NCERT के पूर्णतया संशोधित नवीनतम् पाठ्यक्रम पर आधारित

संजीव®

भौतिक विज्ञान

कक्षा-11 (भाग-1)

माध्यमिक शिक्षा बोर्ड, राजस्थान के विद्यार्थियों के लिए

लेखक :

प्रो. जे.एस. सोखी
पूर्व संयुक्त निदेशक कॉलेज शिक्षा,
जयपुर (राजस्थान)

प्रो. सी.एम. सोनी
पूर्व विभागाध्यक्ष, भौतिक शास्त्र विभाग
डी.ए.वी. कॉलेज, अजमेर (राजस्थान)

डॉ. श्याम प्रकाश पारीक
Associate Professor
Departmentment of Physics
एस. एस. जैन सुबोध स्नातकोत्तर महाविद्यालय, जयपुर

संजीव प्रकाशन
जयपुर-3

मूल्य : ₹ 400/-

- प्रकाशक :

  संजीव प्रकाशन

  धामाणी मार्केट, चौड़ा रास्ता,

  जयपुर-3

  email : sanjeevprakashanjaipur@gmail.com
  website : www.sanjivprakashan.com

- © प्रकाशकाधीन

- **मूल्य : ₹ 400.00**

- लेजर कम्पोजिंग :

  संजीव प्रकाशन (D.T.P. Department), जयपुर

- मुद्रक :

  पंजाबी प्रेस, जयपुर

  ****

- इस पुस्तक में त्रुटियों को दूर करने के लिए हर संभव प्रयास किया गया है। किसी भी त्रुटि के पाये जाने पर अथवा किसी भी तरह के सुझाव के लिए आप हमें निम्न पते पर email या पत्र भेजकर सूचित कर सकते हैं–

  email : sanjeevprakashanjaipur@gmail.com
  पता : प्रकाशन विभाग संजीव प्रकाशन
  धामाणी मार्केट, चौड़ा रास्ता, जयपुर

  आपके द्वारा भेजे गये सुझावों से अगला संस्करण और बेहतर हो सकेगा।
- यद्यपि इस पुस्तक को प्रकाशित करने में सभी सावधानियों का पालन किया गया है तथापि इस पुस्तक में प्रकाशित किसी त्रुटि के प्रति तथा इससे होने वाली किसी भी क्षति के लिए लेखक, प्रकाशक, संपादक तथा मुद्रक किसी भी रूप में जिम्मेदार नहीं हैं।
- सभी प्रकार के विवादों का न्यायिक क्षेत्र 'जयपुर' होगा।

भूमिका

NCERT के नवीनतम पाठ्यक्रम के अनुसार कक्षा 11 के विद्यार्थियों के लिए भौतिक विज्ञान भाग-1 की इस अद्वितीय पुस्तक के संशोधित एवं परिवर्धित संस्करण को प्रस्तुत करते हुए मुझे अपार हर्ष हो रहा है। प्रस्तुत पुस्तक सरल एवं सहज भाषा में लिखी गई है ताकि छात्र विषय को आसानी से आत्मसात् कर सकें। **यह पुस्तक कक्षा 11 के विद्यार्थियों के लिए तो उपयोगी है ही, साथ ही मेडिकल तथा इंजीनियरिंग की विभिन्न प्रवेश परीक्षाओं की तैयारी कर रहे विद्यार्थियों के लिए भी अत्यन्त उपयोगी साबित होगी।** आशा है कि विद्यार्थी वर्ग इससे लाभान्वित होगा तथा शिक्षक वर्ग मेरे इस प्रयास को सराहेगा। बाजार में उपलब्ध अन्य पुस्तकों की तुलना में इस पुस्तक की अनेक ऐसी **विशेषताएँ** हैं जिनके कारण यह एक अद्वितीय पुस्तक है—

