BNPH401DET

بنیادی شماریاتی طبیعیات

(Basic Statistical Physics)

بی۔ایس سی۔(آنرس)

چار سالہ پروگرام

چوتھا سمسٹر(طبیعیات)

مرکز برائے فاصلاتی و آن لائن تعلیم

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

حیدرآباد۔32، تلنگانہ، بھارت

Copyright © 2026, Maulana Azad National Urdu University, Hyderabad
All right 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 in writing form the publisher (registrar@manuu.edu.in)

ISBN : 978-81-68324-07-7
Course : Basic Statistical Physics
First Edition : August 2026
Copies : 600
Price : 105/- (The price of the book is included in admission fee of distance mode students)

Course Coordinator

Dr. Priya Hasan, Asst. Prof. (Physics), School of Sciences, MANUU, Hyderabad

Editorial Board/Editors

Prof. H. Aleem Basha,
Prof. (Physics),
School of Sciences, MANUU

Dr. Priya Hasan,
Asst. Prof. (Physics),
School of Sciences, MANUU

Dr. Rizwanul Haq Ansari,
Asst. Prof. (Physics),
School of Sciences, MANUU

Dr. Zia Ur Rahman,
Asst. Prof. (C) / Guest Faculty (Physics),
CDOE, MANUU

Dr. Mohd Akmal Khan,(Language Editor)
Asst. Prof. (C) / Guest Faculty(Urdu),
CDOE, MANUU

Production

Prof. Nikhath Jahan,
Professor (Urdu),
CDOE ,MANUU

Mr. P Habibulla,
Assistant Registrar, Purchase & Stores Section, MANUU

Dr. Mohd Akmal Khan,
Assistant Professor (C)/Guest Faculty,
CDOE, MANUU

Mohd Abdul Naseer,
Section Officer, CDOE, MANUU

Shaik Ismail,
UDC, CDOE, MANUU

Syed Faheemuddin, LDC
Purchase & Stores Section, MANUU

On behalf of the Registrar, Published by:
Centre for Distance and Online Education
Maulana Azad National Urdu University
Gachibowli, Hyderabad-500032 (TG), India
*Director:*dir.dde@manuu.edu.in*Publication:*ddepublication@manuu.edu.in
Phone number: 040-23008314 Website: manuu.edu.in

CRC Prepared by the Dr. Zia Ur Rahman, Faculty of Physics, CDOE, MANUU

Printed at: Print Time & Business Enterprises, Hyderabad

فہرست

پیغام	وائس چانسلر، مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی	5
پیغام	ڈائرکٹر، مرکز برائے فاصلاتی و آن لائن تعلیم	6
کورس کا تعارف	کورس کوآرڈی نیٹر (طبیعیات)	7

اکائی نمبر	اکائی کا نام	مصنف	صفحہ نمبر
	بلاک I		
اکائی 1	شماریاتی میکانکس کا تعارف	ڈاکٹر ضیاء الرحمن	9
اکائی 2	شماریاتی میکانیات	پروفیسر ایچ۔ علیم باشا، ڈاکٹر ذاکر مرزا	15
اکائی 3	میکس ویل بولٹز من کا تقسیمی کلیہ	پروفیسر ایچ۔ علیم باشا، ڈاکٹر ذاکر مرزا	27
اکائی 4	قدرتی شماریات	ڈاکٹر ضیاء الرحمن	35
اکائی 5	شماریات کے تینوں کلیات کے مابین تقابل	پروفیسر ایچ۔ علیم باشا، ڈاکٹر ذاکر مرزا	43
	مزید مطالعے کے لیے تجویز کردہ کتابیں		52
	نمونہ امتحانی پرچہ		**53**
	لَیب مینول (Lab Manual)		**55**
اکائی 1	پلانک کا مستقلہ	ڈاکٹر ضیاء الرحمن	56
اکائی 2	تھرمسٹر	ڈاکٹر ضیاء الرحمن	70
اکائی 3	کولنگ کا نیوٹنز کلیہ	ڈاکٹر ضیاء الرحمن	82
	نمونہ امتحانی پرچہ		**95**

مصنفین کی تفصیلات

(Writer's Details)

Prof. H. Aleem Basha ,Professor (Physics), School of Sciences, MANUU, Hyderabad	پروفیسر ایچ۔ علیم باشا پروفیسر (طبیعیات)، اسکول برائے سائنسی علوم، مانو، حیدرآباد
Dr. Zakir Mirza(Retd),Associate Prof., (Physics), Osmania University, Hyderabad	ڈاکٹر ذاکر مرزا (ریٹائرڈ)، ایسوسی ایٹ پروفیسر (طبیعیات)، عثمانیہ یونیورسٹی، حیدرآباد۔
Dr. Zia Ur Rahman, Asst. Prof.(Contractual) /Guest Faculty(Physics),CDOE,MANUU, Hyderabad	ڈاکٹر ضیاء الرحمن، اسسٹنٹ پروفیسر (کانٹریکچول) / گیسٹ فیکلٹی (طبیعیات)، مرکز برائے فاصلاتی اور آن لائن تعلیم، مانو، حیدرآباد

- **پروف ریڈرس** (Proofreaders)**:**

اول	:	ڈاکٹر ضیاء الرحمن
دوم	:	ڈاکٹر رضوان الحق انصاری
فائنل	:	ڈاکٹر ایچ۔ علیم باشا

- **ٹائٹل پیج** (Title Page) : ابرہیم اکرم صدیقی

پیغام

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی (MANUU) 1998 میں پارلیمنٹ کے ایک ایکٹ کے ذریعے قائم کی گئی۔ یہ ایک مرکزی جامعہ ہے جس نے این اے اے سی کی جانب سے گریڈ +A حاصل کیا ہے۔ اس جامعہ کے قیام کے مقاصد ہیں: (1) اردو زبان کا فروغ، (2) پیشہ ورانہ اور تکنیکی تعلیم کو اردو میڈیم میں قابل رسائی اور دستیاب بنانا، (3) روایتی اور فاصلاتی طریقۂ تعلیم کے ذریعے تعلیم فراہم کرنا، اور (4) خواتین کی تعلیم پر خصوصی توجہ دینا۔ یہ وہ نکات ہیں جو اس مرکزی جامعہ کو دیگر تمام مرکزی جامعات سے ممتاز کرتے ہیں اور اسے ایک انفرادیت بخشتے ہیں۔ قومی تعلیمی پالیسی 2020 میں بھی مادری زبانوں اور علاقائی زبانوں میں تعلیم حاصل کرنے پر زور دیا گیا ہے۔

اردو کے ذریعے علم کے فروغ کا مقصد یہی ہے کہ اردو جاننے والے طبقے کے لیے عصری علوم اور مضامین تک رسائی آسان بنائی جائے۔ ایک طویل عرصے تک اردو میں درسی مواد کی کمی رہی ہے۔ اردو یونیورسٹی کے پاس اب اردو میں 350 سے زیادہ کتابوں کا ذخیرہ موجود ہے اور ہر سمسٹر کے ساتھ اس تعداد میں اضافہ ہو رہا ہے۔

اردو یونیورسٹی این ای پی 2020 کے وژن کے مطابق مادری / گھریلو زبان میں تعلیمی مواد فراہم کرنے کے قومی مشن کا حصہ بننے کو اپنے لیے ایک اعزاز سمجھتی ہے۔ مزید یہ کہ اردو بولنے والا طبقہ اردو میں مطالعہ کے مواد کی عدم دستیابی کے سبب نئے اُبھرتے شعبوں اور جدید تر معلومات کے موجودہ میدانوں میں تازہ ترین معلومات و اطلاعات کے حصول سے محروم نہیں رہے گا۔ مذکورہ بالا میدانوں میں مواد کی دستیابی کی بدولت حصولِ معلومات کا نیا شعور بیدار ہوا ہے جو یقیناً اردو داں طبقے کی دانشورانہ ترقی پر اثر انداز ہو گا۔

فاصلاتی اور آن لائن طلبہ کے لیے تعلیم و تدریس کے عمل کو سہل بنانے کے لیے یونیورسٹی کا سینٹر فار ڈسٹنس اینڈ آن لائن ایجوکیشن (CDOE) اردو اور متعلقہ مضامین میں خود اکتسابی مواد (SLM) کی تیاری کو یقینی بناتا ہے۔

MANUU فاصلاتی اور آن لائن لرننگ کے طلبہ کے لیے SLM بلا معاوضہ فراہم کرتا ہے۔ یہ مواد اُردو کے ذریعے علم حاصل کرنے میں دلچسپی رکھنے والے ہر شخص کے لیے برائے نام قیمت پر دستیاب ہے۔ تعلیم تک رسائی کے دائرے کو مزید پھیلانے کے مقصد سے، اردو / ہندی / انگریزی / عربی میں eSLM یونیورسٹی کی ویب سائٹ پر مفت ڈاؤن لوڈ کے لیے دستیاب رکھا گیا ہے۔

مجھے بے حد خوشی ہے کہ متعلقہ فیکلٹی کی محنت اور مصنفین کے مکمل تعاون کی بدولت FYUG بی۔اے، بی۔ایس سی اور بی۔کام کی کتابوں کی اشاعت کا عمل بڑے پیمانے پر شروع ہو گیا ہے۔ فاصلاتی اور آن لائن لرننگ کے طلبہ کی سہولت کے لیے خود اکتسابی مواد (SLM) کی تیاری اور اشاعت کا عمل یونیورسٹی کے لیے اہمیت رکھتا ہے۔ مجھے یقین ہے کہ ہم اپنے خود تعلیمی مواد کے ذریعے اردو جاننے والے ایک بڑے طبقے کی ضروریات کو پورا کرنے کے قابل ہوں گے اور اس یونیورسٹی کے مقصدِ قیام کو پورا کریں گے اور اپنے ملک میں اپنی موجودگی کو جائز ٹھہرا سکیں گے۔

نیک تمناؤں کے ساتھ!

پروفیسر سید عین الحسن
شیخ الجامعہ، مانو

پیغام

موجودہ دور میں فاصلاتی تعلیم کو دنیا بھر میں ایک نہایت مؤثر اور مفید طریقۂ تعلیم کے طور پر تسلیم کیا جاتا ہے اور بڑی تعداد میں لوگ اس طریقۂ تعلیم سے فائدہ اٹھا رہے ہیں۔ مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی نے بھی اردو زبان بولنے والے عوام کی تعلیمی ضروریات کو مد نظر رکھتے ہوئے اپنے قیام کے وقت سے ہی فاصلاتی تعلیم کا طریقہ متعارف کرایا۔ مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی نے 1998 میں ڈائریکٹوریٹ آف ڈسٹنس ایجوکیشن (نظامتِ فاصلاتی تعلیم) کے ساتھ کام کا آغاز کیا اور 2004 سے باقاعدہ پروگرام شروع ہوئے، اس کے بعد مختلف شعبہ جات قائم کیے گئے۔

یو جی سی نے ملک میں نظام تعلیم کو مؤثر طور پر منظم کرنے میں ایک اہم کردار ادا کیا ہے۔ اوپن اینڈ ڈسٹنس لرننگ (ODL) موڈ کے تحت چلنے والے مختلف پروگرام، جو سینٹر فار ڈسٹنس اینڈ آن لائن ایجوکیشن (CDOE) میں چل رہے ہیں، یو جی سی-ڈی ای بی کے منظور شدہ ہیں۔ یو جی سی-ڈی ای بی نے فاصلاتی اور باقاعدہ تعلیم کے نصاب کو ہم آہنگ کرنے پر زور دیا ہے تاکہ فاصلاتی تعلیم حاصل کرنے والے طلبہ کے معیار کو بہتر بنایا جاسکے۔ چونکہ مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی ایک دُہرے طرز (ڈوئل موڈ) کی یونیورسٹی ہے جو فاصلاتی اور روایتی دونوں طریقۂ تعلیم کی خدمات فراہم کرتی ہے، اس لیے اپنے مقاصد کو یو جی سی-ڈی ای بی کے رہنما خطوط کے مطابق حاصل کرنے کے لیے اس نے چوائس بیسڈ کریڈٹ سسٹم (CBCS) متعارف کرایا گیا جس کا خود اکتسابی مواد (Self Learning Materials) یو جی سی کے قوانین اور کریڈٹ فریم کے مطابق نئے سرے سے تیار کیے جاچکا ہے۔

سینٹر فار ڈسٹنس اینڈ آن لائن ایجوکیشن (CDOE) کل انیس (19) پروگرام پیش کرتا ہے جن میں یو جی، پی جی، بی ایڈ، ڈپلومہ اور سرٹیفکیٹ پروگرام شامل ہیں۔ اس کے ساتھ ساتھ تکنیکی مہارتوں پر مبنی پروگرام بھی شروع کیے جارہے ہیں۔ سی ڈی او ای نے جولائی 2025 سے این ای پی-2020 کے مطابق چار سالہ یو جی پروگرام کا آغاز کیا ہے۔ بی اے، بی ایس سی اور بی کام کے آنرز پروگراموں کو این سی ایف کے مطابق ڈیزائن کیا گیا ہے جس سے طلبہ کو آنرز ڈگری حاصل کرنے میں مدد ملے گی۔ سال 2025-2026 سے ایم بی اے پروگرام او ڈی ایل موڈ میں متعارف کرایا گیا ہے۔

مانو نے طلبہ کی سہولت کے لیے نو ریجنل سنٹرز (بنگلورو، بھوپال، دربھنگہ، دہلی، کولکاتا، ممبئی، پٹنہ، رانچی اور سری نگر) اور چھ سب ریجنل سنٹرز (حیدرآباد، لکھنؤ، جموں، نوح، وارانسی اور امراوتی) کا ایک وسیع نیٹ ورک قائم کیا ہے۔ اس کے علاوہ وجے واڑا میں ایک ایکسٹینشن سنٹر بھی قائم کیا گیا ہے۔ ان ریجنل اور سب ریجنل سنٹروں کے تحت ایک سو پچاس سے زیادہ لرنر سپورٹ سنٹر (LSCs) اور بیس پروگرام سنٹر بیک وقت چلائے جارہے ہیں تاکہ طلبہ کو تعلیمی اور انتظامی سہولیات فراہم کی جاسکیں۔ سینٹر فار ڈسٹنس اینڈ آن لائن ایجوکیشن اپنی تعلیمی اور انتظامی سرگرمیوں میں آئی سی ٹی کا بھرپور استعمال کرتا ہے اور اپنے تمام پروگراموں میں صرف آن لائن موڈ کے ذریعے ہی داخلے فراہم کرتا ہے۔

طلبہ کے لیے سیلف لرننگ میٹیریل (SLM) کی سوفٹ کاپی سینٹر فار ڈسٹنس اینڈ آن لائن ایجوکیشن کی ویب سائٹ پر دستیاب کرائی جاتی ہیں اور آڈیو و ویڈیو ریکارڈنگ کے لنک بھی ویب سائٹ پر فراہم کیے جاتے ہیں۔ اس کے علاوہ طلبہ کو ای۔ میل اور واٹس ایپ گروپ کی سہولت بھی فراہم کی جارہی ہے جن کے ذریعے انہیں پروگرام کے مختلف پہلوؤں جیسے کورس رجسٹریشن، اسائنمنٹ، کاؤنسلنگ، امتحانات وغیرہ کے بارے میں مطلع کیا جاتا ہے۔ باقاعدہ کاؤنسلنگ کے علاوہ گزشتہ دو برسوں سے طلبہ کے تعلیمی معیار کو بہتر بنانے کے لیے زائد تدارکی (Remedial) آن لائن کاؤنسلنگ بھی فراہم کی جارہی ہے۔

امید کی جاتی ہے کہ سینٹر فار ڈسٹنس اینڈ آن لائن ایجوکیشن تعلیمی اور معاشی طور پر پسماندہ آبادی کو عصری تعلیم کے دھارے میں شامل کرنے میں ایک اہم کردار ادا کرے گا۔ تعلیمی ضروریات کو مد نظر رکھتے ہوئے نئی تعلیمی پالیسی (NEP-2020) کے مطابق مختلف پروگرامز میں تبدیلیاں کی گئی ہیں اور توقع ہے کہ اس سے اوپن اینڈ ڈسٹنس لرننگ کے نظام کو مزید مؤثر اور کارآمد بنانے میں مدد ملے گی۔

پروفیسر محمد رضا اللہ خان

ڈائرکٹر، سی ڈی او ای، مانو

کورس کا تعارف

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی (MANUU) ایک قومی سطح کا ادارہ ہے جو اردو زبان میں اعلیٰ تعلیم فراہم کرنے کے لیے وقف ہے۔ اس یونیورسٹی کا بنیادی مقصد اردو بولنے والے طلبہ کو معیاری تعلیم دینا اور انہیں جدید علمی و تحقیقی شعبوں میں کامیابی کے لیے تیار کروانا ہے۔ MANUU اپنے تعلیمی نظام میں Center for Distance and Online Education (CDOE) کے ذریعے فاصلاتی اور آن لائن تعلیم کو موثر اور مربوط انداز میں منظم کرتا ہے۔ CDOE کا کردار نصاب کی تیاری، تدریس، اور تعلیمی مواد کی فراہمی کو آسان بنانا ہے تاکہ ہر طالب علم، چاہے وہ روایتی یا فاصلاتی نظام سے تعلیم حاصل کر رہا ہو، معیاری تعلیم حاصل کر سکے۔

نئی قومی تعلیمی پالیسی ۲۰۲۰ (NEP 2020) کے تحت فزکس کے نصاب کو اس طرح ترتیب دیا گیا ہے کہ یہ طلبہ کے لیے بہت ہی آسان، بین المضامین (Interdisciplinary)، اور مہارات کی بنیاد پر (Skill-oriented) تعلیمی ماحول فراہم کرے۔ اس کا مقصد نہ صرف بنیادی طبیعیات میں مضبوط بنیاد فراہم کرنا ہے بلکہ طلبہ کو ابھرتے ہوئے سائنسی شعبوں میں مہارت حاصل کرنے کی ترغیب بھی دینا ہے۔ نصاب میں ڈی ایس سی (DSC)، ڈی ایس ای (DSE)، اور ایس ای سی (SEC) کورسز کو مربوط کیا گیا ہے تاکہ طلبہ کو نظریاتی معلومات کے ساتھ ساتھ عملی مہارتیں بھی دی جا سکیں جو آج کے سائنسی اور صنعتی میدان میں بے حد ضروری ہیں۔

یہ کتاب مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی (MANUU) کے بی ایس سی (فزیکل سائنس) پروگرام، سالِ دوم (چوتھا سمسٹر) کے فزکس نصاب میں شامل مضمون **"بنیادی شماریاتی طبیعیات (Basic Statistical Physics)"** پر مشتمل ہے۔ اس کا مقصد طلبہ کو شماریاتی طبیعیات کے بنیادی تصورات، اصولوں اور ان کے عملی اطلاقات سے منظم اور جامع انداز میں روشناس کرانا ہے۔ اس کورس میں شماریاتی طبیعیات کے اہم مباحث جیسے مائیکروسٹیٹس اور میکروسٹیٹس (Microstates & Macrostates)، احتمال (Probability)، تقسیماتی قوانین (Distribution Laws)، میکس ویل–بولٹزمین تقسیم (Maxwell–Boltzmann Distribution)، حراری توازن (Thermal Equilibrium)، اور ترمودینامکی مقداروں کی شماریاتی توجیہہ شامل کی گئی ہے، تاکہ طلبہ طبیعی نظاموں کو خردبینی سطح پر سمجھ سکیں اور ان کے اجتماعی رویّوں کی سائنسی تعبیر کر سکیں۔

کتاب میں سائنسی طرزِ فکر، مشاہدے اور تجربے کی اہمیت کو خاص طور پر اجاگر کیا گیا ہے تاکہ طلبہ نہ صرف نظری مباحث کو سمجھ سکیں بلکہ انہیں عملی زندگی اور جدید سائنسی تناظر میں بھی بروئے کار لا سکیں۔ نصاب کو سہولتِ مطالعہ کے پیشِ نظر بلاکس (Blocks) اور اکائیوں (Units) میں تقسیم کیا گیا ہے۔ کتاب کی زبان سادہ، رواں اور بامحاورہ اردو رکھی گئی ہے، تاہم سائنسی اصطلاحات کے خالص اردو متبادل اختیار کرنے کے بجائے انگریزی اصطلاحات کو برقرار رکھا گیا ہے تاکہ طلبہ بین الاقوامی سائنسی زبان سے ہم آہنگ رہیں اور اعلیٰ تعلیم و تحقیق میں سہولت محسوس کریں۔

یہ کتاب فاصلاتی (Distance Mode) اور روایتی (Regular Mode) دونوں نظامِ تعلیم کے طلبہ کے لیے یکساں طور پر مفید ہے، نیز اردو داں قارئین اور مدارس کے طلبہ کے لیے بھی شماریاتی طبیعیات کو سمجھنے کا ایک مؤثر اور معیاری ذریعہ ثابت ہو سکتی ہے۔ مصنفین کو یقین ہے کہ یہ کاوش طلبہ میں سائنسی تجسس، تنقیدی فکر اور عملی شعور کو فروغ دے گی اور انہیں مستقبل کی اعلیٰ سائنسی و تحقیقی منازل کے لیے مستعد بنائے گی۔

پروفیسر۔ ایچ علیم باشاہ

پروگرام کوآرڈی نیٹر

بنیادی شماریاتی طبیعیات

(Basic Statistical Physics)

اکائی 1۔ شماریاتی میکانکس کا تعارف

(Introduction to Statistical Mechanics)

اکائی کے اجزا

1.0 تمہید

1.1 مقاصد

1.2 شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس)

1.3 حل شدہ مثالیں

1.4 اکتسابی نتائج

1.5 کلیدی الفاظ

1.6 نمونہ امتحانی سوالات

1.6.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

1.6.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

1.6.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

1.6.4 غیر حل شدہ سوالات

1.0 تمہید (Introduction)

اسٹاٹسٹیکل میکانکس سائنس کی وہ شاخ ہے جو نظام کے کلاں بینی (Macroscopic) برتاؤ (کثیر تعدادی خصوصیات) اور اس کے خوردبینی Microscopic برتاؤ (انفرادی خصوصیات) کے درمیان تعلق قائم کرتی ہے۔ لہٰذا جیسا کہ نام سے ظاہر ہے اسٹاٹسٹیکل میکانکس کا تعلق نظام کے ذرات کی انفرادی حرکت سے متعلق نہیں ہوتی بلکہ یہ کثیر ممکن برتاؤ کی تلاش کرتی ہے یا ذرات کے اجتماع کے شماریاتی خصوصیات پر بحث کرتی ہے۔

1.1 مقاصد (Objectives)

یہ اکائی میں ہم:

- شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس) کے بارے میں جانیں گے۔
- شماریاتی توازن پر بحث کریں گے۔

1.2 شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس) (Statistical Mechanics)

سترہویں صدی کے اختتام تک طبیعی مظاہر کی وضاحت میکانیات کے عام کلیات کی مدد سے کی جاتی تھی۔ ایک نظام پر غور کیجئے جو کثیر ذرات پر مشتمل ہے۔

i. ایک گیس ایک مول پر غور کریں تو یہ 10^{23} سالمات پر مشتمل ہوتا ہے۔ اس نظام کی تمام تر تفصیلات حاصل کرنے ہمیں 10^{23} مساواتیں حل کرنا ہوگا۔ اس کے علاوہ تمام ذرات کی رفتاروں محل وقوع (پوزیشن) کی معلومات رکھنا بھی ناممکن ہے اس لیے اس نظام پر میکانیات کے عام کلیات عائد کرنا تقریباً ناممکن ہے۔

ii. ایک جوہر کے تابکاری زوال (Decay) پر غور کیجئے۔ اس صورت حال میں کوئی یہ نہیں کہہ سکتا کہ تابکار شئے کا کون سا جوہر کب اور پہلے زوال پذیر ہوگا۔

iii. ایک جوہر میں دو الکٹرانس کی موجودگی کے مسئلہ کو میکانیات کے عام کلیات سے حل نہیں کیا جاسکتا۔

iv. اس لیے ایک ایسے نظام کو جو کثیر ذراعت پر مشتمل ہو میکانیات کے عام کلیات سے حل کرنا ناممکن ہے۔ اس طرح کے مسئلوں کو شماریاتی میکانیات کے طریقے سے کامیابی سے حل کیا گیا۔

اسٹاٹسٹیکل میکانکس سائنس کی وہ شاخ ہے جو نظام کے کلاں بینی (Macroscopic) برتاؤ (کثیر تعدادی خصوصیات) اور اس کے خوردبینی Microscopic برتاؤ (انفرادی خصوصیات) کے درمیان تعلق قائم کرتی ہے۔ لہٰذا جیسا کہ نام سے ظاہر ہے اسٹاٹسٹیکل

میکانکس کا تعلق نظام کے ذرات کی انفرادی حرکت سے متعلق نہیں ہوتی بلکہ یہ کثیر ممکن برتاؤ کی تلاش کرتی ہے یا ذرات کے اجتماع کے شماریاتی خصوصیات پر بحث کرتی ہے۔

