں اضافہ ہوتا ہے لیکن جب علاحدگی کا فاصلہ مرکزے کے قطر کے مساوی یا اس سے زیادہ ہوجاتا ہے تو قوت کشش بن انتہاد فعی (repulsive) بن جاتی ہے۔ یہ فرض کیا جاتا ہے کہ نیوکلیائی قوت چکر کھانے (spin) پر منحصر ہوتی ہے۔ یہ مکمل طور پر مرکزی نہیں ہوتی بلکہ کچھ حد تک چکر کھانے کے محور اور دو مرکزوں کو جوڑنے والے خط کے درمیان زاویے پر منحصر ہوتی ہے۔ یہ فرض کیا جاتا ہے کہ نیوکلیائی قوتیں بھرن (charge) پر منحصر نہیں ہوئیں۔ بندشی توانائی فی نیو کلیان کا تقریباً مستقل پن (consistence) یہ ظاہر کرتا ہے کہ قوتیں لازمی طور پر سیر ہونے (saturate) کی خصوصیت رکھتی ہیں۔ لیکن نیوکلیائی قوتوں کی چھوٹی رینج (short range) نوعیت مذکورہ بالا خصوصیت کو خارج از بحث کر دیتی ہے۔

مرکزے کی بندھنی توانائی سے اس کے کمیتی عدد کے ساتھ محاصبیت (proportionality) کی توجہہ کے لیے یہ فرض کیا جاتا ہے کہ دو مرکزوں کے درمیان نیوکلیائی قوت یا اس قوت کا ایک جز کبھی کبھار کشش اور کبھی دفع ہوتا ہے جس کا انحصار ایک دوسرے کے لحاظ سے مرکزوں کی حالت پر ہوتا ہے۔ یعنی یہ فرض کیا جاتا ہے کہ نیوکلیائی قوتیں تبادلے (exchange) کی قوتیں ہوتی ہیں۔ یوکاوا (Yukawa) نے نیوکلیائی قوتوں کا میان (meson) کلیہ پیش کیا جس کے سابق مرکزائی ذرات میان کا تبادلہ کرتے ہوئے باہم تعامل (interact) کرتے ہیں اور مرکزائی زرات کے درمیان میانوں کا ایک میدان موجود ہوتا ہے۔ نیوکلیائی قوتوں کی مختصر نوعیت کی وضاحت کے لیے مختلف قسم کے قوہ (potentials) جیسے موج کنویں (square wall)، قوت نما (exponential)، گاؤشین (Gaussian) اور یوکاوا (Yukawa) کو نیوکلیائی قوہ کے طور پر تجویز کیا گیا ہے۔ یہ مفروضہ کہ نیوکلیائی قوتیں بھرن پر

منحصر نہی ہوئیں۔ پست توانائیوں کے تجربات میں نیوکلیائی آلہ کے انتشار کی وضاحت کے لیے درست ثابت ہوتا ہے لیکن بلند توانائی کے انتشار کے ضمن میں یہ مفروضہ تجربی مشاہدات کی وضاحت میں ناکام ہو جاتا ہے۔

نیوکلیئر ماڈلس کو ہم دو گروپس میں تقسیم کر سکتے ہیں۔ پہلے گروپ میں بنیادی مفروضہ یہ ہے کہ پروٹون اور نیوٹران ایک دوسرے کے ساتھ جڑے ہوئے ہیں اور باہمی تعاون کے ساتھ اس طرح برتاؤ کرتے ہیں جو انکے درمیان مختصر فاصلے کی مضبوط جوہری قوت کی عکاسی کرتا ہے۔ جنہیں مضبوط تعامل یا شماریاتی ماڈل کہا جات اہے۔ مائع ڈراپ ماڈل اور مرکب نیوکلس ماڈل اس گروپ کی مثالیں ہیں۔ دوسرے گروپ میں بنیادی مفروضہ یہ ہے کہ انفرادی ذرات کے درمیان بہت کم یا کوئی تعامل نہیں ہوتا ہے۔ جو نیوکلئی کو تشکیل دیتے ہیں۔ ہر ایک پروٹون اور نیوٹران اپنے اپنے مدار میں حرکت کرتا ہے اور ایسا برتاؤ کرتا ہے جیسے دوسرے جوہری ذرات غیر فعال شریک ہوں۔ جنہیں آزاد پارٹیکل ماڈلس کہتے ہیں۔ شیل ماڈل اور اس کی مختلف شکلیں اس گروپ میں آتی ہیں۔ دوسرے جوہری ماڈلس دونوں گروپس کے پہلوؤں کو شامل کرتے ہیں۔ جیسا کہ Aage Bohr (نیل بوہر کے فرزند) کی طرف سے پیش کردہ اجتماعی ماڈل، جو شیل ماڈل اور مائع ڈراپ ماڈل کا مجموعہ ہے۔

تاہم آپٹیکل ماڈل ایک مخصوص ماڈل ہے جہاں نیوکلس کو پیچیدہ ریفریکٹیو انڈکس والے میڈیم کے طور پر مانا جاتا ہے۔

جہاں تک آپ کے نصاب کا تعلق ہے ہم بنیادی طور پر نیوکلس کے مائع ڈراپ ماڈل اور شیل ماڈل کا مطالعہ کریں گے۔

14.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- اس اکائی میں نیوکلیائی بندشی توانائی کے لیے ضابطہ اخذ کیا گیا ہے۔ مرکزے کی قائمیت (stability) کی توجہ کے لیے نیوکلیائی بندشی توانائی کی اہمیت پر بحث کی گئی ہے۔

اس اکائی کے مطالعے کے بعد:

- آپ اس قابل ہو جائیں گے کہ نیوکلیائی بندشی توانائی کی بنیاد پر مرکزے کی قائمیت کی وضاحت کر سکیں۔
- آپ اس قابل ہو جائیں گہ کہ مختلف اقسام کے نیوکلیائی تعاملات کی نوعیت کو بیان کر سکیں۔

14.2 نیوکلئس کا مائع ڈراپ ماڈل (Nucleus Liquid Drop Model)

نیوکلئس کا مائع ڈراپ ماڈل: نیوکلیئر فزکس میں مائع ڈراپ ماڈل نیوکلس کو بہت زیادہ کثافت کے غیر کمپریسیبل (Incompressible) نیوکلیئر سیال کے قطرے کے طور پر پیش کرتا ہے۔ اسے سب سے پہلے 1935ء میں جارج گاموو نے ویزساچر کے ساتھ تجویز پیش کیا تھا جنہوں نے کچھ تجرباتی شواہد کو تسلیم کیا ہے اور مائع قطرے کے ساتھ نیوکلس کی مماثلت پائی ہے اور پھر بعد میں Neils Bohr اور John Wheeler نے اسے تیار کیا۔ انہوں نے اس ماڈل کے حق میں جو جواز پیش کیا ہے وہ درج ذیل ہیں:

i. مائع کے ایک قطرے میں موجود سالمات کی طرح، نیوکلیئرنز کو ایک دوسرے کے ساتھ مضبوطی سے تعامل کرنے کا تصور کیا جاتا ہے۔

ii. جس طرح مائع مالیکیول تھرمل تحریک کی وجہ سے ایک دوسرے سے ٹکرا سکتے ہیں۔ اسی طرح ایک دیا ہوا نیوکلین جوہری اندرونی حصے میں دوسرے نیوکلینوں سے اکثر ٹکرا جاتا ہے۔ اس کا اوسط آزاد راستہ جب یہ جوہری نصف قطر سے کافی کم ہوتا ہے۔

iii. مائع ڈراپ کو غیر کمپریسیبل سمجھا جاتا ہے جس کا مطلب ہے کہ اس کی کثافت کو اس طرح تبدیل نہیں کیا جاسکتا ہے جیسے نیوکلس کا معاملہ بھی ہے جہاں نیوکلئس کی کثافت تمام نیوکلینوں کے لئے مستقبل ہوتی ہے۔

iv. مائع ڈراپ سطح کے تناؤ کی وجہ سے کروی ہے اسی طرح نیوکلس مضبوط جوہری قوت کی وجہ سے کروی ہے۔ مائع کے گرنے کی صورت میں ہم آہنگ قوت ہمیشہ جوہری قوت کی طرح سیچوریٹ ہوتی ہے۔

v. بخارات کی حرارت جو سالمات کو مائع سے گیس مرحلے میں تبدیل کرنے کے لئے درکار توانائی کی مقدار کی نمائندگی کرتی ہے یا زیادہ خاص طور پر بخارات کی پوشیدہ حرارت مائع میں موجود سالمات کی تعداد کے متناسب ہوتی ہے۔ بالکل اس طرح جیسے نیوکلس کی بندشی توانائی بھی نیوکلیون کی تعداد کے لئے متناسب ہوتی ہے۔

vi. تاہم کچھ اختلافات بھی ہیں جو مندرجہ ذیل ہیں:

کیمیائی نظاموں کے مقابلے میں نیوکلس میں ذرات کی ایک محدود تعداد (270>) ہوتی ہے۔ خالص نتیجہ یہ ہے کہ کیمیائی نظاموں کے مقابلے ($10^{23} \cong$) میں نیوکلیوں کے بلک کے مقابلے میں سطح پر نیوکلین کا بہت بڑا حصہ موجود ہے۔ نیوکلس ایک دو اجزاء کا نظام ہے جو نیوٹرون اور پروٹون پر مشتمل ہوتا ہے جبکہ مائع ڈراپ میں اجزاء کی تعداد کم و بیش ہو سکتی ہے۔

یہ ایک خام نمونہ ہے جو نیوکلس کی تمام خصوصیات کی وضاحت نہیں کرتا ہے۔ لیکن جوہری بندشی توانائی کی پیش گوئی کرتا ہے۔ جیسا کہ ماڈل مائع ڈراپ اور نیوکلس کے درمیان مماثلوں کا جواز پیش کرتا ہے۔ اس کے بعد کوئی بھی ایک نیم تجرباتی ماڈل (نصف تھیوری / نصف ڈیٹا) تشکیل دے سکتا ہے جسے کل جوہری بندشی توانائی۔ جوہری خصوصیات کا سب سے بنیادی حساب کتاب کرنے کے لئے بیتھی ویزاکر سمین تجرباتی ماس فارمولا بھی کہا جاتا ہے۔

14.3 بیتھی ویزاکر سمی۔ تجرباتی ماس فارمولا (SEME)

نظریہ کا ریاضیاتی تجزیہ ایک مساوات فراہم کرتا ہے جو نیوکلس کی بندشی تونائی کی پیش گوئی کرنے کی کوشش کرتا ہے۔ اس میں موجود پروٹانوں اور نیوٹرانوں کی تعداد کے لحاظ سے پانچ عوامل ہیں جو نیوکلئی کی بندشی توانائی میں حصہ ڈالتے ہیں۔ آیئے اب ان پر ایک ایک کر کے بحث کرتے ہیں۔

(i) حجمی توانائی (Volume Energy):

جب ایک ہی سائز کے دائرے کی اسمبلی کو سب سے چھوٹے حجم میں ایک ساتھ پیک کیا جاتا ہے۔ جیسا کہ ہم سمجھتے ہیں کہ نیوکلس کے اندر نیوکلین کے ھ اندر نیوکلیئن کا معاملہ ہے۔ تو ہر اندرونی دائرے میں اس کے ساتھ رابطے میں 12 دوسرے ہوتے ہیں۔ یہ اصطلاح اس خیال کی وضاحت کرتی ہے کہ ہر نیوکلین صرف اپنے قریبی پڑوسیوں کے ساتھ تعامل کرتا ہے اور ایک مخصوص بندشی توانائی پر نیوکلس سے جڑا رہتا ہے۔ یہ غالباً پرکشش اصطلاح ہے اور ve+ کے نشان کے ساتھ آئیگی۔ ریاضیاتی طریقہ بھی بہت آسان ہے۔ آیئے اس پر ایک نظر ڈالیں۔ ہم جانتے ہیں کہ:

$$R = R_0 A^{1/3}$$

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi {R_0}^3 A$$

ہر نیوکلیون میں ایک بندشی توانائی ہوتی ہے جو اسے نیوکلئس سے باندھتی ہے۔ اگر Uv بندشی توانائی فی یونٹ نیوکلس کا وہ حجم ہو تو نیوکلس کی جملہ توانائی مندرجہ ذیل ہوگی۔

$$E_v = \frac{4}{3}\pi {R_0}^3 A U_v = a_v A$$

جہاں a_v ایک مستقل ہے اور جملہ توانائی A کے رست تناسب میں ہے۔

(ii) سطحی توانائی (Surface Energy):

یہ اصطلاح پہلی اصطلاح کی اصلاح ہے۔ نیوکلس کی سطح پر موجود نیوکلین کے قریب پڑوسی کم ہوتے ہیں۔ اس طرح نیوکلس کے اندرونی حصوں کے مقابلہ میں تعاملات کم ہوتے ہیں۔ یہ اثر مائع کے قطرے کی سطح کے تناؤ سے ملتا جلتا ہے۔ اس لئے اس کی بندشی توانائی کم ہوتی ہے۔ یہ سطحی توانائی اسے مدنظر رکھتی ہے اور اس لئے منفی ہوتی ہے۔ یہ زیادہ ہے کہ نیوکلس کا سطح کا رقبہ غیر مستحکم نیوکلس ہونے والا ہے۔ یہاں بھی ریاضیاتی طریقہ بہت آسان ہے۔

$$R = R_0 A^{1/3}$$

$$4\pi R^2 = 4\pi {R_0}^2 A^{1/3}$$

اگر U_s نیوکلس کے فی یونٹ ایریا میں بندشی توانائی ہے تو توانائی میں جملہ کمی درجہ ذیل ہوگی ہے۔

$$E_s = -4\pi {R_0}^2 A^{2/3} U_s = -a_s A^{2/3}$$

جہاں ہمیں ایک خبر حاصل ہوتا ہے جو $A^{2/3}$ راست تناسب ہے۔

(iii) کولمب توانائی (Coulomb Energy)

کولمب اصطلاح نیوکلس میں پروٹانوں کے درمیان الیکٹروسٹیٹک پسپائی کی نمائندگی کرتی ہے۔ نیوکلس میں پروٹانوں کے ہر جوڑے کے درمیان برقی پسپائی بھی اس کی بندشی توانائی کو کم کرنے میں معاون ہے۔ نیوکلس کی کولمب تواونائی اس کام کے برابر ہوتی ہے جو پروٹانوں کو اینٹی سے نیوکلس کے سائز کے کروی مجموعے میں اکٹھا کرنے کے لئے کیا جانا چاہئے۔ کولمب توانائی منفدی ہوتی ہے کیونکہ

یہ جوہری استحکام کی ممانعت کرنے والے اثر سے پیدا ہوتی ہے۔ ریاضیاتی طریقہ بھی بہت آسان لیکن کی حد تک منطقی ہے۔ پروٹانوں کے جوڑے کے درمیان ممکنہ توانائی اس طرح دی جاتی ہے۔

$$V = -\frac{e^2}{4\pi\in R}$$

اگر نیوکلس میں پروٹانوں کی تعداد Z ہے تو پروٹانوں کے جوڑوں کی تعداد ZC_2 ہو گی یعنی دو پروٹانوں کو ایک ساتھ لینا کیوں کہ پسپا قوت کی نشوونما کے لئے کم از کم دو پروٹان ہونے چاہئیں جو کہ $Z(Z-1)/2$ جوڑوں کی تعداد کے سوا کچھ نہیں ہے۔ اس لئے کولمب توانائی مندرجہ ذیل ہو گی:

$$E_c = -\frac{Z(Z-1)}{2}V$$

$$= -\frac{Z(Z-1)}{2}\frac{e^2}{4\pi\in R} = -\frac{Z(Z-1)e^2}{8\pi\in R_0 A^{1/3}}$$

$$\therefore E_c = -a_c\frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}}$$

جہاں، ہمیں ایک خبر حاصل ہوتا ہے جو $\frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}}$ سے تناسب ہے۔

(iv) غیر متناسب توانائی (Asymmetry Energy):

یہ اصطلاح بہت بدصورت ہے۔ راؤلٹ کے (Raouths Law) قانون کے مطابق، غیر قطبی پر کشش قوتوں والے کسی بھی دو اجزاء والے مائع میں کم سے کم توانائی اس وقت ہوتی ہے جب دونوں اجزاء مساوی ارتکاذ میں پائے جاتے ہی جو بدلے میں بخارات کو دباؤ میں کم سے کم پیدا کریں گے اور یہ نظام میں زیادہ سے زیادہ پابند توانائی کے مطابق ہو گا۔

پروٹانوں اور نیوٹرانوں کی مساوی تعداد والے نیوکلس کے لئے، نیوکلس ہم آہنگ ہوتا ہے اور یہ بہت مستحکم ہو گا۔ اگر نیوٹرانوں کی تعداد پروٹانوں کی تعداد سے زیادہ ہو تو کیا ہو گا۔ یہ توانائی مرکزوں کی اقسام میں اصلاح کے طور پر منسلک ہوتی ہے۔ یہ ایک کوانٹم اثر ہے جو پالی (Pauli) کے اخراج کے اصول سے پیدا ہوتا ہے جو ہر توانائی کی حالت میں صرف دو پروٹانوں یا دو نیوٹرانوں (مخالف گھماؤ سمت کے ساتھ) کی۔ اجازت دیتا ہے۔ اگر کسی نیوکلس میں پروٹون اور نیوٹون کی ایک ہی تعداد ہو تو تمام پروٹوں اور نیوٹرون ایک ہی زیادہ سے زیادہ توانائی کی سطح تک بھر جائیں گے۔ اگر دوسری طرف، ہم ایک پروٹون کے ذریعہ ایک نیوٹرون کا تبادلہ کرتے ہیں تو اس پروٹون کو خارج کرنے کے اصول کے ذریعہ اعلیٰ توانائی کی حالت پر قبضہ کرنے کے لئے ہدایت کی جائیگی کیون کہ نیچے کی سطح کی تمام ریاستیں پہلے ہی قابض ہیں۔ ٹھیک ہے آپ بھی اس کے بارے میں اس طرح سونچ سکتے ہیں۔ حالتوں کے دو مخالف "پول" ایک پروٹون کے لئے اور ایک نیوٹرون کے لئے۔ اب مثال کے طور پر، اگر نیوکلس میں پروٹون سے نمایاں طور پر زیادہ نیوٹرون ہوں تو کچھ نیوٹرون پروٹون پول میں دستیاب حالتوں کے مقابلے میں توانائی میں زیادہ ہوں گے۔ اگر ہم کچھ ذرات کو نیوٹرون پول سے پروٹون پول میں مستقل کر سکتے ہیں۔ دوسرے لفظوں میں کچھ نیوٹرون کو پروٹون تبدیل کر سکتے ہیں تو ہم توانائی کو نمایاں طور پر کم کریں گے۔ پروٹانوں اور نیوٹرانوں کی تعداد کے درمیان عدم توازن نیوکلیون کی دی گئی تعداد کے لئے

توانائی کی ضرورت سے زیادہ ہونے کا سبب بنتا ہے۔ یہ غیر متناسب اصطلاح کی بنیاد ہے۔ اس طرح غیر متناسب اصطلاح جوہری مادے میں پروٹانوں اور نیوٹرانوں کی تعداد میں فرق کا سبب بنتی ہے۔

(v) توانائی کی جوڑی (Pairing Energy)

آخر میں ہماری بندشی توانائی کی ریسپی میں ایک اور اہم حصہ ہے جسے جوڑی کی توانائی کہا جاتا ہے۔ یہ پھر سے ایک اصطلاح کی اصطلاح ہے۔ جو پروٹون جوڑوں اور نیوٹران جوڑوں کے ہونے کے رجحان سے پیدا ہوتی ہے جو دراصل مختلف حالتوں میں نیوکلیون کے جوڑوں کے لئے ویو فنکشن کے مختلف اوور لیپ کی وجہ سے ہوتی ہے۔ بندشی توانائی کا حساب لگانے کے لئے اگر پروٹانوں کی تعداد اور نیوٹرانوں کی تعداد دونوں یکساں ہوں تو جوڑی کے توانائی w+ ہے۔ ہم ایک ہی اصطلاح کو گھٹاتے ہیں اگر یہ دونوں عجیب ہوں اور کچھ نہیں کرتے اگر ایک عجیب ہو اور دوسرا یکساں ہو۔ تجرباتی طور پر یہ پایا گیا ہے کہ جوڑی کی توانائی الٹا ہوتی ہے۔

$$E_p \propto \frac{1}{A^{3}/_{4}}$$

ریاضیاتی طور پر ہم لکھ سکتے ہیں کہ

$$E_p = \frac{a_p}{A^{3}/_{4}}\ Even - even$$
$$= 0\ even - odd\ or\ odd - even$$
$$= -\frac{a_p}{A^{3}/_{4}}\ odd - odd$$

اس لئے تمام توانائی کے اجزاء کو جمع کرنے پر ہمیں بیتھی ویزاکر مساوات حاصل ہوتی ہے۔

$$E_B = a_v A - a_s A^{2}/_{3} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{1}/_{3}} - a_a \frac{(A-2Z)^2}{A} \pm \frac{ap}{A^{3}/_{4}}, 0$$

اب کی بار، تمام مستقل جو ہر ایک جزو کے پہلے آتے ہیں، وہ یہ ہیں

$$a_q = 14.1\ Mev, a_s = 130\ MeV, a_c = 0.595\ MeV$$
$$a_a = 19.0\ MeV, a_p = 33.5\ MeV$$

حساب سوال: Z_n آئسوٹوپ $_{30}Zn^{64}$ کا ائیمک ماس 63.929amu ہے۔ جوہری ساخت سے بندشی توانائی کا موازنہ کریں اور SEMF کے ذریعہ پیشن گوئی کی گئی ہے۔

حل: Z_n میں 30 پروٹون اور 34 نیوٹران ہوتے ہیں۔

اس لئے بندشی توانائی کی مساوات کے ذریعہ

$$E = \left[\left(n_{prot} m_{prot} + n_{neut} + m_{neut}\right) - M\right] \times 931.5\ MeV$$
$$= [(30 \times 1.0072 + 34 \times 1.0086) - 63.929] \times 931.5\ MeV$$
$$\therefore E = 559.1\ MeV$$

اب SEMF کا استعمال کرتے ہوئے، ہم صرف ماس نمبر As کو 64 اور جوہری نمبر Zs کو 30 سے تبدیل کریں گے اور مستقل کو انکی متعلقہ قیمتوں سے تبدیل کریں گے تو ہمیں ملتا ہے۔

$$E = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_0 \frac{(A-2Z)^2}{A} + \frac{ap}{A^{3/4}} MeV$$

$$= 14.1 \times 64 - 13.0 \times 64^{2/3} - 0.595 \times \frac{30(30-1)}{64^{1/3}} - 19.0 \times \frac{(64-2\times30)^2}{64} + \frac{33.5}{64^{3/4}}$$

$$E \cong 561.7\ MeV$$

اب ان دونوں کے درمیان فرق 0.5٪ سے بھی کم ہے اور جوڑی کی توانائی میں مثبت سائن اس لئے ہے کہ $_{30}Zn^{64}$ ایک یکساں نیوکلس ہے۔

اس ماڈل کے فوائد:

i. یہ بڑی درستگی کے لئے مختلف مرکزوں کی جوہری کمیت اور بندشی توانائیوں کی پیش گوئی کرتا ہے۔

ii. یہ تابکاری میں الفا، بیٹا ذرات کے اخراج کی پیش گوئی کرتا ہے۔

iii. کمپاؤنڈ نیوکلس کا نظریہ جو اس ماڈل پر مبنی ہے۔ نیوکلیئر فشن کے عمل کی بنیادی خصوصیات کی وضاحت کرتا ہے۔

اس ماڈل کی نقاص:

i. یہ بعض مرکزوں کے اضافی استحکام کی وضاحت کرنے میں ناکام رہتا ہے۔ جس میں پروٹون یا نیوٹرون کی تعداد 82, 50, 28, 20, 8, 2 یا 126 وغیرہ ہوتی ہے۔

ii. یہ بہت سے مرکزوں کے لئے مقناطیسی moment کی وضاحت کرنے میں ناکام رہتا ہے

iii. یہ نیوکلئی کے گھماؤ اور برابری کی وضاحت کرنے میں بھی ناکام ہے۔

iv. یہ زیادہ تر مرکزوں میں پرجوش حالتوں کی ضاحت کرنے میں بھی کامیاب نہیں ہے۔

14.4 نیوکلئس کا مائع ڈراپ ماڈل (Shell Model of the Nucleus)

مائع ڈراپ ماڈل کا بنیادی مفروضہ یہ ہے کہ ہر نیوکلین صرف اپنے قریبی پڑوسی کے ساتھ تعامل کرتا ہے۔ اگرچہ یہ نیوللیئر فشنن، نیوکلس کی کروی اور نیوکلس کی بندشی توانائی کی بڑی حد تک وضاحت کرتا ہے لیکن چند اہم چیزوں کی وضاحت کرنے میں ناکام رہتا ہے جو مندرجہ ذیل میں ہیں:

i. بندشی توانائی / نیوکلیون کروٴمیں کچھ چوٹیاں یا کلکس ہیں۔

ii. یہ کچھ جادوئی مرکزوں کی اصل بندشی توانائیوں کو کم سے کم اندازہ کرتا ہے جس کے لئے یا تو نیوٹرون کی تعداد $N =$ $(A - Z)$ یا پروٹونوں کی تعداد Z، جادوئی نمبروں میں سے ایک کے برابر ہے (جوہری طبیعات دان کے ذریعہ استعملا ہونے والی ایک اصطلاح) جو 2, 8, 20, 28, 50, 82 وغیرہ ہیں۔ یہ اعداد اس لحاظ سے غیر معمولی ہیں کہ کوئی بھی نیوکلس جو

ان میں سے کسی بھی قدر کو نیوٹرون یا پروٹون یا نا دونوں کے مجموعے کے لحاظ سے رکھتا ہے وہ انتہائی مستحکم نیو کلئی ہیں۔ مثال کے طور پر $_{28}Ni^{56}$ کے لئے مائع ڈراپ ماڈل 477.7 MeV کی بندشی توانائی کی پیش گوئی کرتا ہے جبکہ معلوم کی گئی قیمت 484.0 MeV ہے۔ اسی طرح $_{50}Sn^{132}$ کے لئے مائع ڈراپ ماڈل 10.84 MeV کی بندشی توانائی کی پیشن گوئی کرتا ہے جبکہ معلوم کی گئی قیمت 1110 MeV ہے۔