1. विषय-वस्तु की भाषा-शैली को सरल-सहज व पूर्ण रूप से राजस्थान राज्य के अनुरूप रखा गया है जिससे कि विद्यार्थी ज्ञान को आसानी से समाहित कर सकें।
2. विभिन्न गणितीय सूत्रों का समावेश।
3. महत्त्वपूर्ण तथ्यों का समावेश।
4. पुस्तक में आवश्यकतानुसार आंकिक प्रश्न तथा हल सहित उदाहरण, प्रत्येक विषय-वस्तु के साथ दिये गये हैं, जिससे विद्यार्थी भौतिक विज्ञान के सिद्धान्तों के अनुप्रयोगों को आसानी से समझ सकें।
5. NCERT के सभी प्रश्नों का हल पुस्तक के प्रत्येक अध्याय में समायोजित है।
6. प्रत्येक अध्याय के अन्त में **महत्त्वपूर्ण प्रश्न (वस्तुनिष्ठ, रिक्तस्थान, अतिलघूत्तरात्मक, लघूत्तरात्मक, निबन्धात्मक एवं आंकिक) हल सहित दिये गये हैं,** जिससे विद्यार्थी में आत्मविश्वास उत्पन्न हो।
7. प्रत्येक अध्याय के अन्त में **विभिन्न प्रतियोगी परीक्षाओं में पूछे गये बहुविकल्पीय प्रश्नों को भी हल सहित** दिया गया है।
8. पुस्तक में एस.आई. (S.I.) मात्रक प्रयुक्त किये गये हैं।

पुस्तक का नवीनतम संशोधित संस्करण नये कलेवर में प्रस्तुत किया जा रहा है। इसमें विषय विशेषज्ञों, शिक्षकों तथा पाठकों से प्राप्त बहुमूल्य सुझावों को भी उचित स्थान दिया गया है।

हमारे द्वारा भरसक प्रयास किया गया है कि यह पुस्तक विद्यार्थियों, अध्यापकों की आवश्यकताओं की पूर्ति करेगी तथा उनके लिए लाभदायक सिद्ध होगी।

हम उन सभी विद्वानों, लेखकों के आभारी हैं जिनसे हमें निरन्तर प्रेरणा एवं मार्गदर्शन प्राप्त होते रहे हैं।

इस पुस्तक के प्रकाशन हेतु हम संजीव प्रकाशन के भी अत्यन्त आभारी हैं जिनके अथक तथा सतत प्रयासों से इस पुस्तक का प्रकाशन हो पाया है।

लेखक अपने परिश्रमपूर्ण प्रयास को तभी सफल मानेंगे जब यह पुस्तक सम्बन्धित छात्रों के लिए अधिक से अधिक लाभदायक सिद्ध होगी। प्रस्तुत पुस्तक को और अधिक उपयोगी बनाने हेतु शिक्षकों एवं पाठकगण के बहुमूल्य सुझावों का सहर्ष स्वागत किया जायेगा। अत: हम उनके आभारी रहेंगे।

लेखक

प्रो. जे.एस. सोखी

प्रो. सी.एम. सोनी

डॉ. श्याम प्रकाश पारीक

विषय-सूची

0. भौतिकी में उपयोगी गणितीय सूत्र
(Mathematical Formulae Useful in Physics) 1-11

1. मात्रक एवं मापन
(Units and Measurement) 12-46

2. सरल रेखा में गति
(Motion In A Straight Line) 47-79

3. समतल में गति
(Motion in a Plane) 80-125

4. गति के नियम
(Laws of Motion) 126-174

5. कार्य, ऊर्जा और शक्ति
(Work, Energy and Power) 175-224

6. कणों के निकाय तथा घूर्णी गति
(System of Particles and Rotational Motion) 225-280

7. गुरुत्वाकर्षण
(Gravitation) 281-323

अध्याय 1

मात्रक एवं मापन (Units and Measurement)

1.1. प्रस्तावना (Introduction)
1.2. भौतिक राशियाँ (Physical Quantities)
1.3. मात्रक (Units)
1.4. मात्रक पद्धतियाँ (Systems of Units)
1.5. अन्तर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति (International System of Units)
1.6. मूल मात्रकों की अन्तर्राष्ट्रीय परिभाषाएँ (International Definitions of Fundamental Units)
1.7. द्रव्यमान, लम्बाई तथा समय के अन्य व्यावहारिक मात्रक (Other Practical Units of Mass, Length and Time)
1.8. सार्थक अंक (Significant Figures)
1.8.1. सार्थक अंकों की अंकगणितीय संक्रियायें (Arithmetical Operations with Significant Figures)
1.8.2. अंक का पूर्णांकित करना (Rounding off a Digit)
1.9. अंकगणितीय गणनाओं के परिणामों में अनिश्चितता निर्धारण के नियम (Rules for Determining the Uncertainty in the Result of Arithmetic Calculations)
1.10. व्युत्पन्न भौतिक राशियाँ (Derived Physical Quantities)
1.11. भौतिक राशि की विमाएँ (Dimensions of Physical Quantity)
1.12. विमीय समीकरणों के उपयोग (Uses of Dimensional Equations)
1.13. विमीय समीकरणों के सीमाबन्धन (Limitations of Dimensional Equations)