اسٹاٹسٹیکل میکانکس کے مطالعہ کی درجہ بندی دو طریقوں میں کی جاتی ہے۔

1. کلاسیکل شماریات یا میکس ویل بولٹزمن اسٹاٹسٹکس
2. قدری شماریات یا کوانٹم اسٹکاٹسٹیکس (Quantum Statistics) کوانٹم شماریات کو مزید دو ذیلی درجوں میں تقسیم کیا گیا۔
   a. بوس۔آئین اسٹائین اسٹاٹسٹکس
   b. فری۔ڈیراک اسٹاٹسٹکس

کلاسیکی شماریات میں میکس ویل کے سالماتی رفتاری تقسیم کے کلیہ کے نتائج سے استفادہ کیا جاتا ہے۔ میکس ویل، بولٹزمن شماریات ایک گیس کے مظہر مثلاً تپش دباؤ، توانائی وغیرہ کی وضاحت کامیابی سے کرتی ہے۔ لیکن تجرباتی مشاہدہ کردہ حقائق مثلاً سیاہ جسم سے اشعاع (بلیک باڈی ریڈیشن)، ضیائی برقی اثر (فوٹو الکٹرک ایفکٹ) کم تپش پر حرارت نوعی وغیرہ کی وضاحت کرنے میں ناکام ہوگئی۔ ان مظاہر کی وضاحت کے لئے بوس آئین اسٹائین، فری ڈیراک نے کوانٹم اسٹاٹسٹکس کو پروان چڑھایا۔ کوانٹم اسٹاٹسٹک کے ایک درجہ کو بوس۔ آئین اسٹائین اسٹاٹکس اور دوسرے درجے کو فرمی ڈیراک اسٹاٹسٹک کہتے ہیں۔ ذرات جو بوس آئین اسٹائین کی شماریات کی پابندی کرتے ہیں۔ بوسانس (Bosons) کہلاتے ہیں جیسے فوٹان، گراؤنڈ اسٹیٹ میں ہیلیم کا جوہر اور α ذرات وغیرہ۔ وہ ذرات جو فرمی۔ڈیراک شماریات کی پابندی کرتے ہیں۔ فرمیانس (Fermins) کہلاتے ہیں۔ مثلاً پروٹان الکٹران، نیوٹران وغیرہ۔

1.3 حل شدہ مثالیں (Solved Problems)

حل شدہ مثال 1

NTP پر نائٹروجن کے سالمہ کا مین فری پاتھ $8.85 \times 10^{-6} cm$ اور سالمی رفتار $4.5 \times 10^4\ cm/sec$ ہے۔ نائٹروجن کی سالمی کثافت $1.25 \times 10^{-3}\ gm/cc$ ہو تو نائٹروجن کی شروع وسکاسٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$\eta = ? \text{ تب } = 1.25 \times 10^3\ gm/cc\ \bar{C} = 4.5 \times 10^4\ cm/Sec\ \ \lambda = 8.85 \times 10^{-3}$$

$$\eta = \frac{1}{3} xp\bar{C}\lambda$$

$$= \frac{1}{3} \times 1.25 \times 10^{-3} \times 4.5 \times 10^4 \times 8.85 \times 10^{-3}$$

$$\eta = 166 \times 10^{-6}\ dynes/cm^2/unit\ velocitygradient$$

حل شدہ مثال 2

آکسیجن کے سالمہ کا قطر $2.14 \times 10^{-10}m$ اور مستقل حجم پر حرارت نوعی $0.653 \times 10^3 j/kg/k$ اور سالمہ کی کمیت 5.31×10^{-26} ہے اگر بولٹز من مستقبل 1.38×10^{-23} ہو تب O^0C پر آکسیجن کے سالمہ کی شرح تھرمل کنڈکٹی ویٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$K = 1.38 \times 10^{-23}\, j/k\,, m = 5.31 \times 10^{-23} kg, Cv = 0.653 \times 10^3 m\ mks\ Unit, d = 2.14 \times 10^{-10} m$$

تب

$$K = ?$$

ہم جانتے ہیں

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{\Pi d^2}$$

اور

$$\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\Pi m}\right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{8 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 273}{3.14 \times 5.31 \times 10^{-26}}\right)^{1/2}$$

لہٰذا

$$\bar{c} = 425\ m/s$$

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{d^2} = \frac{1}{3 \times 1.414} \times \frac{5.31 \times 10^{-26} \times 425 \times 0.653 \times 10^3}{3.14 \times 2.14 (10^{-10}) 2} = 24 \times 10^{-3} mksuni$$

1.4 اکتسابی نتائج (Learning out comes)

- مین فری پاتھ وہ اوسط فاصلہ ہے۔ جو ایک سلامہ و متواتر تصادم کے درمیان طئے کرتا ہے۔

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n d^2}$$

جہاں n عددی کثافت اور d سالمہ کا قطر ہے۔

- ایک گیس میں ٹرانسپورٹ کے مظہر کی وجہ سے مومنٹم کی منتقلی وسکاوسٹی کا سبب اور توانائی کی منتقل کنڈکٹی ویٹی کا سبب بنتی ہے۔
- ذرات کا ایسا مجموعہ جس میں صرف ایک ذرہ زیر غور ہو سسٹم، ذرات کے مجموعے کو اجتماع (اسمبلی) اور کئی اسمبلیوں کے مجموعہ کو Ensemble کہتے ہیں۔
- وہ ذرات جو میکس ویل بولٹز من ڈسٹری بیوشن کلیہ کی پابندی کرتے ہیں کلاسیکی ذرات کہلاتے ہیں۔

- وہ ذرات جو بوس آئین اسٹائین ڈسٹری بیوشن کلیہ کی پابندی کرتے ہیں بوسانس کہلاتے ہیں۔
- وہ ذرات جو فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کی پابندی کرتے ہیں فرمیانس کہلاتے ہیں۔

1.5 کلیدی الفاظ (Keywords)

- Spin (اس + پن): کسی ذرہ (الکٹران) کی تیز گردش
- Eigenstate (آئی + جن + اس + ٹیٹ): ذرہ کی قابل مشاہدہ اور قابل شناخت حالت میں اس کی پوزیشن مومنٹم اور انرجی بیان کی جاسکے۔

1.6 نمونہ امتحانی سوالات (Sample Questions for Examination)

1.6.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer type Questions)

1. مین فری پاتھ سے کیا مراد ہے؟
2. کس اسٹاٹسٹیکلس میں تپش مطلق پر سسٹم کی انرجی صفر نہیں آتی؟
3. تھرموڈائنامکس پروبابلیٹی تھیورم بیان کیجئے۔
4. ڈسٹری بیوشن کلیہ $ni = \frac{gi}{(e^{a+\varepsilon i/kT}-1)}$ کی پابندی کرنے والے ذرات کہلاتے ہیں۔

(a) بوسانس (b) فرمیانس

(c) پائی آنس (d) کلاسیکل ذرات

5. فرمیانس ذیل کی کلیہ کی پابندی کرتے ہیں؟

(a) بوس آئین اسٹائین (b) فرمی ڈیراک

(c) میکس ویل بولٹزمن (d) تمام کلیات کی پابندی کرتے ہیں

6. ایک گیس کی تپش مطلق میں 4 گناہ اضافہ کیا جائے اس کی rms اسپیڈ میں اضافہ ہو گا۔

(a) چار گنا (b) 2 گناہ

(c) تین گنا (d) ¼ گناہ

7. الکٹرانکس کون سی اسٹاٹسٹکس کی پابندی کرتے ہیں؟

FD(a) BE(b)

MB(c) (d)سب کی

8. ایک نظام میں 4 ذرات ہیں انہیں یکے بعد دیگرے ترتیب دینے کے جملہ طریقے ہوں گے۔

(a) $!4$ (b) $\frac{!4}{4}$

(c) $\frac{!4}{4}$ (d) 1

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

1. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم سے کیا مراد ہے؟
2. فیز اسپیس اور فیز پوائنٹ کی وضاحت کیجئے۔

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

1. ایک گیس میں مظہر ٹرانسپورٹ سے کیا مراد ہے؟ کائی نیٹک تھیوری کی بنیاد پر ایک گیس میں کوئی فی شنٹ آف وسکاسٹی کی مساوات اخذ کیجئے۔
2. کلاسیکل اور کوانٹم اسٹاٹسٹکس کے درمیان فرق واضح کیجئے۔ میکس ویل بولٹزمن بوس آئین اسٹائین اور فری ڈیراک اسٹاٹسٹکس پر مختصر نوٹ لکھیے۔
3. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم پر بحث کیجئے اور اس کے لیے ضروری شرائط اخذ کیجئے۔

1.6.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. کس تپش پر ہائیڈروجن کے سالمہ کی اروتیج اسپیڈ نائٹروجن کے سالمہ کی اورتیج اسپیڈ کے مساوی ہوگی جب کہ نائٹروجن کا سالمہ 35^oC تپش پر ہے؟ (جواب: -251^0C)
2. ایک نائٹروجن کے سالمہ کا میں فری پاتھ پر محسوب کیجئے دیا گیا ہے کہ $d = 3.2 \times 10^{-10}$ اور نائٹروجن کے سالموں کی تعداد فی اکائی حجم 2.7×10^{19} (جواب: $0.8 \times 10^{-7}m$)
3. O^0C پر آکسیجن کے سالمہ کی کوافی شنٹ آف وسکاٹی کی قیمت محسوب کیجئے۔ دیا گای ہے کہ سالمہ کا مین پاتھ کرہ ہوائے کے دباؤ پر $9.58 \times 10^{-8}m$ اور سالمہ وزن $32 \times 10^{-3}kg$ ہے۔ (جواب: $1.93 \times 10^{-5}NS/m^2$)
4. سالمات کی بالترتیب اسپیڈ 1.61.61.52 اور 1.2 کیلو میٹر فی سکنڈ ہے تب سالمات کی موسٹ پرو بیبل اسپیڈ محسوب کیجئے۔

(جواب: $1.60\ km/s$)

اکائی 2۔ شماریاتی میکانیات

(Statistical Mechanics)

اکائی کے اجزا

2.0 تمہید

2.1 مقاصد

2.2 شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس)

2.3 شماریاتی توازن

2.3.1 ہیت، فضا

2.3.2 تقسیمی امکان

2.3.3 حرحرکیاتی امکان

2.4 حل شدہ مثالیں

2.5 اکتسابی نتائج

2.6 کلیدی الفاظ

2.7 نمونہ امتحانی سوالات

2.7.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

2.7.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

2.7.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

2.7.4 غیر حل شدہ سوالات

2.0 تمہید (Introduction)

اسٹاٹسٹیکل میکانکس سائنس کی وہ شاخ ہے جو نظام کے کلاں بینی (Macroscopic) برتاؤ (کثیر تعدادی خصوصیات) اور اس کے خوردبینی Microscopic برتاؤ (انفرادی خصوصیات) کے درمیان تعلق قائم کرتی ہے۔ لہٰذا جیسا کہ نام سے ظاہر ہے اسٹاٹسٹیکل میکانکس کا تعلق نظام کے ذرات کی انفرادی حرکت سے متعلق نہیں ہوتی بلکہ یہ کثیر ممکن برتاؤ کی تلاش کرتی ہے یا ذرات کے اجتماع کے شماریاتی خصوصیات پر بحث کرتی ہے۔

2.1 مقاصد (Objectives)

یہ اکائی میں ہم:

- شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس) کے بارے میں جانیں گے۔
- شماریاتی توازن پر بحث کریں گے۔

2.2 شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس) (Statistical Mechanics)

سترہویں صدی کے اختتام تک طبیعی مظاہر کی وضاحت میکانیات کے عام کلیات کی مدد سے کی جاتی تھی۔ ایک نظام پر غور کیجئے جو کثیر ذرات پر مشتمل ہے۔

i. ایک گیس ایک مول پر غور کریں تو یہ 10^{23} سالمات پر مشتمل ہوتا ہے۔ اس نظام کی تمام تر تفصیلات حاصل کرنے ہمیں 10^{23} مساواتیں حل کرنا ہوگا۔ اس کے علاوہ تمام ذرات کی رفتاروں محل وقوع (پوزیشن) کی معلومات رکھنا بھی ناممکن ہے اس لیے اس نظام پر میکانیات کے عام کلیات عائد کرنا تقریباً ناممکن ہے۔

ii. ایک جوہر کے تابکاری زوال (Decay) پر غور کیجئے۔ اس صورت حال میں کوئی یہ نہیں کہہ سکتا کہ تابکار شئے کا کون سا جوہر کب اور پہلے زوال پذیر ہوگا۔

iii. ایک جوہر میں دو الکٹرانس کی موجودگی کے مسئلہ کو میکانیات کے عام کلیات سے حل نہیں کیا جاسکتا۔

iv. اس لیے ایک ایسے نظام کو جو کثیر ذراعت پر مشتمل ہو میکانیات کے عام کلیات سے حل کرنا ناممکن ہے۔ اس طرح کے مسئلوں کو شماریاتی میکانیات کے طریقے سے کامیابی سے حل کیا گیا۔

اسٹاٹسٹیکل میکانکس سائنس کی وہ شاخ ہے جو نظام کے کلاں بینی (Macroscopic) برتاؤ (کثیر تعدادی خصوصیات) اور اس کے خوردبینی Microscopic برتاؤ (انفرادی خصوصیات) کے درمیان تعلق قائم کرتی ہے۔ لہٰذا جیسا کہ نام سے ظاہر

ہے اسٹاٹسٹیکل میکانکس کا تعلق نظام کے ذرات کی انفرادی حرکت سے متعلق نہیں ہوتی بلکہ یہ کثیر ممکن برتاؤ کی تلاش کرتی ہے یا ذرات کے اجتماع کے شماریاتی خصوصیات پر بحث کرتی ہے۔

اسٹاٹسٹیکل میکانکس کے مطالعہ کی درجہ بندی دو طریقوں میں کی جاتی ہے۔

1. کلاسیکل شماریات یا میکس ویل بولٹزمن اسٹاٹسٹکس
2. قدری شماریات یا کوانٹم اسٹکاٹسٹیکس (Quantum Statistics) کوانٹم شماریات کو مزید دو ذیلی درجوں میں تقسیم کیا گیا۔
   a. بوس۔آئین اسٹائین اسٹاٹسٹکس
   b. فری۔ڈیراک اسٹاٹسٹکس

کلاسیکی شماریات میں میکس ویل کے سالماتی رفتاری تقسیم کے کلیہ کے نتائج سے استفادہ کیا جاتا ہے۔ میکس ویل، بولٹزمن شماریات ایک گیس کے مظہر مثلاً تپش دباؤ، توانائی وغیرہ کی وضاحت کامیابی سے کرتی ہے۔ لیکن تجرباتی مشاہدہ کردہ حقائق مثلاً سیاہ جسم سے اشعاع (بلیک باڈی ریڈیشن)، ضیائی برقی اثر (فوٹو الکٹرک ایفکٹ) کم تپش پر حرارت نوعی وغیرہ کی وضاحت کرنے میں ناکام ہوگئی۔ ان مظاہر کی وضاحت کے لئے بوس آئین اسٹائین، فری ڈیراک نے کوانٹم اسٹاٹسٹکس کو پروان چڑھایا۔ کوانٹم اسٹاٹسٹک کے ایک درجہ کو بوس۔ آئین اسٹائین اسٹاٹکس اور دوسرے درجے کو فرمی ڈیراک اسٹاٹسٹک کہتے ہیں۔ ذرات جو بوس آئین اسٹائین کی شماریات کی پابندی کرتے ہیں۔ بوسانس (Bosons) کہلاتے ہیں جیسے فوٹان، گراؤنڈ اسٹیٹ میں ہیلم کا جوہر اور α ذرات وغیرہ۔ وہ ذرات جو فرمی۔ڈیراک شماریات کی پابندی کرتے ہیں۔ فرمیانس (Fermins) کہلاتے ہیں۔ مثلاً پروٹان الکٹران، نیوٹران وغیرہ۔

2.3 شماریاتی توازن (Statistical Equilibrium)

ایک حرکیاتی علیحدہ (Isolated) نظام پر غور کیجئے جو N ذرات پر مشتمل ہے۔ فرض کیجئے ان ذرات کو حامل توانائی کے درجات کی توانیاں $E_1, E_2, E_3 \ldots . E_n$ ہیں۔

فرض کیجئے کہ دیے گئے وقت کے کسی بھی لمحے میں توانائی کے E_1 درجہ میں n_1 ذرات E_2 درجہ میں n_2 ذرات وغیرہ ہیں تب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$N = n_1 + n_2 + n_3 + \ - \ - \ - = \sum ni$$
$$U = n_1E_1 + n_2E_3 + n_3E_3 + \ - - - = \sum_1 n_iE_i$$

جہاں U نظام کی کل توانائی ہے۔

یہاں پر تصور کیا گیا کہ ذرات ایک دوسرے سے تعامل (ری ایکٹ) نہیں کرتے اور مجموعی توانائی U مستقل ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ گیس کے سالمات ایک دوسرے سے اور برتن کی دیوار سے ٹکراتے ہیں جس کی وجہ سے $n1, n2$ اور $n3$ مسلسل تبدیل ہوتے رہتے

ہیں۔اس کی وجہ یہ ہے کہ سالمات توانائی کے ایک درجے سے دوسرے درجہ کو عبور کرتے رہتے ہیں۔ یہ تصور کرنا بجا ہے کہ نظام کے ہر درجے کے لیے ایک نہایت پسندیدہ تقسیم ہوتی ہے جب تقسیم مکمل ہوتی ہے تب نظام حالت توازن حاصل کرلیتا ہے جسے شماریاتی توازن کہتے ہیں۔

2.3.1 ہیت، فضا(فیز اسپیس)(Phase-Space)

اسٹاٹسٹیکل ایکوی لیپزیم پر غور کرنے سے قبل ہم اصطلاحات اژدھام (ان سمبل) Ensemble فیز پوائنٹ(Phase point)اور فیز اسپس Phase-Spaceاور کثافتی تقسیم(ڈنٹی آف ڈسٹری بیوشن)کا تعارف کروائیں گے۔

ان سمبل(Ensemble):

ذرات کا ایسا مجموعہ جس میں صرف ایک ذرہ زیر غور ہو نظام(سسٹم)کہلاتا ہے اور ذرات کے تمام مجموعے کو اجتماع (اسمبلی)(Assembly)اور کئی اسمبلیوں کے مجموعے کو اژدھام(Ensemble)کہتے ہیں۔

فیز نقاط(فیز پوائنٹس)اور فضا(فیز اسپیس)(Phase Space):

کلاسیکل میکانکس میں ذرہ کی وضع(پوزیشن)تین کارتیزی(Castesian)(x,y,z)محدد سے ظاہر کی جاتی ہے۔ ذرہ کے تین ڈگری آف فریڈم ہوتے ہیں۔ ذرہ کی حالت حرکت کی رفتار جز $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$یا v_x, v_yاور v_zسے ظاہر کرتا ہے۔ ذرہ کی حرکت کو بعض اوقات سہولت بخش بنانے کے لیے رفتاری محدد کے بجائے مومنٹم محدد $\left(mv_x, mv_y\right.$اور $\left.mv_z\right)$کی رقوم میں ظاہر کیا جاتا ہے جہاں m سے مراد ذرہ کی کمیت ہے۔ اس طرح ایک واحد ذرہ کی وضع کو بیان کرنے کے لیے کارتیزی محدد x,yاورz محدد اور متعلقہ مومنٹم جز p_x, p_yاور p_zکی ضرورت پڑتی ہے۔ اس سے ظاہر ہے کہ ایک ذرہ کی حرکت کو ایک نظام میں مکمل طور پر ظاہر کرنے کے لیے 6 محدد کی ضرورت ہوتی ہے۔ Gibbs نے یہ تجویز پیش کی کہ ذرہ کی کسی بھی لمحاتی حالت(پوزیشن اور مومنٹم)کو ظاہر کرنے کے لیے سہولت کی خاطر فضا میں ہم ایک چھ ابعادی فضا کو تصور کریں جس میں 6 محدد $\left(p_x, p_y, p_z\right.$اور $\left.x, y, z, p_x, p_y, p_Z\right)$کی نشاندہی اس طرح کی جائے کہ 6 محدد آپس میں باہمی طور پر عمودوار ہوں۔ یہ ایک خالص ریاضیاتی نظریہ ہے۔ یہ چھ ابعادی فضاہیت فضا(فیز اسپیس)یا μاسپیس کہلاتی ہے۔ فیز اسپیس میں ایک ایسانقطہ جو ذرہ کی لمحاتی حالت کو ظاہر کرتا ہے ہیت نقطہ (فیز پوائنٹ)(Phase Point)کہلاتا ہے۔ جیسے جیسے وقت آگے بڑھتا ہے فیز پوائنٹ، فیز اسپیس میں داخل ہوتا ہے اور اس کی یہ حرکت ذرہ کا راستہ (ٹراجکٹری) کہلاتی ہے۔ فیز پوائنٹ کی تعداد فی اکائی حجم ان نقاط کی فیز ڈنسٹی(Phase Density) کہلاتی ہے۔

فیز اسپیس میں کثافتی تقسیم(Density Distribution in Phase Space):

کسی بھی ایک ان سمبلی کی حالت ظاہر کرنے کے لیے کثافتی تفاعل(ڈنسٹی فنکشن)ρکے ساتھ فیز اسپیس میں فیز پوائنٹس تقسیم ہوتے ہیں ڈنسٹی فنکشن کو ڈنسٹی آف ڈسٹری بیوشن یا پروبابلیٹی ڈنسٹی یا ڈسٹری بیوشن فنکشن کہتے ہیں۔ ڈنسٹی فنکشن ρپوزیشن

محدد $(q_f \ldots q_3, q_2, q_1)$ کا تفاعل اور f مومنٹم محدد $(p_f \ldots p_2, p_1)$ مل کر فیز اسپیس میں 2f مشترکہ پوزیشن مومنٹم محدد بناتے ہیں ρ بھی وقت کا ایک تفاعل ہے کیونکہ وقت کے ساتھ فیز پوائنٹ اور فیز اسپیس کی حرکت سے کثافت میں تبدیلی آتی ہے۔

لہٰذا $\rho = \rho(q_1, q_2 - - - q_f; p_1, p_2 - - - p_f, l)$

یا $\rho = \rho(q, p, t)$

ڈنسٹی آف ڈسٹری بیوشن کی اہمیت یہ ہے کہ یہ ان سسٹم کی تعداد کو ظاہر کرتی ہے جو ایک دیے ہوئے وقت میں فیز اسپیس کے مختصر حجم میں پائے جاتے ہیں۔

ایک ان سمبلی کو حالت توازن میں رکھنے ذیل کی دو شرائط کی پابندی ضروری ہے۔

a. فیز پوائنٹس کو مختلف علاقوں (Regions) میں معلوم کرنے کے امکانات وقت سے آزاد (Independent) ہونے چاہئے۔

b. ایک ان سمبلی کے سسٹم کی خصوصیات کی اوسط قیمت بھی وقت سے آزاد ہونی چاہئے۔

ریاضیاتی طور پر ایک ان سمبلی کے اسٹاٹسٹیکل ایکوی لیبریم کو ظاہر کرنے کی مساوات

$$\left(\frac{\partial p}{\partial t}\right)_{q.p} = 0$$

یہ مساوات ظاہر کرتی ہے کہ ان سمبل کو p اور q کی تمام قیمتوں کے لیے اسٹاٹسٹیکل ایکوی لیبریم میں رہنے کے لیے کثافت ρ بھی فیز اسپیس کے تمام نقاط پر وقت سے آزاد رہنی چاہئے۔

امکانات کا تصور (Concept of Probability):

امکانات کو تصور کو سمجھنے کے لیے فرض کیجئے کہ ہم ایک سکہ کو ٹاس کرتے ہیں سکہ چت (Head) گرے یا پٹ (Tail) اس کا امکان 1/2 یا 50٪ ہو گا۔ اگر سکہ کو کئی مرتبہ ٹاس کیا جائے تب سکہ کے چت یا پٹ گرنے کے امکانات 50٪ یا نصف، نصف ہوں گے اس حقیقت کو پرابو بلیبٹی کی رقوم میں بیان کیا جاتا ہے۔ کسی ایک واقعہ event کے مکان سے مراد وہ نسبت ہے جو کیسس (Cases) کی تعداد جس میں ایک ایونٹ وقوع پذیر ہوتا ہے اور کیس کی مجموعی تعداد کے درمیان پائی جاتی ہے بشرطیکہ ایونٹ کی تعداد بہت زیادہ ہو۔

$$\frac{\text{کیس کی تعداد جس میں ایونٹ واقع ہوتا ہے}}{\text{کیس کی مجموعی تعداد}} = \text{ایک ایونٹ کا امکان}$$

فرض کیجئے ایک ایونٹ a طریقے سے واقع ہوتا ہے اور b طریقے سے وقوع ہونے میں ناکام ہوتا ہے تب۔

$\frac{a}{a+b}$ = ایونٹ کے واقع ہونے کا امکان

$\frac{b}{a+b}$ = ایونٹ کے ناکام ہونے کا امکان

یہاں یہ مان لیا جاتا ہے کہ $(a+b)$ طریقہ کے وقوع ہونے کا امکان یکساں ہے۔ لیکن دو امکانات کا حاصل $\frac{a}{a+b} + \frac{b}{a+b}$ ہمیشہ 1 ہوتا ہے کیونکہ یا تو ایونٹ واقع ہوتا ہے یا فیل ہو جاتا ہے۔

