

अध्याय 2

मात्रक एवं मापन

- 2.1 भूमिका**
- 2.2 मात्रकों की अंतर्राष्ट्रीय प्रणाली**
- 2.3 लम्बाई का मापन**
- 2.4 द्रव्यमान का मापन**
- 2.5 समय का मापन**
- 2.6 वथार्थता, यंत्रों की परिशुद्धता एवं मापन में त्रुटि**
- 2.7 सार्थक अंक**
- 2.8 भौतिक राशियों की विमाएँ**
- 2.9 विमीय सूत्र एवं विमीय समीकरणे**
- 2.10 विमीय विश्लेषण एवं इसके अनुप्रयोग**

सारांश

अभ्यास

अतिरिक्त अभ्यास

2.1 भूमिका

किसी भौतिक राशि का मापन, एक निश्चित, आधारभूत, यादृच्छिक रूप से चुने गए मान्यताप्राप्त, संदर्भ-मानक से इस राशि की तुलना करना है। यह संदर्भ-मानक मात्रक कहलाता है। किसी भी भौतिक राशि की माप को मात्रक के आगे एक संख्या (आंकिक संख्या) लिखकर व्यक्त किया जाता है। यद्यपि हमारे द्वारा मापी जाने वाली भौतिक राशियों की संख्या बहुत अधिक है, फिर भी, हमें इन सब भौतिक राशियों को व्यक्त करने के लिए, मात्रकों की सीमित संख्या की ही आवश्यकता होती है, क्योंकि, ये राशियाँ एक दूसरे से परस्पर संबंधित हैं। मूल राशियों को व्यक्त करने के लिए प्रयुक्त मात्रकों को मूल मात्रक कहते हैं। इनके अतिरिक्त अन्य सभी भौतिक राशियों के मात्रकों को मूल मात्रकों के संयोजन द्वारा व्यक्त किया जा सकता है। इस प्रकार प्राप्त किए गए व्युत्पन्न राशियों के मात्रकों को व्युत्पन्न मात्रक कहते हैं। मूल-मात्रकों और व्युत्पन्न मात्रकों के सम्पूर्ण समुच्चय को मात्रकों की प्रणाली (या पद्धति) कहते हैं।

2.2 मात्रकों की अंतर्राष्ट्रीय प्रणाली

बहुत वर्षों तक मापन के लिए, विभिन्न देशों के वैज्ञानिक, अलग-अलग मापन प्रणालियों का उपयोग करते थे। अब से कुछ समय-पूर्व तक ऐसी तीन प्रणालियाँ - CGS प्रणाली, FPS (या ब्रिटिश) प्रणाली एवं MKS प्रणाली, प्रमुखता से प्रयोग में लाई जाती थीं।

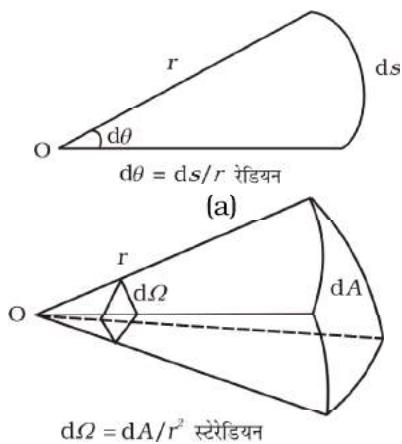
इन प्रणालियों में लम्बाई, द्रव्यमान एवं समय के मूल मात्रक क्रमशः इस प्रकार हैं :

- CGS प्रणाली में, सेन्टीमीटर, ग्राम एवं सेकन्ड।
- FPS प्रणाली में, फूट, पाउन्ड एवं सेकन्ड।
- MKS प्रणाली में, मीटर, किलोग्राम एवं सेकन्ड।

आजकल अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर मान्य प्रणाली “सिस्टम इन्टरनेशनल डियूनिट्स” है (जो फ्रेंच भाषा में “मात्रकों की अंतर्राष्ट्रीय प्रणाली” कहना है)। इसे संकेताक्षर में SI लिखा जाता है। SI प्रतीकों, मात्रकों और उनके संकेताक्षरों की योजना 1971 में, मापतोल के महा सम्मेलन द्वारा विकसित कर, वैज्ञानिक, तकनीकी, औद्योगिक एवं व्यापारिक कार्यों में अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर उपयोग हेतु

अनुमोदित की गई। SI मात्रकों की 10 की घातों पर आधारित (दार्शनिक) प्रकृति के कारण, इस प्रणाली के अंतर्गत रूपांतरण अत्यंत सुगम एवं सुविधाजनक है। हम इस पुस्तक में SI मात्रकों का ही प्रयोग करेंगे।