آپ جانتے ہیں کہ ایک ($\propto$) الفاذرہ غیر معمولی طور پر مستحکم ہے کیونکہ اس کا پروٹون نمبر اور نیوٹرون نمبر دونوں 2 کے برابر ہیں، جو ایک جادوئی نمبر ہے۔ اس لئے ایک $\propto$ — ذرہ کو دوگنا جادو کہا جاتا ہے کیونکہ ان میں پروٹون اور نیوٹرون دونوں کے بھرے ہوئے خول ہوتے ہیں۔

iii. نیوٹرون اور پروٹون کی مخصوص تعداد کے لئے علیحدگی کی توانائیوں (آخری نیوٹرون (یا پروٹون) کو ہٹانے کے لئے درکار توانائی) میں تبدیلیاں۔

iv. اگر N جادوئی عدد ہے تو نیوٹرون جذب کرنے کے لئے کراس سیکشن دیگر نیوکلائیڈز کے مقابلے میں بہت کم ہے۔

شیل (Shell) ماڈل ان ابہام کو حل کرنے کی ایک کوشش ہے جو نیو کلئس کا ایک نمونہ ہے جو توانائی کی سطح کے لحاظ سے نیو کلئس کی ساخت کو بیان کرنے کے لئے پائی اخراج اصول کا استعمال کرتا ہے۔

شیل ماڈل جزوی طور رپ ایٹم شیل ماڈل سے مشابہت رکھتا ہے جو ایٹم میں الیکٹرانوں کی ترتیب کو بیان کرتا ہے۔ اس میں بھرا ہوا شیل زیادہ استحکام کا باعث بنتا ہے۔ شیل ماڈل میں یہ فرض کیا جاتا ہے کہ نیو کلئس میں ہو نیو کلین ایک خالص پر کشش صلاحیت میں حرکت کرتا ہے جو اس کے تعامل کا اثر کی اوسط نمائندگی کرتا ہے۔ نیو کلس کے اندر پوٹینشیل کی مستقل گہرائی ہوتی ہے اور نیو کلئس کے باہر یہ نیو کلیائی قوت کی حد کے برابر فاصلے کے اندر صفر پر چلا جاتا ہے۔ یہ تقریباً گول کناروں کے ساتھ 3D صلاحیت کی طرح ہے اور نیو کلئس کی گراؤنڈ حالت میں نیو کلین پائی کے اخراج کے اصول کی خلاف ورزی کے بغیر بھرے جاتے ہیں۔ اور یہ فوری طور پر نیو کلین۔ نیو کلین تصادم کے امکان کو خارج کر دیتا ہے۔ لیکن دو نیو کلیون اپنی کوانٹم حالتوں کا تبادلہ کر سکتے ہیں جو ناقابل تفرقہ ہوں گی اس لئے نیو کلس کو تشکیل کرنے والے تمام نیو کلیون گراؤنڈ اسٹیٹ کے نیو کلئس کے اندر آزادانہ طور پر حرکت کر سکتے ہٰں تو اس ماڈل کو آزادانہ ماڈل یا نمونہ بھی کہا جاتا ہے۔ اور ہر نیو کلیون کے رویے کو اس پوٹینشیل کے لئے شروڈنگز مساوات کو حل کر کے سمجھا جاسکتا ہے۔ یہ شیل ماڈل نیو کلیئر فزکس میں وہی کردار ادا کرتا ہے جو ایٹم فزکس میں ہارٹری فوک تھیوری کا ہے۔ تاہم کچھ مماثلت موجود ہیں لیکن ان دنوں کے درمیانی فرق پر آیئے ایک نظر ڈالیں۔ شیل ماڈل اور ہارٹری فوک تھیوری (Hartree – Fock) کے درمیان

مماثلت:

شیل ماڈل	ہارٹری فوک تھیوری
1۔ نیوکلین ایک پرکشش پوٹینشل میں حرکت کرتے ہیں۔	1۔ الکٹرانس ایک پرکشش پوٹینشل میں حرکت کرتے ہیں یا آگے بڑھتے ہیں۔
2۔ نیوکلین پالی کے اخراج کے اصول کی پابندی کرتے ہیں۔	2۔ الیکٹران پالی کے اخراج کے اصول کی پابندی کرتے ہیں۔
3۔ نیوکلیائی پوٹیشل n, V/r اور 1 پر منحصر ہے)۔	3۔ جوہری پوٹیشل n اور 1 پر منحصر ہے۔
4۔ نیوکلیئر اسپن آربٹ تعامل موجود ہے۔	4۔ جوہری اسپن آربٹ تعامل موجود ہے۔

شیل ماڈل اور ہارٹری فوک تھیوری کے درمیان فرق:

شیل ماڈل	ہارٹری فوک تھیوری
1۔ ممکنہ پوٹیشل گول کنارے کے ساتھ مربع ہے۔	1۔ پوٹینشیل V(r) کروی طور پر ہم آہنگ ہے۔
2۔n= ریڈیل فوڈ کوانٹم نمبر	2۔m= اصل کوانٹم نمبر mprincipal=mradial+d
3۔ ایل کے لئے کوئی اوپری حد نہیں	3۔ ایل کے لئے ایک اوپری حد ہے۔
4۔ مضبوط الٹا اسپن آربٹ تعامل (S.L)	4۔ اسپن آرٹ تعامل (L.S)۔ جوہری (L.S) 20X = نیوکلیئر (S.L)
5۔ اسپن آربٹ تعامل اصل میں مقناطیسی نہیں ہے۔	5۔ اسپن آربٹ تعامل اصل میں مقناطیسی ہے۔

ان چیزوں کو ذہن میں رکھتے ہوئے اگر کوئی مختلف حالتوں کو پر کرنے کے لئے آگے بڑھتا ہے تو جوہری طبیعات کی صورت میں آپ کے پاس Aufbau Principle ہے کیونکہ s-e کو مختلف مداروں میں ان کی توانائیوں کی بڑھتی ہوئی ترتیب کے طور پر پر کرنا پڑتا ہے۔

یہاں پر نیوکلس کے بارے میں آپ کو Aufbau اصول نہیں دے سکتا لیکن میں آپ کو ایک یاددہانی دے سکتا ہوں جو جرمن میں مندرجہ ذیل ہے۔

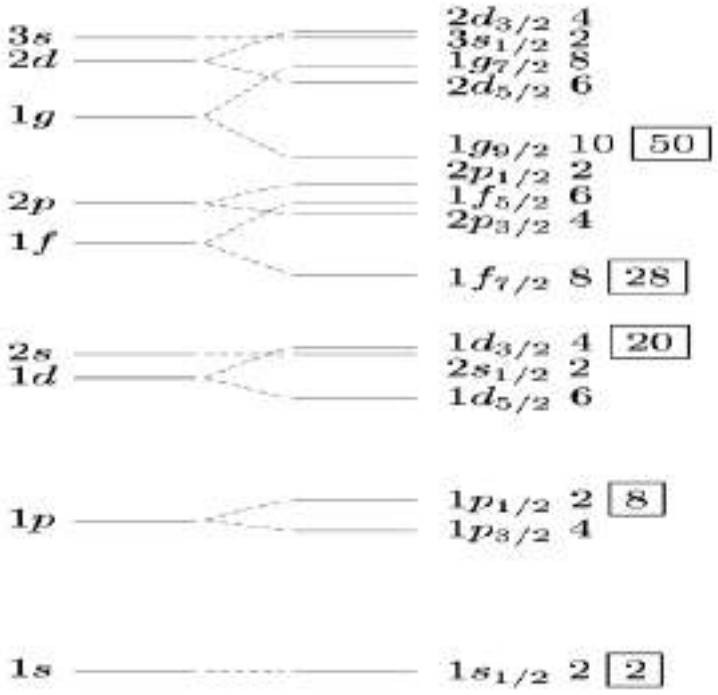
Spuds it pug dish of pig

لیکن یہاں آپ کو یاد رکھنا چاہئے۔ مندرجہ بالا جملے کے آخری Vowel کے علاوہ تمام Vowels کو حذف کر دیں تو آپ کے پاس درجہ ذیل چیزی رہ جائیں گی۔

Spdsfpgdshfpig

جی بالکل صحیح:

یہ میرے مدار ہیں جہاں میں اپنے نیو کلین لگانے جارہاہوں۔ چلو جوہری توانائی کی سطحوں کو مختلف خولوں میں نیوکلیئنوں کے ذریعے پر کیا جائیگا۔



شکل(14.1)

اس اعداد و شمار کی تشکیل: مندرجہ ذیل وہ نکات ہیں جنہیں آپ کو یادرکھنا چاہئے۔

(a) S.L جوڑے کے بغیر توانائیوں میں کوئی تقسیم نہیں ہوتی۔ اس طرح پہلی عمودی تعمیر لیکن چونکہ S.L جوڑا ہوا ہے تو توانائی کی سطح تقسیم ہو جاتی ہے۔ اب تقسیم ایٹم کس کی طرح ۃے۔ یہ ایز مور تھل کوانٹم نمبر l اور اسپن کوانٹم نمبر کی اقدار پر منحصر ہے۔ مثال کے طور پر s آر بیٹل کے لئے l کی قدر ہ ہے۔ اس لئے کوئی تقسیم نہیں۔ پھر P آر بیٹل کے لئے L کی قدر 1 ہے لور کی قدر۔۔۔ ہے۔

اسطرح جملہ کو نینی مونٹم total angular momentum $|l + s| = {}^{3}/_{2}$ اور $|l - s| = {}^{1}/_{2}$ ہو گا۔ اب توانائی کی سطح کا خاکہ دیکھیں۔ آپ دیکھیں گے اصطلاح کی علامات $P_{1/2}{}^{1}$ اوپر لیٹی ہوئی ہے اور $P_{3/2}{}^{1}$ نیچے لیٹی ہوئی ہے جو ایٹمکس کے معاملے کے بالکل برعکس ہے۔ جوہری صورت میں یہ $P_{1/2}{}^{1}$ نیچے پڑا ہوا اور $P_{3/2}{}^{1}$ اوپر پڑا ہوا ہو گا۔ کیا آپ تصور کر سکتے ہیں کہ ایسا کیوں ہے؟ یہاں ہمارے پاس S.L کا پلنگ ہے جو ایٹم فزکس میں L.S کا پلنگ کے برعکس ہے۔ d, f آر بیٹلز وغیرہ کے لئے بھی اسی طرح کے دلائل موجود ہیں۔

اب ہر مدار میں رکھے جانے والے نیوکلین کی تعداد ایٹم فزکس کی طرح $2j+1$ کے برابر ہوگی۔ اس طرح $2j+1$ کے برابر ہوگی۔ اس طرح s آربیٹل میں $2 \times \frac{1}{2} + 1 = 2$ تعداد میں نیوکلیون رکھے جاسکتے ہیں۔ ${}^1P_{3/2}$ میں $2 \times {}^3/_2 + 1 = 4$ نیوکلیون اس مدار پر قبضہ کرسکتے ہیں اور اس طرح۔

(b) یہاں s, p, d وغیرہ مداروں سے پہلے ہندسوں کو دینے کا کیچ ہے۔ جب بھی مداروں کو پہلی ظاہری شکل آتی ہے تو اسے اسکینڈ کی ظاہری شکل 2 دی جاتی ہے اور اسی طرح دیگر

(c) اس خاکہ کو آزادانہ طور پر نیوٹرون اور پروٹون سے بھرنا پڑتا ہے۔

(d) توانائی کے سطحوں میں فرق بعد میں عمودی سمت میں کم ہورہا ہے۔ کیا آپ نے اسے دیکھا ہے؟

اس ماڈل کے فوائد:

i. یہ نیوکلیئر اسپن اور برابری کو بڑھتا ہے۔

ii. یہ ہلکے مرکزوں کے لئے مقناطیسی moments کی بھی وضاحت کرتا ہے۔

iii. یہ مرکزوں کی پرجوش لیولس کے بارے میں بات کرتا ہے۔

اس ماڈل کی خامیاں:

i. بھاری مرکزوں کے لئے یہ مقناطیسی دو قطبی moment یا پرجوش لیولس کے spectra کی بہت اچھی طرح سے پیش گوئی کرنے میں ناکام رہتا ہے۔

ii. شیل ماڈل نیوکلئی کے برقی کواڈروپول (moments) کی پیش گوئیاں بھی نہیں کرتا ہے۔

14.5 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

Z_n آئسوٹوپ ${}_{30}Zn^{64}$ کا ائیمک ماس 63.929amu ہے۔ جوہری ساخت سے بندشی توانائی کا موازنہ کریں اور SEMF کے ذریعہ پیشن گوئی کی گئی ہے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

Z_n میں 30 پروٹون اور 34 نیوٹران ہوتے ہیں۔

اس لئے بندشی توانائی کی مساوات کے ذریعہ

$$E = \left[\left(n_{prot}m_{prot} + n_{neut} + m_{neut}\right) - M\right] \times 931.5\ MeV$$
$$= [(30 \times 1.0072 + 34 \times 1.0086) - 63.929] \times 931.5\ MeV$$
$$\therefore E = 559.1\ MeV$$

اب SEMF کا استعمال کرتے ہوئے، ہم صرف ماس نمبر As کو 64 اور جوہری نمبر Zs کو 30 سے تبدیل کریں گے اور مستقل کو انکی متعلقہ قیمتوں سے تبدیل کریں گے تو ہمیں ملتا ہے۔

$$E = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_0 \frac{(A-2Z)^2}{A} + \frac{ap}{A^{3/4}} MeV$$

$$= 14.1 \times 64 - 13.0 \times 64^{2/3} - 0.595 \times \frac{30(30-1)}{64^{1/3}} - 19.0 \times \frac{(64-2\times30)^2}{64} + \frac{33.5}{64^{3/4}}$$

$$E \cong 561.7\ MeV$$

اب ان دونوں کے درمیان فرق 0.5٪ سے بھی کم ہے اور جوڑی کی توانائی میں مثبت سائن اس لئے ہے کہ $_{30}Zn^{64}$ ایک یکساں نیوکلس ہے۔

حل شدہ مثال 2

P_0^{214} کے الفا تکسر (alpha – decay) کے لیے میسر توانائی کے لیے نیم تجربی کمیتی ضابطہ معلوم کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

P_0^{214} کے تکسر کی ترتیب یوں ہے:

$$_{84}Po^{214} \rightarrow_{82} Pb^{210} +_2 He^4 + Q$$

$$Q = M(_{84}Pb^{214}) - [M(_{82}Pb^{210}) + M(_2He^4)]931.48\ MeV$$

$_{84}Po^{214}$, $_{82}Pb^{210}$ اور $_2He^4$ کی جوہری کمیتوں کو نیم تجربی کمیتی ضابطے کی بنیاد پر محسوب کیا جاسکتا ہے۔

چوں کہ $a.m.u = 931.48\ MeV$ ہوتا ہے لہٰذا جوہری کمیتی اکائیوں کی رقوم میں ایک مرکزے کی کمیت کو ہم اس طرح ظاہر کر سکتے ہیں:

$$M(_2A^Z) = Z(1.0078252) + (A-Z)(1.0086654) - \frac{14.0A}{931.48} + \frac{13.1(A)^{2/3}}{931.48} + \frac{0.64(Z)^2}{931.48A^{1/5}} + \frac{19.4\ (A-2Z)^2}{A(931.48)} - \frac{270}{2A(931.48)}$$

$$M(_{84}Po^{214}) = 84(1.0078252) + (214-84)(1.0086654) - \frac{14.0\times21.4}{931.48} + \frac{13.1(214)^{\frac{2}{3}}}{931.48} + \frac{0.64(84)^2}{(214)^{\frac{2}{3}}(931.48)} + \frac{19.4(214-168)^2}{214(931.48)} - \frac{270}{2(214)931.48} =$$

$$214.086 a.m.u$$

$$M(_{82}Pb^{210}) = 82(1.0078252) + (210-82)(1.0086654) - \frac{14.0\times210}{931.48} + \frac{13.1(210)^r}{931.48} + \frac{0.64(82)^2}{(210)^{\frac{1}{2}}(931.48)} - \frac{19.4(214-164)^2}{214(931.48)} - \frac{270}{2(210)(931.48)} =$$

$$210.07791\ a.m.u$$

$$M({}_2He^4) = 2(1.0078252) + 2(1.0086654) - \frac{14.4\times4}{931.48} + \frac{13.1(4)^{\frac{2}{5}}}{931.48} + \frac{0.64(2)^2}{4^{\frac{1}{2}}(931.48)} - \frac{19.4(0)}{4(931.48)} - \frac{270}{2(4)(931.48)} = 3.9738\ a.m.u$$

$$\therefore Q = [214.0864 - (210.07791) + 3.9738]931.48$$

$$Q = [(0.03469)(931.48)] = 34.3\ MeV$$

نیم تجربی کمیتی ضابطے کے مطابق P_0^{14} کے α تکسر کے لیے میسر توانائی 34.3 MeV ہے۔ لیکن تجربی قیمت 7.83 MeV ہے۔

یہاں اس امر کا ذکر بے جانہ ہو گا کہ نیم تجربی کمیتی ضابطہ محض اس وقت بڑی خوبی سے مرکزوں کی کمیتوں کی پیش قیاسی کر سکتا ہے۔ جب کہ A>16 ہوتا ہے۔ لہٰذا نیم تجربی کمیتی ضابطے کی بنیاد پر پیش قیاسی کی گئی He_2^4 کی کمیت کی قیمت تجربی یعنی 4.00387 MeV سے کم پائی گئی۔ لہٰذا اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں:

$$\mathrm{Q} = [214.0864 - (210.07791 + 4.00387)]931.48\ \mathrm{MeV}$$

$$\mathrm{Q} = [214.0864 - 214.08178]931.48$$

$$\mathrm{Q} = [0.00462]931.48 = 4.3\ \mathrm{MeV}$$

جب کہ نیم تجربی کمیتی ضابطہ Po^{214} کے α تکسر کے لیے میسر توانائی کی پیش قیاسی 4.3 MeV کے درجے کو ظاہر کرتا ہے۔ اس کی اصل تجربی قیمت 7.83 MeV پائی گئی۔

حل شدہ مثال 3

نیم تجربی بندشی توانائی کے ضابطے سے Pb^{207} میں خارج شدہ نیوٹران کی بندشی توانائی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

Pb^{207} کے خارج شدہ نیوٹران کی بندشی توانائی معلوم کرنے کے لئے ${}_{82}\mathrm{Pb}^{207}$ بندی توانائی میں سے ${}_{82}\mathrm{Pb}^{206}$ کی بندشی توانائی کو تفریق کرنا پڑے گا۔ یعنی ${}_{82}\mathrm{Pb}^{206}$ کی بندھنی توانائی ${}_{82}\mathrm{Pb}^{207}$ کی بندشی توانائی میں خارج شدہ الکٹران کی بندشی توانائی۔

اس لیے تجربی بندشی توانائی کے ضابطے کے مطابق ${}_{82}\mathrm{Pb}^{206}$ کی بندشی توانائی اس طرح ہو گی۔

$$({}_{82}Pb^{206}) = 14(206) - 13.1(206)^{\frac{2}{3}} - \frac{0.64(82)^2}{(206)^{\frac{1}{2}}} - \frac{19.4(206-164)^2}{206} + \frac{270}{2(206)}$$

$$= 14(206) - 13.1(7.515) - 0.64(82)^2 - 19.4(42)^2 - \frac{270}{2(206)} = 1532.97\ MeV$$

$({}_{82}Pb^{206}) = 14(207) - 13.1(207)^{\frac{2}{3}} - \frac{0.64(82)^2}{(207)^{\frac{1}{2}}} - \frac{19.4(207-164)^2}{207-0}$ کی بندشی توانائی

جفت Z قیمتیں رکھنے والے طاق A مرکزوں کے لیے چوں کہ $\delta = 0$ ہوتا ہے لہٰذا

$14(207) - 13.1(7.539) - \frac{0.64(82)^2}{2.746} - \frac{19.4(43)^2}{207}$ = کے خارج شدہ نیوٹران کی بند شی توانائی

14.6 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- بائنڈنگ انرجی کو عام طور پر A/B یا بائنڈنگ انرجی فی نیوکلیون کے طور پر پلاٹ کیا جاتا ہے۔ یہ واضح کرتا ہے کہ پابند توانائی مجموعی طور پر صرف A کے متناسب ہے، کیونکہ B/A زیادہ تر مستقل ہوتا ہے۔ تاہم اس رجحان میں اصلاحات موجود ہیں۔
- ایک نیم تجرباتی فارمولیشن میں، اس وکر فٹنگ کا کچھ حصہ کسی نظریے یا نظریات پر مبنی ہوتا ہے۔ مثال کے طور پر، ایک نظریہ پیش گوئی کرتا ہے کہ رشتہ خطی ہونا چاہیے۔ ایک نیم تجرباتی نقطہ نظر میں دستیاب ڈیٹا سے بہتر ینخطیتعلق تلاش کرنا شامل ہوگا، حالانکہ بہترین فٹ کا منحنی خطوط نہیں ہے۔
- نیم تجرباتی طریقے - نیم تجرباتی طریقے مالیکیولر آر بیٹل کیلکولیشنز ہیں جو مختلف ڈگریوں کا تخمینہ استعمال کرتے ہوئے اور صرف والینس الیکٹران کا استعمال کرتے ہیں۔
- ایک مستحکم نیوکلئس کا کمیت اس کے حصوں کے مجموعے سے $\Delta m = E/c2$ سے کم ہے، جہاں E پابند توانائی ہے۔ اسی طرح، ایک مستحکم ایٹم یا مالیکیول کا وزن اس کے حصوں کے مجموعے سے $\Delta m = E/c2$ سے کم ہے، جہاں E پابند توانائی ہے۔
- پروٹانوں یا نیوٹرانون کے طلسمی اعداد کی وضاحت اس طرح کی گئی ہے کہ یہ جواہر میں الکٹرانوں کے مماثل پروٹانوں اور نیوٹرانوں کے بند خول تیار کرتے ہیں۔ خولی نمونہ کی تیاری زیادہ تر ماریا مائر اور ہیکزیل، جیسنن اور سوئس کی کاوشوں کا نتیجہ تھی جنہوں نے اسے مضبوط چکر مداری جوڑ کر متعارف کر کے تیار کیا۔ ان لوگوں نے کامیابی کے ساتھ طلسمی اعداد کے متناظر بند خولی تشکیل (configuration) کی پیش قیاسی کی۔ یہ فرض کیا گیا کہ بند خول پروٹانوں اور نیوٹرانوں کے لیے آزادانہ طور پر تشکیل پاتے ہیں۔ مرکزے کے اندر نیوکلیانوں کو باندھ کر رکھنے والی نیوکلیائی قوتوں کی نوعیت، ایک مائع کے قطرے میں سالمات کو باندھنے والی قوتوں کے مماثل ہوتی ہے۔ مائع کے قطرے کے نمونے کی ابتداء اسی مماثلت کی بنیاد پر ہوئی۔ مرکزے سے مائع کے نمونے کی بنیاد بروائزیکر نے نیم تجربی کمیتی یا بند شی توانائی کا ضابطہ تیار کیا۔ مرکزوں (nuclides) کی کمیتوں کو ٹھیک ٹھیک پیش قیاسی کرنے کے لیے نیم تجربی کمیتی ضابطہ بے حد کامیاب رہتا ہے۔

14.7 کلیدی الفاظ (Keywords)

- حجم کی اصطلاح۔
- سطحی اصطلاح۔
- کولمب کی اصطلاح۔

- غیر متناسب اصطلاح۔
- جوڑا بنانے کی اصطلاح۔

14.8 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

14.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. اگر Al2713 نیوکلئس کے رداس کو RL مان لیا جائے تو Te12553 نیوکلئس کا رداس تقریباً ہے
   a) Ral3/1(13/53)
   b) RL 3/5
   c) RL ⅗
   d) RL ⅓ (53/13)
2. یورینیم کا ایک نیوکلئس تھوریم اور ہیلیم کے نیوکلیئس میں باقی رہ جاتا ہے۔ پھر،
   a) ہیلیم نیوکلئس میں تھوریم نیوکلئس سے زیادہ حرکی توانائی ہوتی ہے۔
   b) ہیلیم نیوکلئس میں تھوریم نیوکلئس سے کم رفتار ہوتی ہے۔
   c) ہیلیم نیوکلئس میں تھوریم نیوکلئس سے زیادہ رفتار ہوتی ہے۔
   d) ہیلیم نیوکلئس میں تھوریم نیوکلئس سے کم حرکی توانائی ہوتی ہے
3. 3Li7 اور He42 نیوکلی کے فی نیوکلیون کی پابند توانائی بالترتیب meV 5.60 اور meV7.06 ہے۔
4. جوہری ردعمل Li7 + 1H1 ➞ ⎕ 2He4 +2He4+Q3 میں، جاری ہونے والی توانائی Q کی قدر ہے
   a) MeV 19.6
   b) MeV 2.4
   c) MeV 8.4
   d) MeV 17.3
5. ایک Cl37 ایٹم کے لیے بڑے پیمانے پر نقص (amu/atom) کا حساب لگائیں جس کا اصل ماس amu 36.966 ہے۔
   a) amu 0.341
   b) 0.388 ایم یو
   c) amu 0.623
   d) amu 0.264
6. ایک آاسوٹوپ کے لیے بڑے پیمانے پر نقص amu/atom 0.410 ہے۔ پابند توانائی کی قدر کا حساب لگائیں۔

a) x 1020 kJ/mol 1.23

b) x 103 kJ/mol 2.23

c) x 1010 kJ/mol 3.69

d) x 1013 kJ/mo 3.69

7. نیچے کون سا آاسوٹوپ سب سے زیادہ پابند توانائی رکھتا ہے؟

a) 4وہ

b) O16

c) S32

d) 55ملین

8. درج ذیل میں سے کون سا جملہ غلط ہے؟

a) نیوکلیئر بائنڈنگ انرجی وہ توانائی ہے جو ذیلی ایٹمی ذرات سے ایٹم کی تشکیل میں جاری ہوتی ہے۔

b) یہ نیوکلئس ابتدائی طور پر الگ ہونے والے پروٹون اور الیکٹران سے بنتا تھا پھر مادے کی مقدار توانائی میں تبدیل ہوتی ہے اسے ماس ڈیفیکٹ کہا جاتا ہے۔

c) ایٹم میں پروٹون اور الیکٹران کا کل ماس۔

d) سب سے زیادہ مستحکم نیوکللی سب سے زیادہ پابند توانائی کے ساتھ مالیکیول ہیں۔

9. ایک نیوکلئس کا ماس نمبرA، ایٹم نمبرZ اور بائنڈنگ انرجی Bہے۔ نیوٹران اور پروٹون کا ماس بالترتیب mnاورmpہے اور روشنی کی رفتارcisہے۔