فرض کیجئے کہ چار لڑکے ہیں، A,B,C اور D جو ایک خاص سرخ رنگ کا بال حاصل کرنا چاہتے ہیں۔ تب A کے سرخ بال کو حاصل کرنے کا امکان ¼ ہے۔ اسی طرح مان لیجئے ایک سبز بال ہے جسے 4 لڑکوں میں تقسیم کرنا ہے تب A کا سبز بال حاصل کرنے کا امکان ¼ ہے۔ لہٰذا A کا بہ یک وقت 2 بال حاصل کرنے کا امکان $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ ہوتا ہے۔ لہٰذا ایک مخلوط (Composite) ایونٹ کے واقع ہونے کا امکان مساوی ہوتا ہے انفرادی اور آزاد ایونٹ کے حاصل ضرب کے۔

2.3.2 تقسیمی امکان (Probability of Distribution)

ہم ایک ایسی صورت حال پر غور کریں گے جس میں ایک صندوق کو K خانوں میں تقسیم کیا گیا جس میں ہر خانہ کا رقبہ a_1, a_2, a_3 — ایک دوسرے سے مختلف ہے فرض کیجئے کہ N تعداد میں قابل امتیاز (Distinguishable) بال بے ترتیب انداز میں صندوق میں پھینکے جاتے ہیں اور ہماری ترجیح کوئی خاص خانہ نہیں ہے۔ یہ عمل ہم کئی بار کریں گے اور ہر بار ہر خانے میں گرنے والے بالوں کی تعداد ریکارڈ کریں گے۔ یہ مشاہدہ کیا گیا ہے کہ ہر خانے میں بالوں کی تقسیم ایک مخصوص انداز میں ایک سے زائد مرتبہ ہوتی ہے۔ اس تقسیم کو کثیر امکانی تقسیم (موسٹ پروبیبل ڈسٹری بیوشن) کہتے ہیں۔ اس قسم کی تقسیم میں ظاہر ہے کہ بالوں کی تقسیم خانے کے سائز کے تناسب میں رہتی ہے۔ اس مسئلہ کو حل کرنے کے لیے ہم کئی مخصوص تقسیموں کے امکانات کا جائزہ لیں گے۔

یہ امکانات دو طرح کے ہیں:

1. ماقبل امکانی تقسیم (پرائری پروبابلیٹی ڈسٹری بیوشن) (A Priori Probability Distribution)
2. حرحرکیاتی امکانی تقسیم (تھرموڈائنامیکل ڈسٹری بیوشن) (Termodnamical Distribution)

1. پرائری پروبابلٹی ڈسٹری بیوشن (A Priori Probability Distribution)

ایک ماقبل امکان g_i وہ امکان ہے جس میں ایک بال i^{th} خانہ میں گرتا ہے۔ وہ نسبت ہے خانے کے رقبہ a_1 اور صندوق کے کل رقبہ A_1 کے درمیان یعنی

$$g_1 = \frac{a_1}{A_1}$$

جہاں $A = a_1 + a_2 + a_3$

ظاہر ہے کہ خانے کا رقبہ جتنا بڑا ہو گا بال کے اس گرنے کا امکان اتنا ہی زیادہ ہو گا اور جن کے رقبے مساوی ہوں گے بال کے ان میں گرنے کے امکانات بھی مساوی ہوں گے اور مزید یہ کہ پرائری پروبابلٹی کا جمع ہر ایک پرائری امکان کے مساوی جو 1 کے مساوی ہو گا۔

$$\sum g_i = g_1 + g_2 + g_3 + - - - + g_1 = 1$$

دوہالوں کے ایک ہی خانے میں بہ یک وقت گرنے کا امکان ہو گا $g_i \times g_i = gi^2$

اس طرح n_i بال بہ یک وقت i^{th} خانے میں گرنے کا امکان $(gi)^{ni}$ ہو گا۔

تب N ہالوں کے K خانوں میں ایک مخصوص پرائری تقسیم اس طرح کہ پہلے خانے میں n_1 بال دوسرے خانے میں n_2 بال n_2 وغیرہ کی مساوات ہو گی۔

$$G = (g_1)^{n_1}, (g_2)^{n_2} - - - (g_i)^{n_i} - - - (g_k)^{n_k}$$

بشرطیکہ $\sum n_i = n_1 + n_2 + n_3 \leftarrow + n_i + n_k$

اگر تمام خانے آپس میں مشابہ ہوں گے تب ان کی پرائری پروبابلیٹی ڈسٹری بیوشن بھی مشابہ ہو گی۔ تب

$$G = \sum_g n_1 + n_2 + \ - - - - + n_k$$

لہٰذا $G = g^N$

چونکہ تمام خانوں میں ہالوں کی تقسیم امکانی طور پر مساوی نہیں ہے اس لیے ہم حرحرکیاتی امکانی تقسیم کا نظریہ متعارف کرائیں گے۔

2.3.3 حرحرکیاتی امکان (تھوموڈائنامک پروبابلیٹی) (Thermodynamic Probability)

پرائری پرابابلیٹی ڈسٹری بیوشن میں یہ تصور کیا گیا تھا کہ پہلے خانے میں n_1 بال ہیں اور دوسرے خانے میں n_2 بال ہیں۔۔۔۔ وغیرہ اس صورت حال کو حاصل کرنے کے طریقے اور بھی ہیں۔

وہ مختلف تواتر Sequences جس میں خانوں میں ہالوں کی تقسیم ہر خانہ میں ہالوں کی تعداد تبدیل کیے بغیر ہو "تھرموڈائنامک پروبابلیٹی ڈسٹری بیوشن کہلاتا ہے۔

فرض کیجئے کہ مجموعی N ہالوں میں سے n_1 ہال پہلے خانے میں گرتے ہیں جس کو ظاہر کرنے کے لیے ہم یہ مساوات استعمال کرتے ہیں۔

$$N_{C_{N_1}} = \frac{N!}{n_1!(N-n_1)!}$$

اب باقی $(N - n_1)$ ہالوں میں سے دوسرے خانے میں گرنے والے ہالوں کی تعداد n_2 ہو گی۔

لہٰذا $N - n1_{C_{n^2}} = \frac{N-n_1}{n_2!(N-n_1-n_2)!}$

پہلے اور دوسرے خانے میں n_1 اور n_2 ہالوں کو منتخب کرنے کے مجموعی طریقے ہوں گے۔

$$\frac{N!}{n_1!(N-n_1)!} \times \frac{(N-n_1)!}{n_2!(N-n_1-n_2)!} = \frac{N!}{n_1!n_2!(N-n_1-n_2)!}$$

اس طرح پہلے خانے میں n_1ہال دوسرے خانے میں n_2ہال اور۔۔۔۔۔۔K خانے میں n_kہال گرنے کے مختلف طریقوں کی کل تعداد ہو گی۔

$$W = \frac{N!}{n_1!(N-n_1)!} \times \frac{(N-n_1)!}{n_2!(N-n_1-n_2)!} \times \frac{(N-n_1-n_2)!}{n_3!(N-n_1-n_2-n_3)!} \times$$

$$\frac{(N-n_1-n_2-------n_K-1)!}{n_K!(N-n_1-n_2-n_3----n_K)!} = \frac{N!}{n_1!n_2!(N-n_1-n_2)!}$$

$$W == \frac{N!}{n_1!n_2!n_3!.....(n_K)!}$$

یہ مساوات تھرموڈائنامیکل پروبابلیٹی ڈسٹری بیوشن کو ظاہر کرتی ہے۔

پرائری پروبابلیٹی ڈسٹری بیوشنGاور تھرموڈائنامیکل ڈسٹری بیوشنwکا حاصل ضرب ٹوٹل ڈسٹری بیوشن پرابلیٹیPہوتا ہے۔

لہٰذا

$$P = G \times W$$

$$P = \frac{N!}{(n_1!n_2!n_3!----n_k i)} \times (g1)^{n1}(g2)^{n2} - - - -(gk)^{nk}$$

$$P = N! \prod_{i=1}^{K} \frac{(gi)^{ni}}{n!}$$

یہ مساوات Nہالوں کی K خانوں میں سے پہلے خانے میں n_1 دوسرے خانے میں n_2۔۔۔ گولے گرنے کے امکان کو ظاہر کرتی ہے۔

حرحرکی شماریات میں امکانیات کے مسئلے(Thermo in Statistical Thermodynamics):

مختلف تقسیمی کلیوں کے مطالعہ کے لیے حسب ذیل امکانی مسئلے مفید ہیں۔

i. N قابل امتیاز ذرات کو مختلف طریقوں سے آرڈر میں ترتیب دینے کی تعداد N_1 ہے۔

مثال کے طور پر ایک نظام میں 4 ذرات ہیں تب ان ذرات کو ترتیب دینے کے طریقے 24=!4 ہیں اس طرح یکے بعد دیگرے ایک نقطہ پر ایک ذرہ رہتا ہے۔

ii. N قابل امتیاز ذروں میں سے nذروں کو مختلف طریقوں سے منتخب کرنے کی تعداد بغیر کسی ترجیح کے ہو گی۔

$$\frac{N!}{(N-n)n!}$$

فرض کیجئے کہ 4 قابل امتیاز ذرات ہیں۔4 ذرات میں سے 3 ذرات کو بغیر کسی ترجیح کے منتخب کرنا ہے۔ یہ انتخاب 4 طریقوں سے کیا جاسکتا ہے۔ اوپر کے مسئلہ کے بموجب $n = 3, N = 4$

لہٰذا $\frac{4!}{(4-3)\times 3!} = \frac{4\times 3\times 2\times 1}{1\times 3\times 2\times 1} = 4$

iii. وہ مختلف طریقے جن میں n قابل امتیاز ذرات کو g قابل شناخت حالتوں (States) میں اس طرح ترتیب دیا جائے کہ ہر حالت میں ایک ذرہ ایک سے زائد مرتبہ نہ ہو۔ اس کی مساوات ہو گی۔

$$\frac{gi}{n!(g-n)i}$$

iv. 4 قابل امتیاز حالتوں پر غور کیجئے اور تین قابل امتیاز ذرات کو تصور کیجئے وہ طریقوں کی تعداد جس میں یہ ترتیب دی جاسکتی ہے وہ 4 ہیں۔

$g = 4, n = 3$ اوپر کے مسئلہ کو استعمال کرنے پر

$$\frac{4!}{3!(4-3)!} = 4$$

2.4 حل شدہ مثالیں (Solved Problems)

حل شدہ مثال 1

NTP پر نائٹروجن کے سالمہ کا مین فری پاتھ $8.85 \times 10^{-6} cm$ اور سالمی رفتار $4.5 \times 10^4\ cm/sec$ ہے۔ نائٹروجن کی سالمی کثافت $1.25 \times 10^{-3}\ gm/cc$ ہو تو نائٹروجن کی شروع وسکاسٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$\eta = ?$ تب $= 1.25 \times 10^3\ gm/cc\ \bar{C} = 4.5 \times 10^4\ cm/Sec\ \ \lambda = 8.85 \times 10^{-3}$

$$\eta = \frac{1}{3} xp\bar{C}\lambda$$

$$= \frac{1}{3} \times 1.25 \times 10^{-3} \times 4.5 \times 10^4 \times 8.85 \times 10^{-3}$$

$$\eta = 166 \times 10^{-6}\ dynes/cm^2/unit\ velocitygradient$$

حل شدہ مثال 2

آکسیجن کے سالمہ کا قطر $2.14 \times 10^{-10}m$ اور مستقل حجم پر حرارت نوعی $0.653 \times 10^3 j/kg/k$ اور سالمہ کی کمیت 5.31×10^{-26} ہے اگر بولٹز من مستقبل 1.38×10^{-23} ہو تب O^0C پر آکسیجن کے سالمہ کی شرح تھرمل کنڈکٹی ویٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$K = 1.38 \times 10^{-23} j/k\,, m = 5.31 \times 10^{-23} kg, Cv = 0.653 \times 10^3 m\ mks\ Unit, d = 2.14 \times 10^{-10} m$$

تب

$$K = ?$$

ہم جانتے ہیں

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{\Pi d^2}$$

اور

$$\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\Pi m}\right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{8 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 273}{3.14 \times 5.31 \times 10^{-26}}\right)^{1/2}$$

لہٰذا

$$\bar{c} = 425\ m/s$$

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{d^2} = \frac{1}{3 \times 1.414} \times \frac{5.31 \times 10^{-26} \times 425 \times 0.653 \times 10^3}{3.14 \times 2.14 (10^{-10})2} = 24 \times 10^{-3} mksuni$$

2.5 اکتسابی نتائج (Learning out comes)

- مین فری پاتھ وہ اوسط فاصلہ ہے۔ جو ایک سلامہ و متواتر تصادم کے درمیان طئے کرتا ہے۔

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n d^2}$$

جہاں n عددی کثافت اور d سالمہ کا قطر ہے۔

- ایک گیس میں ٹرانسپورٹ کے مظہر کی وجہ سے مومنٹم کی منتقلی وسکاوسٹی کا سبب اور توانائی کی منتقل کنڈکٹی ویٹی کا سبب بنتی ہے۔
- ذرات کا ایسا مجموعہ جس میں صرف ایک ذرہ زیر غور ہو سسٹم، ذرات کے مجموعے کو اجتماع (اسمبلی) اور کئی اسمبلیوں کے مجموعہ کو Ensemble کہتے ہیں۔
- وہ ذرات جو میکس ویل بولٹز من ڈسٹری بیوشن کلیہ کی پابندی کرتے ہیں کلاسیکی ذرات کہلاتے ہیں۔

- وہ ذرات جو بوس آئین اسٹائین ڈسٹری بیوشن کلیہ کی پابندی کرتے ہیں بوسانس کہلاتے ہیں۔
- وہ ذرات جو فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کی پابندی کرتے ہیں فرمیانس کہلاتے ہیں۔
- ایک ذرہ کی فضا میں حرکت کو ظاہر کرنے کے لیے 6 العبادی محدد (x, y, z, P_x, P_y اور P_z) درکار ہوتے ہیں۔ جو باہمی ایک دوسرے عمود وار ہوں فیز اسپیس کہلاتے ہیں۔

2.6 کلیدی الفاظ (Keywords)

- Spin (اس + پن): کسی ذرہ (الکٹران) کی تیز گردش
- Eigenstate (آئی + جن + اس + ٹیٹ): ذرہ کی قابل مشاہدہ اور قابل شناخت حالت میں اس کی پوزیشن مومنٹم اور انرجی بیان کی جاسکے۔

2.7 نمونہ امتحانی سوالات (Sample Questions for Examination)

2.7.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer type Questions)

1. مین فری پاتھ سے کیا مراد ہے؟
2. کس اسٹاٹسٹیکلس میں تپش مطلق پر سسٹم کی انرجی صفر نہیں آتی؟
3. تھرموڈائنامکس پروبابلیٹی تھیورم بیان کیجئے۔
4. ڈسٹری بیوشن کلیہ $ni = \frac{gi}{(e^{a+\varepsilon i/kT}-1)}$ کی پابندی کرنے والے ذرات کہلاتے ہیں۔

(a) بوسانس (b) فرمیانس

(c) پائی آنس (d) کلاسیکل ذرات

5. فرمیانس ذیل کی کلیہ کی پابندی کرتے ہیں؟

(a) بوس آئین اسٹائین (b) فرمی ڈیراک

(c) میکس ویل بولٹزمن (d) تمام کلیات کی پابندی کرتے ہیں

6. ایک گیس کی تپش مطلق میں 4 گناہ اضافہ کیا جائے اس کی rms اسپیڈ میں اضافہ ہو گا۔

(a) چار گنا (b) 2 گناہ

(c) تین گنا (d) ¼ گناہ

7. الکٹرانکس کون سی اسٹاٹسٹکس کی پابندی کرتے ہیں؟

FD(a) BE(b)

MB(c) (d)سب کی

8. ایک نظام میں 4 ذرات ہیں انہیں یکے بعد دیگرے ترتیب دینے کے جملہ طریقے ہوں گے۔

(a) $!4$ (b) $\frac{!4}{4}$

(c) $\frac{!4}{4}$ (d) 1

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

1. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم سے کیا مراد ہے؟
2. فیز اسپیس اور فیز پوائنٹ کی وضاحت کیجئے۔

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

1. ایک گیس میں مظہر ٹرانسپورٹ سے کیا مراد ہے؟ کائی نیٹک تھیوری کی بنیاد پر ایک گیس میں کوئی فی شنٹ آف وسکاسٹی کی مساوات اخذ کیجئے۔
2. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم پر بحث کیجئے اور اس کے لیے ضروری شرائط اخذ کیجئے۔

2.7.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. کس تپش پر ہائیڈروجن کے سالمہ کی اروتیج اسپیڈ نائٹروجن کے سالمہ کی اورتیج اسپیڈ کے مساوی ہوگی جب کہ نائٹروجن کا سالمہ 35^oC تپش پر ہے؟ (جواب:-251^0C)
2. ایک نائٹروجن کے سالمہ کا میں فری پاتھ پر محسوب کیجئے دیا گیا ہے کہ $d = 3.2 \times 10^{-10}$اور نائٹروجن کے سالموں کی تعداد فی اکائی حجم 2.7×10^{19} (جواب:$0.8 \times 10^{-7}m$)
3. O^0C پر آکسیجن کے سالمہ کی کوافی شنٹ آف وسکاٹی کی قیمت محسوب کیجئے۔ دیا گای ہے کہ سالمہ کا مین پاتھ کرہ ہوائے کے دباؤ پر $9.58 \times 10^{-8}m$اور سالمہ وزن $32 \times 10^{-3}kg$ ہے۔(جواب:$1.93 \times 10^{-5}NS/m^2$)
4. 5 سالمات کی بالترتیب اسپیڈ 1.61.61.52 اور 1.2 کیلو میٹر فی سکنڈ ہے تب سالمات کی موسٹ پرو بیبل اسپیڈ محسوب کیجئے۔

(جواب:1.60 km/s)

اکائی 3۔ میکس ویل بولٹز من کا تقسیمی کلیہ

(Maxwell-Boltzman Distribution Law)

اکائی کے اجزا

3.0	تمہید
3.1	مقاصد
3.2	شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس)
3.3	میکس ویل بولٹز من کا تقسیمی کلیہ
3.4	حل شدہ مثالیں
3.5	اکتسابی نتائج
3.6	کلیدی الفاظ
3.7	نمونہ امتحانی سوالات
3.7.1	معروضی جوابات کے حامل سوالات
3.7.2	مختصر جوابات کے حامل سوالات
3.7.3	طویل جوابات کے حامل سوالات
3.7.4	غیر حل شدہ سوالات

3.0 تمہید (Introduction)

اسٹاٹسٹیکل میکانکس سائنس کی وہ شاخ ہے جو نظام کے کلاں بینی (Macroscopic) برتاؤ (کثیر تعدادی خصوصیات) اور اس کے خوردبینی Microscopic برتاؤ (انفرادی خصوصیات) کے درمیان تعلق قائم کرتی ہے۔ لہٰذا جیسا کہ نام سے ظاہر ہے اسٹاٹسٹیکل میکانکس کا تعلق نظام کے ذرات کی انفرادی حرکت سے متعلق نہیں ہوتی بلکہ یہ کثیر ممکن برتاؤ کی تلاش کرتی ہے یا ذرات کے اجتماع کے شماریاتی خصوصیات پر بحث کرتی ہے۔

3.1 مقاصد (Objectives)

یہ اکائی میں ہم:

- شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس) کے بارے میں جانیں گے۔
- شماریاتی توازن پر بحث کریں گے۔
- میکس ویل بولٹز من کا تقسیمی کلیہ کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔

3.2 شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس) (Statistical Mechanics)

سترہویں صدی کے اختتام تک طبیعی مظاہر کی وضاحت میکانیات کے عام کلیات کی مدد سے کی جاتی تھی۔ ایک نظام پر غور کیجئے جو کثیر ذرات پر مشتمل ہے۔

i. ایک گیس ایک مول پر غور کریں تو یہ 10^{23} سالمات پر مشتمل ہوتا ہے۔ اس نظام کی تمام تر تفصیلات حاصل کرنے ہمیں 10^{23} مساواتیں حل کرنا ہوگا۔ اس کے علاوہ تمام ذرات کی رفتاروں محل وقوع (پوزیشن) کی معلومات رکھنا بھی ناممکن ہے اس لیے اس نظام پر میکانیات کے عام کلیات عائد کرنا تقریباً ناممکن ہے۔

ii. ایک جوہر کے تابکاری زوال (Decay) پر غور کیجئے۔ اس صورت حال میں کوئی یہ نہیں کہہ سکتا کہ تابکار شئے کا کون سا جوہر کب اور پہلے زوال پذیر ہوگا۔

iii. ایک جوہر میں دو الکٹرانس کی موجودگی کے مسئلہ کو میکانیات کے عام کلیات سے حل نہیں کیا جاسکتا۔

iv. اس لیے ایک ایسے نظام کو جو کثیر ذراعت پر مشتمل ہو میکانیات کے عام کلیات سے حل کرنا ناممکن ہے۔ اس طرح کے مسئلوں کو شماریاتی میکانیات کے طریقے سے کامیابی سے حل کیا گیا۔

اسٹاٹسٹیکل میکانکس سائنس کی وہ شاخ ہے جو نظام کے کلاں بینی (Macroscopic) برتاؤ (کثیر تعدادی خصوصیات) اور اس کے خوردبینی Microscopic برتاؤ (انفرادی خصوصیات) کے درمیان تعلق قائم کرتی ہے۔ لہٰذا جیسا کہ نام سے ظاہر

ہے اسٹاٹسٹیکل میکانکس کا تعلق نظام کے ذرات کی انفرادی حرکت سے متعلق نہیں ہوتی بلکہ یہ کثیر ممکن برتاؤ کی تلاش کرتی ہے یا ذرات کے اجتماع کے شماریاتی خصوصیات پر بحث کرتی ہے۔

اسٹاٹسٹیکل میکانکس کے مطالعہ کی درجہ بندی دو طریقوں میں کی جاتی ہے۔

1. کلاسیکل شماریات یا میکس ویل بولٹزمن اسٹاٹسٹکس
2. قدری شماریات یا کوانٹم اسٹکاٹسٹیکس (Quantum Statistics) کوانٹم شماریات کو مزید دو ذیلی درجوں میں تقسیم کیا گیا۔
   a. بوس۔آئین اسٹائین اسٹاٹسٹکس
   b. فری۔ڈیراک اسٹاٹسٹکس

کلاسیکی شماریات میں میکس ویل کے سالماتی رفتاری تقسیم کے کلیہ کے نتائج سے استفادہ کیا جاتا ہے۔ میکس ویل، بولٹزمن شماریات ایک گیس کے مظہر مثلاً تپش دباؤ، توانائی وغیرہ کی وضاحت کامیابی سے کرتی ہے۔ لیکن تجرباتی مشاہدہ کردہ حقائق مثلاً سیاہ جسم سے اشعاع (بلیک باڈی ریڈیشن)، ضیائی برقی اثر (فوٹو الکٹرک ایفکٹ) کم تپش پر حرارت نوعی وغیرہ کی وضاحت کرنے میں ناکام ہوگئی۔ ان مظاہر کی وضاحت کے لئے بوس آئین اسٹائین، فری ڈیراک نے کوانٹم اسٹاٹسٹکس کو پروان چڑھایا۔ کوانٹم اسٹاٹسٹک کے ایک درجہ کو بوس۔ آئین اسٹائین اسٹاٹکس اور دوسرے درجے کو فرمی ڈیراک اسٹاٹسٹک کہتے ہیں۔ ذرات جو بوس آئین اسٹائین کی شماریات کی پابندی کرتے ہیں۔ بوسانس (Bosons) کہلاتے ہیں جیسے فوٹان، گراؤنڈ اسٹیٹ میں ہیلم کا جوہر اور α ذرات وغیرہ۔ وہ ذرات جو فرمی۔ڈیراک شماریات کی پابندی کرتے ہیں۔ فرمیانس (Fermins) کہلاتے ہیں۔ مثلاً پروٹان الکٹران، نیوٹران وغیرہ۔

3.3 میکس ویل بولٹزمن کا تقسیمی کلیہ (Maxwell-Boltzman Distribution Law)

کلاسیکی شماریات میں میکس ویل۔ بولٹزمن کا ڈسٹری بیوشن لانہایت ہی اہمیت کا حامل ہے۔

فرض کیجئے کہ ایک برتن میں مشابہ لیکن غیر امتیاز سالمات موجود ہیں۔ یہ سالمات برتن مین ہر سمت میں آزادانہ حرکت کر رہے ہیں۔ ایک مخصوص تپش پر مکمل گیس کی ایک مخصوص اوسط توانائی ہے لیکن مختلف سالمات کی توانائی مختلف ہے۔ 1854ء میں میکس ویل نے غور کیا کہ ایک معین (Fixed) مقدار کی مجموعی توانائی ایک اجتماع (Assembly) کے مختلف اراکین (Members) میں کس طرح تقسیم کیا جائے۔ اس سوال کے امکانی جواب کی مساوات کو میکس ویل۔ بولٹزمن کا ڈسٹری بیوشن لا کہتے ہیں۔