SI में सात मूल मात्रक हैं, जो सारणी 2.1 में दिए गए हैं। इन सात मूल मात्रकों के अतिरिक्त दो पूरक मात्रक भी हैं जिनको हम इस प्रकार परिभाषित कर सकते हैं : (i) समतलीय कोण, $d\theta$ चित्र 2.1(a) में दर्शाए अनुसार वृत्त के चाप की लम्बाई ds और इसकी त्रिज्या r का अनुपात होता है। तथा (ii) घन-कोण, $d\Omega$ चित्र 2.1(b) में दर्शाए अनुसार शीर्ष O को केन्द्र की ओर प्रयुक्त करके उसके परितः निर्मित गोलीय पृष्ठ के अपरोधन क्षेत्र dA तथा त्रिज्या r के वर्ग का अनुपात होता है। समतलीय कोण का मात्रक रेडियन है जिसका प्रतीक rad है एवं घन कोण का मात्रक स्टरेडियन है जिसका प्रतीक sr है। ये दोनों ही विमाविहीन राशियाँ हैं।



चित्र 2.1 (a) समतलीय कोण $d\theta$ एवं (b) घन कोण $d\Omega$ का आरेखीय विवरण

सारणी 2.1 SI मूल राशियाँ एवं उनके मात्रक*

मूल राशि	SI मात्रक		
	नाम	प्रतीक	परिभाषा
लंबाई	मीटर	m	प्रकाश द्वारा निर्वात में एक सेकंड के 299,792,458 वें समय अंतराल में तय किए गए पथ की लंबाई एक मीटर है। (1983 से मान्य)
द्रव्यमान	किलोग्राम	kg	फ्रांस में पेरिस के पास सेवरिस में स्थित अंतर्राष्ट्रीय माप-तोल व्यूरो में स्थे किलोग्राम के अंतर्राष्ट्रीय आदि प्रूप (प्लॉटिनम-इरिडियम मिश्रधातु से बने पिलिंडर) का द्रव्यमान एक किलोग्राम के बराबर है। (1889 से मान्य)
समय	सेकंड	s	एक सेकंड वह अंतराल है जो सीजियम 133 परमाणु के निम्नतम ऊर्जा स्तर के दो अतिसूक्ष्म स्तरों के मध्य संक्रमण के तदनुरूपी विकिरण के 9,192,631,770 आवर्त कालों के बराबर है। (1967 से मान्य)
विद्युत धारा	ऐम्पियर	A	एक ऐम्पियर वह नियत विद्युत धारा है जो कि निर्वात में 1 मीटर की दूरी पर स्थित दो सीधे अनंत लंबाई वाले समानांतर एवं नगण्य वृत्तीय अनुप्रस्थ काट के चालकों में प्रवाहित होने पर, इन चालकों के बीच प्रति मीटर लंबाई पर 2×10^{-7} न्यूटन का बल उत्पन्न करती है। (1948 से मान्य)
ऊष्मागतिक ताप	केल्विन	K	जल के त्रिक-बिंदु के ऊष्मागतिक ताप के 1/273.16 वें भाग को 1 केल्विन कहते हैं। (1967 से मान्य)
पदार्थ की मात्रा	मोल	mol	1 मोल किसी निकाय में पदार्थ की वह मात्रा है जिसमें उतनी ही मूल सत्ताएं होती हैं जितनी 0.012 kg कार्बन-12 में परमाणुओं की संख्या होती है। (1971 से मान्य)
ज्योति-तीव्रता	कैंडेला	cd	कैंडेला, किसी दिशा में $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ आवृत्ति वाले स्रोत की ज्योति-तीव्रता है जो उस दिशा में (1/683) वाट प्रति स्टरेडियन की विकिरण तीव्रता का एकवर्णीय प्रकाश उत्सर्जित करता है। (1979 से मान्य)

* इन परिभाषाओं में प्रयुक्त संख्याओं के मान, न तो याद रखने की आवश्यकता है, न परीक्षा में पूछे जाने की। ये यहाँ पर केवल इनके मापन की यथार्थता की सीमा का संकेत देने के लिए दिए गए हैं। प्रौद्योगिकी के विकास के साथ मापन की तकनीकों में भी सुधार होता है, परिणामस्वरूप, मापन अधिक परिशुद्धता से होता है। इस प्रगति के साथ तालमेल बनाए रखने के लिए मूल मात्रकों को संशोधित किया जाता है।

