

طبیعیات کے اصول

خالد حنان یوسفزئی

جامعہ کامیٹ، اسلام آباد

khalidyousafzai@hotmail.com

۲۸ / دسمبر ۲۰۲۳

عنوان

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

v

۱	پیش	۱
۷	وقت	۱.۱
۹	کیست	۲.۱
۱۰	کثافت	۱.۳.۱

۱۱ جوابات

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

گزشتہ چند برسوں سے حکومت پاکستان اعلیٰ تعلیم کی طرف توجہ دے رہی ہے جس سے ملک کی تاریخ میں پہلی مرتبہ اعلیٰ تعلیمی اداروں میں تحقیق کا رجحان پیدا ہوا ہے۔ امید کی جاتی ہے یہ سلسلہ جاری رہے گا۔

پاکستان میں اعلیٰ تعلیم کا نظام انگریزی زبان میں رائج ہے۔ دنیا میں تحقیقی کام کا بیشتر حصہ انگریزی زبان میں ہی چھپتا ہے۔ انگریزی زبان میں ہر موضوع پر لاتعداد کتابیں پائی جاتی ہیں جن سے طلبہ و طالبات استفادہ کرتے ہیں۔

ہمارے ملک میں طلبہ و طالبات کی ایک بہت بڑی تعداد بنیادی تعلیم اردو زبان میں حاصل کرتی ہے۔ انگریزی زبان میں موجود مواد سے استفادہ کرنا تو دور کی بات، ان کے لئے انگریزی زبان خود ایک رکاوٹ ہے۔ یہ طلبہ و طالبات ذہین ہونے کے باوجود آگے بڑھنے اور قوم و ملک کی بھرپور خدمت کرنے کے قابل نہیں رہتے۔ ایسے طلبہ و طالبات کو اردو زبان میں نصاب کی اچھی کتابیں درکار ہیں۔ ہم نے قومی سطح پر ایسا کرنے کی کوئی حنا طر خواہ کوشش نہیں کی۔

میں برسوں تک اس صورت حال کی وجہ سے پریشانی کا شکار رہا۔ کچھ کرنے کی نیت رکھنے کے باوجود کچھ نہ کر سکتا تھا۔ میرے لئے اردو میں ایک صفحہ بھی لکھنا ناممکن تھا۔ آخر کار ایک دن میں نے اپنی اس کمزوری کو کتاب نہ لکھنے کا جواز بنانے سے انکار کیا اور یوں یہ کتاب وجود میں آئی۔

یہ کتاب اردو زبان میں تعلیم حاصل کرنے والے طلبہ و طالبات کے لئے نہایت آسان اردو میں لکھی گئی ہے۔ کوشش کی گئی ہے کہ اسکول کی سطح پر متعل تیکنیکی اصطلاحات استعمال کئے جائیں۔ جہاں اصطلاحات موجود نہ تھیں وہاں روزمرہ استعمال الفاظ چنے گئے۔ تیکنیکی اصطلاحات کی چٹائیوں کی گئی ہے کہ ان کا استعمال دیگر مضامین میں بھی ہو۔

کتاب میں بین الاقوامی نظام اکائی استعمال کی گئی۔ اہم متغیرات کی علامتیں وہی رکھی گئی جو موجودہ نظام تعلیم کی نصابی کتابوں میں رائج ہے۔ یوں اردو میں لکھی اس کتاب اور انگریزی میں اسی مضمون پر لکھی کتاب پڑھنے والے طلبہ و طالبات کو ساتھ کام کرنے میں دشواری نہیں ہوگی۔

امید کی جاتی ہے یہ کتاب ایک دن حلاقتاً اردو زبان میں انجینیری نصاب کی کتاب کے طور پر پڑھائی جائے گی۔ اردو زبان میں برقی انجینیری کی مکمل نصاب کی طرف یہ پہلا قدم ہے۔

کتاب کے پڑھنے والوں سے گزارش کی جاتی ہے کہ اسے زیادہ سے زیادہ طلبہ و طالبات تک پہنچانے میں مدد دیں اور جہاں بھی کتاب میں غلطی نظر آئے، اس کی نشاندہی میری برقیاتی پتہ پر کریں؛ میں ان کا نہایت شکر گزار ہوں گا۔