فرض کیجئے ایک اسمبلی میں N سالمات ہیں جن میں n_1 سالمات کی توانائی ε_1, η_2 سالمات کی توانائی ε_2 — — — اور اسی طرح۔

فرض کیجئے k قیمت تک محدود ہے۔ لہٰذا سالمات کے مجموعی اسمبلی کو توانائی کی مختلف حالتوں (States) میں اس طرح تقسیم کیا گیا کہ n_1 سالمات کی توانائی ε_1, η_2 سالمات کی توانائی ε_2 اور η_k سالمات کی توانائی ε_k ہے چونکہ تمام سالمات کی مجموعی تعداد N ہے اور گیس کے سالمات کی مجموعی تعداد E مستقل ہے لہٰذا ہم کو حسب ذیل تعلق حاصل ہوتا ہے۔

$$n_1 + n_2 + n_3 - - - n_k = \sum_i n_i = N \text{ ----------}(1)$$

توانائی کی بقا کے لیے $n_1\varepsilon_1 + n_2\varepsilon_2 + - - - n_k\varepsilon_k = E$

ایک سالمہ کی E_1 توانائی ایک پرائری پروبیبل ڈسٹری بیوشن کے مطابق g_i ہو گی اس کو ملحوظ رکھتے ہوئے میکس ویل اور بولٹز من نے جو مساوات اخذ کی وہ ہے۔

$$n_i = g_i e^{-\alpha} e^{-\beta\varepsilon i}$$

جہاں $e^{-\alpha}$ اور β مستقل ہیں۔ اس مساوات کو میکس ویل بولٹز میں ڈسٹری بیوشن لا کہتے ہیں۔ اس مساوات سے ہم توانائی کی مختلف حالتوں میں سالمات کی کثیر امکانی تقسیم معلوم کر سکتے ہیں۔

میکس ویل بولٹز من کے کلیہ کے اطلاقات کی شرائط

(Conditions of Applications of Maxwell-Boltzmann Law)

میکس ویل بولٹز من کے کلیہ کو استعمال کرنے کے لیے حسب ذیل شرائط ہیں۔

i. نظام کے ذرات قابل امتیاز ہوں اور یکسانیت (Symmetry) کی کوئی قید نہ ہو۔

ii. ہر کوانٹم گروپ کے آئی جن اسٹیٹ (Eigen State) میں ذرات $n_1 - - - -3,2,1,0$ ہو۔

iii. نظام کے تمام ذرات کی مجموعی تعداد مستقل ہونی چاہئے۔ یعنی

iv. مستقل $n = n_1 + n_2 + n_3 + - - - - n_i = \sum_i ni$

v. مختلف کوانٹم گروپس میں موجود ذرات کا مجموعہ نظام کی مجموعی توانائی کے مساوای ہونا چاہئے۔

n_i ذرات کی g_i آئی جن اسٹیٹ میں تقسیم حسب ذیل طریقے سے کی جاتی ہے۔

ہر گروپ یا لیول میں ذرات کی پرائری امکانی تقسیم g_i ہو گی کیونکہ یکسانیت کی کوئی تحدیدات نہیں اس کے ذرات کی کوئی بھی تعداد کسی بھی گروپ سے وابستہ ہو سکتی ہے ایک i^{th} گروپ پر غور کریں۔ ان ذرات g_i کو مختلف ذیلی گروپس میں ٹھہرایا جا سکتا کیونکہ ذرات قابل امتیاز ہیں g_i گروپ کا کو بھی ذرہ زیلی g_i گروپ میں اپنی جگہ بنا سکتا ہے یعنی n_i ذرات میں کا ہر ذرہ g_i کے مختلف ذیلی گروپس میں رہ سکتا ہے۔ لہٰذا n_i کو g_i ذیلی گروپ میں جگہ بنانے کا اختیار (choice)۔ gi^{ni} اس طرح قابل امتیاز n ذرات کی $n_3, n_2 n_1 - - -$ گروپس میں تقسیم n! ہوتی ہے۔

اس کے تمام نظام کے لیے آئی جن اسٹیٹ کی مجموعی تعداد ہو گی۔

$$n!\ {g_1}^{n_1} {g_2}^{n_2} \ldots {g_i}^{n_i}$$

3.4 حل شدہ مثالیں (Solved Problems)

حل شدہ مثال 1

NTP پر نائٹروجن کے سالمہ کا مین فری پاتھ $8.85 \times 10^{-6} cm$ اور سالمی رفتار $4.5 \times 10^{4}\ cm/sec$ ہے۔
نائٹروجن کی سالمی کثافت $1.25 \times 10^{-3}\ gm/cc$ ہو تو نائٹروجن کی شروع وسکاسٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$\eta = ?\text{ تب } = 1.25 \times 10^{3}\ gm/cc\ \bar{C} = 4.5 \times 10^{4}\ cm/Sec\ \ \lambda = 8.85 \times 10^{-3}$$

$$\eta = \frac{1}{3} xp\bar{C}\lambda$$

$$= \frac{1}{3} \times 1.25 \times 10^{-3} \times 4.5 \times 10^{4} \times 8.85 \times 10^{-3}$$

$$\eta = 166 \times 10^{-6}\ dynes/cm^{2}/unit\ velocitygradient$$

حل شدہ مثال 2

آکسیجن کے سالمہ کا قطر $2.14 \times 10^{-10} m$ اور مستقل حجم پر حرارت نوعی $0.653 \times 10^{3} j/kg/k$ اور سالمہ کی کمیت 5.31×10^{-26} ہے اگر بولٹز من مستقبل 1.38×10^{-23} ہو تب $O^{0}C$ پر آکسیجن کے سالمہ کی شرح تھرمل کنڈکٹی ویٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$K = 1.38 \times 10^{-23}\ j/k\ , m = 5.31 \times 10^{-23} kg, Cv$$
$$= 0.653 \times 10^{3} m\ mks\ Unit, d = 2.14 \times 10^{-10} m$$

تب

$$K = ?$$

ہم جانتے ہیں

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{\Pi d^{2}}$$

اور

$$\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\Pi m}\right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{8 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 273}{3.14 \times 5.31 \times 10^{-26}}\right)^{1/2}$$

لہٰذا

$$\bar{c} = 425\ m/s$$

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{d^{2}} = \frac{1}{3 \times 1.414} \times \frac{5.31 \times 10^{-26} \times 425 \times 0.653 \times 10^{3}}{3.14 \times 2.14 (10^{-10}) 2} = 24 \times 10^{-3} mksuni$$

3.5 اکتسابی نتائج (Learning out comes)

- مین فری پاتھ وہ اوسط فاصلہ ہے۔ جو ایک سلامہ و متواتر تصادم کے درمیان طئے کرتا ہے۔

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n d^2}$$

جہاں n عددی کثافت اور d سالمہ کا قطر ہے۔

- ایک گیس میں ٹرانسپورٹ کے مظہر کی وجہ سے مومنٹم کی منتقلی وسکاوسٹی کا سبب اور توانائی کی منتقل کنڈکٹی ویٹی کا سبب بنتی ہے۔
- ذرات کا ایسا مجموعہ جس میں صرف ایک ذرہ زیر غور ہو سسٹم، ذرات کے مجموعے کو اجتماع (اسمبلی) اور کئی اسمبلیوں کے مجموعہ کو Ensemble کہتے ہیں۔
- وہ ذرات جو میکس ویل بولٹز من ڈسٹری بیوشن کلیہ کی پابندی کرتے ہیں کلاسیکی ذرات کہلاتے ہیں۔
- وہ ذرات جو بوس آئین اسٹائین ڈسٹری بیوشن کلیہ کی پابندی کرتے ہیں بوسانس کہلاتے ہیں۔
- وہ ذرات جو فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کی پابندی کرتے ہیں فرمیانس کہلاتے ہیں۔
- ایک ذرہ کی فضا میں حرکت کو ظاہر کرنے کے لیے 6 العبادی محدد (x, y, z, P_x, P_y اور P_z) درکار ہوتے ہیں۔ جو باہمی ایک دوسرے عمود وار ہوں فیز اسپیس کہلاتے ہیں۔
- ایک ان اسمبلی کو اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم میں رہنے کی شرط $\left(\frac{\partial P}{dt}\right)_{q.p} = 0$

جہاں پر ρ پروبابلیٹی فنکشن ہے۔

- تھرموڈائنامکل پروبابلٹی تھیورم 3 ہیں۔

i. $N!$

ii. $\frac{N!}{(N-n)n!}$

iii. $\frac{g!}{n!(g-n)!}$

3.6 کلیدی الفاظ (Keywords)

- Spin (اس + پن): کسی ذرہ (الکٹران) کی تیز گردش
- Eigenstate (آئی + جن + اس + ٹیٹ): ذرہ کی قابل مشاہدہ اور قابل شناخت حالت میں اس کی پوزیشن مومنٹم اور انرجی بیان کی جاسکے۔

3.7 نمونہ امتحانی سوالات (Sample Questions for Examination)

3.7.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer type Questions)

1. مین فری پاتھ سے کیا مراد ہے؟
2. کس اسٹاٹسٹیکلس میں تپش مطلق پر سسٹم کی انرجی صفر نہیں آتی؟
3. تھرموڈائنامکس پروبابلیٹی تھیورم بیان کیجئے۔
4. ڈسٹری بیوشن کلیہ $ni = \frac{gi}{(e^{a+\varepsilon i/kT}-1)}$ کی پابندی کرنے والے ذرات کہلاتے ہیں۔

(a) بوسانس (b) فرمیانس

(c) پائی آنس (d) کلاسیکل ذرات

5. فرمیانس ذیل کی کلیہ کی پابندی کرتے ہیں؟

(a) بوس آئین اسٹائین (b) فرمی ڈیراک

(c) میکس ویل بولٹزمن (d) تمام کلیات کی پابندی کرتے ہیں

6. ایک گیس کی تپش مطلق میں 4 گناہ اضافہ کیا جائے اس کی rms اسپیڈ میں اضافہ ہو گا۔

(a) چار گنا (b) 2 گناہ

(c) تین گنا (d) ¼ گناہ

7. الکٹرانکس کون سی اسٹاٹسٹکس کی پابندی کرتے ہیں؟

FD(a) BE(b)

MB(c) (d)سب کی

8. ایک نظام میں 4 ذرات ہیں انہیں یکے بعد دیگرے ترتیب دینے کے جملہ طریقے ہوں گے۔

(a) $!4$ (b) $\frac{!4}{4}$

(c) $\frac{!4}{4}$ (d) 1

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

1. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم سے کیا مراد ہے؟
2. فیز اسپیس اور فیز پوائنٹ کی وضاحت کیجئے۔
3. MB BE3 اور FD اسٹاٹسٹیکس کے مابین تقابل کیجئے۔

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

1. ایک گیس میں مظہر ٹرانسپورٹ سے کیا مراد ہے؟ کائی نیٹک تھیوری کی بنیاد پر ایک گیس میں کوئی فی شنٹ آف وسکاسٹی کی مساوات اخذ کیجئے۔
2. کلاسیکل اور کوانٹم اسٹاٹسٹکس کے درمیان فرق واضح کیجئے۔ میکس ویل بولٹز من بوس آئین اسٹائین اور فری ڈیراک اسٹاٹسٹکس پر مختصر نوٹ لکھیے۔
3. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم پر بحث کیجئے اور اس کے لیے ضروری شرائط اخذ کیجئے۔

3.7.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. کس تپش پر ہائیڈروجن کے سالمہ کی اروتیج اسپیڈ نائٹروجن کے سالمہ کی اوریج اسپیڈ کے مساوی ہوگی جب کہ نائٹروجن کا سالمہ $35^{o}C$ تپش پر ہے؟ (جواب:$-251^{0}C$)
2. ایک نائٹروجن کے سالمہ کا میں فری پاتھ پر محسوب کیجئے دیا گیا ہے کہ $d = 3.2 \times 10^{-10}$ اور نائٹروجن کے سالموں کی تعداد فی اکائی حجم 2.7×10^{19} (جواب:$0.8 \times 10^{-7}m$)
3. $O^{0}C$ پر آکسیجن کے سالمہ کی کوافی شنٹ آف وسکاٹی کی قیمت محسوب کیجئے۔ دیا گای ہے کہ سالمہ کا مین پاتھ کرہ ہوائے کے دباؤ پر $9.58 \times 10^{-8}m$ اور سالمہ وزن $32 \times 10^{-3}kg$ ہے۔(جواب:$1.93 \times 10^{-5}NS/m^{2}$)
4. 5 سالمات کی بالترتیب اسپیڈ 1.61.61.52 اور 1.2 کیلو میٹر فی سکنڈ ہے تب سالمات کی موسٹ پروبیبل اسپیڈ محسوب کیجئے۔

(جواب:1.60 km/s)

اکائی4۔ قدرتی شماریات

(Quantum Statistics)

اکائی کے اجزا

4.0	تمہید
4.1	مقاصد
4.2	قدرتی شماریات
4.3	تین شماریات میں اہم فرق
4.4	فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کلیہ
4.5	بوس۔ آئین اسٹائین تقسیمی کلیہ
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

4.0 تمہید(Introduction)

ہم نے اب تک کلاسیکل اسٹاٹسٹکس کا مطالعہ کیا جس میں حالت توازن میں سالمات کے اجتماع (اسمبلی) میں میکو ویل۔ بولٹز من رفتاروں کے تقسیمی کلیہ کے کلاسیکل نتائج سے استفادہ کیا گیا۔ کلاسیکل شماریات کے ذریعہ کئی اہم مظہر جیسے تپش دباؤ توانائی وغیرہ کی کامیابی سے وضاحت کی گئی۔ لیکن دوسرے کئی اہم مظہر جیسے سیاہ جسم سے اشعاع (بلیک باڈی ریڈیشن)، ضیائی برقی اثر (فوٹو الکٹرک ایفکٹ) اور کم تپش پر حرارت نوعی وغیرہ کی وضاحت میں کلاسیکل اسٹاٹسٹکس ناکام ہوگئی۔ کلاسیکل اسٹاٹسٹکس کی اس ناکامی نے ایک نئی شماریات کو ترقی دی اسے کوانٹم اسٹاٹسٹکس کہتے ہیں۔

4.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- قدرتی شماریات, تین شماریات میں اہم فرقے بارے میں جانیں گے۔
- فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کلیہ کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔
- بوس۔ آئین اسٹائین تقسیمی کلیہ کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔

4.2 قدرتی شماریات(Quantum Statistics)

بلیک باڈی ریڈیشن کی وضاحت کے لیے پلانک (Plank) نے ایک بنیادی مفروضہ پیش کیا کہ تمام اشعاع فوٹان پر مشتمل ہوتی ہیں جس کی توانائی $h\nu$ کے حاصل جز ضربی ہوتی ہے جس کو کوانٹم انرجی کہتے ہیں۔ فوٹان آپس میں مشابہ ہوتے ہیں اور ہم ان میں امتیاز نہیں کرسکتے۔ دو فوٹان کی ادلا بدلی (Inter change) سے فوٹان کی اسمبلی کی حالت میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی اس لیے ہم فوٹان پر میکس ویل ڈسٹری بیوشن کا اطلاق نہیں کرسکتے۔ اس طرح کے غیر امتیازی نظام سے نمٹنے کے لیے 1924ء میں S.N. Bose نے ایک نئی شماریات کو ترقی دی جسے بوس۔ آئین اسٹائین اسٹاٹسٹکس کہتے ہیں۔ جو ذرات اس کلیہ کی پابندی کرتے ہیں بوسانس (Bosons) کہلاتے ہیں۔ دو سال بعد فری اور ڈیراک نے اس میں آزادانہ طور پر ترمیم کی اور پالی کا اصول استخراج (Pauli's Exclusion Principle) استعمال کر کے اسے گیسوں میں استعمال کیا۔ اس اصول کے مطابق کوئی دو الکٹرانکس ایک ہی کوانٹم حالت میں ایک ساتھ رہ سکتے۔ میکانی شماریات میں یہ اصول اس طرح بیان کیا جاتا ہے کہ دو یا دو سے زائد زائد ہیت (Phase) کا یکساں حالت میں قیام ممکن نہیں۔ اس نظریہ نے شماریات کی دوسری قسم نرمی۔ ڈیراج اسٹاٹسٹکس کی بنیاد رکھی۔ وہ ذرات جو اس شماریات کے کلیہ کی پابندی کرتے ہیں فرمیانس کہلاتے ہیں۔

اس طرح کوانٹم شماریات کو دو حصوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔

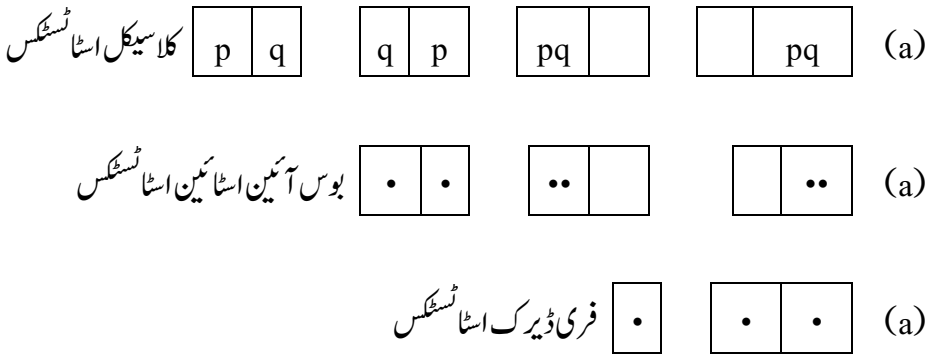
a. بوس آئین اسٹائین اسٹاٹسٹک: اس شماریات کا اطلاق ان ذرات پر کیا جاتا ہے جو آپس میں مشابہ غیر امتیازی ہوتے ہیں جن کی اسپین(Spin)، صفیر یا جز ضربی(Integral Multiple)ہو۔ ایسے ذرات کو بوسانس کہتے ہیں۔ جس کی مثال فوٹان اور کم تپش پر بکیم کے جوہر ہیں۔

b. فری ڈیراک اسٹاٹسٹکس: اس شماریات کا اطلاق مشابہ غیر امتیاز ذرات پر ہوتا ہے جن کا اسپین نصف جز ضربی ہوتا ہے۔ اس ذرات کو فرمیانس کہتے ہیں۔ جن کی مثال الکٹرانکس پروٹانس اور نیوٹرانس ہیں۔

4.3 تین شماریات میں اہم فرق(Essential Difference Between Three Statistics)

اب ہم تین شماریات میں اہم فرق واضح کریں گے۔ جس کے لیے ہم دو نقاط کا انتخاب کریں گے، جس میں صرف دو خانوں میں ذرات رہائش پذیر(Occupy)ہوں گے۔

کلاسیکل اسٹاٹسٹکس میں ذرات قابل امتیاز ہوتے ہیں۔ اس کے ایک یا دو ذرات دو میں سے کسی ایک خانے میں رہائش پذیر ہوں گے لہٰذا اس صورت حال میں چار ترتیبیں ممکن ہیں۔



شکل(4.1)

بوس آسٹائین اسٹاٹسٹکس میں غیر امتیازی ہیں۔ اس لیے اپنی انفرادیت باقی نہیں رکھتے۔ اس صورت حال میں کسی بھی خانے میں ذرات کی تعداد کچھ بھی ہو سکتی ہے۔ اس کے یہاں صرف تین طرح کی ترتیب ممکن ہے۔ فری ڈیراک شماریات میں ذرات غیر امتیازی ہوتے ہیں۔ یہ ذرات پالی کے استخراجی اصول کی پابندی کرتے ہیں۔ اس لیے ذرات کی صرف ایک ترتیب ممکن ہے۔ جسے شکل(4.1) میں دکھلایا گیا ہے۔

4.4 فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کلیہ (Fermi- Dirac Distribution Law)

فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کلیہ کا اطلاق غیر امتیازی ذرات پر ہوتا ہے۔ جو پالی (Pauli) کے اصول استخراج پابندی کرتے ہیں۔ ان ذرات کو فرمیانس کہا جاتا ہے۔

ایک سسٹم پر غور کیجئے۔ جس میں n غیر امتیاز ذرات ہیں۔ فرض کیجئے ان ذرات کو کوانٹم سطحوں یا کوانٹم گروپ میں تقسیم کیا جاتا ہے اور ہر سطح میں ذرات کی تعداد $n_1, n_2, n_3 \ldots . n_i$ اور ان کی توانائیاں E_1, E_2, E_3 اور E_i ہیں۔

فرض کیجئے کہ: g شماریاتی وزن (ذیلی سطح کی تعداد) i^{th} سطح کو ظاہر کرتی ہیں۔

اس مجموعی سسٹم کے قابل امتیاز مجموعی آئی جن (Eligen) حالتوں کی تعداد ہو گی۔

$$G = \Pi_i \frac{g_i!}{n_i!(g_i - n_i)} \text{---------(4.1)}$$

تب دو ذیلی شرائط ہوں گے۔

1. نظام کے ذرات کی تعداد مستقل ہو گی یعنی مستقل $n = \sum_i ni$

یا

$$\delta n = \sum_i \delta n_i = 0 \text{--------(4.2)}$$

2. نظام کی مجموعی توانائی مستقل ہو گی یعنی ایک مستقل $E = \sum_i n_i \varepsilon_i$

یا

$$\delta \varepsilon = \sum_i \varepsilon_i \delta n_i = 0 \quad \text{-----(4.3)}$$

اوپر کے نکات فری ڈیراک تقسیم کی طرف رہنمائی کرتے ہیں جس سے ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$ni = \frac{gi}{e^{\alpha+\beta\alpha_{+1}}} \text{-------(4.4)} \qquad \text{جہاں} \qquad \beta = \frac{1}{kT}$$

اوپر کی مساوات ایک نظام کے مختلف توانائی سطحوں میں ذرات کی کثیر امکانی تقسیم کو ظاہر کرتی ہے اور فری ڈیراک تقسیمی کلیہ کہلاتی ہے۔

4.5 بوس۔ آئین اسٹائین تقسیمی کلیہ (Bose-Einstien Distribtuion Law)

بوس۔ آئین اسٹائین شماریات میں ذرات غیر امتیازی ہوتے ہیں۔ ذرات کی کوئی بھی تعداد کسی بھی کوانٹم حالت میں رہ سکتی ہے۔ مزید یہ کہ کسی بھی کوانٹم حالت کا امکان مساوی ہوتا ہے۔ وہ مختلف طریقے جس میں n_i غیر امتیازی ذرات کو g_i خانوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔ وہ ہوں گے۔

$$\frac{(n_i+g_i)!}{n_i!g_i!} \qquad \text{(چونکہ خانوں کی تعداد بہت زیادہ)} \qquad \text{-------(4.5)}$$

تب قابل امتیاز آئی جن (Eigen States) حالتوں کی تعداد ہو گی۔

$$G = \Pi_i \frac{(n_i+g_i)}{n_i!g_i!}! \qquad \text{-----(4.6)}$$

حالت توازن کے لیے

$$\delta G = 0 \qquad \text{------(4.7)}$$

تب وہ ذیلی شرائط ہوں گی۔

1. نظام میں موجود ذرات کی تعداد مستقل ہو گی۔

$$n = \sum_i n_i \qquad \text{مستقل}$$

یا

$$\delta n = \sum_i \delta n_i = 0 \qquad \text{-----(4.8)}$$

2. نظام کی مجموعی توانائی مستقل ہو گی یعنی

$$E = \sum_i n_i \varepsilon_i = \qquad \text{مستقل}$$

$$\delta E = \sum_i \varepsilon_i \delta n_i = 0 \qquad \text{------(4.9)}$$

اوپر کے نکات بوس۔ آئین اسٹائن تقسیم کی طرف رہنمائی کرتے ہیں جس سے ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$n_i = \frac{g_i}{(e^{\alpha+\beta\alpha}+1)} \qquad \text{-------(4.10)}$$

مساوات (4.10) نظام کی مختلف سطحوں میں ذرات کی کثیر امکانی تقسیم کو ظاہر کرتی ہے اسے بوس۔ آئین اسٹائن تقسیمی کلیہ کہتے ہیں۔

4.6 حل شدہ مثالیں (Solved Problems)

حل شدہ مثال 1

آکسیجن کے سالمہ کا قطر $2.14 \times 10^{-10}m$ اور مستقل حجم پر حرارت نوعی $0.653 \times 10^{3} j/kg/k$ اور سالمہ کی کمیت 5.31×10^{-26} ہے اگر بولٹزمن مستقبل 1.38×10^{-23} ہو تب O^0C پر آکسیجن کے سالمہ کی شرح تھرمل کنڈکٹی ویٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$K = 1.38 \times 10^{-23}\, j/k\,, m = 5.31 \times 10^{-23} kg, Cv = 0.653 \times 10^{3} m\ mks\ Unit, d = 2.14 \times 10^{-10} m$$

تب

$$K = ?$$

ہم جانتے ہیں

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{\Pi d^2}$$

اور

$$\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\Pi m}\right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{8 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 273}{3.14 \times 5.31 \times 10^{-26}}\right)^{1/2}$$