सारणी 2.2 सामान्य प्रयोग के लिए SI मात्रकों के अतिरिक्त कुछ अन्य मात्रक

नाम	प्रतीक	SI मात्रक के पदों में मान
मिनट	min	60 s
घंटा	h	60 min = 3600 s
दिन	d	24 h = 86400 s
वर्ष	y	$365.25 \text{ d} = 3.156 \times 10^7 \text{ s}$
डिग्री	°	$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$
लिटर	L	$1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
टन	t	10^3 kg
कैरट	c	200 mg
बार	bar	$0.1 \text{ MPa} = 10^5 \text{ Pa}$
क्यूरी	Ci	$3.7 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$
रोंजन	R	$2.58 \times 10^{-4} \text{ C kg}^{-1}$
क्विंटल	q	100 kg
बार्न	b	$100 \text{ fm}^2 = 10^{-28} \text{ m}^2$
आर	a	$1 \text{ dam}^2 = 10^2 \text{ m}^2$
हेक्टार	ha	$1 \text{ hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2$
मानक वायुमंडलीय दाब	atm	$101325 \text{ Pa} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

ध्यान दीजिए, मोल का उपयोग करते समय मूल सत्ताओं का विशेष रूप से उल्लेख किया जाना चाहिए। ये मूल सत्ताएँ परमाणु, अणु, आयन, इलेक्ट्रॉन, अन्य कोई कण अथवा इसी प्रकार के कणों का विशिष्ट समूह हो सकता है।

हम ऐसी भौतिक राशियों के मात्रकों का भी उपयोग करते हैं जिन्हें सात मूल राशियों से व्युत्पन्न किया जा सकता है (परिशिष्ट A 6)। SI मूल मात्रकों के पदों में व्यक्त कुछ व्युत्पन्न मात्रक (परिशिष्ट A 6.1) में दिए गए हैं। कुछ व्युत्पन्न SI मात्रकों को विशिष्ट नाम दिए गए हैं (परिशिष्ट A 6.2) और कुछ व्युत्पन्न SI मात्रक इन विशिष्ट नामों वाले व्युत्पन्न मात्रकों और सात मूल-मात्रकों के संयोजन से बनते हैं (परिशिष्ट A 6.3)। आपको तात्कालिक संदर्भ तथा मार्गदर्शन प्रदान करने के लिए इन मात्रकों को परिशिष्ट (A 6.2) एवं (A 6.3) में दिया गया है। सामान्य व्यवहार में आने वाले अन्य मात्रक सारणी 2.2 में दिए गए हैं।

SI मात्रकों के सामान्य गुणज और अपवर्तकों को व्यक्त करने वाले उपर्सग और उनके प्रतीक परिशिष्ट (A2) में दिए गए हैं। भौतिक राशियों, रासायनिक तत्त्वों और नाभिकों के संकेतों के उपयोग संबंधी सामान्य निर्देश परिशिष्ट (A7) में दिए गए हैं और आपके मार्गदर्शन तथा तात्कालिक संदर्भ के लिए SI मात्रकों एवं अन्य मात्रकों संबंधी निर्देश परिशिष्ट (A8) में दिए गए हैं।

2.3 लम्बाई का मापन

लम्बाई मापन की कुछ प्रत्यक्ष विधियों से आप पहले ही से परिचित हैं। उदाहरण के लिए, आप जानते हैं कि 10^{-3} m से 10^2 m तक की लम्बाईयाँ मीटर पैमाने का उपयोग करके ज्ञात

की जाती हैं। 10^{-4} m की लम्बाई को यथार्थता से मापने के लिए हम बर्नियर कैलिपर्स का उपयोग करते हैं। स्क्रू-गेज (पेंचमापी) और गोलाईमापी (स्फेरोमीटर) का उपयोग 10^{-5} m तक की लम्बाईयों को मापने में किया जाता है। इन परिसरों से बाहर की लम्बाईयों को मापने के लिए हमें कुछ परोक्ष विधियों का सहारा लेना होता है।

2.3.1 बड़ी दूरियों का मापन

बहुत बड़ी दूरियाँ, जैसे किसी ग्रह अथवा तारे की पृथ्वी से दूरी, प्रत्यक्ष-रूप से किसी मीटर पैमाने की सहायता से ज्ञात नहीं की जा सकती है। ऐसी दशाओं में महत्वपूर्ण विधि जिसे लम्बन-विधि कहते हैं, का उपयोग किया जाता है।

जब आप किसी पेंसिल को अपने सामने पकड़ते हैं और पृष्ठभूमि (माना दीवार) के किसी विशिष्ट बिन्दु के सापेक्ष पेंसिल को पहले अपनी बायीं आँख A से (दायीं आँख बंद रखते हुए) देखते हैं, और फिर दायीं आँख B से (बायीं आँख बंद रखते हुए), तो आप पाते हैं, कि दीवार के उस बिन्दु के सापेक्ष पेंसिल की स्थिति परिवर्तित होती प्रतीत होती है। इसे लम्बन कहा जाता है। दो प्रेक्षण बिन्दुओं (A एवं B) के बीच की दूरी को आधारक कहा जाता है। इस उदाहरण में दोनों आँखों के बीच की दूरी आधारक है।