مندرجہ ذیل میں سے کون سا اظہار صحیح طور پر نیوکلئس کے بڑے پیمانے پر نمائندگی کرتا ہے؟

a) $(A-Z)mn+Zmp-B/c2$

b) $(A-Z)mn+Zmp+B/c2$

c) $(A+Z)mn+Zmp-B/c2$

d) $(A+Z)mn+Zmp+B/c2$

14.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. نیوکلئس کی ساخت کا تعین کرنے کے لیے کس قسم کے اعلی توانائی کے بکھرنے والے تجربات استعمال کیے جاتے ہیں؟
2. بکھرنے والے کراس سیکشن کا جوہری شکل کے عنصر سے کیا تعلق ہے؟

3. ایک تابکاری نمونے کی باقی ماندہ مقدار ایک مخصوص مدت میں 50٪ تک کم ہو جاتی ہے۔ اسی مدت کے دوران کشی کی شرح میں کتنی کمی آئے گی؟
4. فرق کمیت (mass defect) اور بندشی توانائی (binding energy)
5. طلسمی اعداد

14.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. نیوکلئس کی ساخت کا تعین کرنے کے لیے کس قسم کے اعلی توانائی کے بکھرنے والے تجربات استعمال کیے جاتے ہیں؟
2. بکھرنے والے کراس سیکشن کا جوہری شکل کے عنصر سے کیا تعلق ہے؟
3. ایک تابکاری نمونے کی باقی ماندہ مقدار ایک مخصوص مدت میں 50٪ تک کم ہو جاتی ہے۔ اسی مدت کے دوران کشی کی شرح میں کتنی کمی آئے گی؟
4. یہ بتایئے کہ کس طرح مرکزے کا خولی نمونہ نیوٹران اور پروٹان کی تعداد کی قیمتوں کے لیے طلسمی اعداد پر خولی ساخت کو توجہ کرتا ہے۔

14.8.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. 50Fe آئرن آاسوٹوپس 49 Fe اور 51 Fe کا جوہری ماس دونوں ہیں قلیل مدتی تابکار پوزیٹرون ایمیٹرز کے نام سے جانا جاتا ہے، لیکن 50 Fe ابھی تک دریافت نہیں ہو سکا ہے۔ 50 Fe کے جوہری ماس کے لیے متوقع قدر کا حساب لگائیں۔
2. بی بیریلیم (Z 4) کے آاسوٹوپس میں آٹھ معلوم آاسوٹوپس ہیں، جن میں سے صرف ایک، 9 ہونا، مستحکم ہے۔ 8 کے ایٹمی ماس کا موازنہ کریں۔ اس کے ساتھ رہو دو میں سے 4 وہ ایٹم اور 9 کا جوہری ماس مجموعہ 7 کے ساتھ رہیں لی اور 2 .H ان موازنہوں سے کیا نتیجہ اخذ کیا جا سکتا ہے؟
3. نیم تجربی ضابطے کی بنیاد پر $_{87}Pb^{208}$ اور $_{83}Bi^{209}$ کی کمیتوں کی تخمین کیجئے۔
4. نیم تجربی بندشی توانائی کے ضابطے کی مدد سے Pb^{208} میں آخری نیوٹران کی بندشی توانائی محسوب کیجئے۔

(جواب: 7.03 MeV)

14.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

---

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th} & 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.

اکائی 15۔ قدرتی تابکاری

(Natural Radio Activity)

اکائی کے اجزا

15.0 تمہید

15.1 مقاصد

15.2 ریڈیو ایکٹیویٹی کی خصوصیات

15.3 قدرتی اور مصنوعی تابکاری

15.4 الفا، بیٹا اور گاماڈیک کی خصوصیات

15.5 تابکار انحطاط کا قانون

15.6 تابکار نیوکلس کی نصف زندگی

15.7 تابکار نیوکلس کی اوسط زندگی

15.8 α-decay کے لئے گیمو کا نظریہ

15.9 گیگر نیٹل کا قانون

15.10 بیٹا کشی کا نظریہ

15.11 Soddy – Fajans گروپ کی نقل مکانی کا قانون

15.12 زوال کی تین صورتیں اور ان کے ہونے کی شرائط

15.13 γ-decay نظریہ

15.14 حل شدہ مثالیں

15.15 اکتسابی نتائج

15.16 کلیدی الفاظ

15.17 نمونہ امتحانی سوالات

15.17.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

15.17.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات
15.17.3 طویل جوابات کے حامل سوالات
15.17.4 غیر حل شدہ سوالات
15.18 تجویز کردہ اکتسابی مواد

15.0 تمہید (Introduction)

ہم جانتے ہیں کہ نیوکلس فطرت میں دو مضبوط ترین قوتوں کے درمیان شدید تنازعہ کا تجربہ کرتا ہے، یہ حیرت کی بات نہیں ہونی چاہئے کہ بہت سے جوہری آسوٹوپ موجود ہیں جو غیر مستحکم ہیں اور کسی قسم کی تابکاری کا اخراج کرتے ہیں۔ تابکار انحطاط (جسے جوہری انحطاط یا تابکاری بھی کہا جاتا ہے) وہ عمل ہے جس کے ذریعے ایک غیر مستحکم جوہری نیوکلئس تابکاری کا ذرہ۔ دوسرے لفظوں میں، جوہری نیوکلیز جن میں پروٹون یا نیوٹرون α, β ذرہ یا γ ذرہ، اخراج کرکے توانائی کھو دیتا ہے، جیسے کی زیادتی کیوجہ سے نیوکلئس کو ایک ساتھ رکھنے کے لیے کافی بائنڈنگ انرجی نہیں ہوتی ہے وہ منتشر ہونے والے ہیں۔ آیئے کچھ تاریخ لیتے ہیں۔ تابکاری کو 11896ء میں فرانسیسی سائنسدان ہنری بیکرل نے فاسفورسنٹ مواد کے ساتھ کام کرتے ہوئے دریافت کیا تھا۔ یہ مواد روشنی کی نمائش کے بعد اندھیرے میں چمکتے ہیں اور انہیں شبہ تھا کہ ایکس رے کے ذریعے کیتھوڈرے ٹیوبوں میں پیدا ہونے والی چمک کا تعلق فاسفورسس سے ہو سکتا ہے۔ اس نے ایک فوٹو گرافی کی پلیٹ کو کالے کاغذ میں لپیٹ کر اس پر مختلف فاسفورسنٹ نمک رکھے۔ تمام نتائج منفی تھے جب تک کہ اس نے یورانیم نمک استعمال نہیں کیا۔ یورانیم کے نمکیات کی وجہ سے پلیٹ کو کالے کاغذ میں لپیٹنے کے باوجود سیاہ ہو گئی۔ جلد ہی یہ واضح ہو گیا کہ کالا ہونا یورانیم اور دھاتی یورانیم کے غیر فاسفورسنٹ نمکیات کی وجہ سے بھی ہوا تھا۔ ان تابکاریوں کو "پیکر ک ریز" کا نام دیا گیا ہے۔

15.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- اس اکائی میں تابکاری کے مظہر (Phenomenon of radio activity) اور تابکار تکسر (radioactive disintegration) کے کلیات پر بحث کی گئی ہے۔
- آپ کسی تابکار عنصر کے تکسری مستقل، اس کی نصف حیات (T یا اس کی اوسط حیات) T(mean life) کو محسوب کریں گے۔
- تابکار پیمائشوں کی مدد سے آپ زمین کی عمر کی تخمین کر سکیں گے۔
- تابکار سلسلوں Radio Active series کو بیان کر سکیں گے۔

15.2 ریڈیو ایکٹیویٹی کی خصوصیات (Properties of Radioactivity)

ہر ریڈیو آئیسوٹوپ کے لیے ڈیک اسکیم پر مشتمل طریقے اور خصوصیت والی توانائیاں مخصوص ہیں۔ اگر انسٹرکشن کافی حساس ہے، تو یہ شناخت کرنا ممکن ہے کہ نمونے میں کون سے آسوٹوپ موجود ہیں۔ لیکن اس میں آپ کے بہت سارے پیسے خرچ ہوں گے۔ تابکار انحطاط ایک نیوکلئس کو دوسرے میں تبدیل کر دے گا اگر پروڈکٹ نیوکلئس میں ابتدائی سڑتے ہوئے نیوکلئس سے زیادہ نیوکلیئر بائنڈنگ توانائی ہو۔ بائنڈنگ انرجی میں فرق (پہلے اور بعد کے حالتوں کا موازنہ) اس بات کا تعین کرتا ہے کہ کون سے ڈیکیز توانائی کے لحاظ سے ممکن ہیں اور کون سے نہیں۔ لیکن میں تابکاری کے بارے میں تمام معلومات کو سیدھے آگے کی شکل میں رکھتا ہوں۔

i. (تناسب کو یاد رکھیں N/Z) یہ مکمل طور پر ایک جوہری رجحان ہے جو نیوکلئس کے عدم استحکام کی وجہ سے ہے۔

ii. یہ ایک بے ساختہ اور ناقابل واپسی عمل ہے۔

iii. یہ بیرونی عوامل جیسے دباؤ، درجہ حرارت، مادہ کی حالت، برقی میدان، مقناطیسی میدان، اتپریرک و گیہر سے آزاد ہے۔

تابکاری کا اخراج کرتا ہے جو ممکنہ نوعیت کا ہوتا ہے اور اس کا انحصار نیوکلئس کی عمر یا اس کے α β، یا γ ایک تابکاری عنصر تخلیق پر نہیں (Your never can predict when a certain nuclei is going to emit a particle) ہوتا ہے۔

β۔ اور α ایک تابکار عنصر بیک وقت ذرات کا اخراج نہیں کرتا ہے

اصل تابکار نیوکلئس یا عنصر کو بنیادی عنصر کہا جاتا ہے اور جو نیا عنصر بنتا ہے اسے بیٹی عنصر کہا جاتا ہے۔ یہ یہ فرسٹ آرڈری ایکشن ہے۔

بیٹی عنصر کے جسمانی اور کیمیائی خصوصیات بنیادی عنصر سے مختلف ہیں۔

15.3 قدرتی اور مصنوعی تابکاری (Natural and Artificial Radioactivity)

سخت حقیقت یہ ہے کہ تابکاری کی ایجاد انسان نے نہیں کی ہے۔ یہ کائنات میں قدیم زمانے سے موجود ہے۔ نیوکلئس کا جو فطرت میں ہوتا ہے، اسے قدرتی تابکاری کہتے ہیں۔ تاہم یورانیم سے بہار ایسے عناصر موجود ہیں جو مصنوعی طور پر بنائے گئے ہیں۔ انہیں ٹرانسپوریم عناصر کہا جاتا ہے جنہیں آہستہ حرکت کرنے والے نیوٹرانوں سے ٹکرا کر دوسرے مرکزوں میں منتشر کیا جاسکتا ہے۔ ایسے مصنوعی تابکاری کہتے ہیں۔ اس طرح ان دونوں اقسام کے درمیان فرق کی جانچ کرنا رواج ہے۔

مصنوعی اور قدرتی تابکاری کے درمیان فرق قدرتی تباکاری۔

a) تابکاری جو فطرت میں خود میں واقع ہوتی ہے۔

b) یہ ان عناصر میں پایا جاتا ہے جن کا جوہری عدد 82 سے زیادہ ہے۔

c) اس کی عام طور پر لمبی نصف زندگی ہوتی ہے۔

d) α, β اور γ ڈیک پارٹکلز ہیں۔

مصنوعی تابکاری

a) یہ تجربہ گاہوں میں انسان کی طرف سے متاثر ہوتا ہے۔

b) کم ایٹم نمبر والے عناصر میں انڈیوس کہا جاسکتا ہے۔

c) اس کی عام طور پر مختصر نصف زندگی ہوتی ہے۔

d) $\alpha, \beta, -\beta$ اور γ ڈیک پارٹکلز ہیں۔

15.4 الفا، بیٹا اور گاما ڈیک کی خصوصیات (Properties of α,β and γ decay)

α -decay کی خصوصیات:

i. یہ ذرات ہیلیم نیوکلئی $_2He^4$ ہیں۔

ii. وہ فوٹو گرافی کی پلیٹ کو متاثر کرتے ہیں۔

iii. وہ برقی میدان میں منفی پلیٹ کی طرف منحرف ہوتے ہیں۔ وہ مقناطیسی میدان سے بھی منحرف ہوتے ہیں۔

iv. یہ ذرات گیہوں کو آئنائز کرسکتے ہیں۔ الفا شعاعوں میں زیادہ سے زیادہ آئنائزنگ پاؤر ہوتی ہے۔

v. ان کی رفتار $1x10^7\ m/s$ کی ترتیب کی ہے۔

vi. ان میں گھنے کی طاقت بہت کم ہوتی ہے۔

B-decay کی خصوصیات:

i. بیٹا شعاعیں الیکٹران $_{-1}e^o$ ہیں۔

ii. وہ فوٹو گرافی کی پلیٹ کو متاثر کرتے ہیں۔

iii. وہ برقی میدان میں مثبت پلیٹ کی طرف زیادہ سے زیادہ حد تک منحرف ہو جاتے ہیں۔ وہ مقناطیسی میدان سے بھی منحرف ہوتے ہیں۔

iv. ان کی آئنائزنگ پاور α شعاعوں سے کم ہوتی ہے۔

v. ان کی رفتار ماخذ کے ساتھ مختلف ہوتی ہے، بعض اوقات $2.7x10^8\ m/s$ تک پہنچ جاتی ہے۔

vi. ان کی دخول کی طاقت α ذرات سے تقریباً 100 گنا زیادہ ہے۔

γ-decay کی خصوصیات:

i. وہ برقی مقناطیسی تابکاری (فوتوں) ہیں جیسے کہ ایکسرے جنکی طول موج بہت کم ہوتی ہے 10^{-10} میٹر سے 10^{-13} میٹر کی حد میں۔

ii. وہ فوٹو گرافی کی پلیٹ کو متاثر کرتے ہیں۔

iii. وہ برقی اور مقناطیسی میدانوں سے متاثر نہیں ہوتے۔

iv. ان کی آئنائزنگ پاور کم ہے اور β ذرات کا تقریباً ایک سوواں حصہ ہے۔

v. ان کی رفتار روشنی کی رفتار کے برابر ہے۔

vi. ان کی گھنے کی طاقت بہت زیادہ ہے۔ جو β ذرات سے تقریباً 100 گنا زیادہ ہے۔

اس کے علاوہ، تابکار انحطاط (decay) کی چند عام اقسام ہیں۔ یہ مندرجہ ذیل ہیں:

پوزیٹرون کا اخراج: اگرچہ پوزیٹرون کا اخراج قدرتی طور پر پائے جانے والے تابکار آئسوٹوپس کے ساتھ نہیں ہوتا ہے، لیکن یہ قدرتی طور پر چند انسان ساختہ آئسوٹوپس میں ہوتا ہے۔ پوزیٹرون بنیادی طور پر ایک الیکٹران ہے جس میں منفی چارج کے بجائے مثبت چارج ہوتا ہے۔ پوزیٹرون اس وقت بنتا ہے جب نیوکلس میں ایک پروٹون، نیوٹرون اور مثبت طور پر چارج شدہ الیکٹران میں تبدیل ہو جاتا ہے۔ اس کے بعد پوزیٹرون نیوکلس سے خارج ہوتا ہے۔

الیکٹران کیپچر یا کے۔ کیپچر (Electron Capture or K-Capture)

الیکٹران کیپچر ایک نایاب قسم کا نیوکلیائی انحطاط ہے جس میں سب سے اندرونی توانائی کی سطح سے ایک الیکٹران نیوکلیس کے ذریعے پکڑا جاتا ہے۔ یہ الیکٹران ایک پروٹون کے ساتھ مل کر نیوٹرون بناتا ہے۔ ایٹم نمبر ایک کم ہوتا ہے لیکن ماس نمبر وہی رہتا ہے۔ Is الیکٹران کی گرفت Is مداروں میں ایک خالی جگہ چھوڑ دیتی ہے۔ برقی مقناطیسی سپکٹرم کے ایکسرے حصے میں توانائی جاری کرتے ہوئے خالی جگہ کو پر کرنے کے لئے الیکٹران نیچے گرتے ہیں۔

زمین کی عمر (Age of the Earth)

زمین کی عمر کے تخمینے کے لیے زمینی اور شہاب ثاقب کے نمونوں کے تابکاری کے مطالعوں کی مدد لی جاسکتی ہے۔ قدرتی تابکار سلسلوں کے تابکار زنجیوں کی ایک جانچ یہ بتاتی ہے کہ بنیادی شئے اور اس کی پیداوار کے تکسر کے ساتھ $\alpha(a)$ ذرات کے اخراج سے ہیلیئم کا ارتقاء واقع ہوتا ہے اور (b) قدرتی طور پر واقع ہونے والی ہر سلسلے کے ایک مخصوص جوہری وزن کے حامل سیسے (Lead) کی تشکیل عمل میں آتی ہے۔ جب ایک یورانیم کی حامل معدنی شئے تشکیل پاتی ہے اور اگر ہیلئیم یا 206 جوہری وزن والا سیسہ اس میں موجود

15.5 تابکار انحطاط کا قانون (Radioactive Decay Law)

تابکار انحطاط فی اکائی وقت نمونے میں تابکار مرکبات کے مرکزوں کی کل تعداد کے براہ راست متناسب ہوتے ہیں۔ اس کے ذریعے ہم ریاضیائی طور پر تابکار انحطاط کی شرح کی مقدار طئے کر سکتے ہیں۔

$$dN/_{dt} \propto -N$$
$$= -\lambda N$$

جہاں $(\lambda > O)$ مستقل ہے۔ جو sample میں موجود نیوکلئی سے متعلق ہے۔ جو ہمیں وقت کے فی یونٹ وقفے میں decay ہونے کا امکان دیتا ہے۔ نیز تابکار انحطاط کی تعداد dN sample میں موجود کل تعداد کو کم رہی ہے۔ مگر یہاں یاک نہایت توجہ طلب بات ہے کہ ہم نے لیا ہے کہ dn پیرنٹ نیوکلئی کا نمبر ہے جو t اور t+dt کے درمیان ختم ہوتا ہے اور ہم نے N کو مسلسل متغیر کے طور پر لیا ہے۔ اس طرح ہم آخری مساوات کو دوبارہ ترتیب دیے سکتے ہیں۔

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$
$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\int_0^t \lambda dt$$

جیسا کہ ہم جانتے ہیں کہ اگر ڈینومنیٹر کی تفرقی نیومریٹر کے برابر ہے تو انٹگرل کی قیمت ڈینومنیٹر کا لاگ ہوگی اس لئے آخری مساوات نتیجہ خیز ہوگی۔

$$\log\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$$
$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$
$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

ایک چیز جس پر ہمیں توجہ دینی چاہئے وہ یہ ہے کہ تابکار انحطاط ایکسپونینشل ہے۔ چونکہ Sample کے آئسوٹوپ میں کمیت کا براہ راست تعلق، sample میں موجود ایٹموں کی کل تعداد سے ہوتا ہے۔ اس لئے آئسوٹوپ کی کل کمیت بھی اسی کٹاؤ مستقل ے ساتھ تیزی سے کم ہوتی ہے $M(t) = M_0 e^{-\lambda t}$ کمیت کے تحفظ کی وجہ سے جیسے جیسے آئسوٹوپ کی کل مقدار کم ہوتی جاتی ہے۔ پیدا شدہ کٹاؤ والی مصنوعات کی کل کمیت میں اضافہ ہوتا ہے ایکسپونشیل کٹاؤ کی حقیقت یہ ہے کہ تابکار آئسوٹوپس کی کل کمیت حقیقت میں کبھی صفر تک نہیں پہنچتی۔ جیسے جیسے آئسوٹوپ کے گرنے کا وقت بڑا اور بڑا ہوتا جاتا ہے ماس صفر کے قریب اور قریب ہوتا جاتا ہے۔ حقیقت میں تابکاری Sample میں ایٹموں کی صرف ایک مقررہ تعداد ہوتی ہے۔ اور اس طرح ایک آئسو ٹوپ کی کمیت بالآخر صفر تک پہنچ جائیگی۔ کیونکہ تمام مرکزے دوسرے عنصر میں ختم ہوجاتے ہیں۔

15.6 تابکار نیوکلس کی نصف زندگی (Half – Life of a Radioactive nucleus)

جیسا کہ میں آپ کو پہلے بتاچکا ہوں کہ یہ پیشن گوئی کرنا ممکن نہیں ہے کہ انفرادی ایٹم کب ختم ہوسکتا ہے۔ لیکن اس بات کی پیائش کرنا ممکن ہے کہ تابکار مادے کے آدھے مرکزے کو گرنے میں کتنا وقت لگتا ہے۔ تابکار نیوکلس کی نصف زندگی اس سے خارج ہونے والی تابکار کی نوعیت کے ساتھ اسکی اہم خصوصیات میں سے ایک ہے۔ یہ اس بات کا تعین کرتا ہے کہ یہ کتنی جلدی ختم ہوجائے

گا اور ہمیں اس کی تابکاری کے بارے میں کتنی دیر تک فکر کرنے کی ضرورت ہے۔ نصف زندگی ایک سیکنڈ کے ایک حصے سے لیکر اربوں سال تک ہو سکتی ہے۔

مثال کے طور پر کاربن 14 کی نصف زندگی 5,715 سال ہے لیکن Francium -223 کی نصف زندگی صرف 20 منٹ ہے۔ نصف زندگی کی دو تعریفیں ہیں لیکن ان کا مطلب بنیادی طور پر ایک ہی چیز ہے۔ نصف زندگی کی وہ وقت ہے جس کے لئے لیا جاتا ہے۔

1. کسی Sample میں تابکار آئسوٹوپ کے مرکزوں کی تعداد کو آدھا کرنا۔
2. تابکار آئسوٹوپ پر مستقل Sample سے گنتی کی شرح اس کی ابتدائی سطح کے نصف تک گر جاتی ہے۔

اب آخری ریاضیاتی اظہار کی تھوڑی سی تبدیلی کے ساتھ ہم حاصل کرتے ہیں۔

$$\log\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$$

$$2.303\log\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$$

نصف زندگی کی تعریف کا ستعمال کرتے ہو $t = {}^{\pi}/_{2}$ پر ابتدائی نمبر N_0 ہو گا $\frac{N_0}{2}$ جو اس لمبے موجود نیوکلئی نمبر ہیں۔

متبادل پر ہمیں ملتا ہے۔

$$2.303\log\left(\frac{\frac{N_0}{2}}{N_0}\right) = -\lambda\,{}^{\pi}/_{2}$$

$$2.303\log({}^{1}/_{2}) = -\lambda T_{1/2}$$

$$-2.303 \times 0.3010 = -\lambda T_{1/2}$$

$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$$

نیوکلس کی نصف زندگی جتنی طویل ہو گی تابکار سرگرمی اتنی ہی کم ہو گی۔ ایک نیوکلس جس کی نصف زندگی دوسرے سے دس لاکھ گنا زیادہ ہے وہ دس لاکھ گنا کم تابکار ہو گا۔ اس طرح نصف زندگی کرنے کی رفتار کا اندازہ لگانے کا ایک آسان طریقہ ہے لیکن اسے تابکار نیوکلس کی اوسط عمر کے ساتھ الجھن میں نہیں ڈالنا چاہئے۔

15.7 تابکار نیوکلس کی اوسط زندگی (Average Life of a Radioactive nucleus)

تابکار ایٹم بے ساختہ منتشر ہو جاتے ہیں اور یہ پیشن گوئی کرنا ممکن نہیں ہے کہ اگلا کونسا ایٹم منتشر ہونے والا ہے جو میں آپ کو کوئی بار بتا چکا ہوں۔ عملی طریقہ یہ ہے کہ آپ تابکار ایٹموں کا نمونہ لیں اور ان سب کے ختم ہونے کا انتظار کریں اور اس بات کا خیال رکھیں کہ ہر ایٹم کتنی دیر تک رہتا ہے۔ جو ایٹم شروع میں بکھر جاتا ہے اس کے بارے میں کہا جاتا ہے کہ اس کی زندگی صر (0) ہے۔ اور جو ایٹم آخر میں بکھر جاتا ہے اس کے بارے میں کہا جاتا ہے اس کی زندگی لا محدود ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے ایٹموں کی تمام زندگیوں

کا مجموعہ، جس سے تقسیم کیا گیا ہے نیو کلئی کی اصل تعداد، اوسط زندگی ہے۔ دوسرے لفظوں میں، اوسط زندگی صرف ریاضی کی اوسط ہے ہانفرادی مرکزے کے زندگیوں میں اس طرح ہم اسے ریاضیاتی انداز میں رکھ سکتے T_{avg}

$$T_{avg} = \frac{\int_0^\infty tNdt}{\int_0^\infty Ndt}$$

آپ اس کے بارے میں سوچ سکتے ہیں۔100 نیو کلئی کے sample میں کہیں 5 ایک سکنڈ تک زندہ رہا، 15، 2 سکنڈ تک زندہ رہا، اس طرح 25، 10 سکنڈ زندہ رہا۔ لہٰذا اس طرح واقعہ 1 سکنڈ 5 بار ہوا، واقعہ 2 سکنڈ 15 بار ہوا وغیرہ۔ اس طرح زندگی کا وقت عدد کو رہیگا اور یقیناً 0 سے ∞ تک مربوط وقت کی تمام ممکنہ قدروں کا احاطہ کریگا۔ جو اس وقت موجود نیو کلئی کی تعداد سے تقسیم ہو رہا ہے۔ اسی طرح ہم اسے دوبارہ لکھ سکتے ہیں۔

$$= \int_0^\infty \frac{tN_0e^{-\lambda t}dt}{N_0e^{-\lambda t}dt} = \frac{\int_0^\infty te^{-\lambda t}dt}{\int_0^\infty e^{-\lambda t}dt}$$