لہٰذا

$$\bar{c} = 425\ m/s$$

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{d^2} = \frac{1}{3 \times 1.414} \times \frac{5.31 \times 10^{-26} \times 425 \times 0.653 \times 10^{3}}{3.14 \times 2.14(10^{-10})2} = 24 \times 10^{-3} mksuni$$

4.7 اکتسابی نتائج (Learning out comes)

- میکس ویل بولٹزمن ڈسٹری بیوشن کلیہ $ni = gi\, e^{-a} e^{-\varepsilon/kT}$
- فری ڈیراک کلیہ $ni = \frac{g!}{(e^{a+\varepsilon i/kT}+1)!}$
- بوس آئین اسٹائین ڈسٹری بیوشن کلیہ $\frac{g!}{(e^{a+\varepsilon i/kT}-1)}$

4.8 کلیدی الفاظ (Keywords)

- Spin (اس + پن): کسی ذرہ (الکٹران) کی تیز گردش
- Eigenstate (آئی + جن + اس + ٹیٹ): ذرہ کی قابل مشاہدہ اور قابل شناخت حالت میں اس کی پوزیشن مومنٹم اور انرجی بیان کی۔

4.9 نمونہ امتحانی سوالات (Sample Questions for Examination)

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

1. کس اسٹاٹسٹیکلس میں تپش مطلق پر سسٹم کی انرجی صفر نہیں آتی؟
2. تھرموڈائنامکس پروبابلیٹی تھیورم بیان کیجئے۔
3. فرمیانس کی مثالیں دیجئے۔
4. بوسانس کی مثالیں دیجئے۔
5. ڈسٹری بیوشن کلیہ $ni = \frac{gi}{(e^{a+\varepsilon i/kT}-1)}$ کی پابندی کرنے والے ذرات کہلاتے ہیں۔

(a) بوسانس (b) فرمیانس

(c) پائی آنس (d) کلاسیکل ذرات

6. فرمیانس ذیل کی کلیہ کی پابندی کرتے ہیں؟

(a) بوس آئین اسٹائین (b) فرمی ڈیراک

(c) میکس ویل بولٹزمن (d) تمام کلیات کی پابندی کرتے ہیں

7. ایک گیس کی تپش مطلق میں 4 گناہ اضافہ کیا جائے اس کی rms اسپیڈ میں اضافہ ہو گا۔

(a) چار گنا (b) 2 گناہ

(c) تین گنا (d) ¼ گناہ

8. الکٹرانکس کون سی اسٹاٹسٹکس کی پابندی کرتے ہیں؟

(a) FD (b) BE

(c) MB (d) سب کی

9. ایک نظام میں 4 ذرات ہیں انہیں یکے بعد دیگرے ترتیب دینے کے جملہ طریقے ہوں گے۔

(a) $4!$ (b) $\frac{4!}{4}$

(c) $\frac{4!}{4}$ (d) 1

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

1. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم سے کیا مراد ہے؟
2. فیز اسپیس اور فیز پوائنٹ کی وضاحت کیجئے۔

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

1. کلاسیکل اور کوانٹم اسٹاٹسٹکس کے درمیان فرق واضح کیجئے۔ میکس ویل بولٹز من بوس آئین اسٹائین اور فری ڈیراک اسٹاٹسٹکس پر مختصر نوٹ لکھیے۔
2. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم پر بحث کیجئے اور اس کے لیے ضروری شرائط اخذ کیجئے۔

4.9.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. ایک نائٹروجن کے سالمہ کا میں فری پاتھ پر محسوب کیجئے دیا گیا ہے کہ $d = 3.2 \times 10^{-10}$ اور نائٹروجن کے سالموں کی تعداد فی اکائی حجم 2.7×10^{19} (جواب: $0.8 \times 10^{-7} m$)
2. O^0C پر آکسیجن کے سالمہ کی کوانٹی شنٹ آف وسکاٹی کی قیمت محسوب کیجئے۔ دیا گای ہے کہ سالمہ کا مین پاتھ کرہ ہوائے کے دباؤ پر $9.58 \times 10^{-8} m$ اور سالمہ وزن $32 \times 10^{-3} kg$ ہے۔ (جواب: $1.93 \times 10^{-5} NS/m^2$)
3. 5 سالمات کی بالترتیب اسپیڈ 1.61.61.52 اور 1.2 کیلو میٹر فی سکنڈ ہے تب سالمات کی موسٹ پروبیبل اسپیڈ محسوب کیجئے۔ (جواب: $1.60\ km/s$)

اکائی 5۔ شماریات کے تینوں کلیات کے مابین تقابل

(Comparison of Three Statistics)

اکائی کے اجزا

5.0	تمہید
5.1	مقاصد
5.2	قدرتی شماریات
5.3	تین شماریات میں اہم فرق
5.4	شماریات کے تینوں کلیات کے مابین تقابل
5.5	بوسانس اور فرمیانس میں تفاعل
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

5.0 تمہید (Introduction)

ہم نے اب تک کلاسیکل اسٹاٹسٹکس کا مطالعہ کیا جس میں حالت توازن میں سالمات کے اجتماع (اسمبلی) میں میکو ویل۔ بولٹز من رفتاروں کے تقسیمی کلیہ کے کلاسیکل نتائج سے استفادہ کیا گیا۔ کلاسیکل شماریات کے ذریعہ کئی اہم مظہر جیسے تپش دباؤ توانائی وغیرہ کی کامیابی سے وضاحت کی گئی۔ لیکن دوسرے کئی اہم مظہر جیسے سیاہ جسم سے اشعاع (بلیک باڈی ریڈیشن)، ضیائی برقی اثر (فوٹو الکٹرک ایفکٹ) اور کم تپش پر حرارت نوعی وغیرہ کی وضاحت میں کلاسیکل اسٹاٹسٹکس ناکام ہوگئی۔ کلاسیکل اسٹاٹسٹکس کی اس ناکامی نے ایک نئی شماریات کو ترقی دی اسے کوانٹم اسٹاٹسٹکس کہتے ہیں۔

5.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- شماریات کے تینوں کلیات کے مابین تقابل کے درمیان فرق کی تعریف کریں گے۔
- بوسانس اور فرمیانس میں تفاعل کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔

5.2 قدرتی شماریات (Quantum Statistics)

بلیک باڈی ریڈیشن کی وضاحت کے لیے پلانک (Plank) نے ایک بنیادی مفروضہ پیش کیا کہ تمام اشعاع فوٹان پر مشتمل ہوتی ہیں جس کی توانائی $h\nu$ کے حاصل جز ضربی ہوتی ہے جس کو کوانٹم انرجی کہتے ہیں۔ فوٹان آپس میں مشابہ ہوتے ہیں اور ہم ان میں امتیاز نہیں کرسکتے۔ دو فوٹان کی ادلا بدلی (Inter change) سے فوٹان کی اسمبلی کی حالت میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی اس لیے ہم فوٹان پر میکس ویل ڈسٹری بیوشن کا اطلاق نہیں کرسکتے۔ اس طرح کے غیر امتیازی نظام سے نمٹنے کے لیے 1924ء میں S.N. Bose نے ایک نئی شماریات کو ترقی دی جسے بوس۔ آئین اسٹائین اسٹاٹسٹکس کہتے ہیں۔ جو ذرات اس کلیہ کی پابندی کرتے ہیں بوسانس (Bosons) کہلاتے ہیں۔ دو سال بعد فری اور ڈیراک نے اس میں آزادانہ طور پر ترمیم کی اور پالی کا اصول استخراج (Pauli's Exclusion Principle) استعمال کر کے اسے گیسوں میں استعمال کیا۔ اس اصول کے مطابق کوئی دو الکٹرانکس ایک ہی کوانٹم حالت میں ایک ساتھ رہ سکتے۔ میکانی شماریات میں یہ اصول اس طرح بیان کیا جاتا ہے کہ دو یا دو سے زائد زائد ہیت (Phase) کا یکساں حالت میں قیام ممکن نہیں۔ اس نظریہ نے شماریات کی دوسری قسم نرمی۔ ڈیراج اسٹاٹسٹکس کی بنیاد رکھی۔ وہ ذرات جو اس شماریات کے کلیہ کی پابندی کرتے ہیں فرمیانس کہلاتے ہیں۔

اس طرح کوانٹم شماریات کو دو حصوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔

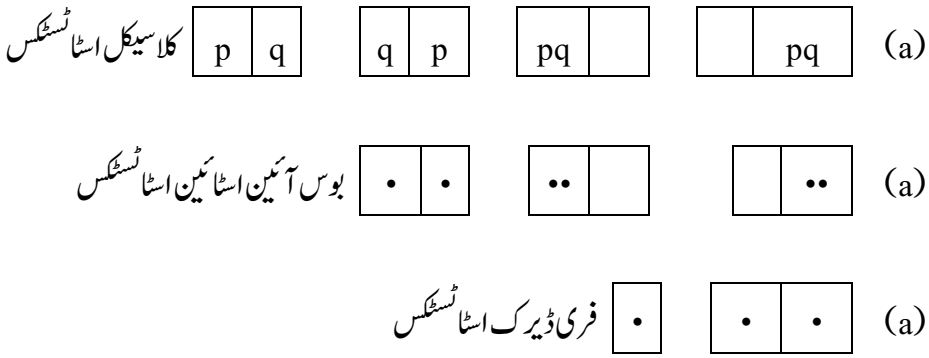
a. بوس آئین اسٹائین اسٹاٹسٹک: اس شماریات کا اطلاق ان ذرات پر کیا جاتا ہے جو آپس میں مشابہ غیر امتیازی ہوتے ہیں جن کی اسپین(Spin)، صفیر یا جز ضربی(Integral Multiple)ہو۔ ایسے ذرات کو بوسانس کہتے ہیں۔ جس کی مثال فوٹان اور کم تپش پر بکیم کے جوہر ہیں۔

b. فری ڈیراک اسٹاٹسٹکس: اس شماریات کا اطلاق مشابہ غیر امتیاز ذرات پر ہوتا ہے جن کا اسپین نصف جز ضربی ہوتا ہے۔ اس ذرات کو فرمیانس کہتے ہیں۔ جن کی مثال الکٹرانکس پروٹانس اور نیوٹرانس ہیں۔

5.3 تین شماریات میں اہم فرق(Essential Difference Between Three Statistics)

اب ہم تین شماریات میں اہم فرق واضح کریں گے۔ جس کے لیے ہم دو نقاط کا انتخاب کریں گے، جس میں صرف دو خانوں میں ذرات رہائش پذیر(Occupy)ہوں گے۔

کلاسیکل اسٹاٹسٹکس میں ذرات قابل امتیاز ہوتے ہیں۔ اس کے ایک یا دو ذرات دو میں سے کسی ایک خانے میں رہائش پذیر ہوں گے لہٰذا اس صورت حال میں چار ترتیبیں ممکن ہیں۔



شکل(5.1)

بوس آسٹائین اسٹاٹسٹکس میں غیر امتیازی ہیں۔ اس لیے اپنی انفرادیت باقی نہیں رکھتے۔ اس صورت حال میں کسی بھی خانے میں ذرات کی تعداد کچھ بھی ہو سکتی ہے۔ اس کے یہاں صرف تین طرح کی ترتیب ممکن ہے۔ فری ڈیراک شماریات میں ذرات غیر امتیازی ہوتے ہیں۔ یہ ذرات پالی کے استخراجی اصول کی پابندی کرتے ہیں۔ اس لیے ذرات کی صرف ایک ترتیب ممکن ہے۔ جسے شکل(4.1) میں دکھلایا گیا ہے۔

5.4 شماریات کے تینوں کلیات کے مابین تقابل (Comparison of Three Statistics)

تین شماریات میں کثیر امکانی تقسیم کے کلیات کے مساواتیں حسب ذیل ہیں:

$$n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}} \quad \text{------(5.1)}$$ میکس ویل بولٹز من کی مساوات

$$n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT_{-1}}} \quad \text{------(5.2)}$$ بوس آئین اسٹائن کی مساوات

$$n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT_{+1}}} \quad \text{-------(5.3)}$$ فری ڈیراک کی مساوات

جہاں n_i کی تعداد ہے جن کی انرجی اسٹیٹ ε_i اور g_i وہ حالتوں کی تعداد جس میں توانائی مساوی ہے۔ اب ہم ایک نئی مقدار $f(\varepsilon_i)$ کو متعارف کرائیں گے جسے اکوپیشن نمبر (Occupation Number) کہتے ہیں۔ جو ذرات کی تعداد اور توانائی کی حالتوں کے درمیان نسبت ہے۔ یعنی

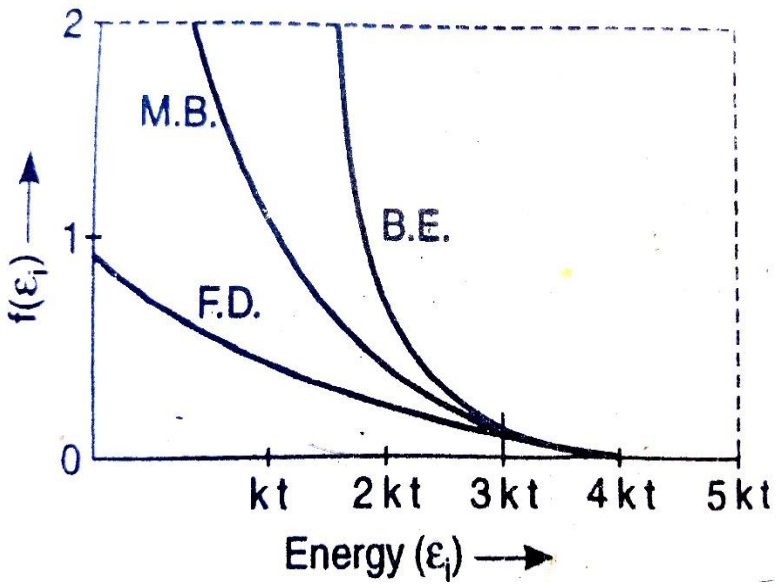
$$f(\varepsilon_i) = \frac{n_i}{g_i}$$

تب اکوپیشن نمبر کی اصطلاح میں تینوں شماریات کی مساواتیں ہوں گی۔

$$[f(\varepsilon_i)]_{MB} = \frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}} \quad \text{--------(5 4)}$$

$$[f(\varepsilon_i)]_{B.E} = \frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT-1}} \quad \text{--------(5.5)}$$

$$[f(\varepsilon_i)]_{B.E} = \frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT+1}} \quad \text{--------(5.6)}$$



شکل (5.2)

تینوں تقسیموں کے تقابل کو شکل(5.2) میں دکھایا گیا ہے۔

شکل(5.2) سے ظاہر ہے کہ بوس آئین اسٹائین B.E تفاعل، میکس ویل تفاعل سے ہمیشہ اونچا ہوتا ہے اور خالص قوت نمائی (Exponential) ہوتا ہے۔ یہ تفاعل تپش مطلق (T) پر توانائی کی حالت ε_i کے واقع ہونے کے امکان کو ظاہر کرتے ہیں۔

مساوات 5.1, 5.2 اور 5.3 سے ظاہر ہے کہ e^{α} کی قیمت سے بہت زیادہ ہے۔ یعنی $(e^{\alpha} \gg 1)$ تب بوس آئین اسٹائین B.E اور فرمی ڈیراک FD تقسیم میکس ویل بولٹز من تقسیم MB کے تقریباً مساوی ہو جاتی ہے۔ تمام عام گیسوں کی نارمل تپش اور دباؤ پر یہی کیفیت رہتی ہے۔ لہٰذا اس علاقہ (Region) میں تینوں شماریات میں کوئی فرق نہیں رہتا۔ جہاں گیسوں کی توانائی بالحرکت معمول کے مطابق ہو۔ اگر e^{α} کی قیمت اکائی سے بہت کم ہوتی ہے۔ یعنی $(e^{\alpha} \gg 1)$

تب میکس ویل بولٹز من کا کلیہ نا قابل اطلاق ہوتا ہے لیکن بوس آیئن اسٹائین فری ڈیراک کے کلیات قابل اطلاق ہوتے ہیں۔ اس صورت میں ذرات کا انتخاب کہا جاتا ہے کہ حالت پستی (Degeneracy) میں ہے e^{α} حالت پستی کا ظاہر کرنے والا جز ہے جسے ڈی جنریسی پیارامیٹر کہتے ہی۔

ذیل کے جدول میں تینوں شماریات کے فرق کو دکھایا گیا ہے۔

فری ڈیراک (F.D) شماریات	بون۔ آئین اسٹائین (B.E) شماریات	میکس ویل بولٹز من (M.B) شماریات
1۔ اس کا اطلاق نظام کے مشابہ غیر امتیازی ذرات پر ہوتا ہے جو پالی کے اصول استخراج کی پابندی کرتے ہیں مثلاً الکٹران	اس کا اطلاق مشابہ، غیر امتیازی ذرات پر ہوتا ہے جو پالی کے اصول استخراج کی پابندی نہیں کرتے مثلاً فوٹون اور مائع ہیلیم وغیرہ	اس کا اطلاق نظام کے مشابہ قابل امتیاز ذرات پر ہوتا ہے۔ مثلاً گیس
2۔ یہ ذرات فرمیانس کہلاتے ہیں	یہ ذرات بوسانس کہلاتے ہیں	ان ذرات کو کلاسیکل ذرات کہتے ہیں۔
3۔ دی ہوئی کوانٹم حالت میں صرف ایک ذرہ ہی (Allowed) ہوتا ہے۔	ایک دی ہوئی حلات میں ذرات کی تعداد پر کوئی پابندی نہیں۔	ایک دی ہوئی حالت میں ذرات کی تعداد پر کوئی پابندی نہیں۔
4۔ تقسیمی کلیہ ہے $n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}+1}$	تقسیمی کلیہ ہے $n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}-1}$	تقسیمی کلیہ ہے $n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}}$
5۔ تقسیمی تفاعل ہے $\frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}+1}$	تقسیمی تفاعل ہے $\frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}-1}$	تقسیمی تفاعل ہے $\frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}}$
6۔ تپش مطلق پر نظام کی توانائی صفر نہیں ہو سکتی کیونکہ پالی کے اصول استخراج کی رو سے تمام ذرات گرائونڈ اسٹیٹ میں نہیں آتے۔	تپش مطلق پر نظام کی توانائی صفر ہو سکتی ہے۔	تپش مطلق پر نظام کی توانائی صفر ہوتی ہے مثلاً ایک کامل ایک جوہری گیس

5.5 بوسانس اور فرمیانس میں تفاعل (Comparison Between Bosons & Fermions)

بوسانس اور فرمیانس میں تفاعل:

1۔ یہ ایسے ذرات پر مشتمل ہوتے ہیں جو آپس میں مشابہ، غیر امتیازی اور پالی کے اصول استخراجی کے کلیہ کی پابندی کرتے ہیں۔ مثلاً الکٹرانکس، پروٹانس، نیوٹرانس وغیرہ	یہ ایسے ذرات پر مشتمل ہوتے ہیں جو آپس میں مشابہ غیر امتیازی اور پالی کے اصول استخراج کی پابندی نہیں کرتے مثلاً فوٹانس اور مائع ہیلیم وغیرہ۔
2۔ ایک دی ہوئی کوانٹم حالت میں صرف ایک ذرہ ہی ہو سکتا ہے	ایک دی ہوئی حالت میں ذرات کی تعداد پر کوئی پابندی نہیں
3۔ تقسیمی کلیہ ہے $n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT_{+1}}}$	تقسیمی کلیہ ہے $n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT_{-1}}}$
4۔ تقسیمی تفاعل ہے۔ $\frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT+1}}$	تقسیمی تفاعل ہے۔ $\frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT-1}}$
5۔ تپش مطلق پر نظام کی توانائی صفر نہیں ہو سکتی کیونکہ پالی کے اصول استخراج کی وجہ سے تمام ذرات کم تر توانائی کی سطح گراؤنڈ اسٹیٹ میں نہیں آتے۔	تپش مطلق پر نظام کی توانائی صفر ہو سکتی ہے۔

5.6 حل شدہ مثالیں (Solved Problems)

حل شدہ مثال 1

آکسیجن کے سالمہ کا قطر $2.14 \times 10^{-10}m$ اور مستقل حجم پر حرارت نوعی $0.653 \times 10^3 j/kg/k$ اور سالمہ کی کمیت 5.31×10^{-26} ہے اگر بولٹزمن مستقبل 1.38×10^{-23} ہو تب O^0C پر آکسیجن کے سالمہ کی شرح تھرمل کنڈکٹی ویٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$K = 1.38 \times 10^{-23}\, j/k\,, m = 5.31 \times 10^{-23} kg, Cv = 0.653 \times 10^3 m\ mks\ Unit, d = 2.14 \times 10^{-10} m$$

تب

$$K = ?$$

ہم جانتے ہیں

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{\Pi d^2}$$

اور

$$\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\Pi m}\right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{8\times1.38\times10^{-23}\times273}{3.14\times5.31\times10^{-26}}\right)^{1/2}$$

لہٰذا

$$\bar{c} = 425\ m/s$$

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{d^2} = \frac{1}{3\times1.414} \times \frac{5.31\times10^{-26}\times425\times0.653\times10^{3}}{3.14\times2.14(10^{-10})2} = 24\times10^{-3} mksuni$$

5.7 اکتسابی نتائج (Learning out comes)

- میکس ویل بولٹز من ڈسٹری بیوشن کلیہ $ni = gi\, e^{-a} e^{-\varepsilon/kT}$
- فری ڈیراک کلیہ $ni = \frac{g!}{(e^{a+\varepsilon i/kT}+1)!}$
- بوس آئین اسٹائین ڈسٹری بیوشن کلیہ $\frac{g!}{(e^{a+\varepsilon i/kT}-1)}$

5.8 کلیدی الفاظ (Keywords)

- Spin (اس + پن): کسی ذرہ (الکٹران) کی تیز گردش
- Eigenstate (آئی + جن + اس + ٹیٹ): ذرہ کی قابل مشاہدہ اور قابل شناخت حالت میں اس کی پوزیشن مومنٹم اور انرجی بیان کی۔

5.9 نمونہ امتحانی سوالات (Sample Questions for Examination)

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

1. کس اسٹاٹسٹیکلس میں تپش مطلق پر سسٹم کی انرجی صفر نہیں آتی؟
2. تھرموڈائنامکس پروبابلیٹی تھیورم بیان کیجئے۔
3. فرمیانس کی مثالیں دیجئے۔
4. بوسانس کی مثالیں دیجئے۔
5. ڈسٹری بیوشن کلیہ $ni = \frac{gi}{(e^{a+\varepsilon i/kT}-1)}$ کی پابندی کرنے والے ذرات کہلاتے ہیں۔

(a) بوسانس (b) فرمیانس

(c) پائی آنس (d) کلاسیکل ذرات

6. فرمیانس ذیل کی کلیہ کی پابندی کرتے ہیں؟

(a) بوس آئین اسٹائین (b) فرمی ڈیراک

(c) میکس ویل بولٹز من (d) تمام کلیات کی پابندی کرتے ہیں

7. ایک گیس کی تپش مطلق میں 4 گناہ اضافہ کیا جائے اس کی rms اسپیڈ میں اضافہ ہو گا۔

(a) چار گنا (b) 2 گناہ

(c) تین گنا (d) ¼ گناہ

8. الکٹرانکس کون سی اسٹاٹسٹکس کی پابندی کرتے ہیں؟

(a) FD (b) BE

(c) MB (d) سب کی

9. ایک نظام میں 4 ذرات ہیں انہیں یکے بعد دیگرے ترتیب دینے کے جملہ طریقے ہوں گے۔

(a) $4!$ (b) $\frac{4!}{4}$

(c) $\frac{4!}{4}$ (d) 1

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

3. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم سے کیا مراد ہے؟
4. BE MB اور FD اسٹاٹسٹیکس کے مابین تقابل کیجئے۔
5. بوسانس اور فرمیانس کے درمیان تقابل کیجئے۔

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

3. کلاسیکل اور کوانٹم اسٹاٹسٹکس کے درمیان فرق واضح کیجئے۔ میکس ویل بولٹز من بوس آئین اسٹائین اور فری ڈیراک اسٹاٹسٹکس پر مختصر نوٹ لکھیے۔
4. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم پر بحث کیجئے اور اس کے لیے ضروری شرائط اخذ کیجئے۔
5. میکس ویل بولٹز من، بوس آئین اسٹائین اور فری ڈیراک اسٹاٹسٹیکس کے درمیان تقابل کیجئے۔ کن حدود کے تحت BE اور FD اسٹاٹسٹیکلس MB اسٹاٹسٹکس کے مساوی ہوتے ہیں؟

5.9.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

4. ایک نائٹروجن کے سالمہ کا میں فری پاتھ پر محسوب کیجئے دیا گیا ہے کہ $d = 3.2 \times 10^{-10}$ اور نائٹروجن کے سالموں کی تعداد فی اکائی حجم 2.7×10^{19} (جواب: $0.8 \times 10^{-7} m$)

5. O^0C پر آکسیجن کے سالمہ کی کوافی شنٹ آف وسکاٹی کی قیمت محسوب کیجئے۔ دیا گای ہے کہ سالمہ کا مین پاتھ کرہ ہوائے کے دباؤ پر $9.58 \times 10^{-8} m$ اور سالمہ وزن $32 \times 10^{-3} kg$ ہے۔ (جواب: $1.93 \times 10^{-5} NS/m^2$)

6. 5 سالمات کی بالترتیب اسپیڈ 1.61.61.52 اور 1.2 کیلو میٹر فی سکنڈ ہے تب سالمات کی موسٹ پروبیبل اسپیڈ محسوب کیجئے۔

(جواب: $1.60\ km/s$)

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.