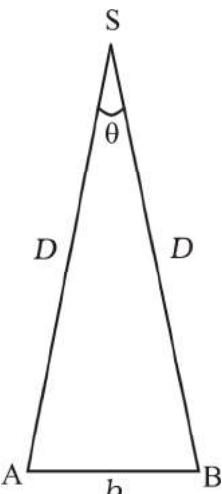
लम्बन विधि द्वारा किसी दूरस्थ ग्रह S की दूरी D ज्ञात करने के लिए, हम इसको, पृथ्वी पर दो विभिन्न स्थितियों (वेध शालाओं) A एवं B से, एक ही समय पर देखते हैं। A एवं B

के बीच की दूरी $AB = b$ है। चित्र 2.2 देखिए। इन दो स्थितियों से ग्रह की प्रेक्षण दिशाओं के बीच का कोण माप लिया जाता है। चित्र 2.2 में θ द्वारा दर्शाया गया यह कोण $\angle ASB$ लम्बन कोण या लम्बनिक कोण कहलाता है।

क्योंकि, ग्रह की पृथ्वी से दूरी बहुत अधिक है $\frac{b}{D} \ll 1$,

और, इसलिए, कोण θ बहुत ही छोटा है। ऐसी दशा में हम AB को, केन्द्र S और त्रिज्या D वाले वृत्त का, लम्बाई b का चाप मान सकते हैं। \therefore त्रिज्या $AS = BS$, $\therefore AB = b = D\theta$ जहाँ θ रेडियन में है।

$$\text{अतः } D = \frac{b}{\theta} \quad (2.1)$$



चित्र 2.2 लम्बन विधि

D के निर्धारण के पश्चात् हम इसी विधि द्वारा ग्रह का आमाप अथवा कोणीय व्यास भी निर्धारित कर सकते हैं। यदि d ग्रह का व्यास और α उसका कोणीय आमाप (d द्वारा पृथ्वी के किसी बिन्दु पर अंतरित कोण) हो, तो

$$\alpha = d/D \quad (2.2)$$

कोण α को, पृथ्वी की उसी अवस्थिति से मापा जा सकता है। यह ग्रह के दो व्यासतः विपरीत (व्यास के विपरीत सिरों पर स्थित) बिन्दुओं को दूरदर्शक द्वारा देखने पर प्राप्त दो दिशाओं के बीच बना कोण है। क्योंकि D का मान ज्ञात है, अतः ग्रह के व्यास d का मान समीकरण (2.2) की सहायता से ज्ञात किया जा सकता है।

उदाहरण 2.1 (a) 1° (डिग्री) (b) $1'$ (1 आर्क मिनट) एवं (c) $1''$ (1 आर्क सेकंड) के कोणों के मान रेडियन में परिकलित कीजिए। ($360^\circ = 2\pi$ rad, $1^\circ = 60'$ एवं $1' = 60''$ लीजिए।)

हल (a) हमें ज्ञात है $360^\circ = 2\pi$ rad

$$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad} = 1.745 \times 10^{-2} \text{ rad}$$

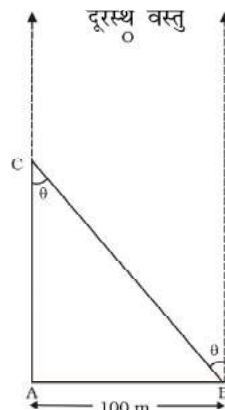
$$(b) 1^\circ = 60' = 1.745 \times 10^{-2} \text{ rad}$$

$$1' = 2.908 \times 10^{-4} \text{ rad} \approx 2.91 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$(c) 1' = 60'' = 2.908 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$1'' = 4.847 \times 10^{-6} \text{ rad} \approx 4.85 \times 10^{-6} \text{ rad}$$

► **उदाहरण 2.2** एक व्यक्ति अपने पास की किसी मीनार की अपने से दूरी का आकलन करना चाहता है। वह मीनार C के सामने किसी बिन्दु A पर खड़ा होता है और AC की सीधे में बहुत दूर स्थित किसी बिन्दु O को देखता है। फिर वह, AC के लम्बवत् 100 m दूर स्थित बिन्दु B तक चलता है और वहाँ से O एवं C को फिर देखता है। क्योंकि O बहुत अधिक दूरी पर है, BO एवं AO की दिशाएँ व्यावहारिक रूप में एक ही हैं, लेकिन वह पाता है कि C की दृष्टि रेखा मूल दृष्टि रेखा के सापेक्ष $\theta = 40^\circ$ पर घूम गई है (θ को लम्बन कहा जाता है)। उसकी मूल स्थित A से मीनार C की दूरी का आकलन कीजिए।