اگر ہم $\lambda t = 0$ لیں تو $t = \frac{x}{\lambda}$ اور $\lambda dt = dx$ ہو گا

$$\therefore T_{avg} = \frac{\int_0^\infty \frac{x}{\lambda}e^{-x}\frac{dx}{\lambda}}{\int_0^\infty e^{-x}\frac{dx}{\lambda}} = \frac{1}{\lambda}\frac{\int_0^\infty xe^{-x}dx}{\int_0^\infty e^{-x}dx}$$

ہم جانتے ہیں کہ $T(n) = \int_0^\infty x^{n-1}e^{-x}dx$ اب اس مساوات کو T_{avg} مساوات سے تقابل کریں تو ہمیں پتہ چلتا ہے کہ نیومنیٹر T(1) ہے اور ڈینومینٹر T(0) ہے جس کی قیمت صرف 1 ہے۔ اس لئے ہمیں حاصل ہے۔

$$T_{avg} = \frac{1}{\lambda}$$

تابکار نیو کلس کی اوسط زندگی اور نصف زندگی میں رشتہ:

ہم جانتے ہیں کہ $T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$ اور $T_{avg} = \frac{1}{\lambda}$

$$\therefore \frac{T_{1/2}}{T_{avg}} = \frac{\frac{0.693}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda}} = 0.693$$

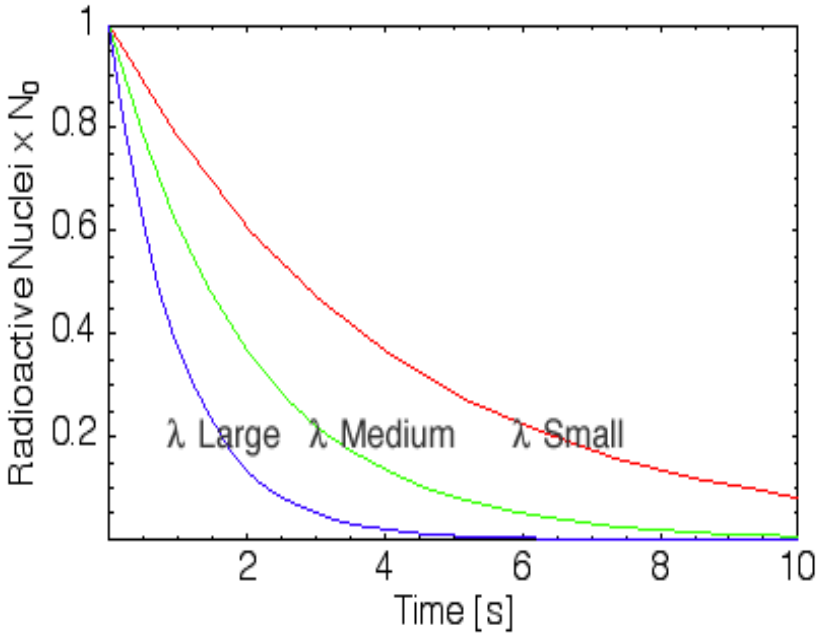
$$\therefore T_{1/2} = 0.693 \times T_{avg}$$

یعنی اوسط زندگی کا وقت، نصف زندیگ کے وقت سے زیادہ ہے۔

کسی تابکار شئے کی عاملیت اور اس کی نصف حیات کے درمیان تعلق کو شکل 15.3 میں دکھایا گیا ہے۔ n نصف حیات کے وقفہ کے بعد یعنی $t = nt$ عاملیت کا بچ جانے والا جز $\frac{1}{2}$ ہو گا۔ یہ جز کبھی صفر کو نہیں پہنچتا لیکن جیسے جیسے t میں اضافہ ہوتا رہتا ہے۔ یہ بہت ہی چھوٹا ہوتا جاتا ہے۔

نصف حیات کے دس وقفوں کے بعد عالمیت اپنی اصل مقدار کے $\frac{1}{10^{24}}$ گنا تک گھٹ جاتی ہے۔ جو اپنی ابتدائی قیمت کے مقابلے میں قابل نظر انداز ہوتی ہے۔

اگر ہمیں λ کی قیمت معلوم ہو گی تو τ کو با آسانی محسوب کیا جاسکتا ہے ذیل کے تعلق کو استعمال کرتے ہوئے تکسری مستقل λ کو تجربی طور پر معلوم کیا جاسکتا ہے۔



شکل 15.3 تابکار شئے کی عالمیت بمقابل نصف حیات کے صحیح اضعاف (Multiplies integral)

$$A_{(t)} = A_{(0)}e^{-\lambda t} \qquad \text{-------(15.1)}$$

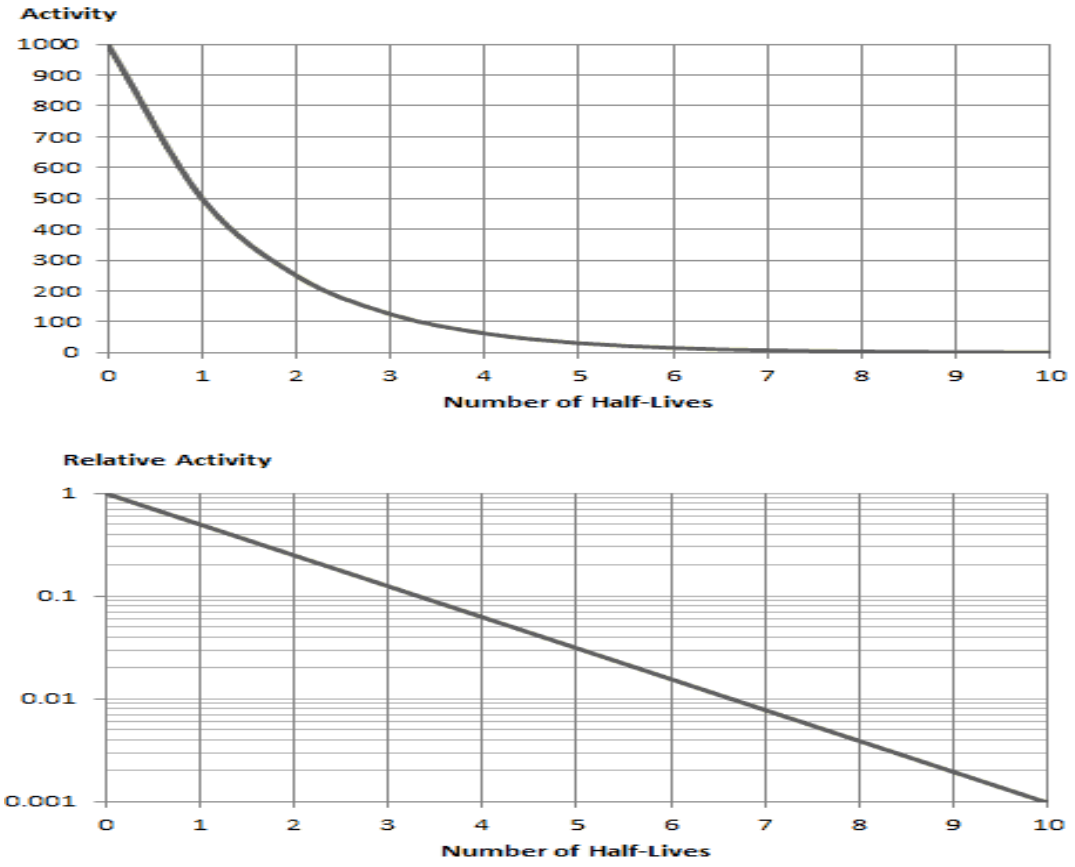
A(t) اور A_0 تابکار شئے کی وقت $t = t$ اور $t = 0$ پر تابکار شئے کی عالمیت کو تعبیر کرتے ہیں۔ مساوات (15.1) کو اس طرح دوبارہ لکھا جاسکتا ہے۔

$$\log_{10} A_{(t)} = \log_{10} A_{(0)} - \frac{\lambda t}{2.303} \text{-------(15.2)}$$

یا

$$\log_{10} A_{(t)} = \log_{10} A_{(0)} - 0.4343\lambda t \qquad \text{--------(15.3)}$$

پیمائش کردہ عالمیت کے لوگار تھم کے مقابل وقت کی ایک ترسیم سے خط مستقیم حاصل ہوتا ہے۔ جس کے ڈھلان (Slope) کی قیمت -0.4343λ کے مساواتی ہوتی ہے۔ شکل (15.4) میں ایک نیم لوگار تھیم (Semi – log) کاغذ پر عالمیت بمقابل وقت کی ایک ترسیم دکھائی گئی ہے۔ شکل میں دئے گئے ڈاٹا (Data) کے مطابق منٹ میں ظاہر کئے گئے وقت کے لیے ڈھلان (Slope) کی قیمت 0.00808- ہے۔ جب کہ λ کی قیمت $3.1 \times 10^{-4}s^{-1}$ ہے۔



شکل(15.4)عاملیت بمقابلہ وقت کے ذریعہ λ کی تحسیب A(t) عاملیت (شمار فی منٹ)

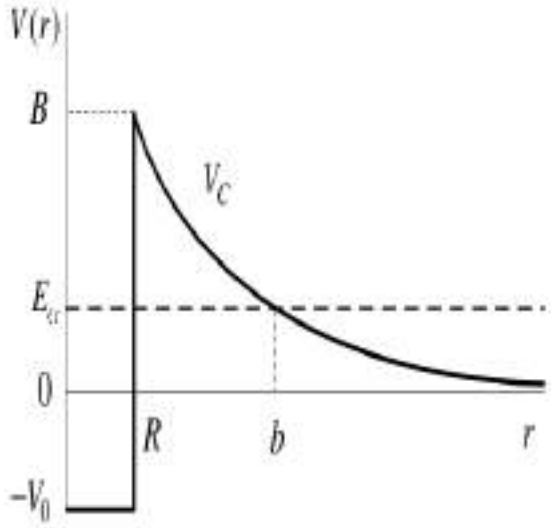
تابکاری کی اکائیاں(Units of Radio Activity):

ایک تابکار شئے کی عاملیت کو عام طور پر جواہر کی اس تعداد کی رقوم میں بیان کیا جاتا ہے جو فی اکائی وقت میں تکسر پاتے ہیں۔ تابکاری کی معیاری اکائی کیوری(Curier)ہے۔ اس کی تعریف یوں کی جاتی ہے کہ تابکار مادے کی وہ مقدار ہے جو فی سیکنڈ $3.7\ 10^{10}$ تکسرات فراہم کرتی ہے۔ ایک شئے کی عاملیت کو ظاہر کرنے کے ملی کیوری(milli – Curie)اور مائیکرو کیوری(micro – curie)جو بالترتیب 3.7×10^7 O اور $3.7\ 10^4$ تکسرات فی سیکنڈ کو ظاہر کرتے ہیں انہیں اکائیوں کے طور پر استعمال کیا جاتا ہے۔

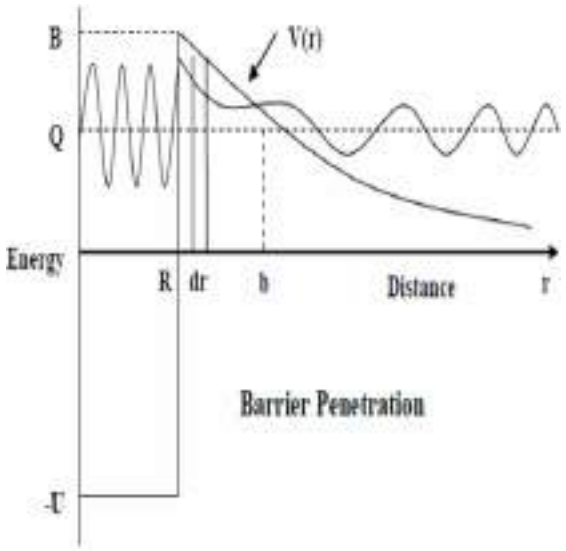
15.8 α-decay کے لئے گیمو کا نظریہ (Gammow's theory of α-decay)

1928ء کے وسط میں ایک روسی نظریاتی طبیعات دان گیمو نے گیگر نیٹل قانون کی دوبارہ تشریح شائع کی۔ (نیتجتاًیہ قانون، جو 1912ء میں تجویز گیا گیا تھا، الفاء پارٹیکل کی رینج کو تابکار نیوکلئس کی نصف زندگی سے جوڑتا ہے جو اسے خارج کرتا ہے۔ نصف زندگی جتنی چھوٹی تھی، خارج ہونے والے ذرہ کی حد اتنی ہی لمبی تھی)۔ الفاذرات کو نیوکلئس میں توانائی کی رکاوٹ کے ذریعے رکھا جاتا ہے اور

طبیعات دانوں نے سوچا تھا کہ الفاپارٹیکل کے اخراج کے لئے اس رکاوٹ کو دور کرنا ہو گا۔ گیمو کی تشریح میں وئیو میکانکس شامل ہے۔ جو تجویز کرتی ہے کہ الفاپارٹیکل توانائی کی رکاوٹ کے ذریعے Tunnel کر سکتا ہے اور یہ کہ فرار ہونے کا یہ موقع اعلیٰ توانائی کے ذرات کے لئے زیادہ تھا۔ لہٰذا الفاکشی کی وجہ یہ ہے کہ نیوکلئس میں بہت زیادہ پروٹون ہوتے ہیں جو ضرورت سے زیادہ پسپائی کا سبب بنتے ہیں۔ پسپائی کو کم کرنے کے کی کوشش میں ایک ہیلیم نیوکلس خارج ہوتا ہے۔ اس کے کام کرنے کا طریقہ یہ ہے کہ ہیلیم نیوکلئی نیوکلس کی دیواروں کے ساتھ مسلسل تصادم میں رہتا ہے اور اس کی توانائی اور کمیت کی وجہ سے منتقلی کا غیر صفر امکان موجود ہے یعنی ایک α ذرہ سرنگ سے باہر ہو جائے گا۔



شکل(15.5A)



شکل(15.5B)

اوپر کا نظریہ اخذ کرنے میں بنیادی مفروضے ہیں یہ:

(a) نیوکلئس کے اندر ایک ہستی کے طور پر موجود ہو سکتا ہے۔

(b) نیوکلس کے اندر α ذرہ کی توانائی مکمل طور پر متحرک ہوتی ہے اور ایک ممکنہ رکاوٹ کے ذریعے نیوکلئس میں رکھی جاتی ہے۔

(c) لہٰذا جب بھی تصادم ہوتا ہے تو نیوکلس کے ذریعہ سرنگ Tunnel بنانے کا ایک محدود امکان ہمیشہ ہوتا ہے۔

آخری مفروضے میں لفظ "ایک محدود امکان" نے پورے واقع کو ایک امکانی بنا دیا ہے۔ جس چیز کی تشریح کی جا سکتی ہے وہ یہ ہے کہ ذرہ مسلسل جوہری دیوار سے ٹکراتا رہتا ہے۔ اور اس میں اس کے ذریعے رسنے کا موقع ملتا ہے۔ زیادہ ریاضیاتی ہوتا ہے۔

T = اگر ٹنلنگ میں α ذرہ کی ٹرانسمیشن کا امکان اور

γ = تعدد فی سکنڈ میں α ذرہ ممکنہ رکاوٹ پر حملہ کرتا ہے تو فی یونٹ

وقت (پولی) کے ذریعہ زوال کا امکان دیا جاتا ہے $\lambda = \gamma T$ اور اس γ کو یوں لکھ سکتے ہیں کہ

$$V = \frac{\gamma}{2R_0}$$

جہاں $V = \alpha$ ذرہ کی رفتار اور R_0 = نیوکلیئر کا رینج۔ لہٰذا

ہمیں حاصل ہے۔ $$\lambda = \frac{\gamma}{2R_0} T$$

دونوں طرف Log لینے پر ہمیں حاصل ہے۔

$$\log \lambda = \log \frac{\gamma}{2R_0} + \log T \quad \text{--------(15.4)}$$

وقت کی آزاد شروڈنگر کی مساوات اس خطہ کے لئے جہاں پوٹینشل $(V = 0)$ ہو تو

$$\nabla^2 \psi_1 + \frac{\sqrt{2mE}}{h} \psi_1 = 0 \quad \text{----------(15.5)}$$

$$\nabla^2 \psi_1 + K_1 \psi_1 = 0$$

جہاں $K_1 \frac{\sqrt{2mE}}{h}$ ہے۔ مساوات (2) کے لئے حل جو احاطہ (1) کے لئے

$$\psi_1(x) = Ae^{-ik_1 x} + Be^{ik_1 x} \quad \text{----------(15.6)}$$

اس طرح احاطہ (2) کے لئے جہاں پوٹینشل (V) موجود ہو تو

$$\nabla^2 \psi_2 - \frac{\sqrt{2m(V.E)}}{h} \psi_2 = 0 \quad \text{----------(15.7)}$$

$$\nabla^2 \psi_2 + K_1 \psi_1 = 0$$

$$Where\ K_2 = \frac{\sqrt{2m(V.E)}}{h}$$

لہٰذا اس کا حل ہو گا

$$\psi_2(x) = Ce^{-K_2 x} + De^{K_2 x}$$

پھر اس کے بعد، احاطہ 3 میں جہاں کوئی پوٹینشل نہیں

$$\nabla^2 \psi_3 - \frac{\sqrt{2mE}}{h} \psi_1 = 0$$

$$\nabla^3 \psi_3 + K_1 \psi_1 = 0$$

جہاں $K_1 = \frac{\sqrt{2mE}}{h}$ ہے۔ اوپر کی تفرقی مساوات، اس احاطہ 3 کے لئے ہو گی

$$\psi_3(d) = Fe^{-ik_1 x} + He^{ik_1 x}$$

جب بھی آپ کو ایٹم میکانکس میں $E > V$ حاصل کریں گے تو شروڈنگر کی مساوات کے حل ہمیشہ دو غلی ہونگے (علاقہ 1 اور 3) اور اگر $E < V$ ہوں گے تو حل ہمیشہ ایکسپونینشل ہوں گے (علاقہ 2)۔ اسے مستقل کے لئے یاد رکھیں۔

اب باؤنڈری شرائط اور ان خطوں کے درمیان تسلسل کے تعلق کو α ذرہ کی لہر کے فنکشن کے لئے استعمال کرتے وئے ہمیں اصل ٹرانسمیشن کا امکان درج ذیل ملتا ہے۔

$$\frac{FF^*}{AA^*} = \frac{Trasmitted\ probability}{Incident\ Probability} = \frac{\text{ٹرانسمیٹیڈ امکان}}{\text{انسی ڈینٹ امکان}} = T$$

$$e^{-2K_2L} = \frac{16e^{-2K_2L}}{4+\frac{K_2^2}{K_1^2}} =$$

یہ میرا ٹرانسمیشن کا امکان ایک غیر صفر مقدار ہے۔ مطلب α ذرہ کا رساؤ خاموش ممکن ہے۔ قدرتی طور پر ستاروں میں جوہری فیوزن کو انٹم ٹنلنگ کی کولمب رکاوٹ کو عبور کرنے کے لئے ناکافی ہے۔ تاکہ تھرمونیوکلیئر فیوژن کو حاصل کیا جاسکے۔ تاہم کوانٹم ٹنلنگ کی وجہ سے رکاوٹ کو گھنے کا کچھ امکان ہے۔ اگرچہ امکان بہت کم ہے۔ لیکن ستاروں میں مرکزے کی انتہائی تعداد لاکھوں یا اربوں سالوں میں ایک مستقل فیوژن رد عمل پیدا کرتی ہے۔ اب ہمیں حاصل ہونے والے آخری مساوات میں لوگارتھم لے رہے ہیں۔

$$\log T = -2K_2L$$

15.9 گیگر نیٹل کا قانون (Geiger – Nuttal Law)

Gamow کے α-decay کے نظریہ میں ہم نے نیوکلس میں موجود الفاپارٹیکل کو ایک خانے میں ایک ذرہ سمجھا ہے۔ پابند حالت میں مضبوط تعامل کی صلاحیت کی موجودگی کی وجہ سے یہ ذرہ ہے۔ یہ ایک طرف سے مسلسل اچھلتا رہیگا اور دوسری طرف ممکنہ رکاوٹ کے ذریعے لہر کے ذریعے کوانٹم ٹنلنگ کے امکان کی وجہ سے ہر بار اچھلتا ہے۔ اس کے فرار ہونے کا ایک چھوٹا سا امکان ہوگا لیکن ایک بار جب یہ مرکزے سے باہر آجاتا ہے تو یہ کتنی دور تک سفر کرے گا پتہ لگانے سے پہلے یا اس طرح سے ہمیں اپنا Detector کہاں رکھنا چاہئے تاکہ ہم α ذرہ کا پتہ لگا سکیں۔ گیمو کے نظریہ میں دیکھیں کے ٹوٹ پھوٹ کا مستقل انحصار α ذرہ کی توانائی پر ہوتا ہے یعنی یہ توانائی ہے جس کی وجہ سے یہ سفر کریگا۔ Geiger اور Nuttal نے کئی بار decay مستقل (λ) مختلف $\alpha - Emitter$ کے لئے α ذرہ (Rr) کی حد کے درمیان تجرباتی مطالعہ کیا۔

انہوں نے جو کچھ پایا وہ درجہ ذیل ہے:

ایک α خارج کروالے تابکار مادے کے لئے decay مستقل کا لوگارتھم (λ) اور α ذرہ (Rr) کی خد کا لوگارتھم ہوا میں ایک دوسرے سے لکیری (Linear) تعلق میں ہے۔ اسے ریاضی کے انداز میں ڈالنا ہو تو $\log(\lambda) = C_1 \log R_r +$ C_2 جہاں C_1 اور C_2 مستقل ہیں۔ لیکن مذکورہ بالا اظہار مساوات سے ایک تجرباتی ہے۔ پھر انہوں نے یہ بھی کر دکھایا کہ α ذرہ (R_α) کی حد بھی ہوا میں α ذرہ کی رفتار پر منحصر ہے اور حقیقت میں انہوں نے اسے پایا ہے کہ یہ α ذرہ کی رفتار کے کیوبڈ کے تناسب ہے۔

$$i.e., R_\alpha V^3 = KV^3$$ جہاں K ایک تناسبی مستقل ہے۔ پھر

$$E_\alpha = {}^1/_2\, mV^2$$

$$V = \left(\frac{2E_\alpha}{m}\right)^{1/2}$$

$$V^3 = \left(\frac{2E_\alpha}{m}\right)^{3/2}$$

$$KV^3 = K\left(\frac{2E_\alpha}{m}\right)^{3/2}$$

$$R_\alpha = K\left(\frac{2E_\alpha}{m}\right)^{3/2}$$

$$\log R_\alpha = \log\left(\frac{2K}{m}\sqrt{\frac{2K}{m}}\right) + \log {E_\alpha}^{3/2}$$

$$\log R_\alpha = b_1 + \frac{3}{2}\log E_\alpha$$

$$C_1 \log R_\alpha + C_2 = C_1 B_1 + C_1 \frac{3}{2}\log E_\alpha + C_2$$

$$\log \lambda = A \log E_\alpha + B$$

جو کہ توانائی کے لحاظ سے یہ گیگر نیٹل قانون ہے۔ اسی مفروضے کے ساتھ کہ $A = C_1\frac{3}{2}$ اور $C_1 B_2 + C_2 =$ B۔ اس طرح گیگر نیٹل کا قانون تابکار آئسوٹوپ کے زوال کے مستقل کو خارج ہونے والے α ذرات کی توانائی سے بھی جوڑتا ہے۔ اور Thumb کا اصول یہ ہے کہ قلیل الموت نیوکلئی طویل عرصے تک زندہ اور Thumb کا اصول یہ ہے کہ قلیل الموت نیوکلئی طویل عرصے تک زندہ رہنے والوں سے زیادہ تونائی بخشی الفاذرات خارج کرتے ہیں۔

15.10 β-decay کی تھیوری (Theory of β-decay) بیٹا کشی کا نظریہ

β ذرات یا تو الیکٹران یا پوزیٹرون ہوتے ہیں جو جوہری کشی کے ایک مخصوص طبقے کے ذریعے خارج ہوتے ہیں۔ کمزور قوت جو نسبتاً لمبے زوال کے اوقات کی خصوصیت رکھتی ہے۔ نام β قدرتی طور پر یونانی حروف تہجی میں α کے بعد اگلے خط کے طور پر اس کی پیروی کی گئی۔۔۔ ذرات پہلے ہی روتھرڈ فورڈ نے دریافت اور نام دیا گی اہے۔ لیکن جس طرح ہم جانتے ہیں کہ ریڈیو ایکٹیوٹی مکمل طور پر ایک جوہری رجحان ہے پھر یہ ہے۔ کہاں سے آیا ہے۔ یہ یاد رکھیں کہ نیوٹران کا وزن پروٹون سے زیادہ ہوتا ہے اور اس طرح ایک پروٹون اور ایک الیکٹران کا یہ مرکب کے حوالے سے غیر مستحکم ہوتا ہے تو درجہ ذیل پر غور کریں۔

$$_1n^0 \rightarrow_1 \mathrm{P}^1 +_0 \mathrm{e}^{-1}$$

$$_1p^1 \rightarrow_1 \mathrm{n}^0 +_0 \mathrm{e}^{+1}$$

اس طرح نیوکلس کے اندر اگر یہ چیزیں ہوتی ہیں تو اس کے نتیجے میں ہے۔ کی پیداوار ہوگی۔ ہم جانتے ہیں کہ ہیزن برگ کے اصول کے مطابق $\Delta x.\Delta P \geq {h}/{2\pi}$ پوزیشنل غیر یقینی صورتحال کے طور پر لیں جو کہ عام جوہری ابعاد کے برابر ہے یعنی e^- مرکزے کے اندر کہیں بھی ہو سکتا ہے۔ اس طرح $\Delta x = 10^{-15}m$ اور الیکٹران کی ماس $9.1 \times 10^{-31}kg$

$$\Delta x.\Delta p = \frac{h}{2\pi}$$

$$\Delta x.\Delta(mv) = \frac{h}{2\pi} \quad (\because P = mv)$$

$$\Delta x.m\Delta(v) = \frac{h}{2\pi}$$

$$\Delta v = \frac{h}{2\pi}.\frac{1}{m\Delta x} = \frac{6.63\times10^{-34}}{2\times3.1415\times9.1\times10^{-31}\times10^{-15}}$$

$$\Delta v = 1.2 \times 10^{11}\, m/sec$$

یہ وہ رفتار ہے جس پر e^- کو نیوکلس کے اندر رہنا پڑتا ہے جو براہ راست اسپیشل تھیوری کی خلاف ورزی کرتا ہے۔ اضافیت جس کے مطابق کسی بھی چیز کی رفتار روشنی کی رفتار سے زیادہ نہیں ہو سکتی۔