کتاب میں تمام غلطیاں مجھ سے سرزد ہوئی ہیں جنہیں درست کرنے میں بہت لوگوں کا ہاتھ ہے۔ میں ان سب کا شکریہ ادا کرتا ہوں۔ یہ سلسلہ ابھی جاری ہے اور مکمل ہونے پر ان حضرات کے تاثرات یہاں شامل کئے جائیں گے۔

میں کامیٹ یونیورسٹی اور ہائیر ایجوکیشن کمیشن کا شکریہ ادا کرنا چاہتا ہوں جن کی وجہ سے ایسی سرگرمیاں ممکن ہوئیں۔

حسالد خان یوسفزئی

28 اکتوبر 2011ء

باب ۱

پیمائش

طبیعیات کیا ہے؟

سائنس و انجینئری پیمائش اور موازنے پر مبنی ہے۔ چیزوں کی پیمائش اور موازنے کے لئے قواعد کی ضرورت پیش آتی ہے؛ پیمائش اور موازنے کے بعد تعین کرنے کے لئے تجربات کا سہارا لینا ہوگا۔ طبیعیات اور انجینئری کا ایک مقصد ان تجربات کی بنیاد ٹ اور تجربہ کرنا ہے۔

چیزوں کی پیمائش

طبیعیات میں ملوث مقداروں کی پیمائش کی طریقہ جان کر ہم طبیعیات دریافت کرتے ہیں۔ ان مقداروں میں لمبائی، وقت، کمیت، درجہ حرارت، دباؤ، اور برقی روشنائی ہیں۔

ہم ہر طبیعی مقدار کا موازنہ ایک معیار^۱ کے ساتھ کر کے طبعی مقدار کو اس کی اکائیوں میں ناپتے ہیں۔ اس مقدار کی ناپ کو ایک منظم نام دیا جاتا ہے جسے اکائی^۲ کہتے ہیں۔ مثلاً، لمبائی کی پیمائش میٹر (m) میں کی جاتی ہے۔ معیار سے مراد، مقدار کی ٹھیک ایک اکائی ہے۔ جیسا آپ دیکھیں گے لمبائی کا معیار، جو ٹھیک ایک میٹر کے برابر ہے، اُس فاصلہ کو کہتے ہیں جو حناء میں، ایک مخصوص دورانیہ میں، شعاع طے کرتی ہے۔ ہم اکائی اور اس کے معیار کی تعریف جیسا چاہیں کر سکتے ہیں۔ تاہم، ضروری ہے کہ دنیا کے باقی سائنسدان بھی اس تعریف کو معنی خیز اور قابل استعمال مانیں۔

ایک معیار، مثلاً لمبائی کا معیار، طے کرنے کے بعد ہمیں وہ طریقہ کار وضع کرنا ہوگی جس سے ہر لمبائی، چاہے وہ ہائیڈروجن جوہر کا رداس ہو یا دور کسی ستارے تک فاصلہ، اس معیار کی صورت میں ظاہر کی جاسکے۔ ایسی

¹standard
²unit

باب ۱. پیمائش

ایک ترکیب فیتے کا استعمال ہے؛ لمبائی کے معیار کو فیتہ تخمیناً ظاہر کرتا ہے۔ بہر حال، بہت سے موازنوں میں بلا واسطہ طریقے استعمال کیے جاتے ہیں۔ مثلاً، جوہر کا رداس یا قطر ہی ستارے تک فاصلہ فیتہ استعمال کر کے نہیں ناپا جاسکتا۔

اسی مقادیر طبعی مقادیر کی تعداد اتنی زیادہ ہے کہ انہیں منظم کرنا ایک مسئلہ ہے۔ خوش قسمتی سے تمام مقادیر غیر تابع نہیں ہیں؛ مثلاً، رفتار در حقیقت لمبائی اور وقت کی تناسب کو کہتے ہیں۔ بین الاقوامی متفقہ معاہدے کے تحت چند طبعی مقادیر، مثلاً، لمبائی، کمیت، اور وقت کو اسی مقادیر منتخب کر کے صرف انہی کو معیار مختص کیے گئے۔ باقی طبعی مقادیر ان ”اسی مقادیر“ اور انہیں کے معیار (جنہیں اسی مقادیر ۳ کہتے ہیں) کی صورت میں ناپے جاتے ہیں۔ مثلاً، اسی مقادیر لمبائی اور وقت اور ان کے اسی معیار کی شکل میں ”رفتار“ تعین کیا جاتا ہے۔