चित्र 2.3

हल दिया गया है, लम्बन कोण $\theta = 40^\circ$

चित्र 2.3 से, $AB = AC \tan \theta$

$$AC = AB/\tan \theta = 100 \text{ m}/\tan 40^\circ$$

$$= 100 \text{ m}/0.8391 = 119 \text{ m}$$

► **उदाहरण 2.3** पृथ्वी के दो व्यासतः विपरीत बिन्दुओं A एवं B से चन्द्रमा का प्रेक्षण किया गया। प्रेक्षण की दो दिशाओं के बीच, चन्द्रमा पर अंतरित कोण θ की माप $1^\circ 54'$ है। पृथ्वी का व्यास लगभग $1.276 \times 10^7 \text{ m}$, है। पृथ्वी से चन्द्रमा की दूरी का अभिकलन कीजिए।

हल ज्ञात है $\theta = 1^\circ 54' = 114'$

$$= (114 \times 60)'' \times (4.85 \times 10^{-6}) \text{ rad}$$

$$= 3.32 \times 10^{-2} \text{ rad}$$

$$\text{चूंकि } 1'' = 4.85 \times 10^{-6} \text{ rad}$$

$$\text{और } b = AB = 1.276 \times 10^7 \text{ m}$$

अतः समीकरण (2.1) के अनुसार पृथ्वी एवं चन्द्रमा के बीच की दूरी, $D = b/\theta$

$$\begin{aligned} &= \frac{1.276 \times 10^7}{3.32 \times 10^{-2}} \\ &= 3.84 \times 10^8 \text{ m} \end{aligned}$$

► **उदाहरण 2.4** सूर्य के कोणीय व्यास की माप $1920''$ है। पृथ्वी से सूर्य की दूरी D , $1.496 \times 10^{11} \text{ m}$ है। सूर्य का व्यास परिकलित कीजिए।

हल सूर्य का कोणीय व्यास α

$$\begin{aligned} &= 1920'' \\ &= 1920 \times 4.85 \times 10^{-6} \text{ rad} \\ &= 9.31 \times 10^{-3} \text{ rad} \end{aligned}$$

सूर्य का व्यास

$$\begin{aligned} d &= \alpha D \\ &= (9.31 \times 10^{-3}) \times (1.496 \times 10^{11}) \text{ m} \\ &= 1.39 \times 10^9 \text{ m} \end{aligned}$$

2.3.2 अति सूक्ष्म दूरियों का मापन : अणु का आकार

अणु के व्यास (10^{-8} m से 10^{-10} m) जैसी अत्यंत सूक्ष्म दूरियों के मापन के लिए हमें विशिष्ट विधियों का अनुसरण करना होता है। इनके लिए हम पेंचमापी जैसे मापक-यंत्रों का उपयोग नहीं कर सकते। यहाँ तक कि सूक्ष्मदर्शी की भी अपनी कुछ सीमाएँ हैं। एक प्रकाशीय सूक्ष्मदर्शी द्वारा किसी निकाय की जाँच के लिए दृश्य-प्रकाश का उपयोग किया जाता है। प्रकाश के लक्षण तरंग जैसे होने के कारण, प्रकाशीय सूक्ष्मदर्शी को, अधिक से अधिक, प्रयुक्त प्रकाश के तरंगदैर्घ्य के बराबर विभेदन के लिए ही प्रयोग में लाया जा सकता है। (इस विषय में विस्तृत विवेचन आपको कक्षा XII की भौतिकी की पाठ्य पुस्तक में मिलेगा)। दृश्य प्रकाश की तरंगदैर्घ्य का परिसर 4000 Å से 7000 Å है। ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$)। अतः प्रकाशीय सूक्ष्मदर्शी इससे छोटे आकार के कणों का विभेदन नहीं कर सकता। दृश्य प्रकाश के स्थान पर हम, इलेक्ट्रॉन-पुंज का उपयोग कर सकते हैं। इलेक्ट्रॉन पुंजों को उचित रीत से अभिकल्पित वैद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्रों द्वारा फोकसित किया जा सकता है। इस प्रकार के इलेक्ट्रॉन-सूक्ष्मदर्शी का विभेदन भी

अंततः इसी तथ्य द्वारा सीमित होता है कि इलेक्ट्रॉन भी तरंगों की तरह व्यवहार कर सकते हैं (इस विषय में विस्तार से आप कक्षा XII में पढ़ेंगे)। किसी इलेक्ट्रॉन की तरंगदैर्घ्य 1 Å के अंश के बराबर कम हो सकती है। 0.6 Å विभेदन क्षमता तक के इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी विकसित किए जा चुके हैं। इनके द्वारा, लगभग, पदार्थों के अणुओं और परमाणुओं का विभेदन संभव हो गया है। हाल ही में विकसित सुरंगन सूक्ष्मदर्शकी द्वारा भी 1 Å से सूक्ष्मतर विभेदन प्राप्त कर लिया गया है। इनके द्वारा अब अणुओं की आमाप का आकलन संभव है।