β کشی میں توانائی کی رہائی(Energy Release in … decay):

درجہ ذیل نیوکلئر ٹرانسمیوٹیشن لیں ${}_1n^0 \rightarrow {}_1p^1 + {}_0e^{-1}$

توانائی کی رہائی مندرجہ ذیل مساوات کے ذریعہ دی گئی ہے۔

$${}_1n^0 \rightarrow {}_1p^1 + {}_0e^{-1}$$

$$Q = \left[m_n - \left(m_p + m_{e-}\right)\right] \times 931.5\ MeV$$

$$= [1.0086 - (1.0072 + 0.00055)] \times 931.5\ MeV$$

$$Q = 0.8384\ MeV$$

یہ توانائی کی مقدار ہے جس کے ساتھ $e-$ نیوکلس سے باہر آتا ہے لیکن جوہری طبیعات دانوں کو بڑی حیرت ہوئی ہے۔ پتہ چلا کہ جب بھی ایک ہی ایٹم کا ایک نیوکلئس $\beta-$ کشی سے گزرتا ہے تو $e-$ کی توانائی ایک جیسی نہیں ہوتی ہے وہاں $e-$ کی توانائی کا ایک تغیر ہے جو $Q - value$ پر زیادہ سے زیادہ سے نیچے صفر تک پھیلا ہوا ہے۔ اس مشاہدے نے طبیعات دان کو اصول کی طرف انگلی اٹھانے پر مجبور کر دیا ہے توانائی کا تحفظ انہوں نے یہاں تک سوچا کہ توانائی کا اصولی تحفظ ایک جعلی بیان ہے یا یہ اصول کم از کم β کشی کی صورت میں درست نہیں ہے۔

اس طرح اگر نیوکلس کے اندر ایک پروٹون یا نیوٹران ایک پر جوش حالت میں چھلانگ لگاتا ہے۔ عام طور پر α یا β کے زوال کے بعد نئی daughter نیوکلس کو کچھ نہ کچھ توانائی چھوڑنا چاہئے تاکہ پروٹون یا نیوٹران کو گراؤنڈ اسٹیٹ میں واپس آرام کرنے کی اجازت دی جائے۔ جب نیوکلیون یہ تبدیلی اعلیٰ سے کم توانائی کی حالت میں کرتا ہے تو ایک گاما فوٹون خارج ہوتا ہے۔ عام مساوات جو اس عمل کی نمائندگی کرتی ہے وہ یہ ہے۔

$$[{}_ZX^A]^* \rightarrow [{}_ZX^A] + \gamma$$

یہ جاننا کہ ایک ایٹم گاما تابکاری سے گزرتا ہے اہم ہے لیکن یہ بھی ممکن ہے کہ جاری ہونے والی گاما تابکاری کی تعداد کا تعین اگر نیوکلس کے اندر موجود نیوکلیون کی ابتدائی اور آخری حالتوں کو معلوم ہو۔ گاما تابکاری کی تعداد کی نمائندگی کرنے والی مساوات یہ ہے۔

$$E_i - E_f = h\gamma$$

جہاں E_i اور E_f بالترتیب نیوکلس کی ابتدائی اور حتمی توانائی لیولس ہیں اور γ خارج شدہ فوٹون کی تعداد ہے۔

15.11 Soddy Fajans گروپ کی نقل مکانی کا قانون (Soddy – Fajans Group Displacement Law)

مسوڈی اور کشمیری فاجن نے آزادانہ طور پر تبدیلیوں کے اس انداز کو کھولا جو α اور β تابکاری کشی کے ساتھ تھا۔ انہوں نے α اور β ذرات کے اخراج کے بعد بننے والے نئے مختصر کی پوزیشن جاننے کے لئے ایک قانون دیا۔ گروپ کی نقل مکانی کے قانون کے مطابق حسب ذیل نکات زیر غور ہیں۔

i. اگر α — ذرہ اس کے مرکزے سے کسی ریڈیو ایکٹیو عنصر کے ذریعے خارج ہوتا ہے تو نئے عنصر یا daughter کا ایٹم نمبر (Z) تشکیل شدہ عنصر میں 2 اکائیوں کی کمی واقع ہوتی ہے اور ماس نمبر میں 4 اکائیوں کی کمی واقع ہوتی ہے۔ لہٰذا تشکیل شدہ نئے عنصر پوزیشن متواتر جدول میں بائیں طرف دو گروپوں کے ذریعے ہٹ جاتی ہے۔

ii. اگر ایک β — ذرہ کسی تابکار عنصر سے خارج ہوتا ہے تو Daughter عنصر یا نئے عنصر کے جوہری نمبر میں ایک پونٹ کا اضافہ ہوتا ہے۔ اسی لئے متواتر جدول میں ایک گروپ کے ذریعے نئے عنصر کی پوزیشن کو دائیں طرف ہٹا دیا جاتا ہے۔

الیکٹران گرفت (K-Capture):

یہ ایک ایسا عمل ہے جس کے دوران ایک نیوکلئی اپنے ایک ایٹم الیکٹران کو پکڑ لیتا ہے۔ جس کے نتیجے میں نیوٹرینو کا اخراج ہوتا ہے۔ زیادہ تر عام طور پر الیکٹران کو ایٹم کے ارد گرد الیکٹرانوں کے سب سے اندرونی یا K شیل سے پکڑا جاتا ہے۔ اس وجہ سے اس عمل کو اکثر K-Capture کہا جاتا ہے۔ یہاں جوہری نمبر ایک نمبر سے کم ہوتا ہے اور ماس نمبر وہی رہتا ہے جیسے پوزیٹرون کے اخراج عمومی مساوات یہ ہے۔

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

جہاں A اور Z زوال پذیر نیوکلس کا مماس نمبر اور ایٹم نمبر ہیں۔

X اور Y بالترتیب ابتدائی اور قسمی عناصر ہیں۔

15.12 زوال کی تین صورتیں اور ان کے ہونے کی شرائط

(Three Forms of β-decay and their conditions for occurring)

پروٹون کی کشی، نیوٹران کی کشی اور الیکٹران کی گرفت تین طریقے ہیں جن میں پروٹون کو نیوٹرون میں اور نیوٹران کو پروٹون میں تبدیل کیا جاسکتا ہے۔ اسی طرح، ہر زوال میں جوہری نمبر میں تبدیل ہوتی ہے تاکہ Parent اور daughter کے مرکزے مختلف ہوں۔ تینوں عملوں میں نیوکلیون کا نمبر A ایک ہی رہتا ہے۔ جبکہ دونوں پروٹون نمبر Z اور نیوٹران نمبر γ کا اضافہ یا کمی 1 سے ہوتی ہے۔

β^{-} کشی (decay – β^{-}):

β^{-} کشی میں کمزور تعامل ایٹم نیوکلس کو نیکلس میں تبدیل کرتا ہے جس کے ایٹم نمبر میں ایک اضافہ ہوتا ہے۔ ایک الیکٹران (e-) اور ایک الیکٹران انٹی نیوٹرینوں (Ve^{-}) کا اخراج کرتے وقت β^{-} کشی عام طور پر نیوٹران سے بھرپور نیوکلئی میں ہوتی ہے۔

عمومی مساوات یہ ہے $${}_{Z}X^{A} \rightarrow_{Z+1} X^{A} + e^{-} + V^{-}e$$

جہاں A اور Z زوال پذیر نیوکلس کا ماس نمبر اور ایٹم نمبر ہیں اور X اور Y بالترتیب ابتدائی اور حتمی عناصر ہیں۔ مندرجہ ذیل نیوکلس کے اندر وہی ہے جو ہوا ہے۔

$${}_{0}n^{1} \rightarrow_{1} p^{1} + e^{-} + V^{-}e$$

β^{+} کشی (β^{+}-decay):

β^{+} کشی میں کمزور تعامل ایٹم نیوکلس کو نیوکلس میں تبدیل کرتا ہے جس کے ایٹم نمبر میں ایک کی کمی ہوتی ہے۔ ایک پازیٹران (e^{+}) اور ایک الیکٹران نیوٹرینوں (Ve^{+}) کا اخراج کرتے وقت β^{+} کشی عام طور پر نیوٹران سے بھرپور نیوکلئی میں ہوتا ہے۔

عمومی مساوات یہ ہے۔

$${}_{Z}X^{A} \rightarrow_{Z-1} Y^{A} + e^{+} + Ve$$

جہاں A اور Z زوال پذیر نیوکلس کا ماس نمبر اور ایٹم نمبر ہیں اور X اور Y بالترتیب ابتدائی اور حتمی عناصر ہیں۔ مندرجہ ذیل نیوکلس کے اندر وہی ہے جو ہوا ہے۔

$${}_{1}P^{1} \rightarrow_{0} n^{1} + e^{+} + Ve$$

i. اگر تابکاری عنصر کے نیوکلس سے ایک $\alpha-$ ذرہ خارج ہوتا ہے اور پھر اگلے دو دور میں 2β ذرات خارج ہوتے ہیں تو Daughter عنصر اس parent عنصر کا ایک آئسوٹوپ ہے۔ اس Daughter اور Parent عنصر میں ایٹم نمبر مساوی ہوتے ہیں۔ لہٰذا گروپ کی نقل مکانی کا قانون کے مطابق Daughter اور Parent عنصر کی پوزیشن متواتر جدول میں کوئی تبدیل نہیں ہوتی۔

ii. گروپ کی نقل مکانی کا قانون actinides اور lanthanides پر لاگو نہیں ہوتا ہے۔

15.13 γ-decay نظریہ (γ- Decay theory)

γ کشی تابکار کشی کی ایک قسم ہے جس سے ایک نیوکلس گزر سکتا ہے۔ جو چیز اس قسم کے کشی کے عمل کو α یا β کشی سے الگ کرتی ہے وہ یہ ہے کہ جب اس قسم کی کشی ہوتی ہے تو نیوکلس سے کوئی ذرات خارج نہیں ہوتے ہیں۔ اس کے بجائے برقی مقناطیسی تابکاری کی ایک اعلیٰ توانائی کی شکل، ایک $\gamma - ray\ photon$ جاری ہوتی ہے۔ γ شعاعیں صرف فوٹون ہیں جن میں انتہائی اعلیٰ توانائیاں ہیں جو انتہائی انائزنگ ہیں۔ اس کے ساتھ ساتھ۔۔۔ تابکاری اس لحاظ سے بھی منفرد ہے کہ گاما کے زوال سے گزرنے سے ایٹم کی ساخت یا بناوٹ میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی ہے۔ اس کے بجائے یہ صرف ایٹم کی توانائی کو تبدیل کرتا ہے کیونکہ $\gamma - ray$ کوئی چارج نہیں لیتا ہے اور نہ ہی اسکا کوئی منسلک ماس ہوتا ہے۔ ایک نیوکلس کے γ زوال سے گزرنے کے لئے یہ کسی نہ کسی طرح کی پر جوش

توانائی کی حالت میں ہونا چاہئے۔ تجربات سے ثابت ہوا ہے کہ پروٹان اور نیوٹران نیوکلس کے اندر مجرد توانائی کی حالتوں میں واقع ہیں۔ جو کہ پرجوش لیولس سے زیادہ مختلف نہیں ہیں جن میں الیکٹران ایٹموں پر قبضہ کر سکتے ہیں۔

15.14 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

ریڈیم D کا تکسیر مستقل $1.13 \times 10^{-9} s^{-1}$ ہے۔ ریڈیم D کی کتنی مقدار پانچ سال بعد بچ رہے گی جب کہ ابتدائی مقدار 10 گرام تھی؟ وہ رشتہ جو تابکار تکسر سے متعلق ہے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$N_{(t)} = N_0 e^{-\lambda t}$$

چوں کہ N کمیت m کے متناسب ہے لہٰذا تکسری مساوات کو کمیت کی رقوم میں اس طرح لکھا جا سکتا ہے۔

$$m = m_0 e^{-\lambda t}$$

سوال کے بموجب

$$m_0 = 10g$$
$$t = 5yrs = 4 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60_5$$
$$\lambda = 1.13 \times 10^{-8} s^{-1}$$
$$m = (10g)e^{-1.13\times10^{-9}s^{-1}(5\times365\times24\times60\times60)}$$
$$m = (10g)e^{-0.176} = (10g)(0.84)$$
$$m = 8.4g$$

5 سال بعد ریڈیم D کی مقدار 8.4 گرام موجود رہے گی جب کہ ابتدائی مقدار 10 گرام تھی۔

حل شدہ مثال 2

ایک تابکار شئے کی عاملیت 5 منٹ بعد اس کی ابتدائی عالیت کا 1/3 ہو گئی ہے۔ اس تابکار شئے کا تکسری مستقل، نصف حیات اور اوسط حیات محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

ہم جانتے ہیں $A(t) - A_{(0)} e^{-\lambda t}$

جب $t = 4 \min utes = 300\ sec' A(t) = \frac{A_0}{3}$

$$\therefore \frac{A_{(0)}}{3} = A_{(0)} e^{-\lambda 300}$$

$$\therefore\ e^{A300} = 3$$

مساوات کی دونوں جانب لوگارتھم لینے پر

$$\lambda 300 = 2.303 log_{10}^{3}$$

$$\therefore \lambda = \frac{2.303 log_{10}^{3}}{300} = \frac{2.303(0.4771)}{300}$$

$$= 3.7 \times 10^{-3} s^{-1}$$

نصف حیات $T = \frac{0.003}{\lambda} = \frac{0.003}{3.7\times10^{-3}s^{-1}} = 1.69\lambda 10^{2} s$

اوسط حیات $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{3.7\times10^{-3}s^{-1}} = 2.73 \times 10^{2} s$

حل شدہ مثال 3

$Pb - 214$ کی مقدار کو معلوم کیجئے جو ایک کیوری (Curie) عاملیت رکھت اہے $Pb - 214$ کے تکسری کی قیمت $4.31 \times 10^{-4} s^{-1}$ فرض کرو کہ $Pb - 124$ کا وزن W ہے اور اس کی عاملیت ایک کیوری ہے۔ کلیہ تکسر کی رو سے $\frac{dN}{dt} = \lambda n$

W گرام $Pb - 214$ میں موجود جواہر کی تعداد N کو اس طرح ظاہر کیا جائے گا۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$N = \frac{6.02\times10^{23}\times W}{214}$$

جہاں 6.02×10^{23} اور گارڈو کے عدد کو تعبیر کرتا ہے۔

$$-\frac{dN}{dt} = 4.33 \times 10^{-4} s^{-} \left(\frac{6.02\times10^{23}}{214} W\right) = 1.21 \times 10^{18} W$$

تکسرات فی سیکنڈ

اگر $-\frac{dN}{dt} = 1Curie = 3.7 \times 10^{10}$ تکسرات فی سیکنڈ ہوں، تب

$$3.7 \times 10^{10} = 1.21 \times 10^{18} W$$

$$\therefore W = \frac{3.7\times10^{10}}{1.21\times10^{14}} = 3.1 \times 10^{-8} g$$

حل شدہ مثال 4

قدرت میں $_{92}U^{238}$ اور $_{92}U^{235}$ کی مقداریں 140:1 کی جوہری نسبت میں پائی جاتی ہیں۔ یہ فرض کرتے ہوئے کہ زمین کی تشکیل کے وقت یہ مساوی مقداروں میں موجود تھے، زمین کی عمر کو تخمین کیجئے۔ U^{238} کی نصف حیات 4.5×10^9 برس اور U^{235} کی نصف حیات 7.13×10^8 برس ہے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

فرض کیجئے کہ N_0 ابتداء U^{238} اور U^{235} کے جواہر کی تعداد کو تعبیر کرتا ہے جب کہ زمین تشکیل پائی تھی۔ اگر N_{236} اور N_{235} علی الترتیب U^{238} اور U^{235} کے موجود جواہر کی تعداد کو تعبیر کرتے ہیں تب۔

$$N_{238} = N_0 e^{-\lambda 238 t}$$
$$N_{235} = N_0 e^{-\lambda 235 t}$$

جہاں t زمین کی عمر کی نمائندگی کرتا ہے

$$N_{238}/N_{235} = e^{\lambda_{238} - \lambda_{235} t}$$

مسئلہ میں دیئے گئے ڈاٹا کے مطابق

$$e^{-(\lambda_{256} - \lambda_{255})t} = 140$$
$$\therefore t = \frac{\log_c 140}{\lambda_{258} - \lambda_{256}}$$

لیکن $\lambda_{235} = \frac{0.693}{7.13 \times 10^{A} Yrs} = 0.972 \times 10^{-9} Yrs^{-1}$

$$\lambda_{238} = \frac{0.693}{7.13 \times 10^{-8} Yrs} = 0.154 \times 10^{-9} Yrs^{-1}$$
$$t = \frac{2.303 \log_{10} 140}{(0.972 \times 10^{-9} - 0.154 \times 10^{-9})} Yrs$$
$$= \frac{2.303(2.1461)}{0.818} \times 10^9 Yrs$$
$$\therefore t = 6.04 \times 10^9 \, Yrs$$

15.15 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- وزنی عناصر سے اشعاع کا از خود اخراج تابکاری کہلاتا ہے۔ اشعاع α یا β یا γ شعاعوں پر مشتمل ہوتا ہے α یا β اخراج کے پیروی میں γ اشعاع کا اخراج عمل میں آتا ہے۔

α ذرات، ہیلئیم کے مرکز سے ہوتے ہیں۔ β ذرات الکٹران ہوتے ہیں۔ γ ذرات، برقی مقناطیسی اشعاع ہوتے ہیں۔

تابکار عناصر کا تکسر دو کلیات کی پابندی کرتا ہے یعنی قوت نمائی کلیہ اور نقل مقام کا کلیہ

- قوت نمائی کلیے کی رو سے تابکار عنصر کے تکسر یا نمو کی شرح اپنی نوعیت کے اعتبار سے قوت نمائی ہوتی ہے۔ کسی بھی وقت t پر موجود تابکار جواہر کی تعداد کو اس طرح ظاہر کیا جاتا ہے۔

$$N\ (t) = N_{(0)} e^{-\lambda t}$$

جہاں $N_{(0)}$ وقت $t = 0$ پر جواہر کی تعداد کی نمائندی کرتا ہے λ تکسر کے مستقل کو تعبیر کرتا ہے۔

- نقل مقام کے کلیے کی رو سے، ایک تابکار عنصر ایک α ذرہ خارج کرتا ہے تو (عناصر کے) دوری جدول میں اس کا مقام بائیں جانب دو اکائیاں ہٹ جاتا ہے۔ اگر تابکار عنصر ایک β ذرہ خارج کرتا ہے تو ایسی صورت میں عناصر کے دوری جدول میں اس کا مقام ایک اکائی دائیں جانب ہٹ جاتا ہے۔
- ایک تابکار عنصر کی خصوصیات میں اس کا تکسری مستقل (λ) نصف حیات (T) یا اور اوسط حیات (T) ہوتے ہیں۔ ان تینوں میں ذیل کا تعلق پایا جاتا ہے:

$$T = 0.693/\lambda\ ,\tau = 1/\lambda = T/0.693$$

تابکاری کی اکائی کیوری (Curic) ہوتی ہے۔ اس کی تعریف یوں کی جاتی ہے کہ یہ تابکار شئے کی وہ مقدار ہے جو فی سیکنڈ 3.7×10^{10} تکسرات دیتی ہے۔

- قدرتی طور پر پائے جانے والے تمام تابکار عناصر تین واضح تابکار سلسلے تشکیل دیتے ہیں۔ جو یورانیم سلسلہ ایکٹی نیم سلسلہ اور تھوریم سلسلہ کہلاتے ہیں۔ سلسلے کے ہر رکن کے کمیتی عدد کو اس طرح ظاہر کیا جاسکتا ہے۔ $(4n + 2)$ یورانیم سلسلے کے لیے $(4n + 3)$ ایکٹینیٹیم سلسلے کے لیے اور 4n تھوریم سلسلے کے لیے صحیح عدد کی نمائندگی کرتا ہے۔
- متواتر تابکار تکسر کے اعمال میں بنیادی شئے اور دختر مرکزوں کی نصف حیاتوں کے لحاظ سے دو قسم کے توازن حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ اگر بنیادی شئے کی عمر لمبی ہے اور دختر شئے کی عمر چھوٹی تو دختر شئے کی نصف حیاتوں کے بعد ایک ایسی حالت ہمیں حاصل ہوتی ہے جہاں $\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2$ ہوتا ہے۔ اس قسم کا توازن، دیرپا توازن کہلاتا ہے۔
- ایک الگ قسم کا توازن جیسے ناپائیدار توازن کہا جاتا ہے۔ یہ اس قت وجود میں آتا ہے جب بنیادی شئے دختر شئے سے طویل عمر رکھتی ہے۔ یعنی $\lambda_1 < \lambda_2$ لیکن بنیادی شئے کی نصف حیات زیادہ طویل نہیں ہوتی۔ دختر شئے کی کئی نصف حیاتوں کے بعد دختر شئے اس نصف حیات کے ساتھ تکسر پانے لگتی ہے جیسی کہ بنیادی شئے کی ہوتی ہے۔
- تابکار تاریخ نگاری کے طریقے سے معلوم کی گئی زمین کی عمر 4.6×10^9 سال پائی گی۔

15.16 کلیدی الفاظ (Keywords)

- اگر بنیادی شئے کی عمر لمبی ہے اور دختر شئے کی عمر چھوٹی تو دختر شئے کی نصف حیاتوں کے بعد ایک ایسی حالت ہمیں حاصل ہوتی ہے جہاں $\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2$ ہوتا ہے۔ اس قسم کا توازن، دیرپا توازن کہلاتا ہے۔

15.17 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

15.17.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. ایک ہی عنصر کے تمام آاسوٹوپس کے غیر جانبدار ایٹموں میں _____ کی ایک ہی تعداد ہوتی ہے۔
   a) صرف نیوٹران
   b) الیکٹران
   c) بڑے پیمانے پر نمبر
   d) عوام
2. ایٹم نمبر کس قسم کے تابکار کشی سے تبدیل نہیں ہوتا؟
   a) بیٹا
   b) گاما
   c) الفا
   d) ایٹم نمبر تابکار کشی کی تمام شکلوں سے متاثر ہوتا ہے۔
3. ایک عنصر کے آاسوٹوپس کی تعداد مختلف ہوتی ہے۔
   a) پروٹون
   b) نیوٹران
   c) الیکٹران
   d) ایٹم
4. تین قسم کے تابکار عناصر خارج ہوتے ہیں جب غیر مستحکم مرکزے تابکار کشی سے گزرتے ہیں۔ مندرجہ ذیل میں سے کون ان میں سے نہیں ہے۔
   a) بیٹا
   b) گاما
   c) الفا
   d) ڈیلٹا
5. جوہری فِشن ری ایکشن خود کو برقرار رکھنے پر منحصر ہے۔
   a) الیکٹران
   b) نیوٹران

c) توانائی

d) پروٹون

6. ہیلیم نیوکلی ذرات کہلاتے ہیں۔

a) گاما کے ذرات

b) بیٹا ذرات

c) الفا ذرات

d) کوئی ذرات نہیں جو ہیلیم نیوکلی ہیں۔

e) جواب: (c) الفا پارٹیکلز

7. جب دو ایٹمی مرکزے آپس میں مل جائیں تو اسے کہتے ہیں۔

a) سلسلہ رد عمل

b) جوہری انشقاق

c) جوہری تنزل

d) نیوکلیئر فیوژن

8. پروٹون کی تعداد یا ایٹم نمبر 2 تک کم ہو کر تابکار کشی کی کس شکل میں ہوتا ہے؟

a) بیٹا کشی

b) گاما کشی

c) الفا کشی

d) مندرجہ بالا میں سے کوئی بھی نہیں۔

9. تینوں قسم کے تابکار اخراج کے لیے کون سا بیان درست ہے؟

a) وہ بجلی کے شعبوں سے منحرف ہیں۔

b) وہ گیسوں کو آئنائز کرتے ہیں۔

c) وہ ایک پتلی ایلومینیم شیٹ کی طرف سے مکمل طور پر جذب کر رہے ہیں

d) وہ روشنی خارج کرتے ہیں۔

10. عنصر پلوٹونیم $_{94}^{242}Pu$ کا ایک نیوکلائیڈ۔ اس کے نیوکلئس میں نیوٹران کی تعداد کتنی ہے؟

a) 242

b) 336

c) 148

94 (d

15.17.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. تابکاری کے کلیات کو بیان کیجئے اور ان کی وضاحت کیجئے۔
2. تابکاری سلسلوں پر ایک نوٹ لکھیئے۔
3. یہ سمجھایئے کہ کس طرح تابکار تاریخ نگاری کے طریقے سے زمین کی عمر معلوم کی جاتی ہے؟
4. α — تنزل کی وضاحت کریں۔
5. β — تنزل کی وضاحت کریں۔
6. γ — تنزل کی وضاحت کریں۔

15.17.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. ذیل کے لیے ضابطہ اخذ کیجئے۔
   (i)۔نصف حیات (ii)۔اوسط حیات (iii)۔ایک تابکار شئے کا تکسری مستقل
2. α, β اور γ شعاعوں کی خصوصیات پر بحث کریں۔
3. کمیتی نقص اور بندشی توانائی کی تعریف کریں۔
4. تابکاری سے کیا مراد ہے۔تابکار تنزل کا کلیہ بیان کریں۔
5. تابکاری سے کیا مراد ہے۔ثابت کرو کہ تابکار تنزل ایسپونینشل طرز کا ہوتا ہے۔