اسی معیار کا مقابلہ رسانی اور غیر متغیر ہونا لازمی ہے۔ اگر ہم بازو کی لمبائی کو معیار لمبائی تسلیم کریں تب یہ قابل رسانی ضرور ہوگی، البتہ ہر شخص کے لئے یہ لمبائی مختلف ہوگی لہذا یہ غیر متغیر نہیں ہے۔ سائنس و انجینئری میں زیادہ سے زیادہ درستگی مطلوب ہونے کی پیش نظر ہم اسی معیار کی غیر متغیریت پر خصوصی توجہ دیتے ہیں۔ اس کے بعد اسی معیار کی بہتر سے بہتر نقل بن کر ان لوگوں کو فراہم کرتے ہیں جنہیں ضرورت ہو۔

اکائیوں کا بین الاقوامی نظام

۱۹۶۰ء میں ناپ و تول کے عمومی اجلاس میں سات مقادیر کو بطور اسی مقدار منتخب کر کے بین الاقوامی نظام اکائی کے اس بنے گئے۔ بین الاقوامی نظام اکائی کو مختصراً ”SI نظام“ کہتے ہیں۔ جدول ۱.۱ میں تین اسی مقدار لمبائی، کمیت، اور وقت دکھائے گئے ہیں۔ ان اکائیوں کی تعریف انسانی جامت مد نظر رکھتے ہوئے کی گئی۔

جدول ۱.۱: بین الاقوامی نظام اکائی کی تین اسی مقادیر کی اکائیاں

مقدار	اکائی کا نام	اکائی کی علامت
لمبائی	میٹر	m
کمیت	کلوگرام	kg
وقت	سیکنڈ	s

کئی مشتق اکائیوں کی تعریف ان اسی اکائیوں کی صورت میں کی جاتی ہے۔ مثلاً، طاقت کی SI اکائی، جو واط^۶ (W) کہلاتی ہے، کی تعریف کمیت، لمبائی، اور وقت کی اسی اکائیوں کی صورت میں کی جاتی ہے۔ یوں، جیسا آپ باب ۷ میں دیکھیں گے، درج ذیل ہوگا:

$$(۱.۱) \quad 1 \text{ W} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \text{ s}^{-3}$$

base quantities^۶
base standards^۷
derived units^۵
watt^۱

جہاں آخر میں کلوگرام مربع میٹر فی کعب سیکنڈ پڑھا جائے گا۔

بہت بڑی یا بہت چھوٹی مقداریں، جن سے ہمیں طبیعیات میں عموماً واسطہ ہوگا، سائنس ترقیم ے میں لکھی جاتی ہیں، جو دس کی طاقت استعمال کرتی ہے۔ یوں درج ذیل ہوگا۔

$$(۱.۲) \quad 3\,560\,000\,000\,m = 3.56 \times 10^9\,m$$

$$(۱.۳) \quad 0.000\,000\,492\,s = 4.92 \times 10^{-7}\,s$$

کمپیوٹر میں سائنسی ترقیم مزید مختصر لکھی جاتی ہے؛ مثلاً، $3.56E9$ اور $4.92E-7$ ، جہاں E ”دس کی طاقت“ ظاہر کرتا ہے۔ کئی حسابے کار^۸ (کلوکیٹر) مزید مختصر انداز استعمال کرتے ہوئے E کو حتمی جگہ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