1.1. प्रस्तावना (Introduction)

प्रकृति व प्राकृतिक परिघटनाओं के अध्ययन व विश्लेषण को भौतिक कहते हैं। प्रकृति में विभिन्न घटनाएँ कुछ मौलिक नियम के अनुसार ही घटित होती हैं। प्रेक्षित घटनाओं से इन नियमों को व्यक्त करने के लिए अध्ययन को भौतिक विज्ञान कहते हैं।

किसी भी भौतिक राशि के मापन के लिए उस राशि के नियत एवं निश्चित मान (standard) की तुलना की जाती है। भौतिक राशि के नियत एवं निश्चित निर्देश मानक (Reference Standard) माने गये मान को मात्रक (Unit) कहते हैं। भौतिक राशि का परिमाण उस राशि के मात्रक तथा आंकिक मान के रूप में प्रदर्शित किया जाता है। यहाँ मात्रक द्वारा भौतिक राशि का मापन होता है जबकि आंकिक मान उस राशि के परिमाण को बताता 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 सम्बन्धित हैं। **मूल भौतिक राशियों के मात्रक मूल मात्रक कहलाते हैं। वे मात्रक जो पूर्ण स्वतंत्र होते हैं तथा जिन्हें किसी भी अन्य मात्रकों से व्युत्पन्न या सम्बन्धित नहीं किया जा सके, मूल मात्रक कहलाते हैं।** ये मात्रक किसी अन्य मात्रक पर निर्भर नहीं होते हैं। यांत्रिकी (Mechanics) में उपयोग में आने वाली सभी भौतिक राशियों को लम्बाई, द्रव्यमान तथा समय के मात्रकों में व्यक्त किया जाता है। अतः ये राशियाँ मूल राशियाँ कहलाती हैं एवं इनके संगत मात्रकों–मीटर, किलोग्राम तथा सेकण्ड 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 किये गये व्युत्पन्न राशियों के मात्रकों को **व्युत्पन्न मात्रक** कहते हैं।

1.2. भौतिक राशियाँ (Physical Quantities)

वे राशियाँ जिन्हें नापा या तौला जा सके, भौतिक राशियाँ कहलाती हैं। जैसे–द्रव्यमान, समय, लम्बाई, ताप, बल, वेग, कार्य, संवेग आदि।

भौतिक राशियाँ दो प्रकार की होती हैं–

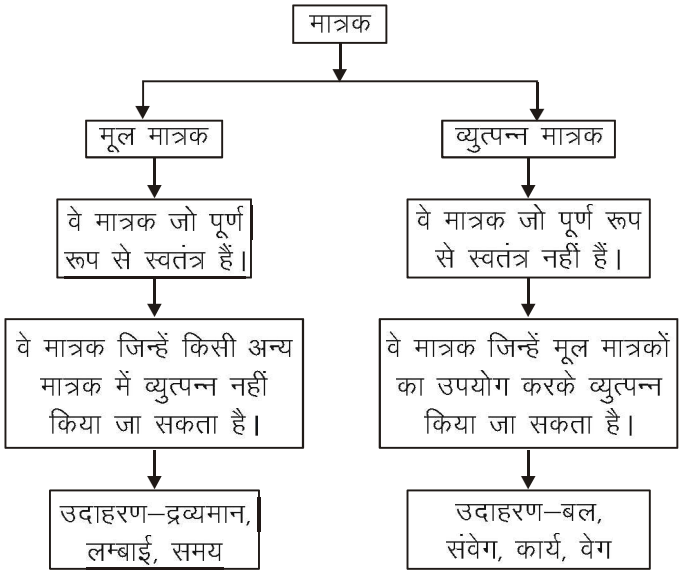
(i) मूल राशियाँ (Fundamental Quantities)–वे भौतिक राशियाँ जो किसी भी राशि पर निर्भर नहीं करती हैं, मूल राशियाँ कहलाती हैं। यांत्रिकी में मूल राशियाँ सात होती हैं–द्रव्यमान, लम्बाई, समय, ताप, विद्युतधारा, ज्योति तीव्रता तथा पदार्थ की मात्रा।

(ii) व्युत्पन्न राशियाँ (Derived Quantities)–वे भौतिक राशियाँ जो मूल राशियों से व्युत्पन्न की जाती हैं तथा इन राशियों पर निर्भर करती हैं, व्युत्पन्न राशियाँ कहलाती हैं। जैसे–संवेग, बल, कार्य आदि।