15.17.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. ${}_{11}Na^{24}$ کا تکسری مستقل $1.3 \times 10^{-5} s^{-1}$ ہے۔اس کی نصف حیات معلوم کیجئے $2mC_1$ کی ابتدائی عالمیت کے 14.8 گھنٹوں بعد اس کے کتنے جواہر اور باقی رہ جاتے ہیں؟

   (جواب: $(T_1/2 = 14.8\ hrs., N(T_1/2) = 2.846 \times 10^{12}$

2. Po^{218} کی نصف حیات 3.05 منٹ ہے۔اس کی دختر شئے کے جوہر Pb^{214} کی نصف حیات 26.8 منٹ ہوتی ہے۔ 26.8 کے خالص نمونے سے ابتداء کرتے ہوئے اس وقت کو معلوم کیجئے جب کہ Pb^{214} کی عالمیت اعظم ترین قیمت حاصل کرلیتی ہے۔ (جواب:10.8 منٹ)

3. یہ پایا گیا کہ ایک قدیم کشتی سے حاصل کیا ہوا لکڑی کا ایک ٹکڑا C^{14} کی 5 count / min کی عاملیت بتاتا ہے۔ حالیہ زمانے کی ایک اتنی ہی مقدار کی لکڑی 20 count / min بتاتی ہے۔ اگر C^{14} کی نصف حیات 5568 سال ہو تو کشتی کی عمر محسوس کیجئے۔ (جواب: 11146 سال)

15.18 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th} & 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 16۔ جوہری سائنس

(Nuclear Science)

اکائی کے اجزا

16.0 تمہید

16.1 مقاصد

16.2 نیوکلیائی انشقاق کی دریافت

16.3 نیوکلیائی انشقاق کا تعامل

16.4 مرکزے کے مائع قطرے کے نمونے کی بنیاد پر نیوکلیائی انشقاق کے عمل کی وضاحت

16.5 انشقاق کے تعاملات کی مختلف قسمیں

16.6 نیوکلیائی انشقاق کے تعامل میں توانائی کا اخراج

16.7 نیوکلیائی اتصال

16.8 نیوکلیائی انشقاق اور اتصال میں خارج ہونے والی توانائی کا استعمال

16.9 نیوکلیائی تعامل گر

16.10 حل شدہ مثالیں

16.11 اکتسابی نتائج

16.12 کلیدی الفاظ

16.13 نمونہ امتحانی سوالات

16.13.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

16.13.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

16.13.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

16.13.4 غیر حل شدہ سوالات

16.14 تجویز کردہ اکتسابی مواد

16.0 تمہید (Introduction)

نیوکلیائی تعاملات پر آئنسٹائین کے دریافت کردہ کمیت توانائی کے درمیان تعلق کے اطلاق نے اس نتیجہ کی طرف رہنمائی کی کہ مرکزہ طاقت(power)کا منبع ہوتا ہے۔ جب ایک نیوکلیائی تعامل واقع ہوتا ہے تو اس میں مادے کا زیاں واقع ہوتا ہے۔ ضائع ہونے والا یہ مادہ توانائی کی شکل میں تبدیل ہو جاتا ہے۔ یہ توانائی حرارت گاما(gamma)اشعاع، ذرات کی توانائی بالحرکت(Kinetic energy)اور حاصل مرکزے کی ہیجانی(Excitation)توانائی کی شکل میں خارج ہو جاتی ہے۔ نیوکلیائی انشقاق اور نیوکلیائی اتصال دو ایسے خصوصی تعاملات ہیں جہاں خارج ہونے والی توانائی بے حد بلند ہوتی ہے۔ جب تک کہ ان تعاملات کو ضبط میں نہیں لایا جاتا، یہ اعمال لگاتار آگے بڑھتے ہیں جس کے نتیجہ میں زبردست مقدار میں توانائی خارج ہوتی ہے جو مادے اشیاء اور تہذیب کی بربادی کا باعث بن جاتی ہے۔ اس اکائی میں ہمیہ پڑھیں گے کہ یہ عوامل کس طرح دریافت ہوئے تھے اور ان کو کس طرح تعامل گروں(re-actors)میں سودمند مقاصد کے لیے کنٹرول میں رکھا جاسکتا ہے۔

16.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

یہ اکائی نیوکلیائی انشقاق کے مظہر کی وضاحت کرتی ہے۔

اس اکائی کے مطالعے کے بعد

- آپ اس قابل ہوں گے کہ توانائی کے اخراج میں نیوکلیائی انشقاق کے رول پر بحث کر سکیں۔
- آپ اس قابل ہو جائیں گے کہ ان حالات کی نشاندہی کر سکیں جن کے تحت ایک نیوکلیائی تعامل گر میں نیوکلیائی انشقاق کے عمل کو ضبط میں رکھا جاسکتا ہے۔
- آپ یہ وضاحت کر سکیں گے کہ وہ کونسے مختلف اتصالی تعاملات ہیں جو سورج اور ستاروں میں واقع ہو رہے ہیں۔

16.2 نیوکلیائی انشقاق کی دریافت (Discovery of Nuclear Fission)

فرمی(Fermi)اور دیگر سائنسدانوں کے انجام دیئے گئے تجرباتی تحقیقات میں اس امر کی دریافت سے کہ یورانیم کم رفتار، نیوٹرانوں کو جذب کرلیتا ہے، اس بات کا اشارہ ملا کہ U^{239} کے مرکزے کی تکسر(beta decay)میں نیوٹران کے جذب ہونے کے عمل سے مابعد یورانیم(transuranic)عناصر پیدا کیے جاسکتے ہیں۔

$$_{92}U^{238} + O^{n^-} \rightarrow_{92} U^{239} + (gamma\ rays) \quad \text{--------(16.1)}$$

$$_{92}U^{239} \rightarrow -1^{e^0} \rightarrow_{93} Np^{239} \quad \text{--------(16.2)}$$

$$_{92}U^{238} \rightarrow -1^{e^0} \rightarrow_{94} Pu^{239}$$

$$T = 2,3d \quad \text{--------(16.3)}$$

Pu^{239}_{92} ایک الفا خارج کنندہ ہے جس کی نصف حیات 24،400 سال ہوتی ہے۔ مساوات (16.1) سے دیئے گئے تعامل سے شروع کر کے NP^{39} اور P_u^{239} تک پہنچنے والے β تکسر کے اعمال واقع تو ہوتے ہیں لیکن تجربی تفصیلات نے کئی دیگر بی ٹا عاملیتوں کے واقع ہونے کا اشارہ بھی دیا۔ 1939ء میں تجربی ڈاٹا کا تجزیہ کرنے کے بعد او۔ہان (O.Hahn) اور ایف۔ اسٹرا سمن (F.Strassmann) اس نتیجے پر پہنچے کہ یورانیم پر نیوٹران کے اشعاع (Irradiation) سے قلوی دھاتیں (alkaline earth metals) پیدا ہوتیں ہیں۔ یہ قلوی دھاتیں بی ٹا عاملیت رکھتی ہیں۔ یہ پایا گیا کہ شدید بی ٹا عاملیت رکھنے والی چند اشیاء عنصر بیریم (Barium) سے تعلق رکھتی ہیں جیسا کہ ذیل میں دکھایا گیا ہے۔

$$Ba \xrightarrow{\beta^-} La \xrightarrow{\beta^-} Ce \qquad \text{--------(16.4)}$$

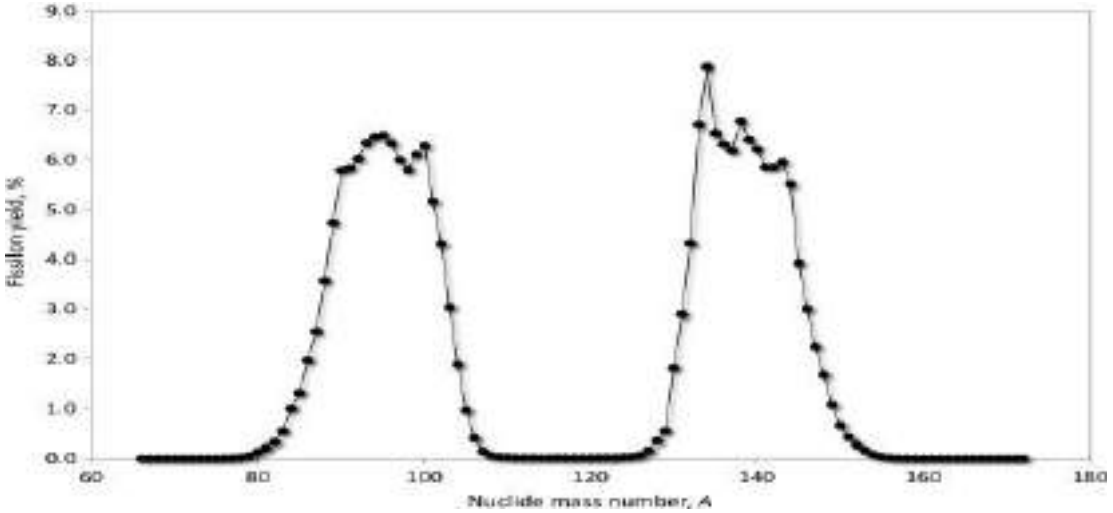
1939ء میں او۔ہان اور ایف۔ اسٹرا سمن کے مشاہدات کی وضاحت کے لیے فریش (Frish) اور میٹنر (Meitner) نے انشقاق کے تصور کو ایک عمل کے طور پر پیش کیا جس میں وزنی عناصر کے مرکزے بہت چھوٹے ٹکڑوں میں بٹ جاتے ہیں۔ نیوکلیائی انشقاق کی دریافت کا سہرا او۔ہان اور ایف۔ اسٹرا سمن کے سر بندھتا ہے۔

یہ مشاہدہ کیا گیا ہے کہ طاق عددی مرکزے Pu^{239}, U^{235} اور اس سے پہلے (Soferth) پائے جانے والے مرکزے سست رفتار نیوٹرانوں سے انشقاق کے عمل سے گزرتے ہیں جب کہ جفت عددی مرکزے Th^{282} اور U^{238} اور ان کے آگے پائے جانے والے مرکزے تیز رفتار نیوٹرانوں سے انشقاق کا شکار ہوتے ہیں۔

16.3 نیوکلیائی انشقاق کا تعامل (Nuclear Fission Reaction)

U^{235} کے انشقاق کے تعامل کو ذیل میں بتایا گیا ہے جس میں وہ سست رفتار نیوٹران کو جذب کر لیتا ہے۔

$$_0n^1 +_{92}U^{236} \rightarrow_{92} U^{236} \rightarrow_{56} Ba^{141} +_{36}Kr^{92} + 3_0n^1 + Q \qquad \text{------(16.5)}$$



شکل 16.1: سست رفتار نیوٹرانوں کے U^{235} پر بمبارڈ کرنے سے واقع ہونے والے انشقاق میں انشقاق کی پیداوار انشقاق کی کمیت کے حاصل فیصد میں (4) بمقابل کمیتی عدد A نیم لاگ (Semi_log) پیمانے پر ترسیم Q انشقاق کے عمل میں خارج ہونے والی توانائی ہے۔

$_{56}Ba^{141}$ اور $_{36}Kr^{92}$ غیر قائم عناصر ہیں اور یہ یا تو بی ٹا اخراج سے یا ایک یا ایک سے زائد نیوٹرانوں کے اخراج سے قائم بن جاتے ہیں۔ انشقاق کے عمل کے بعد ایک قابل پیمائش وقت گزرنے کے بعد خارج ہونے والے نیوٹران تاخیر شدہ(delayed)نیوٹران کہلاتے ہیں۔ نیوکلیائی تعامل گروں پر ضبط رکھنے کے لیے یہ تاخیر شدہ نیوٹران ایک اہم رول ادا کرتے ہیں۔ Baاور Krکے تکسر کی اسکیم مندرجہ ذیل ہے۔

$$_{56}Ba^{141} \rightarrow {}_{92}U^{236} \rightarrow {}_{54}La^{141} + {}_{42}ce^{111} + {}_{0}Pr^{111} \quad \text{---------(16.6)}$$

$$_{36}Kr^{92} \rightarrow {}_{37}Rb^{92} \rightarrow {}_{38}Sr^{92} \rightarrow {}_{39}Y^{92} \quad {}_{40}Zr^{92} \quad \text{----------(16.7)}$$

جب یورانیم کا مرکزہ انشقاق کے عمل سے گزرتا ہے تو وہ کئی طریقوں سے بٹ جاتا ہے۔ U^{235} کے لئے انشقاق کی پیداوار (yield)کی منحنی کو شکل(16.1)میں دکھایا گیا ہے۔ انشقاق کی پیداواروں کی کمیتی عددی، قیمتیں 72 سے لے کر 160 تک کی حدود میں ہوتی ہیں۔ U^{235} کے 97 فیصد انشقاق کے عمل سے گزرے والے مرکزے سے حاصل ہونے والی پیداوار کو دو گروہوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے ایک کم وزن گروہ جس میں کمیتی اعداد 85 تا 104 تک ہوتے ہیں اور دوسرا وزنی گروہ جس میں کمیتی اعداد 130 تا 149 تک پائے جاتے ہیں۔ سب سے زیادہ امکانی قسم کا انشقاق جو مجموعی طور پر تقریباً 7 فیصد تک واقع ہوتا ہے۔ ایسی پیداوار دیتا ہے جن کے کمیتی اعداد 95 تا 139 تک ہوتے ہیں۔ اس قسم کے متناظر، تعاملات کو اس طرح ظاہر کیا جاتا ہے۔

$$_{0}n^{1} + {}_{92}U^{235} \rightarrow {}_{92}U^{236} \rightarrow {}_{54}La^{139} + {}_{42}Mo^{95} + {}_{0}Pu^{239} + Q \quad \text{------(16.8)}$$

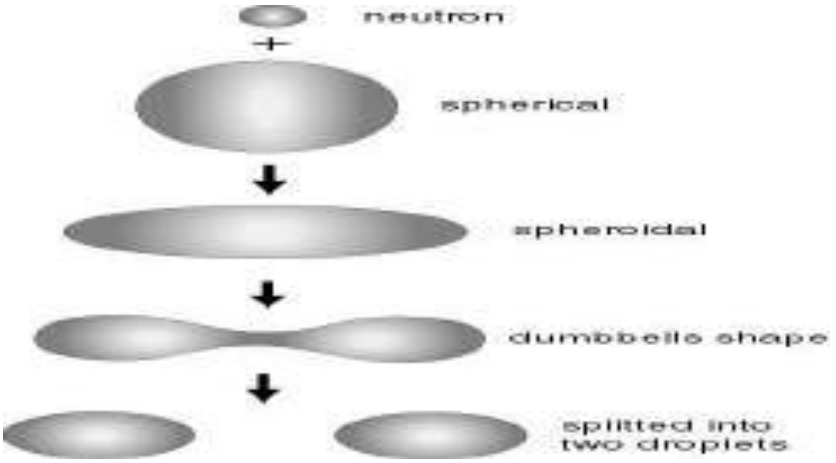
انشقاق کے yield کی منحنی کمیتی عدد A=117 کے گرد متناکل(symmetrical)ہوتی ہے۔ U^{239} اور Pu^{239} کے لیے انشقاق کے yield کے منحنی کی عام ساخت ایسی ہوتی ہے جیسی کہ U^{235} کی ہوتی ہے۔ تیز رفتار نیوٹران اور دیگر ذرات جیسے الفا ذرات اور ڈیوٹران سے شروع کیے گئے تعاملات کے لیے انشقاق کی پیداوار(yield)کی منحنی غیر متناکل ہوگی۔

16.4 مرکزے کے مائع قطرے کے نمونے کی بنیاد پر نیوکلیائی انشقاق کے عمل کی وضاحت

(Explanation of the nuclear Fission process, based on liquid drop model of the nucleus)

این۔ بور(N.Bohr)اور جے۔ اے وہیلر(J.A. Wheeler)نے مرکزے کے مائع قطرے کے نمونے کی بنیاد پر نیوکلیائی انشقاق کا نظریہ تیار کیا۔ ایک مائع کے قطرے کی صورت میں سطحی تناؤ کی قوتیں اس کو ایک قائم حالت میں رکھتی ہیں۔ ایک مرکزے کو نیوکلیائی قوتیں ایک قائم حالت میں رکھتی ہیں۔ ایک مائع قطرے کو چھوٹے قطروں میں ٹوٹ جانے کے لیے یا ایک مرکزے کو انشقاق کے عمل سے گزرنے کے لیے ان میں لازمی طور پر ایک قابل لحاظ بگاڑ(distortion)پیدا ہونا چاہئے اور یہ اسی وقت ممکن ہے جب کہ اس کے لیے زائد(additional)توانائی میسر ہو۔

جب ایک وزنی مرکزہ ایک نیوٹران کو جذب کرلیتا ہے تو ایک مرکب مرکزہ (Compound nucleus) تشکیل پاتا ہے۔ وزنی مرکزے کی حاصل کردہ توانائی زائد نیوٹران کی بندشی توانائی اور واقع (incident) نیوٹران کی توانائی بالحرکت کے مجموعے کے برابر ہوتی ہے۔ اس زائد توانائی کی وجہ سے ایک واضح امکان یہ موجود ہوتا ہے کہ مرکب مرکزہ ایک مائع قطرے کی مانند مختلف اقسام کے طاقتور اہتزازات انجام دے۔ یہ اہتزازات مرکزے کی شکل کو بگاڑ دیتے ہیں اور وہ اپنی نوعیت میں نقص نما (ellipsoids) بن سکتی ہے جیسا کہ شکل 16.2(B) میں دکھایا گیا ہے۔ اگر نیوٹران کے جذب کرنے سے توانائی میں اضافہ (B) کے آگے مزید بگاڑ پیدا کرنے کے لیے ناکافی ہوتا ہے۔ تو بین نیوکلیائی قوتیں مرکزے کو اس کی اپنی اصلی کروی شکل میں واپس آنے پر مجبور کردیتی ہیں۔ زائد توانائی گاما اشعاع یا کسی ذرے کی شکل میں خارج ہوجاتی ہے۔ اگر ہیجانی توانائی کافی بلند ہو تو قطرہ C ایک ڈمب بل (dumb bell) C کی شکل اختیار کرلیتا ہے۔



https://ne.phys.kyushu-u.ac.jp/seminar/MicroWorld3_E/3Part3_E/3P33_E/nuclear_fission_E.htm

شکل (16.2): مرکزے کے مائع کے قطرے کے نمونے کی بنیاد پر نیوکلیائی انشقاق کے عمل میں مرحلوں کا تواتر شکل اختیار کرلیتا ہے۔

اب حالت A کی بحالی مشکل تر ہوجاتی ہے چوں کہ C کے سروں پر موجود مثبت بھرنوں کے درمیان برقی سکونی دفع پر تنگ (constricted) علاقے میں عمل پیرا نسبتاً چھوٹی نیوکلیائی بندشی قوت کی مدد سے قابو نہیں پایا جاسکتا۔ نتیجتاً نظام سرعت کے ساتھ D تک گزر جاتا ہے جہاں انشقاق کے باعث مرکزہ، دو ایسے علیحدہ مرکزوں میں بٹ جاتا ہے جو مخالف سمتوں میں کھینچ جاتے ہیں۔ تبدیلیوں کا یہ سلسلہ اسی وقت واقع ہوتا ہے کہ جب کہ اس کی کمیت میں کوئی مجموعی کمی واقع ہوتی ہے۔

نیوکلیائی انشقاق کے مائع کے نظریے کے بموجب مائع کے قطرے جیسے مرکزے کی تقسیم کا سب سے زیادہ احتمالی طریقہ یہ ہوتا ہے کہ یہ دو مساوی ٹکڑوں میں بٹ جاتا ہے۔ لیکن تجربی مشاہدات عدم تشاکل کو ظاہر کرتے ہیں جو ٹکڑوں کی کمیت کی تقسیم سے متعلق ہوتا ہے۔ مشاہدہ کردہ عدم تشاکل کی توجیہ مرکزے کی خولی ساخت کی بنیاد پر کی جاسکتی ہے۔ یہ فرض کیا جاسکتا ہے کہ مرکزہ نیوکلیاؤں کی کئی ایک تہوں پر مشتمل ہوتا ہے۔ ایک بار جب نیوکلیائی سطح میں ایک تشویشناک بگاڑ پیدا ہوجاتا ہے تو بیرونی نیوکلیائی خول

ایک تشاکلی انداز میں ٹوٹنے لگتے ہیں۔ تاہم سختی سے بندھا ہوا قابل ٹوٹنے نہیں پاتا اور بالآخر یہ اندرونی قالب سے بندھے ہوئے بقیہ مرکزے کی ساتھ حرکت کر جاتا ہے۔ اس لیے نتیجہ کے طور پر مختلف کمیتوں کے حامل دو انشقاقی ٹکڑے پیدا ہو جاتے ہیں۔

16.5 انشقاق کے تعاملات کی مختلف قسمیں (Different Types of Fission Reactions)

نیوکلیائی انشقاق نہ صرف نیوٹران سے واقع ہوتا ہے بلکہ دیگر ذرات جیسے بلند توانائی والے فوٹان (photons) پروٹان وغیرہ سے بھی واقع ہوتا ہے۔

a. فوٹو انشقاق (Photo Fission): بلند توانائی رکھنے والے فوٹان $_{90}Th^{230}$, $_{92}U^{233}$, $_{92}U^{235}$, $_{92}U^{238}$ اور $_{94}U^{23}$ انشقاق پیدا کرنے کا محبوب بنتے ہیں۔

b. ہلکے مرکزوں کا انشقاق: Cu^{63} پر پروٹانوں کی بمباری سے انشقاقی تعاملات واقع ہونے لگتے ہیں۔

$$_{29}Cu^{63}+_{1}H^{1} \rightarrow_{30} Zn^{64} \rightarrow_{17} Cl^{38}+_{13}Al^{25}+_{0}n^{1}+Q_1 \quad \text{-------(16.9a)}$$

$$\rightarrow_{17} Cl^{38}+p+n+6_{2}He^{4}+Q_2 \quad \text{-------(16.9b)}$$

$$\rightarrow_{11} Na^{24}+_{19}K^{39}+_{0}n^{1}+Q_3 \quad \text{-------(16.10)}$$

$$\rightarrow_{11} Na^{24}+_{1}H^{1}+3_{0}n^{1}+9_{2}He^{4}+Q_4 \quad \text{-------(16.11)}$$

تعاملات (16.9a) اور (16.9b) اسپالیشن (Spallation) تعاملات کہلاتے ہیں کیوں کہ ان تعاملات میں ذرات کی ایک بھاری مقدار خارج ہوتی ہے۔

c. تہرا انشقاق (Ternary Fission): بعض اوقات ایک نیوکلیائی انشقاق میں درمیانی کمیت کے تین ٹکڑے خارج ہوتے ہیں۔ اس قسم کا انشقاق نیوکلیائی انشقاق میں تہرا انشقاق کہلاتا ہے $_{32}U^{236}$ کو جب سست رفتار نیوٹرانوں سے بمبارڈ کیا جاتا ہے تو اس سے ہر 10^{0} دوہرے انشقاقوں سے 4.3 تہرے انشقاق وجود میں آتے ہیں۔

d. از خود انشقاق (Sponteneous Fission): وزنی مرکزے جن کے $A = 230, Z = 90$ تا $A = 241, Z = 95$ ہوتے ہیں از خود انشقاق کے عمل سے گزرتے ہیں۔

16.6 نیوکلیائی انشقاق کے تعامل میں توانائی کا اخراج (Energy Release In Nuclear Fission Reactions)

ذیل میں دیئے گئے نیوکلیائی انشقاق کے تعامل پر غور کیجئے۔

یہاں جوہری کمیتیں ہیں:

$$_{0}n^{1} = 1.009\ a.m.u$$
$$_{92}U^{235} = 235.118\ a.m.u$$

$$_{57}La^{139} = 138.950\ a.m.u$$
$$_{42}Mo^{95} = 1.009\ a.m.u$$

یہاں فرق کمیت(mass defect)ΔMمعلوم کر کے انشقاق کے عمل میں خارج کی گئی توانائیQ کو محسوب کیا جاسکتا ہے۔

1) ان کے درمیان موجود قوت(Force)

2) ذیل کی قیمت پر

$$\Delta M = [(0.009 + 235.118) - (138.950 + 94.936)] + 2 \times 1.009 = 0.233\ amu$$

چوں کہ $1amu = 931.4\ MeV$ ہوتا ہے لہٰذا $0.233amu$ کے فرق کمیت کے باعث انشقاق کے تعامل میں خارج شدہ توانائی ہوگئی:

$$Q = \Delta M \times 931.48 = 208\ MeV$$

کوئی30ایسے مختلف طریقے ہیں جن میں مرکزہ تقسیم ہوسکتا ہے اور ہر عمل میں متعلقہ فرق کیت تقریباً یکساں ہی ہوتا ہے۔

لہٰذا اوسطاً U^{235} کے ایک واحد انشقاق میں خارج ہونے والی توانائی کی مقدار کو 200 MeV کے مساوی سمجھا جاسکتا ہے۔

یہ انشقاق سے حاصل پیداوار کے درمیان بطور ذیل منقسم ہوجاتی ہے۔

انشقاق کے اجزاء کی توانائی بالحرکت165 MeV

نیوٹرانوں کی توانائی بالحرکت5 MeV

آنی(Instanteneous)گاماشعاعوں کی توانائی8 MeV

انشقاق کے اجزاء میں β تکسیر کی توانائی5 MeV

انشقاق کے اجزاء میں گاما تکسر کی توانائی6 MeV

نیوٹرانوں کی توانائی11 MeV

16.7 نیوکلیائی اتصال(Nuclear Fusion)