ہم اپنی آسانی کے لئے بہت بڑی یا بہت چھوٹی پیمائش جدول ۱.۲ میں پیش سابقے استعمال کر کے لکھتے ہیں۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں ہر سابقہ دس کی ایک مخصوص طاقت ظاہر کرتا ہے، جو بطور جزو ضربی استعمال کیا جاتا ہے۔ بین الاقوامی نظام اکائی کے ساتھ سابقہ منسلک کرنے سے مراد اس اکائی کو مطابقتی جزو ضربی سے ضرب دینا ہے۔ یوں ہم کسی ایک مخصوص برقی طاقت کو

$$(۱.۴) \quad 1.27\,GW = 1.27 \times 10^9\,واٹ$$

یا کسی مخصوص وقتی دورانیہ کو درج ذیل لکھ سکتے ہیں۔

$$(۱.۵) \quad 2.35\,ns = 2.35 \times 10^{-9}\,سیکنڈ$$

چند سابقے، جو ملی لٹر، سنی میٹر، کلوگرام یا میگا بائٹ میں استعمال ہوتے ہیں، سے آپ ضرور واقف ہوں گے۔

اکائی کی تبدیلی

بعض اوقات طبیعی مقداروں کی اکائی تبدیل کرنے کی ضرورت پیش آتی ہے۔ ہم اصل پیمائش کو ”تبدیلی جزو“، جو ایک (1) کے برابر اکائیوں کی نسبت ہوگی، سے ضرب دیتے ہیں۔ مثلاً، ایک منٹ اور ساٹھ سیکنڈ مباشر دورانیہ ظاہر کرتے ہیں، لہذا درج ذیل ہوگا۔

$$\frac{1\,min}{60\,s} = 1$$

یا

$$\frac{60\,s}{1\,min} = 1$$

یوں $(1\,min)/(60\,s)$ یا $(60\,s)/(1\,min)$ تناسب بطور متبادل جزو^۹ استعمال کیا جاسکتا ہے۔ ہم ہرگز $\frac{1}{60}$ یا

scientific notation^۷
calculator^۸
conversion factor^۹

جدول ۱.۲: بین الاقوامی نظام اکائی کے سابقہ

علامت	سابقہ	حبز و ضربی
Y	یوٹا	10^{24}
Z	زیٹا	10^{21}
E	اکا	10^{18}
P	پٹا	10^{15}
T	ٹیرا	10^{12}
G	گیگا	10^9
M	میگا	10^6
k	کلو	10^3
h	ہکٹو	10^2
da	ڈیکا	10^1
d	ڈیسی	10^{-1}
c	سنٹی	10^{-2}
m	ملی	10^{-3}
μ	مائیکرو	10^{-6}
n	نینو	10^{-9}
p	پیکو	10^{-12}
f	فیمنو	10^{-15}
a	ایٹو	10^{-18}
z	زپٹو	10^{-21}
y	یکٹو	10^{-24}

$60 = 1$ نہیں لکھ سکتے؛ ہر عدد اور اسکی اکائی کو اکٹھا رکھنا ہوگا۔

ایک (1) سے ضرب دینے سے مقدار کی قیمت تبدیل نہیں ہوتی لہذا ہم جب چاہیں تبدیلی حبزو استعمال کر سکتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے ہم غیر ضروری اکائیوں کو منسوخ کر سکتے ہیں۔ مثال کے طور پر دو منٹ کو سیکنڈ میں تبدیل کرتے ہوئے درج ذیل لکھا جائے گا۔

$$(1.2) \quad 2 \text{ min} = (2 \text{ min})(1) = (2 \text{ min})\left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}\right) = 120 \text{ s}$$

اگر تبادلہ حبزو ضرب متعارف کرنے سے غیر ضروری اکائیاں ایک دوسرے کے ساتھ منسوخ نہ ہوتی ہوں تب حبزو ضربی کو الٹ کر دوبارہ کوشش کریں۔ اکائیوں کی تبادلہ میں اکائیوں پر متغیرات اور اعداد کے الجبرائی قواعد لاگو

ہوں گے۔

مبانی

۱۹۲۰ء میں فرنس کی نوزائیدہ جمہوریہ نے ناپ اور تول کا ایک نیا نظام قائم کیا۔ میٹر اس کا سنگ بنیادی تھا، جو قطب شمال سے خط استوا تک فاصلے کا کڑواں حصہ لیا گیا۔ بعد میں عملی وجوہات کی بنا پر اس زمینی معیار کو ترک کرتے ہوئے، پلانٹیم و ایریڈیم^{۱۰} کی ایک سلاخ پر لگائے گئے دو باریک لکسیروں کے بیچ فاصلہ میٹر^{۱۱} "مقرر پایا" یہ معیار^{۱۲} میٹر سلاخ^{۱۳} ۱۲ پیرس شہر کے قریب ناپ و تول کے بین الاقوامی محکمہ میں رکھا گیا ہے۔ اس سلاخ کی بہترین نقل، دنیا کی معیار ساز تجربہ گاہوں کو (بطور ثانوی معیار) فراہم کی گئی۔ ثانوی معیار^{۱۴} سے، مزید قابل رسائی معیار تیار کیے گئے، حتیٰ کہ آخر کار ہر پیشانشی آلہ معیاری میٹر سلاخ پر مبنی تھا۔