Maulana Azad National Urdu University

B.Sc. (MPC/MPCs) IV Semester Examination

BNPH401DET:طبیعیات(Basic Statistical Physics)

Time: 2 hrs **Marks: 25**

ہدایات:

یہ پرچہ سوالات تین حصوں پر مشتمل ہے: حصہ اول، حصہ دوم، حصہ 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 جگہوں پُر کرنا / مختصر جواب والے سوالات ہیں۔ ہر سوال کا جواب لازمی ہے۔ ہر سوال کے لیے 1 نمبر مختص ہے۔ (5x1=5 Marks)

2۔ حصہ دوم میں 6 سوالات ہیں، اس میں سے طالب علم کو کوئی 4 سوالوں کے جواب دینے ہیں۔ ہر سوال کا جواب تقریباً دو سو(200) لفظوں پر مشتمل ہے۔ ہر سوال کے لیے 3 نمبر مختص ہیں۔ (4x3=12 Marks)

3۔ حصہ سوم میں 3 سوالات ہیں۔ ان میں سے طالب علم کو کوئی دو سوالوں کے جواب دینے ہیں۔ ہر سوال کا جواب تقریبا پانچ سو(500) لفظوں پر مشتمل ہے۔ ہر سوال کے لیے 8 نمبرات مختص ہیں۔ (1x8=8 Marks)

حصہ اول

سوال(1)

i. پروبابیلٹی سے کیا مراد ہے؟

ii. ذیل میں سے کون سا رشتہ صحیح ہے۔

$\bar{C} = Cp = Crms\ (a)$ $\quad Crms < \bar{C} < CP\ (b)$

$Crms > \bar{C} > Cp\ (c)$ $\quad \bar{C} < Crms < Cp\ (d)$

iii. $Cp, \bar{C}$ اور Crms کے درمیان نسبت لکھیے۔

iv. حراری انجن کیا ہے؟ اس کے اجزاء کے نام لکھئے۔

v. ایک ایڈیابیٹک عمل میں کون سی طبیعی مقدار مستقل رہتی ہے۔

(a) تپش (b) حرارت

(c) حجم (d) دباؤ

حصہ دوم

2. مختصر طور پر سالمات کی اسپیڈ کے میکس ویل ڈسٹری بیوشن کلیہ کی وضاحت کیجئے۔
3. بوسانس اور فرمیانس کے درمیان تقابل کیجئے۔
4. ریور سیبل اور اریور سیبل اعمال کیا ہیں؟ مثالیں دیجئے۔
5. کائنات کی انٹروپی پر نوٹ لکھئے۔
6. میکس ویل کے تھرموڈائنامک رشتے لکھیے۔
7. مثالوں کے ذریعہ پہلے درجہ اور دوسرے درجہ کی فیز میں تبدیلی کی وضاحت کیجئے۔

حصہ سوم

8. میکس ویل بولٹز من، بوس آئین اسٹائین اور فری ڈیراک اسٹاٹسٹیکس کے درمیان تقابل کیجئے۔ کن حدود کے تحتBEاورFD اسٹاٹسٹیکلسMBاسٹاٹسٹکس کے مساوی ہوتے ہیں؟
9. کارنوٹ سائیکل کو بیان کیجئے۔ ہر مرحلہ میں انجام دیے گئے کام کو حجم۔ دباؤ تر سیم پر کس طرح ظاہر کیا جاتا ہے؟

☆☆☆☆

BNPH401DEP

لیب مینول

(Lab Manual)

اکائی 1۔ پلانک کا مستقلہ

(Plank Constant)

اکائی کے اجزا

1.0		تمہید
1.1		مقاصد
1.2		آلات
	1.2.1	تشریح آلات
1.3		نظریہ
1.4		طریقہ عمل
1.5		مشاہدہ اور تحسیب
1.6		احتیاطی تدابیر
1.7		روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت
1.8		تجربی نتائج
1.9		کلیدی الفاظ

1.0 تمہید(Introduction)

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۔ انٹرنیشنل سسٹم آف یونٹس (SI) میں، مستقل قدر $h= 6.62607015\times10^{-34}\ J\cdot Hz^{-1}$ ہے۔ اسے پلانک مستقل بھی کہا جاتا ہے۔ ایٹموں اور ذیلی ایٹمی ذرات کی حرکات کو سمجھنے کے لیے ضروری ہے، پلانک کا مستقل وضاحت کرتا ہے کہ کوانٹم میکینکس اور جدید الیکٹرانکس۔ بشمول کمپیوٹر چپس، سولر پینلز اور لیزرز۔ کیسے کام کرتے ہیں۔ جیسا کہ پلانک کے مستقل نے کوانٹم میکانکس کے نظریہ کو تیار کرنے میں مدد کی، یہ ستاروں کے ارتقاء، یا وقت کے ساتھ ستاروں میں ہونے والی تبدیلیوں کے بارے میں سائنسدانوں کی سمجھ کے لیے اہم ہے۔

ایٹموں اور ذیلی ایٹمی ذرات کی حرکات کو سمجھنے کے ساتھ ساتھ کوانٹم میکینکس اور جدید الیکٹرانکس کے کام کرنے کے لیے پلانک کا مستقل ضروری ہے۔ اس وقت، موجودہ فارمولوں نے تمام درجہ حرارت کے مشاہدہ شدہ نتائج کو درست طریقے سے بیان نہیں کیا۔ پلانک کے مستقل کو میکس پلانک کی ایک ریاضیاتی اظہار پیدا کرنے کی کامیاب کوشش کے ایک حصے کے طور پر تیار کیا گیا تھا جس نے بند بھٹی (بلیک باڈی ریڈی ایشن) سے حرارتی شعاعوں کی مشاہدہ شدہ سپیکٹرل تقسیم کی درست پیش گوئی کی تھی۔ اس ریاضیاتی اظہار کو اب پلانک کے قانون کے نام سے جانا جاتا ہے۔

1905 میں، البرٹ آئن سٹائن نے خود برقی مقناطیسی موج کی توانائی کے ایک "کوانٹم" یا کم سے کم عنصر کا تعین کیا۔ روشنی کوانٹم نے کچھ معاملات میں برقی طور پر غیر جانبدار ذرہ کے طور پر برتاؤ کیا، اور آخر کار اسے فوٹوون کہا گیا۔ میکس پلانک کو طبیعیات کا 1918 کا نوبل انعام "انرجی کوانٹا کی دریافت کے ذریعے طبیعیات کی ترقی کے لیے ان کی خدمات کے اعتراف میں" ملا۔

1.1 مقاصد(Objectives)

اس تجربہ میں ہم:

i. فوٹو الیکٹرک اثر کا استعمال کرتے ہوئے پلانک مستقلہ(Plank's Constant)اور کام تفاعل (Work Function)کی تخمین کرنا۔

ii. تابکاری کے معکوس مربع قانون کی(Inverse Square Law)کی تصدق کرنا۔

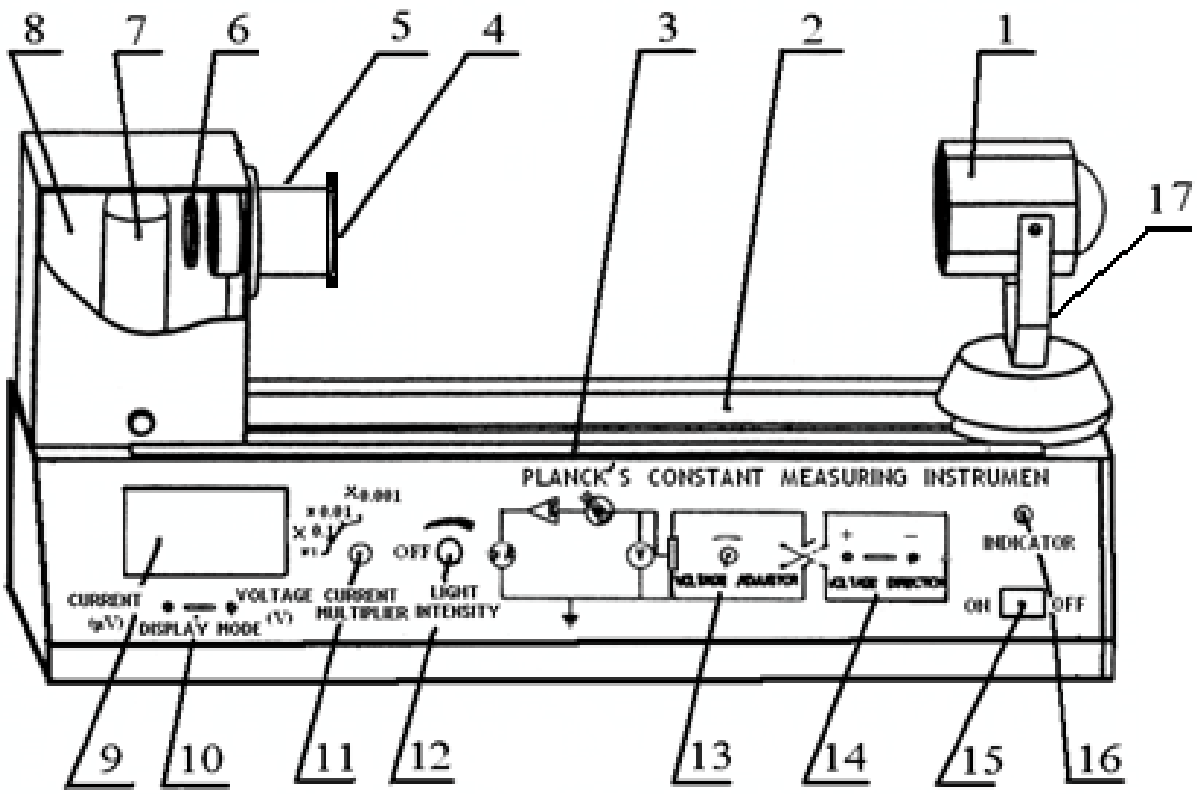
1.2 آلات(Apparatus)

1) پلانک مستقلہ، مختلف رنگوں کے فلٹرز

- ضیاحساس(Photo Sensitive)ڈیوائس: ویکیوم فوٹوٹیوب

- روشنی کی واسطہ:ہالوجن ٹنگسٹن پمپ $12V/35\omega$
- رنگین فلٹرز:635nm & 570nm, 540n, 500nm, 460nm
- اسراع پذیر وولٹیج:ریگولیڈ وولٹیج پاور سپلائی
- آئوٹ پٹ:Variable ±15V
- ڈسپلے:3 ½ digit،7 سیگمنٹ LED
- کرنٹ ڈیٹیکٹنگ یونٹ:کم کرنٹ ماپنے والا آلہ ہے۔(nm)
- پاور ضرورت:$220V \pm 10\%$،50Hz
- آپٹیکل بینچ:نور کے واسطہ اور فوٹوٹیوب کے درمیا فاصلے کا ایڈجسٹ کرنے کے لیے نور کے مبدہ کو اس کے ساتھ منتقل کیا جاسکتا ہے۔ اسکیل کی لمبائی 400nm ہے۔ رنگین فلٹرز لگانے کے لیے ایک ڈراٹیوب فراہم کی گئی ہے اور اسکے پچھلے سرے پر فوکس لینس لگاہوا ہے۔

1.2.1 تشریح آلات(Apparatus Explanation)



Source:https://lambdasys.com/products/detail/214

شکل(1.1)

1. روشنی کا واسطہ، $12V/35\omega$ ہالوجن ٹنگسٹن لیمپ۔
2. روشنی کے واسطے کو اس کے ساتھ منتقل کریں، روشنی کا مبدہ اور ڈارک باکس کے درمیان فاصلہ ایڈجسٹ کیا جائے۔
3. اسکیل کی لمبائی 400mn ویکیوم فوٹوٹیوب کا مرکز صفر نقطہ کے طور پر استعمال ہوتا ہے۔
4. ڈراٹیوب: فور پارٹ کلر فلٹر لگانے کے لیے استعمال ہوتا ہے اور ایک فوکس لینس اسکے پچھلے سرے پر لگا ہوا ہوتا ہے۔
5. غلاف (Cover): فوٹوٹیوب پر مشتمل چیمبر کا احاطہ کرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔
6. فوکس لینس
7. ویکیوم فوٹوٹیوب
8. ڈیجیٹیل میٹر، کرنٹ (μA)، وولٹیج (v)۔
9. ڈسپلے موڈ سوئیچ: وولٹیج اور کرنٹ موڈ کے درمیان ڈسپلے کو سوئچ کرنے کے لیے۔
10. کرنٹ موجودہ ضرب
11. نور کی شدت کا سوئچ: نور کی شدت کو منتخب کرنے کے لیے سوئچ کریں۔
12. فلٹر سیٹ: پانچ فلٹرز۔
13. لینس کور
14. وولٹیج کی اسراع بڑھانا۔
15. وولٹیج کی سمت سوئچ: $\pm 15v$ کے درمیان
16. پاور سوئچ۔
17. پاور انڈیکر

1.3 نظریہ (Theory)

فارمولہ: اسٹاپینگ پوٹینشل کی مساوات $\upsilon_s = \frac{h}{e}\upsilon - \phi$

جہاں υ_s = اسٹاپینگ پوٹینشل، e = الیکٹران کی جارج، h = پلانک مامستقلہ

v = نور کی فریکوئنسی، ϕ = کام تفاعل

گراف: υ اور υ_s کے درمیان ایک گراف بنائیے۔ گراف ایک خط مستقم ہوگی۔ اس گراف کی مدد سے حائل کی ایکسٹراپوسیڈ پوائنٹ $\upsilon = 0$ پر $Cs - Sb$ کی کام تفاعل (Work Function) ϕ کہتے ہیں۔

یہ 1905ء کے اوائل میں دیکھا گیا تھا کہ تابکاری کے زیر اثر زیادہ تر الیکٹران خارج کرتی ہیں۔ اس رجحان کو فوٹو الیکٹرک اخراج کہتے ہیں۔ اس کے تفصیلی مطالعہ سے یہ معلوم ہوا کہ

i. اخراج کے عمل کا انحصار تابکاری کی فریکوئنسی پر ہے۔

ii. ہر دھات (Metal) کے لیے ایک فاصل فریکوئنسی موجود ہوتی ہے جیسے کہ کم فریکوئنسی کی نور الیکٹرانوں کو آزاد کرنے سے قاصر ہوتے ہے، جبکہ زیادہ فریکوئنسی کی نون ہمیشہ الیکٹرانوں کو آزاد کرتے ہیں۔

iii. الیکٹران کا اخراج تابکاری کی آمد کے بعد بہت کم وقت کے وقفے میں ہوتا ہے اور الیکٹران تعداد اس تابکاری کی شدت کے تناسب ہوتی ہے۔

اوپر دیئے گئے تجرباتی حقائق اس بات کا مضبوط ترین ثبوت میں سے ہیں کہ برقی مقناطیسی میدنا کی مقدار درست ہے۔

میدان کی کوانٹا توانائی $E = h\upsilon$ جہاں h پلانک کا مستقلہ، υ تابکاری کی فریکوئنسی اور ان کو انٹا کو فوٹون کہتے یہں۔

الیکٹران دھات کی سطح کے اندر توانائی $e\phi$ جہاں φ کام تفاعل

اگر نور کی فریکوئنسی ایسی ہے۔

a. $h\upsilon > e\phi$ ہو فوٹو الیکٹران کو نکالنا ممکن ہو گا۔

b. $h\upsilon < e\varphi$ ہو تو الیکٹران کو نکالنا ممکن ہو گا۔

فوٹوون کی اضافی توانائی الیکٹران کی بلحرکت کی توانائی کے طور پر ظاہر ہوتی ہے تا کہ

$$h\upsilon = \frac{1}{2}m\upsilon^2 + e\phi (or) \frac{1}{2}m\upsilon^2 = h\upsilon - e\varphi \text{--------}(1)$$

مساوات (1) ایک مشہور فوٹو الیکٹرک مساوات ہے جیسے آئن سٹائن نے 1905ء میں وضع کیا تھا۔

اگر ہم ریٹارڈنگ پوٹینشل V_0 کا اطلاق کرتے ہیں تا کہ فوٹو الیکٹران کو مکمل طور پر روکا جاسکے، تو اسے ممکنہ بمقابلہ روکنے کے نام سے اسٹاپینگ پوٹینشل V_s کہتے ہے۔

$$\frac{1}{2}m\upsilon^2 = ev_s (or) ev_s = h\upsilon - e\phi$$

$$\upsilon_s = \frac{h}{e}\upsilon - \phi$$

υ اور V_0 کے درمیان گراف کھینچے۔ تب ترسیم ایک خط مستقیم ہے اور ایکسٹرا پولیڈ پوائنٹ $\upsilon = 0$ پر کام تفاعل ϕ کی قدر حاصل ہوتی ہے۔

فوٹو الیکٹرک سبیل کا استعمال سے تابکاری کے معکوس مربع قانون کی تصدیق کرنا

i. الیکٹرک پمپ کی منسور شدت (Luminous Intensity) اور E اسے سے نقطہ r پر روشنی کی شدت ہے $E \propto \frac{L}{r^2}$

ii. اگر نور کی فوٹو الیکٹرک سبیل کے کیتھوڈ پر اخراج ہونے سے فوٹو الیکٹرک کرنٹ I، E کے تناسب ہو گی تب $E = \frac{L}{r^2} = K.I$

iii. Eاور I کے درمیان ایک گراف بنائے۔ گراف ایک خط مستقیم ہو گی تو تب یہ تابکاری کا معکوس مربع قانون کی تصدیق کرتی ہے۔

1.4 طریقہ عمل (Procedure)

I. **پلانک کا مستقلہ اور کام تفاعل (Work function) کی تخمین:**

i. سرخ (red) رنگ کا فلٹر داخل کریں (635nm)، تیز روشنی پر روشنی کی شدت کا سوئچ (12) سیٹ کریں، وولٹیج سمت سوئچ (14)۔ پر اور ڈسپلے موڈ سوئچ (10) موجودہ ڈسپلے پر

ii. ڈی ایکسلریٹنگ وولٹیج کو ov پر اور ضارب رو کو 4x0.001 پر ایڈجیسٹ کریں۔

iii. فوٹو کرنٹ کو صفر تک کم کرنے کے لیے اسراع (تیز رفتاری) کو بڑھائیں۔ 635nm طول موج کے صفر کرنٹ کے مساوی ڈی ایکسیٹنگ وولٹیج (υs) (بمقابلہ) کو نیچے لے جائیں اسی طرح V_s کی قدر دوسری موج کی طول کے بمقابلہ حاصل کریں۔ (کم از کم 2 فاصلے کے لیے دہرائیں 40 سینٹی میٹر اور 30 سینٹی میٹر پر)

II. **معکوس مربع قانون کی تصدیق:**

i. کنکشن پہلے جیسا ہی ہو گا سوائے اس کے کہ کیتھوڈ کے ساتھ انوڈ پر مثبت وولٹیج کا طلاق ہو گا۔

ii. فوٹو الیکٹرک سیل کے سامنے ایک فلٹر زر کھیں۔

iii. فوٹو سیل کی پوزیشن اور وولٹیج کو مستقل رکھتے ہوئے فوٹو سیل سے لیمپ کا فاصلہ چھوٹے قدموں میں بڑھائیں۔ اور آپٹیکل بنچ پر لیمپ کی پوزیشن 'r' موجودہ کرنٹ I کو نوٹ کریں۔

iv. تجربہ دوسرے فلٹرز (کم از کم 2 فلٹرز) کے ساتھ دہرایا جائے۔

1.5 مشاہدہ اور تحسیب (Observations and Analysis)

مشاہدات:

υ اور V_s کے درمیان گراف سے h کی قدر

$$h = e \times slope\ of\ graph$$

$$h = e \times \frac{\Delta V_s}{\Delta \upsilon}$$

ΔV_s اور $\Delta \upsilon$ کی قیمتیں کو گراف سے درج کرنے پر

H کی قیمت $= - - - - - - - - J - sec$

معیاری قدر $h = 6.62 \times 10^{-34} J - sec$

$Volts - - - - - - - - - = \chi$ پرورک فنکشن $\nu = 0$ دوبارہ گراف سے

جدول(1.1)

:FordeterminationofPlanck's constantandworkfunction

S.No.	Filters	$\upsilon(sec^{-1}x10^{14})$	StoppingVoltage($V_s$inVolts)	
			d =40 cm	d =30 cm
1	Red(635nm)	4.72		
2	YellowI(585nm)	5.13		
3	YellowII(540nm)	5.56		
4	Green(500nm)	6.00		
5	Blue(460nm)	6.50		

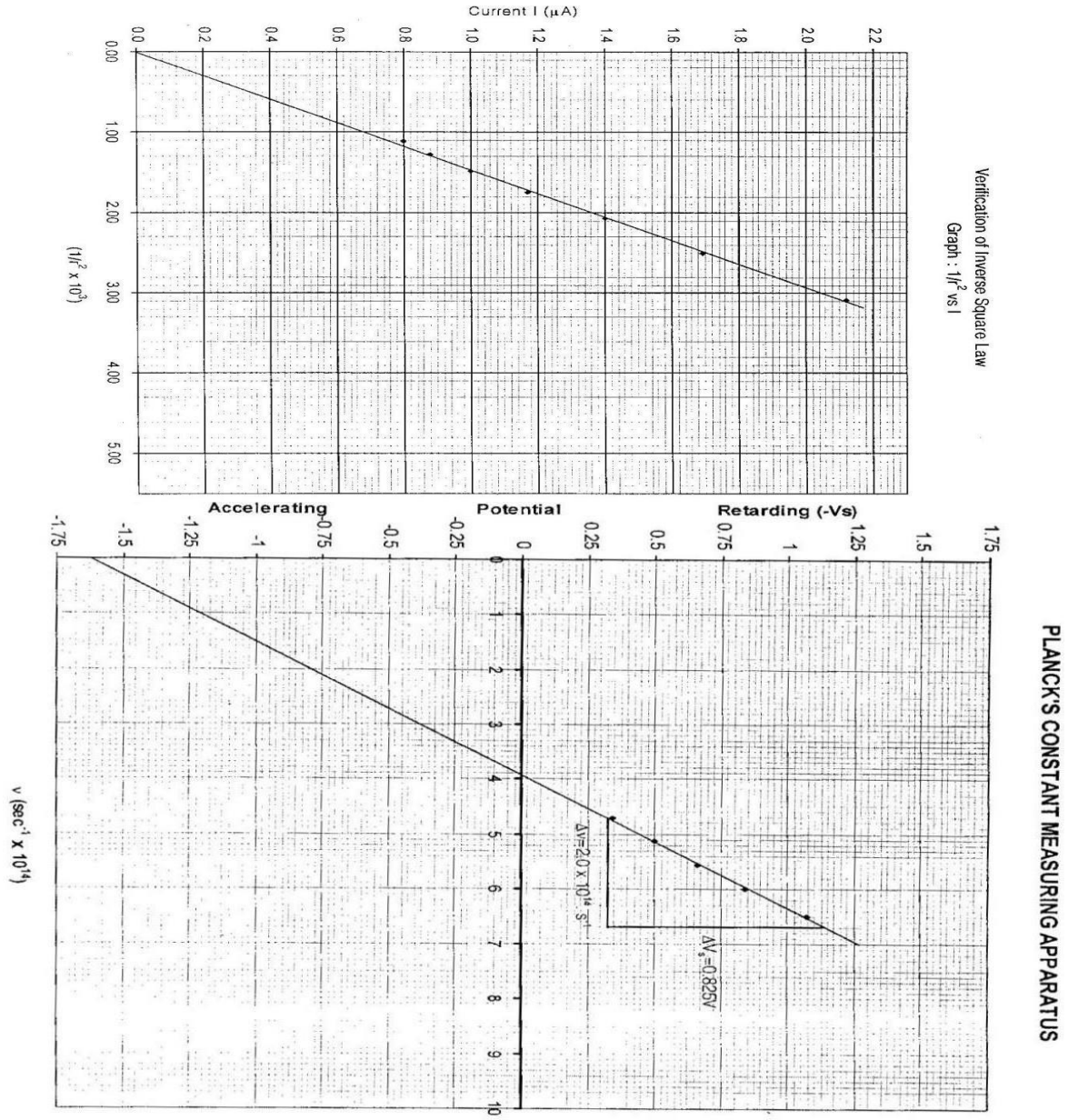
جدول(1.2)

:Forverificationofinversesquarelaw

S,No.	Distance between lamp and photo-cell(r)	$\frac{1}{r^2} X10^3$	I(μA)	
			Red filter	Green filter
1	18cm	3.09		
2	20cm	2.50		
3	22cm	2.07		
4	24cm	1.74		
5	26cm	1.48		
6	28cm	1.28		
7	30cm	1.11		

گراف:

Model Graphs



شکل(1.2)

1.6 احتیاطی تدابیر (Precautions)

ممکنہ غلطیاں و احتیاطیں:

- اس آلے کو خشک، ٹھنڈی، اندرونی جگہ میں چلایا جانا چاہئے۔
- فوٹوٹیوب کو خاص طور پر براہ راست روشنی کے سامنے نہیں آنا چاہئے۔ خاص طور پر فوٹوٹیوب کی تنصیب کے وقت، کمرے مٰں صرف مدھم روشنی ہونی چاہئے۔
- کلر فلٹر کو خشک اور ڈسٹ پروف ماحول میں محفوظ کیا جانا چاہئے۔
- تجربہ ختم کرنے کے بعد نور بند کرنا یاد رکھیں اور ڈرائیوب(4) کو فراہم کردہ نہیں کور(15) سے ڈھانپیں۔
- اگر فوٹوٹیوب کلر فلٹر، نہیں وغیرہ پر دھول ہو تو آلہ نو ڈسٹ پروف اور نمی پروف ماحول میں رکھنا چاہئے۔
- الکوہل کے چند قطروں کے ساتھ جاذب روئی استعمال کر کے اسے صاف کریں۔

1.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت (Significant of Experiment in Domestic Life)

- پلانک مستقل کا استعمال روشنی کی توانائی کا حساب لگانے کے لیے کیا جاتا ہے، اور یہ الیکٹرانکس، نینو ٹیکنالوجی اور فلکیات جیسے شعبوں میں اہم ہے۔ اگرچہ آپ کو اپنی روزمرہ کی زندگی میں پلانک مستقل نظر نہیں آتا ہے، لیکن یہ ان بہت سی ٹیکنالوجیز میں ایک بڑا کردار ادا کرتی ہے جو ہم ہر روز استعمال کرتے ہیں، جیسے کہ LED لائٹس، سولر پینلز اور CD پلیئرز۔
- ایٹموں اور ذیلی ایٹمی ذرات کی حرکات کو سمجھنے کے ساتھ ساتھ کوانٹم میکینکس اور جدید الیکٹرانکس کے کام کرنے کے لیے پلانک کا مستقل ضروری ہے۔ اس وقت، موجودہ فارمولوں نے تمام درجہ حرارت کے مشاہدہ شدہ نتائج کو درست طریقے سے بیان نہیں کیا۔

1.8 تجربی نتائج (Experimental Results)

نتائج:

i. پلالانک کا مستقل $h = - - - - - - - - J - sec$

کام کا فعل $Q = - - - - Volts$

ii. x- محور پر $\frac{1}{r^2}$ اور y- محور پر I کے درمیان گراف کھینچے تب گراف ایک خط مستقیم ہو گی تو تابکاری کے معکوس قانون کو ثابت کرتا ہے۔

1.9 کلیدی الفاظ (Key Words)

- **آپٹیکل بینچ:** نور کے واسطہ اور فوٹوٹیوب کے درمیا فاصلے کا ایڈجسٹ کرنے کے لیے نور کے مبدہ کو اس کے ساتھ منتقل کیا جاسکتا ہے
- **ڈرائیوب:** فور پارٹ کلر فلٹر لگانے کے لیے استعمال ہوتا ہے اور ایک فوکس لینس اسکے پچھلے سرے پر لگا ہوا ہوتا ہے۔
- **ڈسپلے موڈ سوئیچ:** وولٹیج اور کرنٹ موڈ کے درمیان ڈسپلے کو سوئچ کرنے کے لیے۔

اپنی معلومات کی جانچ کیجئے (Check your Information Questions)

1. معکوس مربع قانون کیا مراد ہے؟

.....