चूँकि संवेग = द्रव्यमान × वेग = द्रव्यमान × $\frac{\text{दूरी}}{\text{समय}}$

1.3. मात्रक (Units)

किसी भौतिक राशि के मापन के लिए नियत किये गये मान को मात्रक (units) कहते हैं।



मानक मात्रक (Standard Unit)–किसी भी भौतिक राशि को व्यक्त करने के लिए उसके आंकिक मान और मात्रक मान की आवश्यकता होती है। यदि कोई भौतिक राशि Q है और उसका आंकिक मान (numerical value) n तथा मात्रक u हो तो उनका गुणनफल नियत रहता है अर्थात् Q = nu = नियतांक अर्थात् किसी भी भौतिक राशि का आंकिक मान उसके मात्रक के व्युत्क्रमानुपाती होता है। अतः स्पष्ट है कि, **"किसी भौतिक राशि का मात्रक जितना छोटा होगा, किसी निश्चित राशि के मापन का आंकिक मान उतना ही अधिक होगा।"**

यदि एक ही भौतिक राशि के मात्रक क्रमशः $u_1, u_2, u_3, ...$ हों और किसी निश्चित राशि के आंकिक मान क्रमशः $n_1, n_2, n_3, ...$ हों तो मात्रक एवं संख्यात्मक मान में सम्बन्ध

$Q = n_1u_1 = n_2u_2 = n_3u_3 = ... =$ नियतांक

किसी भी भौतिक राशि का मात्रक चयन करते समय निम्न बातों का ध्यान रखना चाहिए–

(i) चयनित मात्रक, ताप, दाब व समय के परिवर्तन से प्रभावित नहीं हों।

(ii) चयन किये गये मात्रक सर्वमान्य, उचित आकार तथा परिमाण के हों।

(iii) चयनित मात्रक सरलता से परिभाषित किये जा सकें और प्रत्येक स्थान पर उनके प्रतिरूप सरलता से बनाये जा सकें।

1.4. मात्रक पद्धतियाँ (Systems of Units)

भौतिक राशियों के मूल मात्रकों के मापन में प्रयुक्त मुख्य मात्रक पद्धतियाँ निम्न हैं। इनमें लम्बाई, द्रव्यमान तथा समय के मूल मात्रक क्रमशः व्यक्त किये जाते हैं–

(i) C.G.S. (सेन्टीमीटर–ग्राम–सेकण्ड) पद्धति या गॉसीय पद्धति

(ii) M.K.S. (मीटर–किलोग्राम–सेकण्ड) पद्धति या जॉर्जी (Gorgi) पद्धति

(iii) F.P.S. (फुट–पाउण्ड–सेकण्ड) पद्धति

(iv) International system of units (S.I.) (अन्तर्राष्ट्रीय पद्धति)

C.G.S. पद्धति या गॉसीय पद्धति–इस पद्धति में द्रव्यमान, लम्बाई, समय को क्रमशः ग्राम, सेन्टीमीटर, सेकण्ड में नापा जाता है।

M.K.S. पद्धति–इस पद्धति में द्रव्यमान, लम्बाई, समय को क्रमशः किलोग्राम, मीटर, सेकण्ड में नापा जाता है।

F.P.S. पद्धति या ब्रिटिश पद्धति–इस पद्धति में द्रव्यमान, लम्बाई, समय को क्रमशः पाउण्ड, फुट, सेकण्ड में नापते हैं।

1.5. अन्तर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति (International System of Units)

यह M.K.S. पद्धति का परिवर्तित व परिवर्धित रूप है। विश्व के सदस्य देशों ने 1960 में अन्तर्राष्ट्रीय भार एवं माप की गोष्ठी में इसे स्वीकृति प्रदान की थी। इस पद्धति में सात मूल राशियों तथा दो पूरक राशियों के मानक मात्रक परिभाषित किये गये हैं–

(A) मूल मात्रक

क्र.सं.	भौतिक राशि का नाम	मात्रक	संकेत (प्रतीक)
1.	द्रव्यमान (Mass)	किलोग्राम	kg
2.	लम्बाई (Length)	मीटर	m
3.	समय (Time)	सेकण्ड	s
4.	ताप (Temperature)	केल्विन	K
5.	विद्युत धारा (Electric Current)	ऐम्पियर	A
6.	प्रदीपन तीव्रता (Luminous Intensity)	केण्डेला	cd
7.	पदार्थ की मात्रा (Quantity of Matter)	मोल	mol