کچھ عرصہ بعد، سلاخ پر دو باریک لکسیروں کے بیچ فاصلہ کے معیاری میٹر سے بہتر معیار کی ضرورت پیش آئی۔ ۱۹۶۰ء میں شعاع کے طول موج پر مبنی میٹر کے معیار پر اتفاق کیا گیا۔ یہ معیار کرپٹن 86 (جو کرپٹن^{۱۵} کا ایک مخصوص ہم حسابے) کے جوہروں سے خارج ایک مخصوص نارنجی سرخ شعاع کے 1650763.73 طول موج کا فاصلہ ٹھہرایا گیا۔ یہ شعاع دنیا میں کہیں بھی گیلی^{۱۶} خروچ^{۱۷} سے حاصل کی جاسکتی ہے۔ نئے معیار کو پرانے معیار (میٹر سلاخ) کے قریب سے قریب رکھنے کی غرض سے تول موج کی (مذکورہ بالا عجیب) تعداد منتخب کی گئی۔

کچھ عرصہ تک یہ معیار سائنسی دنیا کی ضروریات پوری کر پایا، تاہم سائنس کی دنیا بہت جلد اتنی آگے بڑھ چکی کہ کرپٹن 86 کے طول موج پر مبنی معیار سائنسی ضروریات پوری کرنے کے قابل نہیں رہا۔ آخر کار ۱۹۸۳ء میں ایک نذر فیصلہ کیا گیا، اور میٹر وہ فاصلہ مقرر پایا جو شعاع ایک مخصوص دورانیہ میں طے کرتی ہے۔ ناپ و تول کے سترھویں (17) عمومی اجلاس میں درج ذیل طے پایا۔

تعریف: حلاء میں ایک سیکنڈ کے $\frac{1}{299792458}$ حصے میں شعاع کا طے کردہ فاصلہ میٹر^{۱۸} کہلائے گا۔

□

وقت کا (مذکورہ بالا) دورانیہ یوں منتخب کیا گیا کہ شعاع کی رفتار c ٹھیک درج ذیل ہو۔

$$c = 299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$$

شعاع کی رفتار اٹل ہے۔ یوں شعاع کی رفتار سے میٹر اخذ کرنا ایک بہتر قدم تھا۔

platinum-iridium^{۱۰}

meter^{۱۱}

standard meter bar^{۱۲}

secondary standards^{۱۳}

krypton^{۱۴}

gas discharge tube^{۱۵}

meter^{۱۶}

باب ۱. پیمائش

جدول ۱.۳ میں فنصلوں کی وسیع سعت پیش ہے، جو کہکشاں فنصلوں سے لے کر انتہائی چھوٹی چیزوں کی لمبائیاں دیتا ہے۔

جدول ۱.۳: چند تخمینہ فنصلے

پیمائش	میٹر میں لمبائی
اول ترین پیدا کہکشاں تک فنصلہ	2×10^{26}
اندرومد کہکشاں تک فنصلہ	2×10^{22}
قریب ترین تارے تک فنصلہ	4×10^{16}
پلوٹو تک فنصلہ	6×10^{12}
زمین کا رداس	6×10^6
بلند ترین پہاڑی کی اونچائی	9×10^3
صفحے کی موٹائی	1×10^{-4}
علامتی دائرہ کی لمبائی	1×10^{-8}
ہائیڈروجن جوہر کا رداس	5×10^{-11}
پروٹان کا رداس	1×10^{-15}

بامعنی اعداد اور اشاریہ کے مقام

معرض کریں آپ ایک مسئلہ پر کام کر رہے ہیں جس میں ہر قیمت دو ہندسوں پر مشتمل ہے۔ ان ہندسوں کو بامعنی ہندسے^۷ کہتے ہیں۔ اپنا جواب پیش کرتے ہوئے آپ اتنے ہندسے ہی استعمال کریں گے۔ اگر مواد دو ہندسوں میں دیا گیا ہو تب جواب بھی دو ہندسوں پر مشتمل ہو گا۔ اگرچہ آپ کا حساب کارنتائج زیادہ ہندسوں میں پیش کرتا ہے، یہ (اضافی) ہندسے بے معنی ہیں۔

اس کتاب میں، دیے گئے مواد میں کم سے کم بامعنی ہندسوں کے برابر، حساب کے اختتامی نتائج پورپور کر کے پیش کیے جائیں گے۔ (ہاں، بعض اوقات ایک اضافی بامعنی ہندسہ بھی رکھا جائے گا)۔ اگر ضائع کیے جانے والے ہندسوں میں پایاں ترین ہندسہ 5 کے برابر یا اس سے بڑا ہو تب آخری رہنے دیا گیا ہندسے کو ”اوپر پورپور“ کیا جاتا ہے؛ دیگر صورت اس کو جوں کاتوں رکھا جاتا ہے۔ مثال کے طور پر 11.3516 کو تین بامعنی ہندسوں میں پورپور کر کے 11.4 جبکہ 11.3279 کو تین بامعنی ہندسوں میں پورپور کرتے ہوئے 11.3 لکھا جائے گا۔ (اس کتاب میں نتائج پیش کرتے ہوئے پورپور کیے جانے کے باوجود \approx کی بجائے عموماً = علامت استعمال کی جائے گی)۔

عدد 3.15 یا 3.15×10^3 میں بامعنی ہندسوں کی تعداد صاف ظاہر ہے؛ عدد 3000 میں بامعنی ہندسے کتنے ہیں؟ کیا صرف ایک بامعنی ہندسہ 3×10^3 تک معلوم ہے، یا یہ حیار بامعنی ہندسوں 3.000×10^3 تک معلوم ہے؟ اس کتاب میں 3000 کی طرز پر اعداد میں تمام صغروں کو بامعنی تصور کیا جائے گا۔

بامعنی ہندسوں اور اشاریہ کے مقام دو مختلف باتیں ہیں۔ درج ذیل فنصلوں 35.6 mm، 3.56 m، اور

^۷significant figures

0.003 56 m پر غور کریں۔ تمام میں تین با معنی ہندسے ہیں، تاہم ان میں اشاریہ کے معتام بالترتیب ایک، دو، اور پانچ ہیں۔

مثال ۱.۱: دھاگے کا گیند، قدر کے رتبہ کی تجویز۔

دنیا میں دھاگے کے سب سے بڑے گیند کاردا اس 2 m ہے۔ اس گیند میں دھاگے کی کل لمبائی L کتنی ہوگی؟ اگر چہ ہم گیند سے دھاگہ کھول کر لمبائی L ناپ سکتے ہیں، تاہم ہم ایسا نہیں کرنا چاہتے۔ ہم حساب کے ذریعہ اس کی لمبائی کا تخمینہ لگانا چاہتے ہیں۔ ہمیں فقط فطر کا متر ہی رتبہ درکار ہے۔

حاجہ

ہم مندرجہ کرتے ہیں گیند کر دی ہے؛ اس کاردا اس $R = 2 \text{ m}$ ہے۔ دھاگہ لپیٹے ہوئے دھاگے کے مختلف حصوں کے بیچ حالی جگہ ضرور ہوگی جس کے بارے میں جاننا ناممکن بات ہے۔ ان حالی جگہوں کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم دھاگے کا عمودی تراش ذرا زیادہ تصور کرتے ہیں۔ ہم کہتے ہیں کہ دھاگے کا عمودی تراش (گول کی بجائے) چوکور ہے جس کا ضلع $d = 4 \text{ mm}$ ہے۔ یوں اس کا رقبہ عمودی تراش d^2 ، لمبائی L ، اور کل حجم درج ذیل ہوگا:

$$V = (L \text{ لمبائی}) (\text{رقبہ عمودی تراش}) = d^2 L$$

جو گیند کے حجم $\frac{4}{3} \pi R^3$ کے برابر ہوگا: π کو تخمیناً 3 لیتے ہوئے یہ حجم $4R^3$ لکھا جاسکتا ہے۔ یوں درج ذیل ہوگا

$$d^2 L = 4R^3$$

جس سے درج ذیل حاصل ہوگا۔

$$\begin{aligned} L &= \frac{4R^3}{d^2} \\ &= \frac{4(2 \text{ m})^3}{(4 \times 10^{-3} \text{ m})^2} \\ &= 2 \times 10^6 \text{ m} \approx 10^6 \text{ m} \approx 10^3 \text{ km} \end{aligned}$$

(اتنے سادہ حساب کے لئے حساب کارر کی ضرورت پیش نہیں ہونی چاہئے۔) فطر کے متر ہی رتبہ تک گیند میں تقریباً 1000 km دھاگہ ہے۔

□

۱.۱. وقت

وقت کے دو پہلو ہیں۔ روزمرہ زندگی میں ہم کام کا ترتیب سے رکھنے کی غرض سے وقت جاننا چاہتے ہیں۔ سائنس کی دنیا میں ہم عموماً جاننا چاہتے ہیں کہ ایک واقعہ کتنی دیر وقوع پذیر ہوا۔ یوں وقت کے کسی بھی معیار کو

باب ۱. پیمائش

دوسوالیات کا جواب دینا ہوگا: کرب ہوا؟ اس کا دورانیہ کتنا تھا؟ جدول ۱.۴ میں چند وقتی وقتے پیش ہیں، جہاں پلانک وقتے^{۱۸} سے سراد ابتدائی دھماکے^{۱۹} کے بعد وہ اول ترین وقت ہے جب طبیعیات کے قواعد (جس طرح انہیں ہم اس وقت جانتے ہیں) متاثر اطلاق ہوں گے۔

جدول ۱.۴: چند تخمینی دورانیے

پیمائش	سیکنڈ میں دورانیہ
پروٹان کا عمر ص حیات (محض اندازہ)	3×10^{40}
کائنات کی عمر	5×10^{17}
ہرم خوف کی عمر	1×10^{11}
انسانی زندگی (متوقع)	2×10^9
ایک دن	9×10^4
انسانی دل کی دھڑکنوں کے بیچ وقفہ	8×10^{-1}
میون کا عمر ص حیات	2×10^{-6}
تجربہ گاہ میں مختصر ترین شعاع کا دورانیہ	1×10^{-16}
غیر مستحکم ترین ذرے کا عمر ص حیات	1×10^{-23}
پلانک وقفہ	1×10^{-43}

وہ مظہر جو اپنے آپ کو دہراتا ہو وقت کا معیار مقرر کیا جاسکتا ہے۔ محور کے گرد زمین کا ایک چکر، جودن کی لمبائی تعین کرتا ہے، صدیوں تک بطور وقت کا معیار استعمال کیا گیا۔ سنگے مردہ^{۲۰} (کوآرٹز) گھڑی، جس میں ایک سنگ مردہ چھلے کو مسلسل ارتعاش پذیر رکھا جاتا ہے، کی پیمائش بندی فلکیاتی مشاہدات کے ذریعہ، زمین کے گھومنے کے ساتھ کر کے، تجربہ گاہ میں وقتی وقفوں کی پیمائش کے لیے استعمال کیا جاسکتا ہے۔ تاہم جدید سائنس و انجینئری کو درکار درستگی ایسی پیمائش بندی سے ممکن نہیں۔

بہتر معیار وقت کی ضرورت کے درپیش جوہری گھڑیاں^{۲۱} تیار کی گئیں۔ ۱۹۶۷ء میں ناپ و تول کے تیسرھویں عمومی اجلاس میں سیزیم گھڑی^{۲۲} پر مبنی معیاری سیکنڈ پر اتفاق کیا گیا۔

تعریف: سیزیم 133 جوہر سے خارج ایک مخصوص طول موج کی شعاع کے 9 192 631 770 ارتعاش کو درکار وقت ایک سیکنڈ^{۲۳} ٹہرایا گیا۔

□

planktime^{۱۸}
bigbang^{۱۹}
quartz^{۲۰}
atomicclocks^{۲۱}
cesiumclock^{۲۲}
second^{۲۳}

جوہری گھڑیاں انتہائی درست وقت بتاتی ہیں۔ دو سیزیم گھڑیوں میں ایک سیکنڈ منفرق چھ ہزار سال چلنے کے بعد پیدا ہوگا۔ اس وقت تیار کی جانے والی گھڑیوں کی درستگی 10^{18} میں ایک حصے کے برابر ہے، یعنی 10^{18} سیکنڈ (جو تقریباً 3×10^{10} سال کے برابر ہے) میں صرف ایک سیکنڈ کا منفرق ہو سکتا ہے۔

۱.۲ کمیت

معیاری کلوگرام

فرنس کے شہر پیرس کے متریب ناپ و تول کے بین الاقوامی محکمہ میں رکھے گئے پلاٹینم واریڈیم کا ایک شلنڈر، بین الاقوامی معاہدہ کے تحت، ایک کلوگرام کمیت ٹھہرایا گیا۔ اس کی بہتر سے بہتر نقل دنیا کے بیشتر معیار ساز تجربہ گاہوں کو فراہم کی گئی جن کو استعمال کرتے ہوئے ترازو کی مدد سے کسی بھی جسم کی کمیت ناپی جاسکتی ہے۔ جدول ۱.۵ میں قدر کے 83 رتبوں پر پھیلی کمیتوں کو کلوگرام کی صورت میں پیش کیا گیا ہے۔

جدول ۱.۵: چند تخمینی کمیت

چیز	کلوگرام میں کمیت
معروف کائنات	1×10^{53}
ہماری کہکشاں	2×10^{41}
سورج	2×10^{30}
چاند	7×10^{22}
سیارچہ اِیراس	5×10^{15}
چھوٹا پھسڑ	1×10^{12}
سمندری جہاز	7×10^7
ہاتھی	5×10^3
انگور	3×10^{-3}
دھول کی ذرہ	7×10^{-10}
پینسلین سال	5×10^{-17}
یورینیم جوہر	4×10^{-25}
پروٹان	2×10^{-27}
ایکٹران	9×10^{-31}

دوم معیار کمیت

جوہروں کی کمیت کا موازنہ معیاری کلوگرام کی بجائے، زیادہ درستگی کے ساتھ، دیگر جوہروں کے ساتھ کیا جاسکتا ہے۔ اسی کی بنا، ہم دوم معیار کمیت بھی رکھتے ہیں۔ کاربن 12 جوہر کو بین الاقوامی معاہدہ کے تحت 12 جوہری کمیت اکائیوں کی کمیت

مختص کی گئی۔ ان دو اکائیوں کے پھر شدہ درج ذیل ہے

$$(۱.۷) \quad 1 \text{ u} = 1.66053886 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

جہاں آئنسٹین دو ہندسوں میں عدم یقینیت ± 10 ہے۔ سائنس دان کافی درستگی کے ساتھ تجربے کے ذریعہ کسی بھی جوہر کی کمیت کاربن 12 کی کمیت کے لحاظ سے تعین کر سکتے ہیں۔ اس وقت، کمیت کی روزمرہ زندگی میں مستعمل اکائیاں، مثلاً کلوگرام، استعمال کرتے ہوئے ہم اتنی درستگی حاصل کرنے سے متصر ہیں۔

۱.۲.۱. کثافت

کثافت ρ سے مراد اکائی حجم میں کمیت ہے۔

$$(۱.۸) \quad \rho = \frac{m}{V}$$

اس پر باب 14 میں مزید تبصرہ کیا جائے گا۔ کثافت کو عام طور پر کلوگرام فی مربع میٹر یا گرام فی مربع سنٹی میٹر میں ناپا جاتا ہے۔ پانی کی کثافت ایک گرام فی مربع سنٹی میٹر یا ایک ہزار کلوگرام فی مربع میٹر ہے جس کو عموماً موازنہ کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ پانی کی کثافت کے لحاظ سے تازہ برف کی کثافت 10% اور پلاسٹیم کی کثافت تقریباً 21 گنا جبکہ لکڑی کی کثافت صرف 64% ہے۔

جوابات