.....

.....

.....

2. اسٹاپینگ پوٹینشل کیا مراد ہے؟

.....

.....

.....

.....

3. پلانک کا مستقلہ h=.....؟

.....

.....

.....

.....

4. کام تفاعل(Work function)سے کیامراد ہے؟

.....

.....

.....

.....

5. مزاحمت سے کیامراد ہے؟

.....

.....

.....

.....

Calculations

Calculations

اکائی 2۔ تھرمسٹر

(Thermistor)

اکائی کے اجزا

2.0		تمہید
2.1		مقاصد
2.2		آلات
	2.2.1	تشریح آلات
2.3		نظریہ
2.4		طریقہ عمل
2.5		مشاہدہ اور تحسیب
2.6		احتیاطی تدابیر
2.7		روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت
2.8		تجربی نتائج
2.9		کلیدی الفاظ

2.0 تمہید(Introduction)

ایک تھرمسٹر ("تھرمل" اور "ریزسٹر" کا ایک مجموعہ) ایک قسم کا ریزسٹر ہے جس کی مزاحمت درجہ حرارت کے ساتھ نمایاں طور پر مختلف ہوتی ہے۔ درجہ حرارت سینسنگ اور درجہ حرارت معاوضے کی درخواستوں میں تھرمسٹر بڑے پیمانے پر استعمال ہوتے ہیں۔ وہ عام طور پر سیرامک مواد سے بنے ہوتے ہیں جن میں سیمیکمڈکٹر کی خصوصیات ہوتی ہیں، جس سے درجہ حرارت کے اتار چڑھاو کے جواب میں ان کی مزاحمت کو تبدیل کیا جاسکتا ہے۔

تھرمسٹرس کی اقسام:

این ٹی سی (منفی درجہ حرارت کے گتانک) تھرمسٹرس:

این ٹی سی تھرمسٹروں میں، درجہ حرارت میں اضافے کے ساتھ ہی مزاحمت کم ہوتی ہے۔

یہ عام طور پر ڈیجیٹل تھرمامیٹر، آٹوموٹو درجہ حرارت سینسر، اور آب وہوا کے کنٹرول سسٹم جیسے ایپلی کیشنز میں درجہ حرارت کی سینسنگ کے لئے استعمال ہوتے ہیں۔

2.1 مقاصد(Objectives)

اس تجربہ میں ہم:

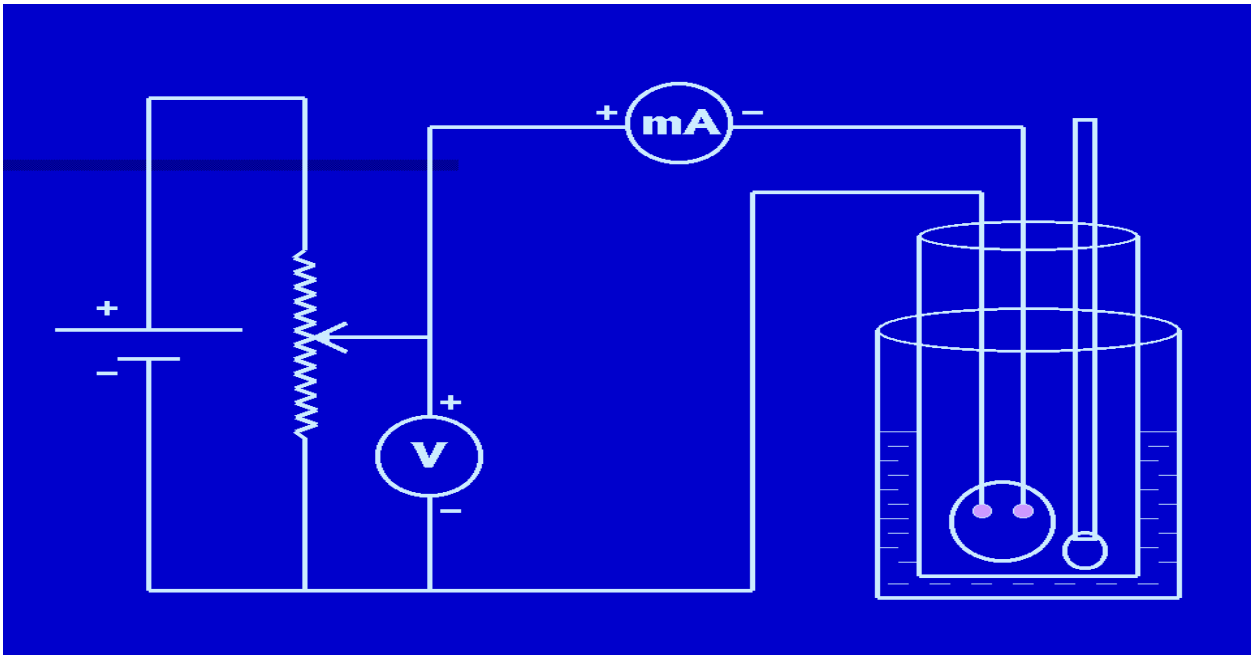
- تھرمسٹر کی ایکٹیویشن انرجی ای جی کو تلاش کرنے کے لئے۔

2.2 آلات(Apparatus)

i. تھرمسٹر، تھرمامیٹر (0 سے 100 ڈگری سی.)،
ii. تھرمسٹر، ریوسٹاٹ، وولٹ میٹر،
iii. ملی امیٹر،
iv. فکسڈ وولٹیج کا ذریعہ گرم کرنے کے لئے حرارتی انتظام۔

2.2.1 تشریح آلات(Apparatus Explanation)

تجربہ کے لئے آلات کی تفصیل:



w-of-radiation-with-an-amplifier_9515_10446

شکل(2.1)

جسمانی طور پر، تھرمسٹرس مرکبات کے مرکب کو کمپریس کر کے عام طور پر مینگنیج، کوبالٹ، کیلشیم، یورینیم، آئرن، زنک، ٹائٹینیم، ایلومینیم اور میگنیشیم کے آکسائڈس کے مرکب کے ذریعہ بنائے جاتے ہیں۔ یہ ایک پاؤڈر کی شکل میں شروع ہوتا ہے، اور اس مواد کو چھڑیوں، موتیوں یا ڈسکس میں تشکیل دیا جاسکتا ہے، جس کے ذریعہ سائنٹرنگ نامی عمل ہوتا ہے۔ یہ محض ہائی پریشر اور درجہ حرارت کے تحت مواد کی ایک بلاب تشکیل دینے کا عمل ہے۔ تار لیڈز تھرمسٹر کے ساتھ منسلک ہوسکتے ہیں، اور کبھی کبھی ایسا ہوتا ہے

مثال کے طور پر کچھ بادشاہ، شیشے کے لفافے میں بند ہے۔ انجیر 3 مختلف شکلیں دکھاتا ہے جس میں تھرمسٹر تجارتی طور پر دستیاب ہیں۔ اس ٹریننگ بورڈ کے ساتھ فراہم کردہ تھرمسٹر ایک ہے مالا کی قسم

2.3 نظریہ (Theory)

ٹیویشن انرجی ای جی=0.396 میٹر ای وی، جہاں ایم لاگ 10 آر اور 1 / ٹی کے لئے حاصل کردہ سیدھی لائن پلاٹ کی ڈھلوان ہے۔

تھرمسٹر ایک سیمی کنڈکٹر ڈیوائس ہے جس میں منفی درجہ حرارت کی مزاحمت کا گتانک ہے،

زیادہ تر دھاتوں کے برعکس۔ مزاحمت درجہ حرارت کے ساتھ ایک کفایتی تغیر کی پیروی کرتی ہے جو کہ ہے۔

مندرجہ ذیل تعلق سے دیا گیا:

$$R=R_{\circ} \exp\left[\beta\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0}\right)\right] \quad \ldots\ldots\ldots\

جہاں T = $R_{\circ}$ = درجہ حرارت پر تھرمسٹر کی مزاحمت۔

β = ایک تجرباتی مستقل جس کی قدر 3500–4500 K کے درمیان ہو سکتی ہے۔

2.4 طریقہ عمل (Procedure)

a. تھرمسٹر کے عملی استعمال میں عام طور پر اسے درجہ حرارت سینسر کے طور پر استعمال کرنا یا سرکٹ میں درجہ حرارت پر منحصر رویے کو کنٹرول کرنے کے لیے شامل ہوتا ہے۔ ذیل میں تھرمسٹر کا استعمال کرتے ہوئے ایک سادہ، عملی سرکٹ کی مثال دی گئی ہے۔

b. عملی مثال: این ٹی سی تھرمسٹر کے ساتھ ٹمپریچر سینسنگ

c. مقصد: این ٹی سی تھرمسٹر کا استعمال کرتے ہوئے درجہ حرارت کی پیمائش کریں اور وولٹیج ڈیوائیڈر سرکٹ کا استعمال کرتے ہوئے اس درجہ حرارت کو پڑھنے کے قابل وولٹیج سگنل میں تبدیل کریں۔ اسے ڈیجیٹل تھرمامیٹر، درجہ حرارت کنٹرول سسٹم، یا آب و ہوا کے کنٹرول کے لیے گھریلو آٹومیشن جیسے سسٹمز میں استعمال کیا جا سکتا ہے۔

اجزاء کی ضرورت ہے:

d. NTC تھرمسٹر (مثلاً 10kΩ 25°C پر)

e. ریزسٹر (مثال کے طور پر، 10kΩ، یا تھرمسٹر پر مبنی اسی قدر)

f. مائیکرو کنٹرولر (مثلاً، Arduino یا Raspberry Pi) درجہ حرارت پڑھنے کے لیے

g. بجلی کی فراہمی (مثال کے طور پر، 5V)

h. بریڈ بورڈ اور جمپر کی تاریں۔

i. اختیاری: درجہ حرارت دکھانے کے لیے LCD یا LED ڈسپلے

j. سرکٹ سیٹ اپ:

k. وولٹیج ڈیوائیڈر سرکٹ

l. وولٹیج ڈیوائیڈر سرکٹ بنانے کے لیے تھرمسٹر کو ایک فکسڈ ریزسٹر کے ساتھ سیریز میں جوڑیں۔

m. تھرمسٹر کا ایک سرا مثبت سپلائی وولٹیج (5V) سے جڑا ہوا ہے۔

n. تھرمسٹر کا دوسرا سرا مائکرو کنٹرولر کے ان پٹ پن سے جڑا ہوا ہے (جیسے، Arduino اینالاگ ان پٹ پن) اور فکسڈ ریزسٹر کے ایک سرے سے بھی۔

o. ریزسٹر کا دوسرا سرا زمین (GND) سے جڑا ہوا ہے

p. تھرمسٹر اور ریزسٹر کے درمیان جنکشن پر موجود وولٹیج کو مائیکرو کنٹرولر کے اینالاگ ان پٹ پن سے پڑھا جا سکتا ہے۔ یہ وولٹیج درجہ حرارت کی بنیاد پر تبدیل ہو جائے گا کیونکہ تھرمسٹر کی مزاحمت درجہ حرارت کے ساتھ بدل جاتی ہے۔

q. سرکٹ ڈایاگرام میں دکھائے جانے والے رابطوں کو بنائیں۔ پانی کو بیکر میں گرم کریں، تاکہ بیکر میں تھرمامیٹر 75 ڈیجس سی کا درجہ حرارت دکھائے۔ پھر پانی کی حرارت کو روک دیا جائے۔ کچھ وقت کے بعد تھرمامیٹر مستحکم درجہ حرارت کو ظاہر کرتا ہے۔ اطلاق شدہ وولٹیج کو ریوسٹاٹ پر سلائیڈر سلائیڈنگ کر کے مناسب طریقے سے منتخب کیا جاتا ہے۔ وولٹیج اور کرنٹ کو نوٹ کریں۔ اب تھرمسٹر کے اس پار وولٹیج کو پورے تجربے میں مستقل رکھنا چاہئے۔

r. جیسے جیسے تھرمسٹر ٹھنڈا ہوتا ہے، 5 ڈگری سی کے وقفوں پر مختلف درجہ حرارت پر موجودہ ریڈنگ کو نوٹ کیا جاتا ہے اور مشاہدے کی جدول میں داخل کیا جاتا ہے۔

2.5 مشاہدہ اور تحسیب (Observations and Analysis)

مشاہدات:

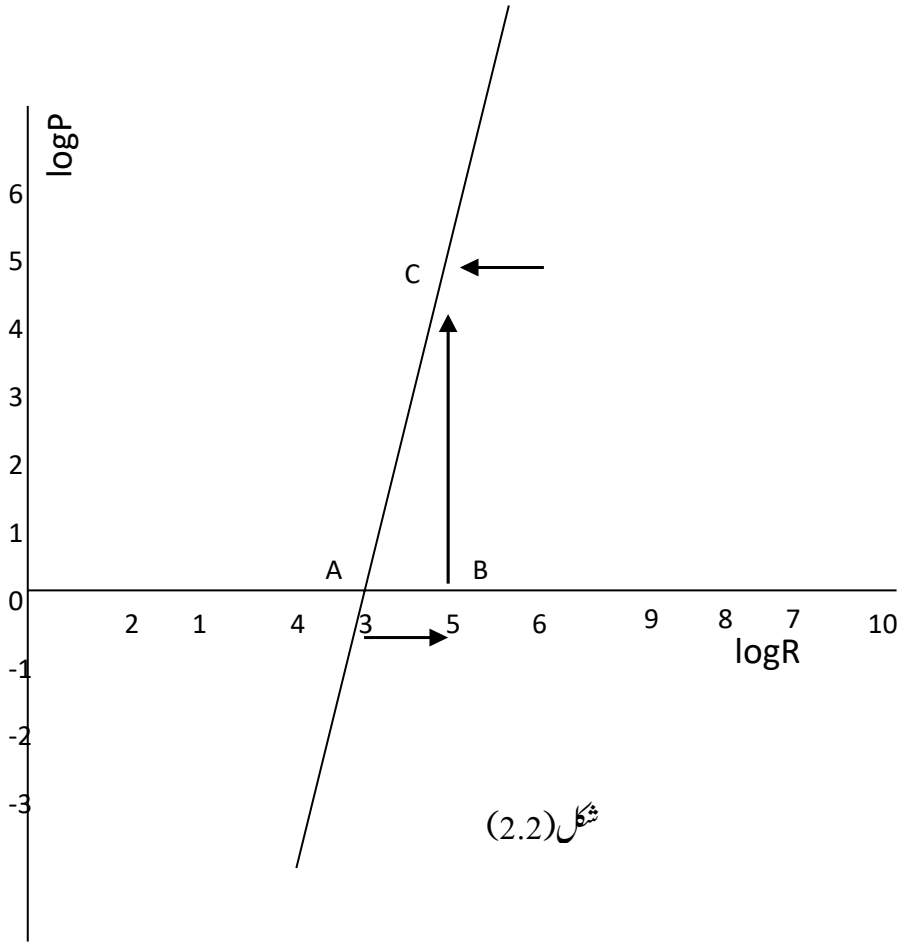
جدول 2.1

-

Sr. No.	Temperature (Degrees C.)	Voltage (Volts)	Current (mA)	Resistance (ohms)	Temperature (Degrees K)	$10^3 / T$	$Log_{10} R$
1	80						
2	75						
3	70						
4	65						
5	60						
6	55						
7	50						
8	45						
9	40						

logPکے لاگ10 آرکا گراف پلاٹ کریں۔وکر کی ڈھلان کا تعین کیا جاتا ہے۔

RESULT



شکل(2.2)

مثال کے طور پر=ڈھالevx 0.396

2.6 احتیاطی تدابیر (Precautions)

ممکنہ غلطیاں و احتیاطیں:

- پانی سے ٹینک بھرنے سے پہلے ہیٹر کو کبھی آن نہ کریں۔
- ٹینک سے پانی چارج کرنے سے پہلے ہیٹر کو 'آف' کر دیں۔
- تجربہ مکمل ہونے کے بعد پانی نکال دیں۔
- دھاتی قرص، منحنی کی نچلی سطح اور دائروی دھاتی قرص کی اوپری سطح کے درمیان حرارت کے گزرنے کے لیے رابطہ اچھی طرح ہونا ضروری ہے۔

2.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت (Significant of Experiment in Domestic Life)

- تھرمسٹر کا درجہ حرارت 80 ڈگری سینٹی گریڈ سے آگے نہیں جانا چاہئے
- تھرمسٹر تھرمامیٹر کے پارے بلب کے بہت قریب ہونا چاہئے۔
- گھریلو آلات میں درجہ حرارت کی نگرانی جیسے ریفریجریٹرز، کافی بنانے والے، اور تندور۔
- اسمارٹ فونز، لیپ ٹاپ، اور بجلی کی گاڑیوں میں بیٹری کا تحفظ۔
- چارجرز اور پاور اڈیپٹر میں حد سے زیادہ تحفظ۔
- گھر اور کار کے درجہ حرارت کو منظم کرنے کے لئے HVAC سسٹم میں درجہ حرارت پر قابو پانا
- انجن کے درجہ حرارت اور بیٹری کے انتظام کو منظم کرنے کے لئے کاروں میں نگرانی کے نظام
- صحت کی اہم نگرانی میں درجہ حرارت کے عین مطابق ضابطے کے لئے طبی آلات۔
- جدید الیکٹرانکس اور روزمرہ کے آلات میں تھرمسٹرس اہم اجزاء ہیں، جو درجہ حرارت کی حفاظت، کنٹرول اور ضابطے میں معاون ہیں، جس سے وہ روزمرہ کی زندگی میں ناگزیر ہیں۔

2.8 تجربی نتائج (Experimental Results)

نتائج:

- دیئے گئے تھرمسٹر کی ایکٹیویشن انرجی ای وی پایا جاتا ہے۔

- مثال کے طور پر = ڈھال evx 0.396

2.9 کلیدی الفاظ (Key Words)

- درجہ حرارت سینسر: درجہ حرارت کی پیائش کے لیے استعمال ہونے والا آلہ۔ تھرمسٹر درجہ حرارت کی مختلف حالتوں کی وجہ سے مزاحمت میں ہونے والی تبدیلیوں کا پتہ لگا کر درجہ حرارت کے سینسر کے طور پر کام کرتے ہیں، جو ماحولیاتی یا آلے کے درجہ حرارت کی نگرانی کا طریقہ فراہم کرتے ہیں۔
- این ٹی سی (منفی درجہ حرارت کا گتانک): تعریف: تھرمسٹر کی ایک قسم جس کی مزاحمت درجہ حرارت بڑھنے کے ساتھ کم ہو جاتی ہے۔ این ٹی سی تھرمسٹر عام طور پر درجہ حرارت کو محسوس کرنے اور کنٹرول کرنے کے لیے استعمال ہوتے ہیں، کیونکہ وہ درجہ حرارت کی چھوٹی تبدیلیوں کے لیے اعلیٰ حساسیت پیش کرتے ہیں۔
- پی ٹی سی (مثبت درجہ حرارت کا گتانک): تعریف: تھرمسٹر کی ایک قسم جس کی مزاحمت درجہ حرارت بڑھنے کے ساتھ بڑھ جاتی ہے۔ پی ٹی سی تھرمسٹر اکثر اوور کرنٹ تحفظ کے لیے استعمال ہوتے ہیں، کیونکہ جب درجہ حرارت بڑھتا ہے تو وہ کرنٹ کو محدود کر دیتے ہیں۔
- مزاحمت-درجہ حرارت کا رشتہ: تعریف: تھرمسٹر کی مزاحمت اور ارد گرد کے درجہ حرارت کے درمیان تعلق۔ یہ رشتہ غیر خطی ہے، یعنی درجہ حرارت کی حد کے لحاظ سے مزاحمت مختلف شرحوں پر تبدیل ہوتی ہے۔
- تھرمل حساسیت: درجہ حرارت کی تبدیلیوں کا جواب دینے کے لیے تھرمسٹر کی صلاحیت۔ تھرمسٹر درجہ حرارت کے لیے انتہائی حساس ہوتے ہیں، جس کی وجہ سے وہ اعلیٰ درستگی کے ساتھ درجہ حرارت میں چھوٹے تغیرات کا پتہ لگا سکتے ہیں۔
- وولٹیج ڈیوائیڈر سرکٹ: ایک سرکٹ کنفیگریشن جس میں دو ریزسٹرس (بشمول ایک تھرمسٹر) سیریز میں جڑے ہوتے ہیں، جس میں آؤٹ پٹ وولٹیج دو ریزسٹرس کے درمیان جنکشن سے لیا جاتا ہے۔ اس کنفیگریشن کا استعمال مزاحمت میں ہونے والی تبدیلیوں (درجہ حرارت کی تبدیلیوں کی وجہ سے) کو قابل پیائش وولٹیج میں تبدیل کرنے کے لیے کیا جاتا ہے

اپنی معلومات کی جانچ کیجئے (Check your Information Questions)

1. تھرمسٹر کیا ہے؟

.....

.....

.....

.....

2. تھرمسٹروں کی دو اہم اقسام کیا ہیں؟

.....

.....

.....

.....

3. تھرمسٹر کیسے کام کرتا ہے؟

.....

.....

.....

.....

4. تھرمسٹر بیٹریوں کو زیادہ گرمی سے کیسے بچاتا ہے؟

.....

.....

.....

.....

5. تھرمسٹر کا مزاحمتی درجہ حرارت کا کیا تعلق ہے؟

.....

.....

.....

.....

6. درجہ حرارت کی درست پیائش کے آپ تھرمسٹر کو کس طرح کیلیبریٹ کرتے ہیں؟

.....

.....

.....

.....

7. درجہ حرارت کی حد تھرمسٹروں کے لئے کیوں اہم ہے؟

.....

.....

.....

.....

8. آپ کسی مخصوص ایپلی کیشن کے لئے صحیح تھرمسٹر کا انتخاب کیسے کرتے ہیں؟

Calculations

Calculations

اکائی 3۔ کولنگ کا نیوٹنز کلیہ

(Newtons Law of Cooling)

اکائی کے اجزا

3.0		تمہید
3.1		مقاصد
3.2		آلات
	3.2.1	تشریح آلات
3.3		نظریہ
3.4		طریقہ عمل
3.5		مشاہدہ اور تحسیب
3.6		احتیاطی تدابیر
3.7		روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت
3.8		تجربی نتائج
3.9		کلیدی الفاظ

3.0 تمہید(Introduction)

نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون میں اس شرح کی وضاحت کی گئی ہے جس پر کوئی شے اپنے درجہ حرارت کو تبدیل کرتی ہے کیونکہ یہ اپنے آس پاس کے ماحول سے گرمی کا تبادلہ کرتی ہے۔ اس قانون میں کہا گیا ہے کہ کسی شے کے درجہ حرارت میں تبدیلی کی شرح شے اور اس کے گردونواح کے مابین درجہ حرارت میں فرق کے متناسب ہے۔ آسان الفاظ میں، کسی شے کا موازنہ اس کے ماحول سے کیا جاتا ہے، جتنا تیزی سے یہ ٹھنڈا ہو جائے گا (یا سیاق وسباق پر منحصر ہے، گرم ہو جائے گا)۔ ریاضی کے مطابق، نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کا اظہار اس طرح کیا جاسکتا ہے :وقت کے ساتھ درجہ حرارت میں تبدیلی کی شرح ہے۔ اس مساوات سے پتہ چلتا ہے کہ درجہ حرارت میں تبدیلی کی شرح شے اور اس کے آس پاس کے مابین درجہ حرارت میں فرق کے متناسب ہے۔ جیسا کہ

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t} \alpha \left(T - T_0\right)$$

3.1 مقاصد(Objectives)

اس تجربہ میں ہم:

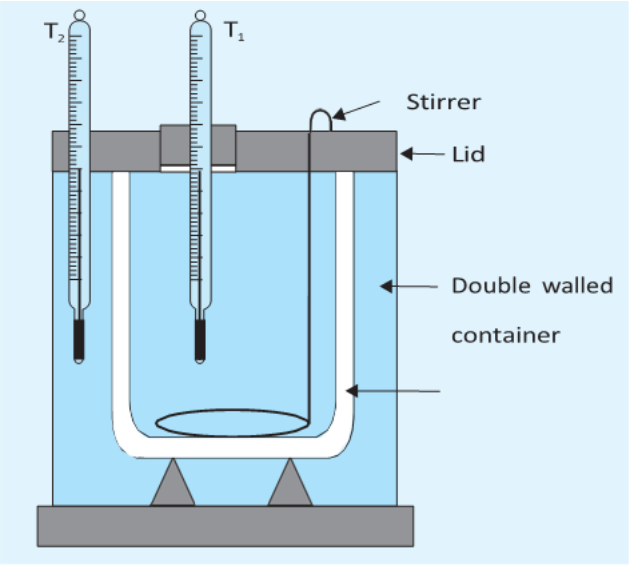
گرم جسم کے درجہ حرارت اور ٹھنڈک وکر کی منصوبہ بندی کر کے اس کے ٹھنڈک کے وقت کے مابین تعلقات کا مطالعہ کرنا۔

3.2 آلات(Apparatus)

- مطلوبہ مواد:
- کاپر کیلوری میٹر
- اسٹریرر
- کلیمپ اور اسٹینڈ کے ساتھ لکڑی کا خانہ
- درمیان میں ایک لکڑی کا ڑکن جس میں ایک سوراخ ہوتا ہے۔
- ترمامیٹر
- واچ بند کرو
- تقریبا80 ° C کا گرم پانی

3.2.1 تشریح آلات(Apparatus Explanation)

جیسا کہ شکل 3.1 میں دکھایا گیا ہے، کولنگ کا قانون اپریٹس میں ایک ڈبل دیوار والا کنٹینر ہے، جو موصل ڑکن کے ذریعہ بند کیا جاسکتا ہے۔ پانی بھرا ہوا ڈبل دیواروں کے درمیان درجہ حرارت کو یقینی بناتا ہے کیلوریٹر کے آس پاس کے ماحول کی مستقل رہتا ہے۔ مائع کا درجہ حرارت اور کیلوری میٹر بھی منصفانہ طور پر مستقل رہتا ہے طویل مدت کا درجہ حرارت پیمائش ممکن ہے۔ میں پانی کا درجہ حرارت کیلوریو میٹر اور ڈبل دیواروں کے درمیان پانی کا کنٹینر دو تھرمامیٹر کے ذریعہ ریکارڈ کیا جاتا ہے



Newton's law of cooling apparatus

شکل(3.1)

3.3 نظریہ(Theory)

کولنگ کے اس قانون کا نام مشہور انگریزی طبیعیات دان سر آئزک نیوٹن کے نام پر رکھا گیا ہے، جس نے کولنگ کی نوعیت پر پہلا تجربات کیے تھے۔

قانون کا بیان:

نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کے مطابق، جسم کو ٹھنڈا کرنے کی شرح جسم (ٹی) اور اس کے آس پاس (ٹی0) کے درجہ حرارت میں فرق کے لئے براہ راست متناسب ہے، بشرطیکہ درجہ حرارت میں فرق C300 سے زیادہ نہیں ہونا چاہئے۔

مذکورہ بالا بیان سے

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t}\alpha(T - T_0)$$

درجہ حرارت T0 کے آس پاس میں رکھے گئے بڑے پیمانے پر ایم، مخصوص گرمی، اور درجہ حرارت ٹی کے جسم کے لئے۔

$$Q = msT$$

اب، ٹھنڈک کی شرح،

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = ms\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t}$$

لہذا،

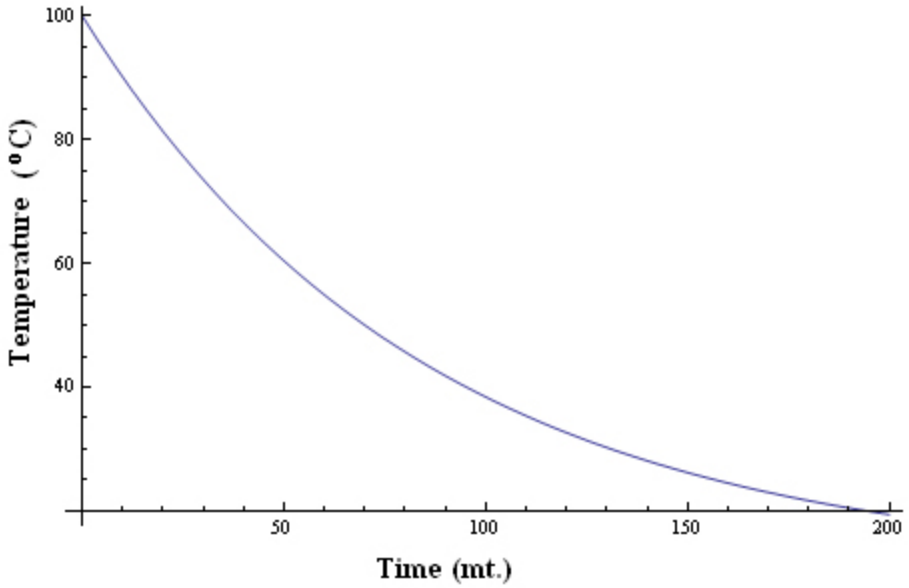
$$ms\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t}\alpha\left(T - T_0\right)$$

چونکہ جسم کی بڑے پیمانے پر اور مخصوص حرارت کو مستقل طور پر لیا جاتا ہے، لہذا وقت کے ساتھ درجہ حرارت میں تبدیلی کی شرح کو اس طرح لکھا جاسکتا ہے،

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t}\alpha\left(T - T_0\right)$$

مذکورہ مساوات کی وضاحت کرتی ہے کہ، جیسے جیسے وقت بڑھتا ہے، جسم اور گردونواح کے درجہ حرارت میں فرق کم ہوتا ہے اور اسی وجہ سے، درجہ حرارت کے زوال کی شرح بھی کم ہوتی ہے۔

اس کی نمائندگی گرافک طور پر کی جاسکتی ہے،



شکل(3.2)

3.4 طریقہ عمل(Procedure)

1. تقریبا80 ° C کے گرم پانی کے ساتھ اسٹریرر پر مشتمل تانبے کے تقریبا2 / rd3 کو بھریں۔
2. کیلوری میٹر کو لکڑی کے خانے کے اندر رکھیں۔ گرمی کے نقصان سے بچنے کے لئے لکڑی کے خانے اور کیلوری میٹر کے درمیان کی جگہ روئی سے بھری ہوئی ہے۔
3. لکڑی کے خانے کو اس کے ڑکن سے بند کریں۔
4. کلیمپ اور اسٹینڈ سے کیلوری میٹر میں گرم پانی کے اندر تھرمامیٹر معطل کریں۔
5. یکساں طور پر ٹھنڈا بنانے کے لئے پانی کو مسلسل ہلائیں۔
6. جب گرم پانی کا درجہ حرارت70 ° C تک گرتا ہے تو، اسٹاپ واچ شروع کریں۔
7. ہر پانچ منٹ میں درجہ حرارت کو پڑھنا نوٹ کریں۔
8. درجہ حرارت کے مشاہدے کو جاری رکھیں جب تک کہ درجہ حرارت مستقل نہ ہو جائے۔
9. ایکس محور کے ساتھ ساتھ وقت کے درمیان گراف کی پلاٹ کریں اور y محور کے ساتھ درجہ حرارت۔ اس گراف کو کولنگ وکر کہا جاتا ہے۔

10. گراف ایک کفایت شعاری ہے اور اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ درجہ حرارت شروع میں تیزی سے گرتا ہے اور پھر آہستہ آہستہ جب درجہ حرارت کا فرق کم ہوتا جارہا ہے۔ اس سے نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کی تصدیق ہوتی ہے۔

سمیلیٹر کا طریقہ کار (جیسا کہ آن لائن لیبز کے ذریعے انجام دیا گیا ہے):

1. ڈراپ ڈاؤن لسٹ سے کیلوری میٹر کا مواد منتخب کریں۔
2. سلائیڈر کا استعمال کرتے ہوئے کیلوریٹر کے رداس کو منتخب کریں۔
3. سلائیڈر کا استعمال کرتے ہوئے کیلوریٹر کے بڑے پیمانے پر منتخب کریں۔
4. ڈراپ ڈاؤن لسٹ سے مائع نمونہ منتخب کریں۔
5. سلائیڈر کا استعمال کرتے ہوئے پہلے سے گرم مائع کا درجہ حرارت منتخب کریں۔
6. سلائیڈر کا استعمال کرتے ہوئے کمرے کا درجہ حرارت منتخب کریں۔
7. مائع کا بڑے پیمانے پر 250.جی مقرر کیا گیا ہے۔
8. تجربے کو شروع کرنے / روکنے کے لئے ٹائمر پر 'اسٹارٹ' بٹن پر کلک کریں۔
9. کراس سیکشن ایریا کو دیکھنے کے لئے 'شو کراس سیکشن' کے بٹن پر کلک کریں۔
10. گراف دیکھنے کے لئے 'شو گراف' بٹن پر کلک کریں۔
11. تجربے کو دوبارہ کرنے کے لئے، 'ری سیٹ' بٹن پر کلک کریں۔

3.5 مشاہدہ اور تحسیب (Observations and Analysis)

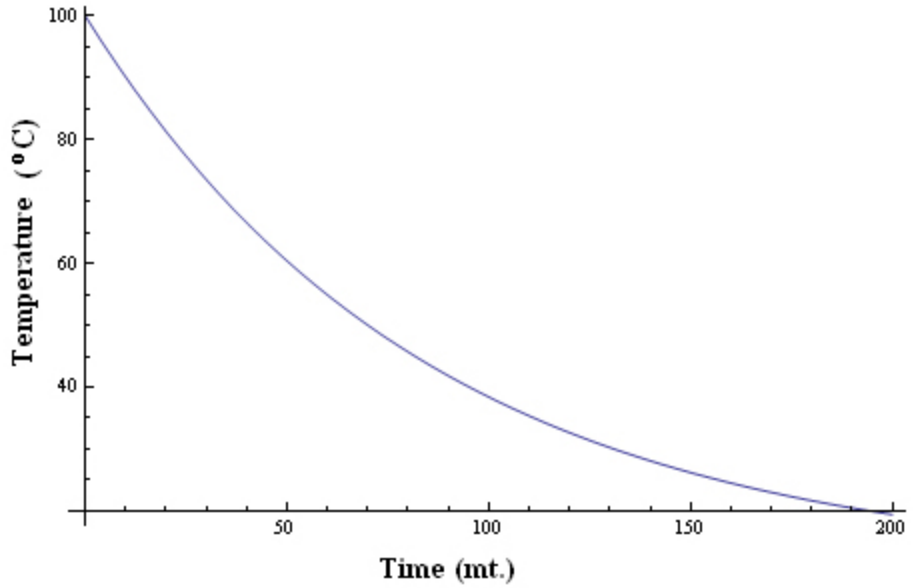
مشاہدات:

- Least count of both the identical thermometers = ... °C
- Least count of stop-watch/clock = ... s
- Initial temperature of water in the enclosure θ_1 = ... °C

جدول(3.1)

Sl. No.	Time for cooling, t (mt.)	Temperature of water in calorimeter, T(°C)	Temperature of water in enclosure, T_0 (°C)	Difference of temperature, $(T-T_0)$ (°C)
1	0	70		
2	1			
3	2			
4	3			
5	4			
6	5			
7	6			
8	7			
9	8			

- دیوار میں پانی کا درجہ حرارت مستقل پایا جاتا ہے۔ اگر نہیں تو، پھر اس کا مطلب T0 کے طور پر لیں۔
- مشاہدات سے، ہم درجہ حرارت کے فرق (T-T0) کا حساب لگا سکتے ہیں۔
- اب، وقت (ٹی) اور درجہ حرارت (ٹی) کے درمیان گراف کو پلاٹ کریں، X محور کے ساتھ وقت لگائیں اور Y محور کے ساتھ درجہ حرارت۔



3.6 احتیاطی تدابیر (Precautions)

ممکنہ غلطیاں و احتیاطیں:

1. **درست درجہ حرارت کی پیائش:**
   a. ایک قابل اعتماد تھرمامیٹر یا درجہ حرارت سینسر استعمال کریں: یقینی بنائیں کہ تھرمامیٹر کیلیبریٹ کیا گیا ہے اور درجہ حرارت کی درست تبدیلیوں کو ریکارڈ کرنے کے لیے اس میں اعلیٰ سطح کی درستگی ہے۔
   b. تھرمامیٹر کی مناسب جگہ کو یقینی بنائیں: اس بات کو یقینی بنائیں کہ تھرمامیٹر اس چیز یا سیال میں رکھا گیا ہے جس کا درجہ حرارت ناپا جارہا ہے، بیرونی سطحوں یا ماحول کے ساتھ کسی بھی براہ راست رابطے سے گریز کریں، جس سے ریڈنگ میں کمی واقع ہو سکتی ہے۔
2. **مسلسل محیطی درجہ حرارت:**
   a. ماحول کو کنٹرول کریں: ایک ایسے کنٹرول شدہ ماحول میں تجربہ کریں جہاں ارد گرد کا درجہ حرارت مستقل اور یکساں ہو۔ محیطی درجہ حرارت میں تغیرات کولنگ کی شرح کو متاثر کر سکتے ہیں۔
   b. ڈرافٹس سے پرہیز کریں: ہوا کا بہاؤ یا ڈرافٹس درجہ حرارت میں اتار چڑھاؤ کا سبب بن سکتے ہیں جو چیز کے ٹھنڈا ہونے کی شرح کو بگاڑ سکتا ہے۔ اس بات کو یقینی بنائیں کہ کوئی پنکھا یا کھلی کھڑکی تجربے کو متاثر نہیں کر رہی ہے۔
3. **مناسب موصلیت:**
   a. ماحول میں گرمی کے نقصان کو کم سے کم کریں: جس کنٹینر یا چیز کو آپ تجربے میں استعمال کر رہے ہیں اسے زیادہ سے زیادہ انسول کریں، سوائے اس کے کہ جہاں ٹھنڈک کے عمل کو دیکھنے کے لیے ضروری ہو۔ یہ یقینی بناتا ہے کہ حرارت کی منتقلی کا بنیادی ذریعہ محیطی درجہ حرارت ہے نہ کہ دیگر بیرونی عوامل۔

b. چیز کو بہت زیادہ چھونے یا سنبھالنے سے گریز کریں: کوئی بھی جسمانی رابطہ آبجیکٹ کے درجہ حرارت کو تبدیل کر سکتا ہے یا حرارت کو منتقل کر سکتا ہے، جس کی وجہ سے ریڈنگ غلط ہو سکتی ہے

4. درست وقت:

a. ایک درست ٹائمر یا سٹاپ واچ استعمال کریں: درجہ حرارت کی تبدیلیوں کو ریکارڈ کرتے وقت وقت کے وقفوں کی درستگی سے پیمائش کریں۔ وقت میں خرابیاں کولنگ ریٹ کے غلط تعین کا باعث بن سکتی ہیں۔

3.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت (Significant of Experiment in Domestic Life)

- کافی کولنگ ڈاؤن - جب آپ کافی کا ایک گرم کپ میز پر چھوڑ دیتے ہیں، تو یہ ٹھنڈا ہو جاتا ہے۔ جس شرح سے یہ ٹھنڈا ہوتا ہے اس پر نیوٹن کے قانون کی ٹھنڈک ہوتی ہے۔ اگر ارد گرد کا ماحول کافی سے زیادہ ٹھنڈا ہے تو یہ ابتدائی طور پر تیزی سے ٹھنڈا ہو جائے گا، لیکن کمرے کے درجہ حرارت کے قریب آتے ہی ٹھنڈک کی رفتار کم ہو جائے گی۔
- ریفریجریشن - جب کوئی گرم چیز (جیسے کھانا) ریفریجریٹر میں رکھی جاتی ہے، تو یہ فریج کے اندر کی ٹھنڈی ہوا سے گرمی کھو دیتی ہے۔ نیوٹن کا قانون بتاتا ہے کہ کھانا اس وقت تک کیسے ٹھنڈا ہوتا ہے جب تک کہ یہ فرج کے اندر کی ہوا کے درجہ حرارت تک نہ پہنچ جائے۔
- جسمانی درجہ حرارت کا ضابطہ - جب کسی شخص کو سرد موسم کا سامنا کرنا پڑتا ہے تو اس کا جسم نیوٹن کے قانون کے مطابق ٹھنڈا ہو جاتا ہے۔ جسم کا درجہ حرارت اس شرح سے گرے گا جو جسم کے درجہ حرارت اور ارد گرد کے ماحول کے درمیان فرق پر منحصر ہے۔
- الیکٹرانکس کی ٹھنڈک - کمپیوٹر یا اسمارٹ فون جیسے الیکٹرانکس کام کرتے وقت گرم ہو جاتے ہیں۔ زیادہ گرمی کو روکنے کے لیے، وہ کولنگ سسٹم پر انحصار کرتے ہیں۔ ان آلات کی ٹھنڈک، خاص طور پر جب اندرونی درجہ حرارت کمرے کے درجہ حرارت سے نمایاں طور پر مختلف ہو، نیوٹن کے کولنگ کے قانون کی پیروی کرتا ہے۔
- تندور میں کھانے کا درجہ حرارت - بیکنگ یا پکاتے وقت، تندور کے اندر کھانا ہٹانے کے بعد ٹھنڈا ہو جاتا ہے۔ ٹھنڈک کی شرح تیز ہو جائے گی اگر کھانے اور کمرے کے درجہ حرارت کے درمیان درجہ حرارت کا فرق زیادہ ہو، اور درجہ حرارت زیادہ یکساں ہونے کی وجہ سے سست ہو جائے۔

- نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کو سمجھ کر اور لاگو کرنے سے، ہم مختلف روزمرہ کے حالات میں گرمی کا زیادہ مؤثر طریقے سے انتظام کر سکتے ہیں، اس بات کو یقینی بنانے سے کہ ہمارے مشروبات کو درست درجہ حرارت پر رہنے سے لے کر مشینری کے لیے کولنگ سسٹم کو بہتر بنانے تک۔

3.8 تجربی نتائج (Experimental Results)

نتائج:

- مائع کی ٹھنڈک وکر کی منصوبہ بندی کی گئی ہے۔
- درجہ حرارت شروع میں تیزی سے گرتا ہے اور پھر آہستہ آہستہ جب درجہ حرارت کا فرق کم ہوتا جارہا ہے۔
- یہ نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون سے متفق ہے۔

سیکھنے کے نتائج

- طلباء گرمی کی منتقلی کے مختلف طریقوں کو سمجھتے ہیں۔
- طلباء متغیرات کی نشاندہی کرتے ہیں جو کسی مادہ کی ٹھنڈک کی شرح کو متاثر کرتے ہیں۔
- طلباء نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کی تصدیق کرتے ہیں۔
- طلباء درجہ حرارت اور اشیاء کو ٹھنڈا کرنے کے وقت کے مابین تعلقات کو سمجھتے ہیں

3.9 کلیدی الفاظ (Key Words)

- **درجہ حرارت:** کسی شے کی تھرمل توانائی کا ایک پیمانہ۔
- **کولنگ ریٹ:** جس رفتار سے کسی شے سے گرمی کھو جاتی ہے۔
- **محیطی درجہ حرارت:** گردونواح کا درجہ حرارت۔
- **تھرمل چالکتا:** گرمی کی منتقلی کے لئے کسی مواد کی صلاحیت۔
- **حرارت کی منتقلی:** وہ عمل جس کے ذریعہ گرمی کی توانائی گرم چیز سے کولر کی طرف منتقل ہوتی ہے۔
- **تناسب مستقل (کے):** ایک مستقل جو شے کی خصوصیات اور آس پاس کے ماحول جیسے عوامل پر منحصر ہوتا ہے۔

اپنی معلومات کی جانچ کیجئے (Check your Information Questions)

1. جسم کے درجہ حرارت کی وضاحت کریں؟

.....

.....

.....

2. وہ کون سا قانون ہے جو جسم کی ٹھنڈک کے ارد گرد کے درجہ حرارت کے ساتھ تعلق کو واضح کرتا ہے؟

.....

.....

.....

3. اس عمل کا نام بتائیں جو الٹی سمت میں واپس نہیں جا سکتا؟

.....

.....

.....

4. درج ذیل میں سے کون سا بیان درست ہے؟

.....

.....

.....

5. ٹھنڈک کی شرح سے کیا مراد ہے؟

.....

.....

.....

6. عام درجہ حرارت کے نیچے گرم جسم کے ٹھنڈا ہونے کے وقت بمقابلہ درجہ حرارت کے گراف کی شکل کیا ہے؟

7. نیوٹن کے کولنگ کریو کی کیا اہمیت ہے؟

8. درج ذیل میں سے صحیح تعلق کا انتخاب کریں؟

9. درجہ حرارت C800 کے دو ایک جیسے جسموں کو بالترتیب درجہ حرارت C100 اور C600 کے دو کنٹینرز میں رکھا گیا ہے۔ ان میں سے کون پہلے ٹھنڈا ہوتا ہے؟

10. ریاضیاتی شکل میں نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کا اظہار کریں؟

ناقص مادوں کی حراری موصلیت کی شرح کے میعاری قدریں:

ناقص مادہ	حراری موصولیت کی قدر
0.026	Polystyrene foam پولیسٹیرینی فوم
0.113	Wood -Pine لکڑی-صنوبر
0.138	Natural rubber قدرتی ربر
0.251	Teflon تفلن
0.469	Packed snow بستہ برف
1.13	Pyrex glass شیشہ پائیر بکس
1.506	Wet soil گیلی مٹی
6.694	Manganese مینگنیز
13.389	Stainless steel اسٹینلیس سٹیل
34.3	lead سیسہ

Calculations

Maulana Azad National Urdu University

B.Sc. (Physics) IV -Semester Examination

Basic Statistical Physics – BNPH401DEP

Practical Model Paper

وقت:2گھنٹے　　کل نمبرات:10

---

1. فوٹو الیکٹرک اثر کا استعمال کرتے ہوئے پلانک کا مشغلہ(Plank's Constant)اور کام تفاعل(WorkFunction)کی تخمین کریں۔
2. گرم جسم کے درجہ حرارت اور ٹھنڈک وکر کی منصوبہ بندی کرکے اس کے ٹھنڈک کے وقت کے مابین تعلقات کا مطالعہ کرنا۔
3. تھرمسٹر کی ایکٹیویشن انرجی ای جی کو تلاش کرنے کے لئے۔
4. فوٹو الیکٹرک اثر کا استعمال کرتے ہوئے پلانک مستقلہ(Plank's Constant)اور کام تفاعل(Work Function)کی تخمین کرنا۔
5. تابکاری کے معکوس مربع قانون کی(Inverse Square Law)کی تصدق کرنا۔