(B) पूरक मात्रक

क्र.सं.	भौतिक राशि का नाम	मात्रक	संकेत (प्रतीक)
1.	समतल कोण (तलीय कोण)	रेडियन	rad
2.	ठोस कोण या घन कोण	स्टेरेडियन	sr

S.I. पद्धति की विशेषताएँ (Merits of S.I. System)

(1) यह मैट्रिक या दशमलव पद्धति है।

(2) इस पद्धति में मात्रक अचर तथा उपलब्ध मानकों पर आधारित है।

(3) ये सभी मात्रक सुपरिभाषित एवं पुनः स्थापित होने वाले हैं।

(4) S.I. पद्धति विज्ञान की सभी शाखाओं में प्रयोग की जा सकती है। परन्तु M.K.S. पद्धति को केवल यांत्रिकी में प्रयोग किया जा सकता है।

(5) इस पद्धति में सभी भौतिक राशियों के व्युत्पन्न मात्रक केवल मूल मात्रकों को गुणा एवं भाग करके प्राप्त हो सकते हैं।

(6) इस पद्धति में एक भौतिक राशि के लिए एक ही मात्रक का उपयोग होता है।

1.6. मूल मात्रकों की अन्तर्राष्ट्रीय परिभाषाएँ (International Definitions of Fundamental Units)

(1) मीटर (Meter)–एक मीटर वह दूरी है जिसमें Kr^{86} से उत्सर्जित नारंगी लाल प्रकाश की 1,650,763,73 तरंगें निर्वात में स्थित होती हैं एवं दूसरे शब्दों में, 1 मीटर वह दूरी है जो प्रकाश निर्वात में $\frac{1}{299,792,458}$ सेकण्ड में तय करता है।

(2) किलोग्राम (Kilogram)–एक किलोग्राम अन्तर्राष्ट्रीय भार व माप संस्था पेरिस में रखे प्लेटिनम–इरेडियम के एक विशेष बेलन के द्रव्यमान के बराबर है। यह 4°C पर एक लीटर जल का द्रव्यमान है। एक किलोग्राम मात्रा, C^{12} के 5×10^{25} परमाणुओं के द्रव्यमान के बराबर है।

(3) सेकण्ड (Second)–यह वह समय है जिसमें सीजियम – 133 (Cs^{133}) परमाणुक घड़ी में 9,192,631,770 बार कम्पन करता है। परमाणु घड़ियाँ इस परिभाषा पर आधारित होती हैं, वे समय का यथार्थ मापन करती हैं और इनमें केवल 5000 वर्षों में एक सेकण्ड की त्रुटि हो सकती है।

(4) ऐम्पियर (Ampere)–यह विद्युत धारा का मात्रक है। एक ऐम्पियर वह नियत विद्युतधारा है, जो निर्वात में एक मीटर दूरी पर रखे दो सीधे समान्तर अनन्त लम्बाई व नगण्य त्रिज्या वाले तारों में प्रवाहित होने पर उनके मध्य प्रति इकाई लम्बाई पर लगने वाला बल 2×10^{-7} न्यूटन/मी. उत्पन्न करे।

(5) केल्विन (Kelvin)–सामान्य वायुमण्डलीय दाब पर जल के क्वथनांक एवं बर्फ के गलनांक के अन्तर का $\frac{1}{100}$ वाँ भाग 1 केल्विन ताप कहलाता है। जल के त्रिक बिन्दु (273.16 केल्विन) ताप पर ऊष्मागतिक ताप का $\frac{1}{273.16}$ वाँ भाग 1 केल्विन कहलाता है। इसका प्रतीक K है। ताप को केल्विन में व्यक्त करने में **डिग्री नहीं लिखते**। उदाहरणार्थ, कमरे का ताप 304 K है, इसे 304°K लिखना गलत है।

(6) केन्डेला (Candela)–यह प्रदीपन तीव्रता का मात्रक है। एक केन्डेला उस प्रदीपन तीव्रता की मात्रा है जो $\frac{1}{6,00,000}$ वर्गमीटर क्षेत्रफल वाली कृष्ण वस्तु से लम्बवत् उत्सर्जित होती है, जबकि कृष्ण वस्तु (black body) का दाब 101,325 न्यूटन/मी.^{2} तथा ताप, प्लेटिनम के गलनांक (2046 K) के बराबर होता है।

(7) मोल (Mole)–1 मोल पदार्थ की वह मात्रा (द्रव्यमान) है, जिसमें मूल अवयवों की संख्या उतनी हो जितनी कि ${}_6C^{12}$ के 0.012 किलोग्राम मात्रा में कार्बन परमाणुओं की होती है। इस संख्या को ऐवोगैड्रो संख्या $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ प्रति ग्राम मोल कहते हैं।