ایک نیوکلیائی تعامل، جس میں ہلکے عناصر کے اتصال سے ایک وزنی عنصر بنتا ہے، نیوکلیائی اتصال کہلاتا ہے۔ اتصال کے تعاملات میں تشکیل پانے والے عنصر کی کیت، اتصال کے تعامل میں حصہ لینے والے ہلکے عناصر کی جملہ کمیت سے کم ہوتی ہے۔اس کے نتیجہ میں اتصال کے تعاملات میں توانائی خارج ہوتی ہے۔اتصال کے تعاملات بہت ہی بلند تپش یعنی $10^{R^2}\ C$ کے درجے کی تپش پر واقع ہوتے ہیں۔ یہی وجہ ہے کہ اتصال کے تعاملات حرنیوکلیائی (Thermo nuclear)تعاملات بھی کہلاتے ہیں۔ بہت ہی بلند تپشوں پر جواہر اپنے الکٹرانوں کو کھو دیتے ہیں جو برہنہ مرکزوں کے درمیان آزادانہ طور پر اپنی حرکت جاری رکھتے ہیں۔ اتصال کے واقع ہونے کے لیے مرکزوں کو ایک دوسرے سے بہت قریب لانا پڑتا ہے۔چوں کہ یہ مرکزے مثبت بھرن رکھتے ہیں لہٰذا ان کے درمیان موجود قوت دفع پر قابو پانے کے لیے ایک زبردست رفتار مطلوب ہوتی ہے۔ہائیڈروجن کے ہمجاکے مرکزوں کو اتصال کے

عمل میں حصہ لینے کے لیے 0.1 MeV کے درجے کی توانائی بالحرکت کی ضرورت پڑتی ہے۔ اس توانائی کو حاصل کرنے کے لیے مطلوبہ تپش 10^8 تا 10^0 درجے سیلیس ہوتی ہے۔ یہ تپش اس سے بھی بلند ہے جو کہ سورج اور ستاروں میں موجود ہوتی ہے۔ لیکن چند مرکزوں کی جانب سے $10^7 C^0$ کی تپش پر بھی اس توانائی کے حصول کی توجہ توانائیوں کی میکس ویلی (Maxwelian) تقسیم کی بنیاد پر کی جاسکتی ہے۔ یہ تپش سورج اور ستاروں میں پائی جانے والی عام تپش ہے۔ $20 \times 10^{6^0} C$ پر ایک مرکزے میں پائی جانے والی اوسط توانائی 0.002 MeV ہوتی ہے۔ لیکن چند مرکزے 0.1 MeV درجے کی توانائی کے بھی حامل ہوسکتے ہیں۔ یہ وہ مرکزے ہوتے ہیں جو اتصال کے عمل میں حصہ لیتے ہیں۔

مختلف ممکن حرنیو کلیائی تعاملات میں ایک سب سے مشہور تعامل وہ ہے جس میں ہائیڈروجن، ڈیوٹیریم (Deuterium) اور ٹراشیم (Tritium) ہمجاؤں کے مرکزے اتصال کے عمل سے گزر کر ہیلیئم کا مرکزہ بناتے ہیں۔ ایچ۔ اے۔ بیتھے (H.A. Bethe) نے سورج اور ستاروں کی توانائی کے منبع کے لیے تعاملات کے دو سیٹ تجویز کیے وہ ہیں۔

1. **کاربن۔ نائٹروجن دور۔ (Carbon – Nitrogen Cycle):** یہاں، ہیلیئم مرکزے کی تشکیل میں 4 پروٹانوں کے اتصال کے عمل میں کاربن ایک عمل انگیز شئے (Catalyst) کے بور پر کام کرتی ہے۔
2. **پروٹان۔ پروٹان زنجیر (Proton – Proton Chain):** یہاں پہلا مرحلہ یہ ہوتا ہے کہ دو پروٹان باہم جڑ کر ڈیوٹیران بناتے ہیں۔ کاربن۔ نائٹروجن کا دور ذیل کے طور پر واقع ہوتا ہے:

$$_6C^{12} +_1 H^1 \rightarrow_7 N^{13} + Q_1 + \gamma \quad \text{-------(16.12)}$$

N_7^{13} تابکار ہوتا ہے جس کی نصف حیات 10.1 منٹ ہوتی ہے۔ اس یہ اس طرح تکسر پاتا ہے۔

$$_T T^{13} \rightarrow_6 C^{13} +_t 1C^0 + \nu \quad \text{--------(16.13)}$$

$I^{e^0} +$ اور υ علی الترتیب بی ٹا ذرہ اور نیوٹرنیو ہیں۔

$$_6C^{13} \rightarrow_1 H^1 \rightarrow_7 N^{14} + Q_2 + \gamma \quad \text{--------(16.14)}$$

$$_7N^{14} \rightarrow_1 H^1 \rightarrow_8 o^{15} + Q_3 + \gamma \quad \text{--------(16.15)}$$

$O^{15}{}_8$ تابکار ہوتا ہے اور اس کی نصف حیات 2.05 منٹ ہوتی ہے۔ یہ اس طرح تکسر پاتا ہے:

$$_8O^{15} \rightarrow_7 N^{15} \rightarrow_1 e^0 + \nu \quad \text{--------(16.16)}$$

$$_7N^{15} +_1 H^1 \rightarrow_6 C^{12} +_2 He^4 + Q_4 \quad \text{---------(16.17)}$$

لہٰذا کارگر تعامل ہوگا۔

$$4_1H^1 \rightarrow_2 He^4 + 2_+e^0 + 2v + Q + \gamma \quad \text{---------(16.18)}$$

پروٹان، پروٹان زنجیر ذیل کے طور پر واقع ہوتی ہے:

$$_1H^1 +_1H^1 \rightarrow_1 H^2 +_{+1}e^0 + Q_1 + v \quad \text{--------(16.19)}$$

$$_1H^2 +_1H^1 \rightarrow_2 He^3 + Q_2 + \gamma \quad \text{--------(16.20)}$$

$$_1He^3 +_2He^3 \rightarrow_2 He^4 + 2_1H^1 + Q_3 \quad \text{---------(16.21)}$$

کارگر تعامل یہ ہو گا:

$$4_1H^1 \rightarrow_2 He^4 + 2v + 2_+1^{e^0} + 2\gamma \quad \text{--------(16.22)}$$

$$_1H^1 +_1H^1 \rightarrow_1 H^2 +_{+1}e^0 + v \quad \text{--------(16.23)}$$

$$_1H^1 +_1H^2 \rightarrow_2 He^3 + \gamma \quad \text{-------(16.24)}$$

$$_1He^3 +_2He^4 \rightarrow_4 Be^7 + \gamma \quad \text{-------(16.25)}$$

$$_4Be^7 +_-1^{e^0} \rightarrow_3 Li^3 + v + \gamma \quad \text{-------(16.26)}$$

$$_3Li^7 +_1H^1 \rightarrow_2 He^4 +_2He^4 \quad \text{-------(16.27)}$$

ساتھ ہی یہ تعامل بھی واقع ہو گا۔

$$_4Be^7 +_1H^1 \rightarrow_5 B^8 + \gamma \quad \text{-------(16.28)}$$

$$_5B^8 \rightarrow_4 Be^8 \rightarrow_+ 1^{e^0} + v \quad \text{-------(16.29)}$$

$$_5Be^8 \rightarrow_2 He^4 +_2He^4 \quad \text{-------(16.30)}$$

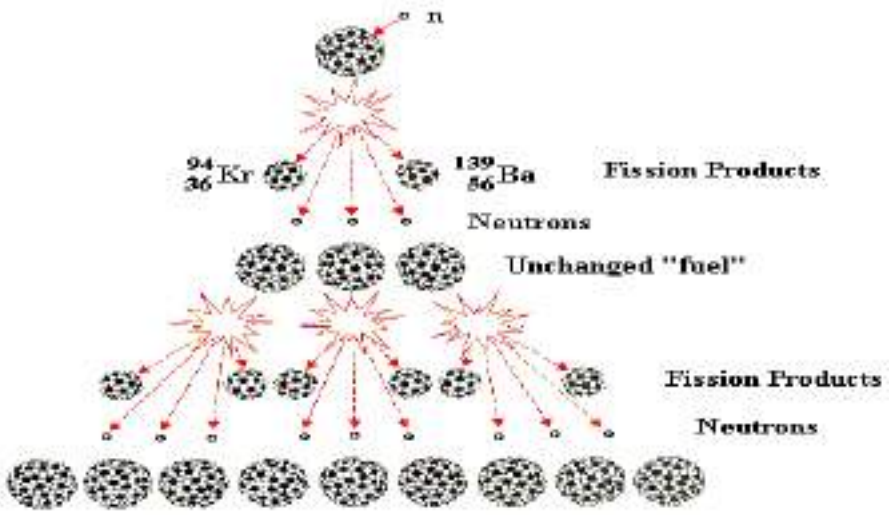
یہ سمجھا جاتا ہے کہ مساواتوں(16.18)اور(16.12) سے بتائی گئی پروٹان، پروٹان زنجیر پست تپشوں پر اہمیت رکھتی ہے یعنی جب کہ سورج تشکیل پایا تھا۔ مساواتوں(16.22)اور(16.29) سے بتائی گئی پروٹان۔ پروٹان زنجیر بلند تپشوں پر یعنی سورج کی موجودہ حالت میں اہمیت کی حامل ہوتی ہے۔

کاربن۔ نائٹروجن دور اور پروٹان۔ پروٹان زنجیر کے واقع ہونے کے اضافی احتمالات(Probabilities)کا انحصار تپش پر ہوتا ہے۔ پست تپشوں پر پروٹان۔ پروٹان زنجیر حاوی(predominate)ہوتی ہے۔ جیسے جیسے تپش میں اضافہ ہوتا ہے۔ کاربن۔ کاربن دور تیزی کے ساتھ نمایاں ہونے لگتا ہے۔ سورج اور سورج کے جیسے ستاروں میں، جن کے اندرونی حصوں میں تپش 20 ملین درجے سیلسئس کے آس پاس ہوتی ہے۔ یہ دونوں اعمال مساوی شرحوں سے واقع ہوتے رہتے ہیں۔

16.8 نیوکلیائی انشقاق اور اتصال میں خارج ہونے والی توانائی

(Energy Released in Nuclear Fission and Fusion)

سیکشن(16.6) میں دی گئی تفصیلات کے بموجب جب ایک یورانیم کا مرکزہ انشقاق کے عمل سے گزرتا ہے تو 200 MeV کے درجے کی مقدار میں توانائی خارج ہوتی ہے۔ اس کے علاوہ 2 یا 3 نیوٹران بھی خارج ہوتے ہیں۔ یہ نیوٹران یورانیم کے مرکزوں کے مزید انشقاق کو عمل میں لانے میں اپنا رول ادا کرتے ہیں اور یہ عمل ایک تیز شرح کے ساتھ آگے بڑھتا ہے۔ انشقاق کے عمل کو اس قسم کا اضافہ جسے شکل(3a16.) میں دکھایا گیا ہے۔ ایک زنجیری تعامل کہلاتا ہے۔ شکل(3b16.) میں خالص U^{235} کے انشقاق کے اضافے کی سختی کو دکھایا گیا ہے۔ اس انشقاق کے عمل میں بڑی بھاری مقدار میں توانائی خارج ہوتی ہے۔ اس توانائی کی تعمیری اور تخریبی دونوں ہی مقاصد کے لیے استعمال کیا جاسکتا ہے ۔ ایک U^{235} کا انشقاق 200 MeV کی توانائی کو آزاد کرتا ہے۔ جو $200 \times .6 \times 10^{-6} ergs$ کے مساوی ہوتی ہے۔ جب U^{235} کے ایک گرام جواہر کی مقدار، انشقاق کے عمل سے گزرتی ہے تو خارج ہونے والی توانائی $200 \times 1.6 \times 10^{-6} \times 6.02 \times 10^{23} = 1.93 \times 10^{20} ergs$ کے مساوتی ہوتی ہے۔



https://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch23/fission.php

شکل:(16.3a): PU^{239}, ν^{235i} جیسے وزنی عناصر کے جوہری مرکزوں میں انشقاق کے زنجیری تعاملات Xانشقاق میں مرکزے کی ساخت

اس طرح جب U^{235} کی ایک کلو گرام مقدار انشقاق کا شکار ہوتی ہے تو خارج ہونے والی توانائی $821 \times 10^{20} ergs$ یا تقریباً کلو کیلوری کے مساوتی ہوتی ہے۔ توانائی کی یہ مقدار 20,000 ٹن ٹی این ٹی (TNT) کے دھماکے سے پیدا ہونے والی توانائی کے مساوی ہوتی ہے۔

انشقاق کے عمل میں خارج ہونے والی توانائی کو برقی طاقت(Power) کی اکائیوں میں بھی بیان کیا جاسکتا ہے۔ چوں کہ $MeV = 1.6 \times 10^{-5} erg$یا$(= 1.6 \times 10^{-13}\ watt\ \sec,)$ ہوتا ہے لہٰذا U^{235}کے ایک مرکزے کا انشقاق $200 \times 1.6 \times 10^{-13}\ watt - sec1$ توانائی فراہم کرتا ہے۔ اس طرح برقی طاقت کا ایک واٹ حاصل کرنے کے لیے جتنے مرکزوں کے انشقاق کی ضرورت ہوگی وہ ہیں 3.1×10^{10} فی سیکنڈ، جب $U235$ کی ایک گرام مقدار انشقاق کے عمل سے گزرتی ہے۔ تو خارج ہونے والی توانائی برقی طاقت کی اکائیوں میں اس طرح ہوگی 8.2×10^{10} واٹ سیکنڈ یا 23×10^{1} کلو واٹ یا تقریباً واٹ دن (Watt − day) اگر توانائی ایک سارے دن کے لیے خارج ہوتی رہی تو U^{235} کے ایک کلو گرام مقدار کے مکمل انشقاق سے خارج ہونے والی توانائی حرارت کی شکل میں 1000 میگاواٹ کی شرح سے خارج ہوگی۔ اگر اس حرارت کو برقی (Electricity) میں(30 فیصد کی تحویلی استعداد سے) تبدیل کیا جائے تو برقی توانائی 300 میگاواٹ کی شرح سے حاصل کی جاسکتی ہے۔ توانائی کی یہ پیداوار ایک ایسے پلانٹ کی توانائی کی پیداوار کے مساوی ہوتی ہے جو کوئلے کی 2500 ٹن مقدار کو استعمال کرتا ہے ۔ یہ وہ پہلو ہے جس کی بناء پر نیوکلیائی پاور پلانٹ تیار کیئے گئے ہیں۔ جوہری بم میں جو تو U^{235}اور تو Pu^{239} پر مشتمل ہوتا ہے۔ ایک ایسا زنجیری تعامل واقع ہوتا ہے جسے قابو میں نہیں رکھا جاتا ہے۔ جب کہ ایک نیوکلیائی تعامل گر میں زنجیری تعامل پر ضبط رکھا جاتا ہے۔ سیکشن (16.9) میں ہم ایک نیوکلیائی تعامل گر کا تفصیلی مطالعہ کریں گے۔

ہائیڈروجن بم اتصالی تعاملات کے تحت کام کرتے ہیں جن پر ضبط نہیں رکھا جاسکتا۔

حرنیوکلیائی تعاملات بھی ضبط میں لائے جاسکتے ہیں اور ساری دنیا میں اس خصوص میں کوششیں جاری ہیں کہ کفایتی قیمت پر حرنیوکلیائی تعاملات پر قابو پانے کے طریقے معلوم کیے جائیں تاکہ تعمیری مقاصد کے لیے اتصال کی توانائی کو استعمال میں لایا جاسکے۔

16.9 نیوکلیائی تعامل گر(Nuclear Reactors)

ایک ایسا نظام جس میں قابل انشقاق اور نا قابل انشقاق مادے اس طرح ترتیب دیئے جائیں کہ زنجیری تعامل ایک منضبط شرح سے جاری رہ سکے۔ تعامل گر کہلاتا ہے۔ ایک ایک تعامل گر کے مختلف اُمور پر ذیل میں بحث کی گئی ہے۔

i. ایک تعامل گر کی فاصلیت(Critically) اس شرط کا تعین رکتی ہے کہ آیا زنجیری تعامل ایک قائم حالت میں جاری رہتا ہے آگے بڑھتا ہے یا گھٹتا ہے۔ کارگر جز ضربی Kc کو اس طرح بتایا جاتا ہے۔

$$K_c = \frac{P}{A+L} \quad .1$$

جہاں A, P اور L علی الترتیب نیوٹران کی پیداوار کی شرح، نیوٹران کے انجذاب(absorption) کی شرح اور نیوٹران کے رساؤ(leakage) کی شرح کو تعبیر کرتے ہیں۔ اگر $K_c = 1$ ہو تو کہا جاتا ہے کہ تعامل گر فاصل(critical) ہے۔ اگر $K_c <$ 1 ہو تو تعامل گر زیر فاصل(Sub−Critical) کہلایئے گا اور $K_c > 1$ ہو تو تعامل گر فوق فاصل(super critical) کہلاتا

ہے۔ اگر F انشقاق کے عمل کی شرح کو تعبیر کرتا ہے اور n فی انشقاق نیوٹران کی خارج کردہ اوسط تعداد ہے تب P کو nF سے ظاہر کیا جائے گا۔ لہٰذا

$$K_c = \frac{nF}{A+L} = \frac{nF}{A}\left(\frac{1}{1+L/A}\right) \qquad \text{--------(16.31)}$$

F/A قابل انشقاق اور نا قابل انشقاق مادے کی مقدار پر اور انشقاق کے لیے میسر اس مادے کی عمودی تراش (cross section) اور نیوٹران کے قبضے (capture) پر منحصر ہوتا ہے۔ L/A سطح سے نیوٹران کے نکل جانے سے قبل ان کو روک لینا تعامل گر کی اس قائمیت پر منحصر ہوتا ہے جس میں وہ سطح سے نیوٹرانون نے بچ کر نکل جانے سے قبل روک لیتا ہے اور ان کو جذب کر لیتا ہے۔

ii. تعامل گر کی جسامت۔ صورت 1: اگر تعامل کی جسامت چھوٹی ہے تو L بڑھتا ہے اور A گھٹتا ہے۔ اس کی وجہ سے L/A میں اضافہ ہوتا ہے۔ لہٰذا بموجب مساوات (16.31) $K \rightarrow 0$ ہو گا۔ صورت 2= اگر تعامل گر کی جسامت بڑی کر دی جائے تو L گھٹتا ہے اور A بڑھتا ہے۔ اس کے نتیجے میں $K_c \rightarrow \frac{F}{A}$ ہو گا۔

صورتحال اگر منتخب کردہ جسامت ایسی ہو کہ فرض کیجئے کہ $K_c = 1$ ہے یعنی $\frac{F}{A} = 1$ ہے، تب تعامل گر کی جسامت کو فاضل جسامت (critical size) کہا جائے گا۔ فاصلیت (Critically) کے حصول کے لیے ایک فاضل جسامت والے نیوکلیائی تعامل گر میں استعمال کیے جانے والے ایندھن کی مقدار کو ایندھن کی فاصل کمیت (Critical mass) کہا جاتا ہے۔ Ke کی مختلف قیمتوں کے لیے انشقاق کے اعمال کو شکل (16.4) میں دکھایا گیا ہے۔

iii. نیوکلیائی تعامل گروں کی اقسام: ایندھن اور معتدل گر (moderator) کو ملانے کے طریقہ کار کی بنیاد پر تعامل گروں کی جماعت بندی کی گئی ہے۔ ایک متجانس (homogeneous) تعامل گر وہ ہوتا ہے، جس میں ایندھن اور معتدل گر ایک ایسا آمیزہ (Mixture) بناتے ہیں جس کی کیمیائی یکساں ہوتی ہے۔ متجانس تعامل گر کی ایک عام قسم پانی میں یورانل نائٹریٹ کے ایک محلول بشمول افزدہ یورانیم (Enriched Uranium) پر مشتمل ہوتی ہے۔ اس محلول کو ایک فولادی کرہ (Sphere) میں ڈالا جاتا ہے اور یہ کرہ نیوٹران کے ایک عاکس (reflector) مثلاً بیریلیم آکسائیڈ (Beryllium Oxide) اور گرافائٹ سے گھرا ہوتا ہے۔ سارا تعامل گر سیسے (Lead) کیڈیم اور کنکریٹ سے محفوظ بنایا جاتا ہے۔

تعامل (4A16.): ایک زیر فاصل (sub critical) کمیت $K_c > 1$ انشقاق کا عمل شروع ہوتا ہے لیکن کوئی زنجیری تعامل وقوع میں نہیں آتا شکل (4B16.) ایک فاصل کمیت $K_c > 1$ زنجیری تعامل سلسلہ ہندسیہ (Geometrical progression) میں آگے بڑھتا ہے۔

تعامل گر کی کاروائی پر کیڈیم کی سلاخوں کی مدد سے ضبط رکھا جاسکتا ہے۔ یہ سلاخیں بیریلیم آکسائیڈ کے عاکس میں گھستی ہوتی ہیں۔ زیادہ تر نیوکلیائی تعامل گر غیر متجانس قسم کے ہوتے ہیں۔ یہاں قابل انشقاق مادے کو برتنوں میں مرتکز کر کے سارے معتدل گر میں موزوں طور پر تقسیم کر دیا جاتا ہے۔ اکثر صورتوں میں قابل انشقاق مادے کو الومینیم کی نلیوں میں گھرے

ہوئے یورانیم یا یورانیم آکسائیڈ کے استوانوں کی شکل میں معتدل گر میں ایک جالی کے نیٹ ورک (network)میں مخصوص فاصلوں پر رکھا جاتا ہے۔

انشقاق کے عمل میں استعمال کی جانے والی نیوٹران کی توانائی کی بنیاد پر بھی تعامل گروں کی جماعت بندی کی جاتی ہے۔ اگر انشقاق کے لیے تیز رفار نیوٹرانوں کو استعمال کیا جائے تو یہاں تعامل گر کو تیز تعامل گر(Fast reactor) کہا جاتا ہے۔ اگر استعمال کیے گئے نیوٹران میانہ توانائی کے حامل ہوں تو تعامل گر کو میانہ تعامل گر(moderate reactor) کہا جاتا ہے۔ اگر ایک نیوکلیائی تعامل میں انشقاق کے عمل میں سست رفتار نیوٹران استعمال کیئے جائیں تو یہاں تعامل گر کو حراری تعامل گر(thermal reactor) کہا جاتا ہے۔

iv. نیوکلیائی تعامل گروں میں استعمال ہونے والے ایندھن(1) قدرتی یورانیم جس میں U^{235} کی 0.72 فیصد مقدار پائی جاتی ہے۔

a) افزودہ یورانیم جس میں U^{235} کی 0.72 فیصد سے زائد مقدار پائی جاتی ہے۔

b) Pu^{239}

c) U^{233}

v. تعامل گروں میں استعمال کیے جانے والے معتدل گر: قدرتی یورانیم میں زنجیری تعامل کو لگاتار ایک حالت استوار (steady)میں رکھا جاسکتا ہے اس صورت میں جب کہ U^{235} کے انشقاق کے دوران خارج کیئے جانے والے تیز رفتار نیوٹرانوں کو سست کر دیا جاسکتا ہو کہ U^{235} کی جانب سے ان کو جذب کر لیے جانے سے قبل ہی بڑی تیزی کے ساتھ U^{235} کے جواہر میں مزید انشقاق پیدا کرتے ہیں۔ یہاں تیز رفتار نیوٹرانوں کو سست کر دینے کے لیے جو شئے استعمال کی جاتی ہے اسے معتدل گر کہا جاتا ہے۔ اس کو تھرملائزیشن (thermalization) کہا جاتا ہے۔ ایک معتدل گر کو بھاری تعداد میں متصادم(impinge)ہونے والے نیوٹرانوں کو جذب نہیں کرنا چاہئے۔ اسے چاہیے کہ وہ تیز رفتار نیوٹرانوں کو جلد از جلد سست کر دے اور انہیں منتشر کر دے تاکہ وہ مزید انشقاق پیدا کریں۔ اس طرح نیوٹرانوں کو جذب کرنے کی معتدل گر کی عمودی تراش(cross section) چھوٹی ہونی چاہئے۔ بھاری پانی(heavy water) بہترین مائع معتدل گر ہے۔ اس کو ایک سرد کار(Coolant) اور ڈھال(Shield) کے طور پر بھی استعمال کیا جاتا ہے لیکن یہ کافی مہنگا ہوتا ہے۔ جب افزودہ یورانیم کو ایندھن کے طور پر استعمال کیا جارہا ہو تو معمولی پانی کو ایک معتدل گر کے طور پر استعمال کیا جاسکتا ہے۔ جب ٹھوس معتدل گر مطلوب ہو تو بیریلیم، بیریلیم آکسائیڈ اور گرافائٹ کو استعمال کیا جاتا ہے۔

vi. عکس انداز(Reflectors): نیوٹرانوں کو رساؤ سے قبل تعامل گر میں واپس منتشر کرتے وہئے انشقاق کے احتمال (probabilility)میں اضافہ کیا جاسکتا ہے۔ اس مقصد کے لیے گرافائٹ نکل(Nickel)، ٹن(tin) اور سیسہ جیسی اشیاء کو عاکس کے طور پر استعمال کیا جاسکتا ہے۔ یہ اشیاء انتشار کی بڑی تراش عمودی رکھتی ہیں۔