ओलीक अम्ल अणु के साइज़ का आकलन करने की एक सरल विधि नीचे दी गई है। ओलीक अम्ल एक साबुनी द्रव है जिसके अणु का साइज़ 10^{-9} m कोटि का है।

इस विधि का मूल आधार, जल के पृष्ठ पर ओलीक अम्ल की एक एकाधिक परत बनाना है।

इसके लिए, पहले हम 1 cm^3 ओलीक अम्ल को ऐल्कोहॉल में घोल कर 20 cm^3 घोल बनाते हैं। इस घोल का 1 cm^3 लेकर ऐल्कोहॉल में पुनः 20 cm^3 घोल बनाते हैं। अब इस घोल

की सांद्रता $\frac{1}{20 \times 20} \text{ cm}^3$ ओलीक अम्ल/ cm^3 घोल हुई।

इसके बाद एक बड़े नांद में पानी लेकर, उसके ऊपर लायकोपोडियम पाउडर छिड़कर, लाइकोपोडियम पाउडर की एक पतली फिल्म जल के पृष्ठ के ऊपर बनाते हैं। फिर ओलीक अम्ल के पहले बनाए गए घोल की एक बूँद इसके ऊपर रखते हैं। ओलीक अम्ल की यह बूँद जल के पृष्ठ के ऊपर लगभग वृत्ताकार, एक अणु मोटाई की फिल्म के रूप में फैल जाती है। इस प्रकार बनी तनु फिल्म का व्यास माप कर d और t का ज्ञात किया जा सकता है। माना कि हमने जल के पृष्ठ पर n बूँदें ओलीक अम्ल घोल की डालीं। यदि प्रारंभ में ही हम एक बूँद का अनुमानित आयतन ($V \text{ cm}^3$) ज्ञात कर लें,

तो घोल की n बूँदों का आयतन

$$= nV \text{ cm}^3$$

इस घोल में विद्यमान ओलीक अम्ल का आयतन

$$= nV \left(\frac{1}{20 \times 20} \right) \text{ cm}^3$$

ओलीक अम्ल का यह घोल तेजी से जल के पृष्ठ पर फैल कर t मोटाई की पतली फिल्म बना लेता है। यदि इस फिल्म का क्षेत्रफल $A \text{ cm}^2$ है, तो फिल्म की मोटाई

$$t = \frac{\text{फिल्म का आयतन}}{\text{फिल्म का क्षेत्रफल}}$$

$$t = \frac{nV}{20 \times 20 A} \text{ cm} \quad (2.3)$$

यदि हम यह मान लें कि फिल्म एक एकाणिक मोटाई की है तो 't' ओलीक अम्ल के अणु की आमाप अथवा व्यास बन जाता है। इस मोटाई का मान 10^{-9} m की कोटि का आता है।

उदाहरण 2.5 यदि किसी नाभिक का आमाप (जो वास्तव में 10^{-15} से 10^{-14} m के परिसर में है) बढ़ाकर एक तीक्ष्ण पिन की नोक (10^{-5} m से 10^{-4} m के परिसर में) के बराबर कर दिया जाए, तो परमाणु का लगभग आमाप क्या है?

हल नाभिक की आमाप 10^{-15} m से 10^{-14} m के परिसर में है तीक्ष्ण पिन की नोक 10^{-5} m से 10^{-4} m के परिसर में ले सकते हैं। इस तरह, हमने नाभिक की आमाप को 10^{10} गुण बढ़ा दिया है। परमाणु का सामान्य आकार 10^{-10} m की कोटि का है। अतः उसी अनुपात में बढ़ाने पर इसकी आमाप 1m हो जाएगी। अतः किसी परमाणु में नाभिक आमाप में उतना ही छोटा है जितनी छोटी लगभग 1m व्यास के गोले के केन्द्र पर रखे गए तीक्ष्ण पिन की नोक होती है।

2.3.3 लम्बाइयों का परिसर

हमें विश्व में जो पिण्ड दिखाई देते हैं उन पिण्डों की आमापों में अंतर का एक विस्तृत परिसर है। जिसमें एक ओर 10^{-14} m