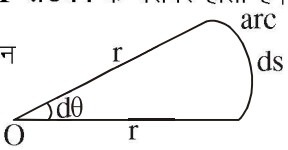
पूरक मात्रकों की परिभाषाएँ (Definitions of Supplement Units)

अन्तर्राष्ट्रीय पद्धति में कोण (Angle) तथा ठोस या धन कोण को पूरक राशि एवं इनके मात्रक क्रमशः रेडियन (radian) व स्टेरेडियन (steradian) को पूरक मात्रक माना गया है।

(1) रेडियन (Radian)–किसी वृत्त की त्रिज्या के बराबर के चाप द्वारा वृत्त के केन्द्र पर अंतरित कोण, **1 रेडियन** के बराबर होता है।

समतल कोण $d\theta = \left(\frac{ds}{r}\right)$ रेडियन

यदि $ds = r$ तो $d\theta = 1$ रेडियन



1 रेडियन $= \frac{180}{\pi}$ डिग्री
$= 57.3$ डिग्री

(2) स्टेरेडियन (Steradian)–यह ठोस कोण को मापने का मात्रक है। इसका प्रतीक sr है। किसी गोले के पृष्ठ पर उसकी त्रिज्या R के बराबर भुजा वाले वर्गाकार क्षेत्रफल R^2 द्वारा गोले के केन्द्र पर बनाये गये धन कोण को **1 स्टेरेडियन** कहते हैं। इसे Ω या ω से व्यक्त करते हैं। किसी केन्द्र बिन्दु पर बनने वाला ठोस कोण 4π होता है।

ठोस कोण $(d\Omega) = \frac{\text{अभिलम्बवत पृष्ठ क्षेत्रफल}}{(\text{त्रिज्या})^2}$

ठोस कोण $(d\Omega) = \frac{dA}{R^2}$ स्टेरेडियन

यदि $dA = R^2$ तब $d\Omega = 1$ स्टेरेडियन

यदि सम्पूर्ण पृष्ठीय क्षेत्रफल हो तो उसके द्वारा अन्तरित घन कोण $\Omega = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi$ स्टेरेडियन

1.7. द्रव्यमान, लम्बाई तथा समय के अन्य व्यावहारिक मात्रक (Other Practical Units of Mass, Length and Time)

(1) द्रव्यमान के मात्रक (Units of Mass)–

(i) 1 मिलीग्राम $= 10^{-6}$ किग्रा.
(ii) 1 ग्राम $= 10^{-3}$ किग्रा.
(iii) 1 क्विण्टल $= 100$ किग्रा.
(iv) 1 मीटरी टन $= 10$ क्विण्टल $= 1000$ किग्रा.
(v) 1 ग्रेन (grain) $= 0.000065$ किग्रा.
(vi) 1 ओंस (Ounce) $= 0.02835$ किग्रा.
(vii) 1 पाउण्ड (Pound) $= 0.4535$ किग्रा.
(viii) 1 स्टोन (stone) $= 6.350$ किग्रा.
(ix) परमाण्वीय द्रव्यमान मात्रक (amu)
1 amu $= 1.67 \times 10^{-27}$ किग्रा.
(प्रोटॉन या न्यूट्रॉन का द्रव्यमान 1 amu की कोटि का होता है।)
(x) 1 चन्द्रशेखर इकाई = सूर्य के द्रव्यमान का 1.4 गुना
$= 2.8 \times 10^{30}$ किग्रा.
यह द्रव्यमान का सबसे बड़ा मात्रक है।

(2) लम्बाई के मात्रक (Units of Length)

(a) छोटी दूरी के मात्रक–अत्यन्त छोटी दूरी मापने के लिए मीटर के छोटे गुणकों का प्रयोग किया जाता है।

(i) 1 सेमी. $= 10^{-2}$ मीटर
(ii) 1 मिलीमीटर $= 10^{-3}$ मीटर
(iii) 1 माइक्रॉन $= 10^{-6}$ मीटर
(iv) 1 नैनोमीटर $= 10^{-9}$ मीटर
(v) 1 ऐंग्स्ट्रॉम (1 Å) $= 10^{-10}$ मीटर
(vi) 1 पिकोमीटर (1 p.m.) $= 10^{-12}$ मीटर
(vii) 1 एक्स-रे मात्रक $= 10^{-13}$ मीटर
(viii) 1 फर्मी (fm) $= 10^{-15}$ मीटर
(यह दूरी नाभिक का आकार नापने के लिए प्रयुक्त होती है।)