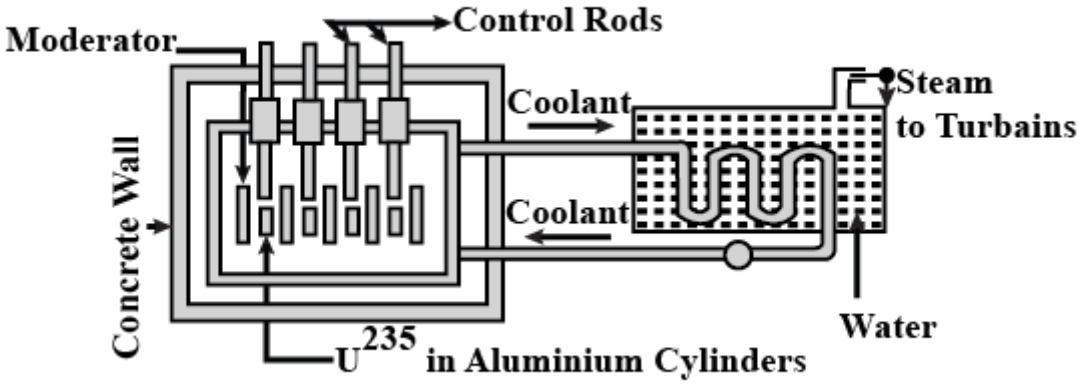
vii. تعامل گر کے سرد کار(Coolants): تعامل گر برقی طاقت کی اونچی سطحوں پر کام کرتے ہیں۔ لہٰذا لگاتار، ٹھنڈا کرنے والا کوئی طریقہ استعمال کرتے ہوئے تعامل گر کے اندرون میں پیدا ہونے والی حرارت کو تعامل گر سے خارج کرنا پڑتا ہے۔ تعامل گر میں استعمال ہونے والا سرد کار مادہ ایسا ہو کہ وہ حرارت کا ایک عمدہ موصل ہو، تعامل گر میں استعمال ہونے والی اشیاء کے لیے غیر تحلیلی(non – corrosive)ہو، اس پر پڑنے والی اشعاع کے لیے قائم(stable)ہو اور حراری نیوٹرانوں پر قبضہ کرنے کے لیے اس کی تراش عمودی چھوٹی ہو۔ ایسے سرد کار جو حرارت کے تبادلے کی اونچی شرحیں رکھتے ہیں، برقی طاقت پیدا کرنے والے تعامل گروں میں قبل قبول ہوتے ہں۔ چوں کہ یہ بلند تپشوں پر کام کرتے ہیں لہٰذا برقی طاقت کے حصول کا انحصار حرارت کو باہر نکالنے کی شرح پر ہوتا ہے۔ مائع معتدل گروں کے لیے حرارت کے اخراج کی شرح بہت اونچی ہوتی ہے۔ اور گیسی سرد کاروں خے لیے حراری استعداد کی شرح بلند ہوتی ہے۔ ہیلیم بہترین گیسی سرد کار ہوتی ہے مگر یہ مہنگی ہوتی ہے۔ کاربن ڈائی آکسائیڈ کو اطمینان بخش طور پر استعمال کیا جاسکتا ہے۔ مائع دھاتیں مثلاً سوڈیم، پوتاژیم، پارہ، سیسہ اور بسمتھ(Bismuth)کو استعمال کیا جاسکتا ہے۔ بھاری پانی اور معمولی پانی کو بھی استعمال کیا جاسکتا ہے۔ سوڈیم اور پوٹاشیم کی بھرت یعنی ملواں دھات(alloy)بہترین مائع سروکار ہوتی ہے۔

viii. ساختی اشیاء(Structural Materials): ایک تعامل گر میں ساختی اشیاء کا انتخاب بہت محدود ہوتا ہے کیوں کہ بہت سی اشیاء نیوٹرانوں کو جذب کر لیتی ہیں۔ ساختی اشیاء ایسی وہنی چاہئیں کہ وہ تعامل گر میں موجود زنی نیوٹرانوں اور گاما اشعاع سے تکسر کا شکار نہ ہونے پائیں۔ ساختی اشیاء جن وک حراری تعامل گروں میں استعمال کیا جاسکتا ہے وہ ہیں بیریلیم، گرافائٹ، الومینیم اور زرکونیم(Zircunium)۔ تیز تعامل گروں مُس کرومیئم، نکل اور مالبڈینیم(Molybdenum)کو ساختی اشیاء کے طور پر استعمال کیا جاسکتا ہے۔

ix. تعامل گروں کی شیلڈنگ(Shielding): ایک نیوکلیائی تعامل گر سے نکلنے والی اہم اشعاع جن کو لازمی طور پر شیلڈ (Shield)کیا جانا چاہئے وہ ہیں تیز نیوٹران، سست نیوٹران، الفاذرات، گاما اشعاع وغیرہ۔ شیلڈنگ کے لیے استعمال کی جانی والی اشیاء کا انحصار تعامل گر کی قسم پر ہوتا ہے۔ ایک برقی پیدا کرنے والے پلانٹ میں عام طور پر کنکریٹ کو شیلڈنگ کرنے والی شئے کے طور پر استعمال کیا جاتا ہے۔

x. تعامل گر پر ضبط: ایک تعامل گر کو ضبط میں رکھنے کے دو طریقے ہیں، وہ ہیں(1)خودکار(automatic)کنٹرول اور،(2)۔ میکانی کنٹرول(mechanical control)۔ ایک متجانس تعامل گر میں معتدل گر کی مقدار کو بڑھاتے ہوئے تعامل گر کو کنٹرول مُس رکھا جاسکتا ہے۔ ایک غیر متجانس (heterogeneous)تعامل گر میں بوران(Boron)یا کیڈمیم(Cadmium)جیسی اشیاء کی شمولیت سے تعامل گر پر ضبط رکھا جاسکتا ہے۔ تعامل گر میں موجود ضبط کی سلاخوں کی تین اقسام ہوتی ہیں یعنی (1) شم(Shim)، (2) عمدہ کنٹرول (fine control)اور (3) تحفظی سلاخ(Safety rods)۔ جیسے جیسے کاروائی جاری رہتی ہے، حرارت میں قلیل تبدیلیاں اور ساتھ ہی متعاملیت(reactivity)میں قلیل تبدیلیاں لانی پڑتی ہیں تاکہ تعامل گر کو ایک استوار(steady)کی حالت میں برقرر رکھا جائے۔ اس حالت کو ضبط رکھنے والی

خودکار سلاخوں کی کاروائی سے حاصل کیا جاسکتا ہے۔ عام کاروائی کے دوران زائد متعاملیت شم (Shim) سلاخوں میں جذب ہو جاتی ہے۔ تعامل گر میں انشقاق سے پیدا ہونے والی مرکبات



/https://www.toppr.com/ask/question/explain-the-principle-and-working-of-nuclear-reactor-with-the

شکل (16.5): نیوکلیائی گر کی ساخت

1۔ ایک تعامل گر کا برتن
2۔ حیاتیاتی تحفظی شیلڈ (کنکریٹ)
3۔ نیوکلیائی ایندھن $(U^{239}, U^{244}, U^{235})$
4۔ کنٹرول رکھنے والی سلاخیں (کیڈمیم، بوران)
4۔ تحفظی سلاخ (نیوٹران کو جذب کرنے والی)
6۔ نیوٹران کے عاکس (بیریلیم، گرافائٹ)
7۔ معتدل گر (بھاری پانی، گرافائٹ اور بیریلیم)
8۔ سرد کار نظام (پانی)

جب جمع ہونے لگتے ہیں تو یہ نیوکلیائی زنجیری تعامل کے لیے زہر (poison) بن جاتے ہیں۔ اس لیے ان کو تعامل گر سے وقفے وقفے سے لگاتار خارج کر دینا پڑتا ہے اور مستقل تعامل گر کے پاور کو برقرار رکھنے کے لیے کنٹرول کرنے والی سلاخوں کو بتدریج کھینچنا ضروری ہو جاتا ہے۔ ہنگامی صورتوں میں ضبط رکھنے والی سلاخیں اپنی اعظم حالت تک ڈبوئی جاتی ہیں جس سے جزضری (multiplication factor) کو بخوبی اکائی کے اندر برقرار رکھا جاسکتا ہے اور اس سے زنجیری تعامل گھٹ جاتا ہے۔ شکل (16.5) میں ایک نمونہ تعامل گر کے اہم حصوں کو خاکے کے ذریعہ دکھایا گیا ہے جو اپنی وضاحت آپ کرتے ہیں۔

xi. نیوکلیائی تعامل گروں کے اطلاقات: نیوکلیائی تعامل گر جن اُمور میں استعمال کیے جاتے ہیں وہ ہیں (1) تحقیقی مقاصد کے لیے، (2) انشقاق (Fission) مادوں کی پیداوار کے لیے اور (3) برقی طاقت کی پیداوار کے لیے۔ نیوکلیائی تعامل گر تابکار ہمجاؤں کی پیداوار کے لیے استعمال کیے جاتے ہیں۔ کیمیائی عناصر کو تعامل گر کے تحفظی شیلڈ کے خصوصی چینلوں (Channels) میں مختلف گہرائیوں تک داخل کیا جاتا ہے۔ اس کے بعد ان کو زبردست حدت رکھنے والے

نیوٹرانوں کی شعاعوں سے بمبارڈ کیا جاتا ہے۔ جس سے تابکار ہمجا پیدا ہو جاتے ہیں۔ تابکار ہمجا عناصر طب، زراعت اور صنعت میں بھاری پیمانے پر استعمال کئے جاتے ہیں۔ تعامل گر سے نکلنے والی اشعاع ریزی کو مادے کی ساخت پر تحقیقات کے لیے استعمال کیا جاتا ہے اور اشیاء کی طبعی، کیمیائی اور حیاتیاتی خصوصیات پر اشعاع ریزی کے اثرات کے مطالعوں کے لیے ان کو کام میں لایا جاتا ہے۔ نئے تعامل گروں کے لئے ایندھنی عناصر پر تحقیق کے لیے بھی نیوکلیائی تعامل گروں کو استعمال کیا جاسکتا ہے۔

16.10 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

اس حراری تعامل گر جس میں U^{235} اور U^{238} کا آمیزہ موجود ہے۔ 1000 میگاواٹ کے پاور کی سطح پر کام کر رہا ہے۔ اس کی اس شرح کو معلوم کیجئے جس پر U^{235} انشقاق کے عمل میں صرف کیا جارہا ہے۔

حل: دیا گیا ہے

U^{235} کے ہر انشقاق میں توانائی کا اخراج 200 MeV چوں کہ $1\ MeV = 1.6 \times 10^{-6}\ erg$ ہوتا ہے

لہٰذا جب کا ایک جوہر انشقاق کے عمل سے گزرتا ہے تو، برقی طاقت کی اکائیوں میں، توانائی کا اخراج ہو گا۔

$$\text{توانائی کا اخراج} = 200 \times 1.6 \times 10^{-13}\ watt\ sec$$

اور جب یورانیم کا ایک گرام مادہ انشقاق کے عمل سے گزرتا ہے تو پیدا ہونے والی برقی طاقت ہو گی:

$$= \frac{200 \times 1.6 \times 10^{-15} \times 6.022 \times 10^{23} \times 1gm}{235gm}$$

$$= 200 \times 4.1 \times 10^{8}\ watt\ sec.$$

$$= 4.1 \times 10^{8} \times 200\ watt\ sec.$$

$$= \frac{8.2 \times 10^{10}}{60 \times 60 \times 24} = \frac{8.2 \times 10^{8}}{864}$$

$$= 0.949 \times 10^{6}\ watt - day$$

1000 M watt کا پاور حاصل کرنے لیے U^{235} کی جتنی مقدار کو انشقاق کے عمل سے گزرنا ہو گا وہ ہو گی:

$$= \frac{1g}{0.919 \times 10^{4}} \times \frac{1000 \times 10^{4}\ watt-day}{watt-day} = 1.054 \times 10^{3} gm$$

اس لیے فی دن U^{235} کی 1.054 کلو گرام مقدار کو انشقاق پانا ہو گا تا کہ 1000 میگاواٹ فی دن پاور حاصل کیا جاسکے۔

حل شدہ مثال 2

ذیل کی قسم کے منضبط (controlled) حرنیوکلایئ تعامل میں ڈیویٹریم (Deuterium) کی ایک گرام مقدار خرچ ہوتی ہے۔

$$_1H^2 +_1H^2 \rightarrow_1 H^3 +_1H^1 + Q_1$$

$$_1H^2 +_1H^3 \rightarrow_2 He^4 +_0n^1 + Q_2$$

اس تعامل میں خارج ہونے والی توانائی محسوب کیجئے۔ دی گئی جوہری کمیتیں ہیں $_1H^1 = 1.00814\ amu$

$$_1H^3 = 3.016997\ a.m.u, \quad _0n^1 = 1.0086654\ a.m.u, \quad _1H^2 = 2.0147\ a.m.u$$

اور $_2He^2 = 4.003873\ a.m.u$

$$_1H^2 +_1H^2 \rightarrow_1 H^3 +_1H^1 + Q_1$$

حل: دیا گیا ہے کہ

مذکورہ بالا تعاملات ہیں:

$$Q_1 = [2(2.01474) - (3.016997 + 1.00814)]93L48\ MeV$$

$$Q_1 = (4.02948) - (4.025137)931.48$$

$$Q_1 = (0.004343)931.48 = 4.045\ MeV$$

$$_1H^2 +_1H^3 \rightarrow_2 He^4 +_0n^1 + Q_2$$

مندرجہ ذیل بالا تعامل ہیں:

$$Q_2 = [(2.01474 + 3.016997) - (4.003873) + 1.0086654]931.48\ MeV$$

$$= (5.031737 - 5.0125384)931.48\ MeV$$

$$= (0.0191986)931.48 = 17.88\ MeV$$

اس پروسس میں خارج شدہ جملہ توانائی ہو گی:

$$\text{جملہ توانائی} = Q_1 + Q_2 = 21.93\ MeV$$

یہاں ڈیوٹیریم کے 3 جواہر انشقاق کے عمل سے گزر رہے ہیں۔ اگر اس انشقاق کے عمل میں ڈیوٹیریم کی ایک گرام مقدار خرچ کی جائے تو خارج ہونے والی توانائی ہو گی:

$$= \frac{21.93}{3} \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{2} = 22.0031 \times 10^{23}\ MeV$$

یہ توانائی برقی طاقت(power) کی رقوم میں یوں ہوں گی:

$$= \frac{22.0031\times10^{23}\times1.6\times10^{-13}\ watt\ sec}{60\times60\times24}$$

$$= 4.07\ Mega\ (Watt-day)$$

حل شدہ مثال 3

جب ہائیڈروجن کے چار جوہر مل کر ہیلیئم کا ایک جوہر بناتے ہیں تو اس عمل میں خارج ہونے والی توانائی کو محسوب کیجئے۔ ہائیڈروجن جوہر کی جوہری کمیت 1.00814 a.m.u ہے اور ہیلیئم جوہر کی 4.00387 ہے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

یہاں واقع ہونے والا تعامل ہے۔

Not visible -------(16.11)

ہائیڈروجن کے 4 جوہروں کی جوہری کمیت $= 4\times1.00814$

$4.03256\ amu =$

ہیلیئم کے جوہر کی جوہری کمیت $4.00387\ amu =$

فرق کمیت $0.02869\ a.m.u = \Delta M =$

$$Q = \Delta M \times 931.4\ MeV = 0.02869 \times 931.48\ MeV = 26.7\ MeV$$

16.11 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- دوسرا وزنی گروہ جس کے ارکان کے کمیتی عدد 130 تا 149 تک ہوتے ہیں۔ نیوکلیائی انشقاق کے تعامل کو مرکزے کے مائع قطرے کے نمونے کی بنیاد پر سمجھایا گیا ہے۔ نیوکلیائی اتصال میں ہلکے عناصر مل کر توانائی کے اخراج کے ساتھ، وزنی عناصر تشکیل دیتے ہیں۔ اتصال کے تعاملات $^{0}C^{8}10$ جیسے بہت بلند درجے کی تپشوں پر واقع ہوتے ہیں۔ یہ تعاملات حرنیوکلیائی تعاملات کہلاتے ہیں۔ سورج اور ستاروں سے خارج ہونے والی توانائی کی وضاحت اتصال کے تعاملات کی بنیاد پر کی گئی ہے۔ ان تعاملات کو خصوصی طور پر "پروٹان۔ پروٹان" زنجیری تعاملات اور "کاربن۔ نائٹروجن" دوری تعاملات کہا جاتا ہے۔ نیوکلیائی انشقاق کے تعامل یا اتصال کے تعامل میں خارج ہونے والی توانائی کی تعمیری اور تخریبی دونوں ہی مقاصد کے لیے استعمال کیا جاسکتا ہے۔
- انشقاق کے عمل میں پیدا ہونے والی نیوٹران مزید انشقاق کو آگے بڑھاتے ہیں اور تعامل میں ایک جامٹری(geometric) شرح سے اضافہ ہونے لگتا ہے۔ اسی کو زنجیری تعامل کی اصطلاح سے موسوم کیا گیا ہے۔ ایک

جوہری بم کے دھماکے میں زنجیری تعامل پر کنٹرول نہیں رکھا جاتا۔ ہائیڈروجن بم کے دھماکے میں بھی اتصال کے تعاملات پر کنٹرول نہیں رکھا جاتا۔ ایک نیوکلیائی تعامل گر میں زنجیری تعامل منضبط (controlled) ہوتا ہے۔ اس سے خارج ہونے والی توانائی کو برقی کی پیداوار کے لیے یا دوسرے کارآمد مقاصد کے لیے استعمال کیا جاسکتا ہے۔

- ایک نیوکلیائی تعامل گر میں جز ضربی Kc اگر 1 کے مساوی ہے تو زنجیری تعامل ایک استوار حالت میں جاری رہتا ہے۔ تعامل گر کو اس وقت فاصل (critical) کہا جاتا ہے جب $Kc = 1$ ہوتا ہے۔ اگر $Kc < 1$ ہو تو اسے زیر فاصل ($sub - critical$) اور اگر $Kc > 1$ ہو تو فوق فاصل ($super - critical$) کہا جائے گا۔ نیوکلیائی تعامل گر میں استعمال ہونے والی ایندھنی اشیاء میں قدرتی یورانیم جس میں 0.72 فیصد U^{235} ہوتا ہے۔ افزودہ (enriched) یورانیم جس میں U^{235} کی 0.72 فیصد سے زیادہ مقدار پائی جاتی ہے ان کے علاوہ Pu^{244} اور U^{239} استعمال کئے جاتے ہیں۔ ایک نیوکلیائی تعامل گر میں نیوٹرانوں کی رفتار کو سست کرنے کے لیے معتدل گر (moderator) کو استعمال کیا جاتا ہے۔ زنجیری تعامل پر کنٹرول کے لیے کنٹرول سلاخیں استعمال کی جاتی ہیں۔ نیوکلیائی تعامل گروں کو سائنسی تحقیقات کے لیے، انشقاقی مادوں کی پیداوار کے لیے اور برقی طاقت کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔

16.12 کلیدی الفاظ (Keywords)

- Luminescence: نظر آنے والے علاقے میں Zns جیسے مادوں کے ذریعے روشنی کا اخراج جب الیکٹران، ایکس رے یا الٹراوایلیٹ شعاعوں سے شعاع ٹکلتی ہے۔
- ایکسلریٹر: جوہری ذرات کی توانائی بڑھانے کے لیے استعمال ہونے والا آلہ
- فلوروسینس: بالائے بنفشی تابکاری یا الیکٹران یا اعلی توانائی والے ذرات کے ذریعہ شعاع ریزی کے دوران مادوں کے ذریعہ روشنی کا اخراج۔
- فاسفورسنس: شعاع ریزی کے ذریعہ کو ہٹانے کے بعد مادہ کے ذریعہ روشنی کا اخراج۔

16.13 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

16.13.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. جوہری فِشن کیا ہے؟
2. جوہری فیوژن کیا ہے؟
3. سورج میں کون سا رد عمل دیکھا جاتا ہے؟
4. ایٹم بم کس اصول پر کام کرتا ہے؟
5. کیا نیوکلیئر فِشن قدرتی طور پر ہوتا ہے؟

6. ماحول پر فیوژن کے اثرات کیا ہیں؟
7. نیوکلیئر فیوژن اور نیوکلیئر فیوژن میں کیا فرق ہے؟
8. کیا فیوژن اسی طرح تابکار ایٹمی فضلہ پیدا کرتا ہے جس طرح فِشن کرتا ہے؟
9. کیا فیوژن جوہری حادثے کا سبب بن سکتا ہے؟
10. کیا فیوژن ری ایکٹرز کو ہتھیار بنانے کے لیے استعمال کیا جا سکتا ہے؟

16.13.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. ایک نیوکلیائی تعامل گر کی کارکردگی میں حصہ لینے والے تفاعلی اُمور (functionaries) کو بیان کیجئے۔

16.13.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. نیوکلیائی انشقاق کے تعامل پر بحث کیجئے۔ انشقاق کے ٹکڑوں کے تکسر، خارج ہونے والی توانائی اور انشقاق سے حاصل ہونے والی پیداوار سے متعلق تفصیل کو بحث میں شامل رکھیئے۔
2. وضاحت کیجئے کہ اتصال کے تعاملات کو حرنیوکلیائی تعاملات کیوں کہا جاتا ہے؟
3. سورج اور ستروں سے خارج ہونے والی توانائی کے ذمہ دار، اتصال کے مختلف تعاملات کو تفصیل سے بیان کیجئے۔
4. نیوکلیائی تعامل گروں کے کیا کیا استعمالات ہیں؟

16.13.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. مندرجہ ذیل حرں یوکلیائی تعامل میں خارج ہونے والی توانائی معلوم کیجئے۔

$$_3Li^6 + _0n^1 \rightarrow _1 H^3 + _2He^4 + Q_1$$

دی گئی جوہری کمیتیں ہیں:

$$_3Li^6 = 6.01703\ a.m.u$$

$$_0n^1 = 1.008665\ a.m.u$$

$$_1H^3 = 3.0170\ a.m.u$$

$$_2He^4 = 4.00487$$

(جواب $Q_1 = 4.5\ MeV$)

16.14 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Kaplan – Nuclear Physics – Addison – Wesly Publishing Co. London.
2. Livesey, D. – Atomic and Nuclear Physics – Blaisdell Publishing Co. London.
3. Burcham, W.E. – nuclear Physics an introduction – Longman Group Ltd. London.
4. Tiwari, P.N. – Fundamentals of Nuclear Science – Wiley Eastern Pvt. Ltd. New Delhi.
5. Evans, R.D. – The Atomic Nucleus – McGraw Hill Book Co. London.

Maulana Azad National Urdu University

B.Sc. (MPC/MPCs) VI Semester Examination

BSPH601CCT:طبیعات(Elements Of Modern Physics)

Time: 3 hrs **Marks: 70**

ہدایات:

یہ پرچہ سوالات تین حصوں پر مشتمل ہے۔ حصہ اول، دوم سوم۔ ہر جواب کے لیے لفظوں کی تعداد اشارۃ ہے۔ تمام حصوں سے سوالوں کا جواب دینالازمی ہے۔

1. حصہ اول میں 10 لازمی سوالات ہیں۔ جو کہ معروضی سوالات / خالی جگہ پر کرنا / مختصر جواب والے سوالات ہیں۔ ہر سوال کا جواب لازمی ہے۔ ہر سوال کے لیے 1 نمبر مختص ہے۔ (10x1=10 Marks)
2. حصہ دوم میں 8 سوالات ہیں۔ اس میں سے طالب علم کوئی (5) سوالوں کے جواب دینے ہیں۔ ہر سوال کا جواب تقریبا دو سو (200) لفظوں پر مشتمل ہے۔ ہر سوال کے لیے 6 نمبرات مختص ہیں۔ (5x6=30 Marks)
3. حصہ سوم میں 5 سوالات ہیں۔ اس میں سے طالب علم کو کوئی تین سوالوں کے جواب دینے ہیں۔ ہر سوال کا جواب تقریباً پانچ سو (500) لفظوں پر مشتمل ہے۔ ہر سوال کے لیے 10 نمبرات مختص ہیں۔ (3x10=30 Marks)

حصہ اول

سوال(1)

i. غیر دھاتی کرسٹل مثالیں لکھیے؟

ii. ایک کرسٹل موادیاتو..... کرسٹل ہو سکتا ہے۔۔

iii. ایک کیوبک کلوزپیکڈ بناوٹیں میں فی ایٹم کتنے آکٹہیڈرل voids ہوتے ہیں؟

2 (a) 4 (b) 1 (c) 3 (d)

iv. سیمی کنڈکٹر ڈایڈس غیر اوہمک کیوں ہیں؟

v. سیمی کنڈکٹر ڈائیوڈ کیسے کام کرتا ہے؟

vi. وین برج آسکیلیٹر_____ استعمال کرتا ہے۔

vii. بوہر کے ماڈل کے مطابق الیکٹران کیسے حرکت کرتے ہیں؟

viii. کیا بوہر کے ماڈل میں نیوٹران تھے؟

ix. ڈیجیٹل سسٹمز سے کیا مراد ہے؟

x. کوانٹم ویو پارٹیکل کے لیے، _____ = E

$\hbar k$ (d $\hbar \omega$ (c $\hbar \omega/2$ (b $\hbar k/2$ (a

حصہ دوم

1. ٹھوس کی درجہ بندی کی وضاحت کیجئے۔
2. کرسٹل بناوٹ کیا ہے؟اس کی اقسام بیان کریں۔
3. آر سی فیز شفٹ آسکیلیٹر کی وضاحت کریں؟
4. ہال اثر کو روشن کریں اور اس کی ایپلی کیشنز کا ذکر کریں۔
5. پلانک کی کوانٹم تھیوری کیا ہے؟
6. حرارت توانائی کی منتقلی کیوں ہے؟
7. موجکی تقریب کیا ہے؟موجفنکشن کی بنیادی خصوصیات کیا ہیں؟
8. ویو فنکشن کی میکس بورن کی تشریح کا خاکہ بنائیں۔
9. موجی تفاعل سے شروڈِنگر کا تصور کیا ہے؟

حصہ سوم

10. ملر انڈیکس (hk l)۔ سادہ کیوبک جالی اور ٹیٹراگونل کرسٹل کے لیے بھی اس کا حساب لگائیں۔
11. بوہر کے نظریہ پر بحث کیجئے۔ ہائیڈروجن جوہر کی توانائی سطحوں اور طیفی خط کے طول موج کے لئے ضوابط اخذ کیجئے۔ بور کے نظریہ کی اہمیت پر بحث کیجئے۔
12. اصول تذبذب یعنی عدم یقین کے اہم خدوخال کو سمجھایئے اور ان پر بحث بھی کیجے۔
13. شروڈِنگر موج مساوات کو اخذ کیجئے۔
14. نیوکلیائی انشقاق کے تعامل پر بحث کیجئے۔ انشقاق کے ٹکڑوں کے تکسر، خارج ہونے والی توانائی اور انشقاق سے حاصل ہونے والی پیداوار سے متعلق تفصیل کو بحث میں شامل رکھیئے۔

☆☆☆☆