सारणी 2.3 लम्बाइयों के परिसर एवं कोटि

वस्तु का आकार अथवा दूरी	आमाप (m)
प्रोटॉन की आमाप	10^{-15}
परमाण्वीय नाभिक की आमाप	10^{-14}
हाइड्रोजन अणु का आकार	10^{-10}
किसी प्ररूपी जीवाणु की लंबाई	10^{-8}
प्रकाश की तरंगदैर्घ्य	10^{-7}
लाल रुधिर-कणिका का आकार	10^{-5}
किसी कागज की मोटाई	10^{-4}
समुद्र तल से माउंट एवरेस्ट की ऊँचाई	10^4
पृथ्वी की त्रिज्या	10^7
चंद्रमा की पृथ्वी से दूरी	10^8
सूर्य की पृथ्वी से दूरी	10^{11}
सूर्य से प्लूटो की दूरी	10^{13}
आकाशगंगा की आमाप	10^{21}
पृथ्वी से एन्ड्रोमेडा मंदाकिनी की दूरी	10^{22}
प्रेक्षणीय विश्व की परिसीमा तक की दूरी	10^{26}

कोटि की आमाप का किसी परमाणु का सूक्ष्म नाभिक है, तो दूसरी ओर 10^{26} m कोटि की आमाप का दृश्यमान विश्व का परिसर है। सारणी 2.3 में इनमें से कुछ पिण्डों की आमापों और दूरियों की कोटि और परास दिए गए हैं।

अत्यंत सूक्ष्म और बहुत बड़ी दूरियों के मापन के लिए हम लम्बाई के कुछ विशिष्ट मात्रक भी प्रयोग में लाते हैं। ये हैं,

1 फर्मी	$= 1 f = 10^{-15}$ m
1 एंस्ट्रम	$= 1 \text{ \AA} = 10^{-10}$ m
1 खगोलीय मात्रक	$= 1 \text{ AU}$ (सूर्य से पृथ्वी की औसत दूरी) $= 1.496 \times 10^{11}$ m
1 प्रकाश वर्ष	$= 1 \text{ ly} = 9.46 \times 10^{15}$ m (3×10^8 m s ⁻¹ के वेग से प्रकाश द्वारा 1 सेकंड में चली गई दूरी में 1 वर्ष)
1 पारसेक	$= 3.08 \times 10^{16}$ m (वह दूरी जिस पर पृथ्वी की कक्षा की औसत त्रिज्या 1 आर्क सेकण्ड का कोण अंतरित करे, 1 पारसेक कहलाती है।)

2.4 द्रव्यमान का मापन

द्रव्यमान पदार्थ का एक आधारभूत गुण है। यह पिण्ड के ताप, दाब या दिक्काल में उसकी अवस्थिति पर निर्भर नहीं करता। द्रव्यमान का SI मात्रक किलोग्राम (kg) है। अंतर्राष्ट्रीय माप-तोल ब्यूरो द्वारा दिए गए अंतर्राष्ट्रीय मानक किलोग्राम के आदिप्रूप विभिन्न देशों की बहुत सी प्रयोगशालाओं में उपलब्ध हैं। भारत में इसे नवी दिल्ली स्थित राष्ट्रीय भौतिकी प्रयोगशाला (NPL) में रखा गया है।

परमाणुओं और अणुओं के द्रव्यमानों के संबंध में किलोग्राम एक सुविधाजनक मात्रक नहीं है। अतः अणुओं, परमाणुओं के द्रव्यमान व्यक्त करने के लिए द्रव्यमान के एक महत्वपूर्ण मानक मात्रक, जिसे एकीकृत परमाणु संहति मात्रक (u) कहते हैं, का प्रयोग करते हैं, जिसकी स्थापना परमाणुओं के द्रव्यमानों को इस प्रकार, व्यक्त करने के लिए की गई है :

1 एकीकृत परमाणु संहति मात्रक = 1u

$$\begin{aligned} &= \text{इलेक्ट्रॉनों सहित, कार्बन-समस्थानिक } \left({}^{12}_6 \text{C} \right) \text{ के एक} \\ &\text{परमाणु के द्रव्यमान का } (1/12) \text{ वां भाग} \\ &= 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg} \end{aligned}$$

सामान्य वस्तुओं के द्रव्यमान मापन के लिए हम उसी तरह की सामान्य तूला का उपयोग करते हैं जैसी परचून की दुकान में पाई जाती है। विश्व में पाए जाने वाले विशाल पिण्डों जैसे ग्रहों, तारों आदि के द्रव्यमान ज्ञात करने के लिए हम न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण के नियम का उपयोग करते हैं (देखिए अध्याय 8)। अति सूक्ष्म कणों, जैसे परमाणुओं, अवपरमाणुक कणों आदि के लघु द्रव्यमानों के मापन के लिए हम द्रव्यमान-स्पेक्ट्रमलेखी का प्रयोग करते हैं, जिसमें, एक समान विद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्र में गतिमान, आवंशित कणों के प्रक्षेप-पथ की त्रिज्या उस कण के द्रव्यमान के अनुक्रमानुपाती होती है।