(b) वृहद् दूरियों के मात्रक–वृहद् दूरियों के मापन के लिए सामान्यतः निम्न मात्रक प्रयुक्त किये जाते हैं–

(i) खगोलीय मात्रक (Astronomical Unit, AU)–सूर्य के केन्द्र से पृथ्वी के केन्द्र के मध्य की औसत दूरी 1 खगोलीय मात्रक कहलाती है।

1 AU $= 1.496 \times 10^{11}$ मीटर $\approx 1.5 \times 10^{11}$ मीटर

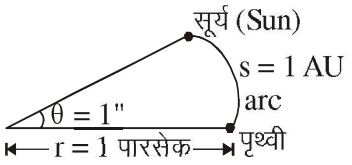
(ii) प्रकाश वर्ष (Light Year)–निर्वात में प्रकाश द्वारा एक वर्ष में तय की गई दूरी 1 प्रकाश वर्ष कहलाती है।

1 प्रकाश वर्ष = (प्रकाश की चाल निर्वात में) × समय (एक वर्ष का से. में)
$= 3 \times 10^8 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60$
$= 9.467 \times 10^{15}$ मीटर
$\cong 10^{16}$ मीटर

(iii) पारसेक (Parsec)–यह दूरी का सबसे बड़ा मात्रक है। एक पारसेक वह दूरी है जो एक खगोलीय मात्रक दूरी को चाप के रूप में लेने पर किसी बिन्दु पर 1" (एक आर्क सेकण्ड) का कोण बनाने से प्राप्त होती है।

$\because$ कोण $= \frac{\text{चाप}}{\text{त्रिज्या}}$

$\therefore$ $1'' = \frac{1\text{AU}}{1\text{Parsec}}$



या 1 Parsec $= \frac{1\text{AU}}{1''}$

$= \frac{1.496\times10^{11} \text{ मीटर}}{\frac{1}{3600}\times\frac{\pi}{180} \text{ रेडियन}}$

$= \frac{1.496\times10^{11}\times3600\times180}{3.14}$ मीटर

$= 3.084 \times 10^{16}$ मीटर $\approx 3.1 \times 10^{16}$ मीटर

नोट–$\because$ $1^\circ = 3600''$ $\therefore$ $1'' = \left(\frac{1}{3600}\right)^\circ$ तथा रेडियन में बदलने के लिए $\left(\frac{\pi}{180}\right)$ से गुणा करते हैं।

प्रकाश वर्ष एवं पारसेक में सम्बन्ध–

$\frac{1 \text{ पारसेक}}{1 \text{ प्रकाश वर्ष}} = \frac{3.1\times10^{16}}{9.467\times10^{15}}$

$\therefore$ 1 पारसेक = 3.28 प्रकाश वर्ष

पारसेक एवं खगोलीय मात्रक में सम्बन्ध–

1 पारसेक $= 3.1 \times 10^{16}$ मीटर

$$1 \text{ AU} = 1.496 \times 10^{11} \text{ मीटर}$$

$$\therefore \quad \frac{1 \text{ पारसेक}}{1 \text{AU}} = \frac{3.1 \times 10^{16}}{1.496 \times 10^{11}} = 2.072 \times 10^5$$

$$\therefore 1 \text{ पारसेक (Parsec)} = 2.07 \times 10^5 \text{ AU}$$

अन्य F.P.S. मात्रक

1 फुट = 12 इंच = 0.3048 मीटर

1 गज = 3 फीट

1 माइल = 1.609×10^3 मीटर ≈ 1.6 किलोमीटर

1 माइल = 1760 गज = 1.609×10^3 मीटर

(3) समय के मात्रक (Units of Time)

1 मिली. से. = 10^{-3} सेकण्ड

1 माइक्रो सेकण्ड (μs) = 10^{-6} सेकण्ड

1 नैनो सेकण्ड (ns) = 10^{-9} सेकण्ड

1 घण्टा = 60 मिनट = 60 × 60

= 3600 सेकण्ड

1 दिन = 24 घण्टे

= 24 × 60 × 60 सेकण्ड

= 86400 सेकण्ड

1 वर्ष = 365 दिन

= 365 × 24 × 60 × 60 सेकण्ड

= 3.156×10^7 सेकण्ड

1 शेक (shake) = 10^{-8} सेकण्ड

नोट–यह समय का व्यावहारिक मात्रक है, परन्तु वर्तमान में इसका उपयोग नहीं किया जाता है।

चन्द्रमास–पृथ्वी के चारों ओर चन्द्रमा द्वारा अपनी कक्षा में एक चक्र पूर्ण करने में लगा समय 1 चन्द्रमास होता है।

1 चन्द्रमास = 27.3 दिन

10 की घातों के पूर्वलग्न (Metric Prefixes for Powers of 10)–मात्रकों को घटाने तथा बढ़ाने के लिए पूर्व अग्रलग्नों (Prefixes) का प्रयोग किया जाता है–

पूर्वलग्न	घात	संकेत
डेका (deca)	10^1	da
हेक्टो (hecto)	10^2	h
किलो (kilo)	10^3	k
मेगा (mega)	10^6	M
गीगा (giga)	10^9	G
टेरा (tera)	10^{12}	T
पीटा (peta)	10^{15}	P
एक्सा (exa)	10^{18}	E
जेट्टा (zetta)	10^{21}	Z
योट्टा (yotta)	10^{24}	Y
डेसी (deci)	10^{-1}	d
सेन्टी (centi)	10^{-2}	c
मिली (milli)	10^{-3}	m
माइक्रो (micro)	10^{-6}	μ
नैनो (nano)	10^{-9}	n
पिको (pico)	10^{-12}	P
फेम्टो (femto)	10^{-15}	f
एट्टो (atto)	10^{-18}	a
जेप्टो (zepto)	10^{-21}	z
योक्टो (yocto)	10^{-24}	y

1.8. सार्थक अंक (Significant Figures)

किसी भौतिक राशि को शुद्ध रूप में व्यक्त करने वाले अंकों को सार्थक अंक कहा जाता है एवं दूसरे शब्दों में किसी निश्चित भौतिक राशि के माप की व्याख्या करने के लिए आवश्यक अंकों की संख्या को सार्थक अंक कहते हैं। किसी संख्या में से दशमलव चिन्ह हटाकर तथा बायीं ओर के शून्य (यदि कोई हो) को छोड़कर जो संख्या प्राप्त होती है उसके अंकों की संख्या सार्थक अंक कहलाती है।

निम्न उदाहरणों से यह बात स्पष्ट हो जायेगी–

(1) 123.64 में सार्थक अंक 5 हैं, 203.004 में सार्थक अंक 6 हैं।

(2) 2000 में सार्थक अंक 4 हैं, .00031 में सार्थक अंक 2 हैं।

(3) 1.00031 में सार्थक अंक 6 हैं, 20.00 में सार्थक अंक 4 हैं।

(4) .04050 में सार्थक अंक 4 हैं।

किसी व्यंजक में सार्थक अंक की संख्या ज्ञात करने के नियम निम्न हैं–

प्रथम नियम–सभी अ-शून्य अंक (Non-zero digit) सार्थक अंक होते हैं।

उदाहरणार्थ–राशि $x = 8696$ में सार्थक अंक चार हैं तथा राशि $x = 636$ में सार्थक अंक तीन हैं।

द्वितीय नियम–दो अ-शून्य अंकों (Non-zero digit) के मध्य आने वाले सभी शून्य अंक सार्थक अंक की गणना में लिये जाते हैं।

उदाहरणार्थ–राशि $x = 2003$ में सार्थक अंकों की संख्या चार तथा राशि $x = 2.02304$ में सार्थक अंकों की संख्या 6 है।

तृतीय नियम–यदि संख्या का आंकिक मान 1 से कम हो तो दशमलव के दाहिनी ओर तथा अ-शून्य अंक के बायीं ओर वाले शून्य सार्थक अंक नहीं होते हैं।

उदाहरणार्थ–राशि $x = 0.00046$ में सार्थक अंकों की संख्या दो है तथा राशि $x = 1.00046$ में (नियम 2) से सार्थक अंकों की संख्या 6 है।

चतुर्थ नियम–दशमलव बिन्दु के अन्तिम अ-शून्य अंक के पश्चात् दाहिनी ओर आने वाले सभी शून्य अंक सार्थक अंक की गणना में लिये जाते हैं।

उदाहरणार्थ–राशि $x = 0.000600$ में सार्थक अंकों की संख्या 3 है। राशि $x = 0.0060$ में सार्थक अंकों की संख्या 2 है।

पंचम नियम–अ-शून्य अंक के दाहिनी ओर स्थित सभी शून्य सार्थक अंक नहीं होते हैं।

उदाहरणार्थ–राशि $x = 20000$ में सार्थक अंकों की संख्या 1 है