2.4.1 द्रव्यमानों के परास

विश्व में हम जो पिण्ड देखते हैं, उनके द्रव्यमानों में अंतर का एक अत्यंत विस्तृत परिसर है। एक ओर इलेक्ट्रॉन जैसा सूक्ष्म कण है जिसका द्रव्यमान 10^{-30} kg कोटि का है, तो दूसरी ओर लगभग 10^{55} kg का ज्ञात विश्व है। सारणी (2.4) में विभिन्न द्रव्यमानों के कोटि और परास दिए गए हैं।

सारणी द्रव्यमानों के परिमार एवं कोटि

2.5 समय का मापन

किसी भी समय-अंतराल को मापने के लिए हमें घड़ी की आवश्यकता होती है। अब हम समय-मापन हेतु समय का परमाणवीय मानक प्रयोग करते हैं जो सीज़ियम परमाणु में उत्पन्न आवर्त कम्पनों पर आधारित है। यही राष्ट्रीय मानक के रूप में प्रयुक्त सीज़ियम घड़ी, जिसे परमाणु घड़ी भी कहते हैं, का आधार है। ऐसे मानक अनेक प्रयोगशालाओं में उपलब्ध हैं। सीज़ियम परमाणु घड़ी में एक सेकन्ड, सीज़ियम-133 परमाणु के निम्नतम ऊर्जा स्तर के दो अतिसूक्ष्म स्तरों के मध्य संक्रमण के तदनुरूपी विकिरणों के 9,192,631,770 कम्पनों के लिए आवश्यक है। इस सीज़ियम परमाणु घड़ी की समय दर को, सीज़ियम परमाणु के कम्पन ठीक उसी प्रकार निर्धारित करते हैं जैसे संतुलन चक्र के कम्पन सामान्य कलाई घड़ी को अथवा छोटे क्वार्ट्ज क्रिस्टल के कम्पन किसी क्वार्ट्ज कलाई घड़ी को करते हैं।

सीज़ियम परमाणु घड़ियाँ अत्यंत यथार्थ होती हैं। सिद्धान्ततः वे एक सुबाह्य मानक उपलब्ध कराती हैं। चार सीज़ियम परमाणु घड़ियों के माध्यम से, समय-अंतराल के राष्ट्रीय मानक 'सेकन्ड' का अनुरक्षण किया जाता है। समय के भारतीय मानक के अनुरक्षण के लिए नयी दिल्ली की राष्ट्रीय भौतिकी प्रयोगशाला में एक सीज़ियम घड़ी लगाई गई है।

हमारे देश में, सभी भौतिक मानकों (जिनमें समय और आवृत्ति आदि के मानक भी शामिल हैं) के अनुरक्षण और सुधार का दायित्व NPL का है। ध्यान दें कि भारतीय मानक समय (IST), इन चार घड़ियों के समुच्चय से जुड़ा है। दक्ष सीज़ियम परमाणु घड़ियाँ इतनी अधिक यथार्थ हैं कि इनके द्वारा समय बोध में अनिश्चितता $\pm 1 \times 10^{-13}$, अर्थात् 10^{13} सेकन्ड में एक सेकन्ड से भी कम की त्रुटि होने की रहती है। ये एक वर्ष में 3 माइक्रो सेकंड से ज्यादा इधर-उधर नहीं होती। समय मापन की इस आश्चर्यजनक यथार्थता को ध्यान में रखकर ही लम्बाई के SI मात्रक को प्रकाश द्वारा (1/299, 792, 458) सेकंड में चलित दूरी के रूप में व्यक्त किया गया है (सारणी 2.1)।

विश्व में होने वाली घटनाओं के समय-अंतरालों में अंतर का परिसर बहुत व्यापक है। सारणी 2.5, कुछ प्रारूपिक समय-अंतरालों के परास और कोटि दर्शाती है।

सारणी 2.3 एवं 2.5 में दर्शायी गई संख्याओं में आश्चर्यजनक अनुरूपता है। इनका ध्यानपूर्वक अवलोकन करने पर आप देख सकते हैं कि हमारे विश्व में विशालतम और लघुतम पिण्डों की लम्बाइयों का अनुपात लगभग 10^{41} है तथा यह भी कम रुचिकर नहीं है कि विश्व की घटनाओं से संबद्ध सबसे बड़े और सबसे छोटे समय-अंतरालों का अनुपात भी 10^{41} ही है। यह संख्या 10^{41} , सारणी 2.4 में फिर से प्रकट होती है, जिसमें कुछ पिण्डों के प्रारूपिक द्रव्यमानों को सूचीबद्ध किया गया है। हमारे विश्व के विशालतम एवं लघुतम पिण्डों के द्रव्यमानों का अनुपात लगभग $(10^{41})^2$ है। क्या दून विशाल मंड्याओं की यद्व आश्चर्यजनक

ERROR: stackunderflow
OFFENDING COMMAND: ~

STACK: