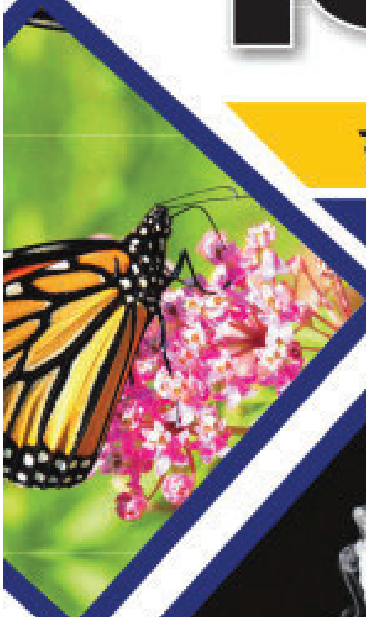
KIRAN INSTITUTE OF CAREER EXCELLENCE

One Liner Approach

सामान्य विज्ञान

सभी प्रतियोगिता परीक्षाओं के लिए

NCERT के नवीनतम पैटर्न पर आधारित



एस.एन प्रसाद की देखरेख में पूर्णतः तैयार
(प्रकाशन के क्षेत्र में 53 वर्षों से अधिक का अनुभव)

• भौतिकी • रसायन विज्ञान
• जीव विज्ञान • पशुपालन
• कृषि विज्ञान • पारिस्थितिकी
• पर्यावरण एवं प्रदूषण • खगोलीय विज्ञान • विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी • कम्प्यूटर

FULFILLMENT BY: REPRO

One Liner Approach

सामान्य विज्ञान

NCERT के नवीनतम पैटर्न पर आधारित

सभी प्रतियोगिता परीक्षाओं के लिए

SSC CGL (Tier-I), CHSL (10 + 2) एवं मैट्रिक स्तरीय परीक्षाएँ • रेलवे टेक्निकल एवं नन-टेक्निकल परीक्षाएँ • UPSC प्रारंभिक एवं अन्य परीक्षाएँ • राज्य सिविल सेवा एवं अन्य राज्य स्तरीय परीक्षाएँ तथा अन्य प्रतियोगी परीक्षाओं के लिए अति उपयोगी।

KIRAN INSTITUTE OF CAREER EXCELLENCE (KICX), DELHI
RU-67, Pitampura, Delhi-110034
Ph.: 9821874015, 9821643815
www.kicx.in

New Edition

The copyright of this book is entirely with the Kiran Institute of Career Excellence Pvt. Ltd. The reproduction of this book or a part of this will be punishable under the Copyright Act.

All disputes subject to Delhi jurisdiction. Every possible effort has been made to ensure that the information contained in this book is accurate at the time of going to press, and the publishers and authors cannot accept responsibility for any errors or omissions, however caused. No responsibility for loss or damage occasioned to any person acting, or refraining from action, as a result of the material in this publication can be accepted by the editor, the publisher or any of the authors.

© Kiran Institute of Career Excellence Pvt. Ltd. (KICX)

:
(Rupees Three Hundred & Twenty Five Only)

Compiled : Think Tank of KICX, Pratiyogita Kiran & Kiran Prakashan

Assistance : Ratnesh Kumar Singh, Sanket Sah, Rakesh Kumar

Design & Layout by :

:

Kiran Institute of Career Excellence Pvt. Ltd.
RU-67, Opposite Power House, Pitampura
Delhi-110034, Ph. : 9821874015, 9821643815
E-mail: sanket2000_us@yahoo.com
www.kiranprakashan.com

प्रकाशक की ओर से

प्रस्तुत पुस्तक **"(किरण One Liner Approach सामान्य विज्ञान)"** आप सभी पाठकों को समर्पित करते हुए मुझे अपार हर्ष की अनुभूति हो रही है। यह पुस्तक NCERT के नवीनतम पाठ्यक्रम पर आधारित है। इसमें संगृहीत तथ्यों, सूचनाओं एवं आँकड़ों के चयन में किरण प्रकाशन के थिंक टैंक के द्वारा प्रतियोगिता परीक्षाओं के अभ्यर्थियों की आवश्यकताओं को केन्द्र बिंदु में रखा गया है। सामान्य विज्ञान वह ज्ञान है जो तथ्य, सिद्धान्त और तरीकों का प्रयोग और परिकल्पना द्वारा स्थापित एवं व्यवस्थित करती है। इस पुस्तक के अन्तर्गत हमने सामान्य विज्ञान की विभिन्न शाखाओं जैसे– भौतिक विज्ञान, रसायन विज्ञान, जीव विज्ञान (जन्तु विज्ञान और वनस्पति विज्ञान), पशुपालन, कृषि विज्ञान, पारिस्थितिकी, पर्यावरण एवं प्रदूषण, खगोलीय विज्ञान, विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी तथा कम्प्यूटर आदि के अध्ययन को क्रमबद्ध रूप में प्रस्तुत किया है। प्रतियोगिता परीक्षाओं जैसे–UPSC, State PCS, SSC, बिहार SSC, झारखंड SSC आदि के नए पैटर्न में यह पाया गया है कि सामान्य विज्ञान इन सभी परीक्षाओं में एक महत्त्वपूर्ण रूप ले लिया है तथा अलग-अलग खण्ड में भी प्रश्न पूछा जा रहा है। यह विषय हमेशा से ही प्रतियोगिता परीक्षाओं के अभ्यर्थियों के लिए कठिनाई वाला विषय खण्ड रहा है क्योंकि इसका कोई निर्धारित पाठ्यक्रम और क्षेत्र नहीं होता। इसके साथ ही ऐसे अभ्यर्थियों की संख्या अधिकतम है जिन्होंने विज्ञान विषय ठीक तरह से नहीं पढ़ा है। फलत: विज्ञान विषय खण्ड को हल करने में कठिनाई होती है।

अत: इस कठिनाई को दूर करने के लिए इस पुस्तक में सामान्य विज्ञान के सभी भागों का समायोजन सरल, सुपाठ्य, सुसज्जित, वैज्ञानिक तथा प्रामाणिक रखने का प्रयास किया गया है। हमें आशा है कि इस पुस्तक का अध्ययन विभिन्न प्रतियोगिता परीक्षाओं में सफलता प्राप्त करने में सर्वश्रेष्ठ मार्गदर्शक सिद्ध होगा।

विज्ञान एक विस्तृत विषय है तथा इसकी अनेक शाखाएँ हैं और पूर्ण पाठ्य-सामग्री को स्मरण रखना एक कठिन कार्य है, इसीलिए पूरे पाठ्यक्रम में से महत्त्वपूर्ण बिन्दुओं, तथ्यों, ग्राफों, चित्रों, बॉक्सों, सारणियों आदि को श्रृंखलाबद्ध तथा क्रमबद्ध रूप में प्रस्तुत किया गया है।

निर्विवाद रूप से यह पुस्तक एक प्रयोग के रूप में संयोजित की गई है तथा प्रतियोगिता परीक्षाओं में शामिल होने वाले परीक्षार्थी पाठकों को समर्पित की जा रही है। आपकी सफलता में ही हमारी सफलता अन्तर्निहित है। इस पुस्तक की सार्थकता आपके सफलता रूपी लक्ष्य की प्राप्ति में सहयोग से है और आपको लक्ष्य तभी मिलेगा, जब आप विश्वासपूर्वक पुस्तक को पढ़ें, समझें और अभ्यास करें।

पुस्तक की गुणवत्ता, उपयोगिता एवं दोष के संबंध में निर्णय करने का वास्तविक अधिकार पाठकों को ही है। पुस्तक में संकलित सामग्रियों को उच्चस्तरीय एवं प्रामाणिक स्रोतों से लिया गया है, फिर भी किसी प्रकार की त्रुटि मिलने पर पाठकों से हमारा विनम्र अनुरोध है कि वे इस पुस्तक के संबंध में अपने विचार से यथाशीघ्र अवगत कराते हुए परिवर्धन एवं सुधार संबंधी अपने सुझाव हमें प्रेषित करें ताकि इस पुस्तक को और अधिक उपयोगी रूप दिया जा सके।

स्वर्णिम सफलताओं के लिए शुभकामनाओं सहित।

–सत्यनारायण प्रसाद

(प्रकाशक)

Email : sanket2000_us@yahoo.com

अनुक्रमणिका

UNIT–I | **भौतिकी (Physics)** | **GSH–1-184**

भौतिक विज्ञान की महत्त्वपूर्ण शाखाएँ	1
प्रमुख वैज्ञानिक उपकरण एवं उनके प्रयोग	3
यांत्रिकी	7
गति	13
रेखीय संवेग	21
बल	23
आवेग	25
कार्य, शक्ति और ऊर्जा	30
गुरुत्वाकर्षण	35
द्रव्य के सामान्य गुण	41
दाब	42
प्लवन	45
पृष्ठ तनाव	46
श्यानता	48
तरल प्रवाह	50
प्रत्यास्थता	52
सरल आवर्त गति	55
तरंग-गति और ध्वनि	57
संचार प्रणाली	72
मॉड्यूलेशन	75
ऊष्मा	79
तापमापी	80
विशिष्ट ऊष्मा	83
ऊष्मीय प्रसार	84
न्यूटन का शीलतलन नियम	88
विकिरण का उत्सर्जन एवं अवशोषण	89
गैसों का प्रसार	90
अवस्था परिवर्तन तथा गुप्त ऊष्मा	91
वाष्पीकरण	93
आपेक्षिक आर्द्रता	93
ऊष्मागतिकी	95
प्रकाश	98
प्रकाश का पूर्ण आंतरिक परावर्तन	105
लेंस द्वारा प्रकाश का अपवर्तन	107
वस्तुओं के रंग	111
प्रकाश-तरंगों का व्यतिकरण	112
प्रकाश-तरंगों का ध्रुवण	113
मानव नेत्र	114
प्रकाशीय यंत्र	117
रमन प्रभाव	119
विद्युत	119
चुम्बकीय प्रभाव	129
रासायनिक प्रभाव	134
ऊष्मीय प्रभाव	135
चुम्बकत्व	140
नाभिकीय भौतिकी	143
इलेक्ट्रॉनिकी	150
भौतिक विज्ञान के महत्त्वपूर्ण बिन्दु	158
भौतिकी के कुछ नोबेल पुरस्कार विजेता और उनका योगदान	179

UNIT–II | **रसायन विज्ञान (Chemistry)** | **GSH–185-382**

भौतिक रसायन	185
पदार्थों की अवस्थाएँ	185
मिश्रण	190
परमाणु और अणु	193
डॉल्टन का सिद्धांत	195
परमाणु संरचना	197
रदरफोर्ड का नाभिकीय सिद्धांत	199
प्लैंक का क्वांटम सिद्धांत	199
बोर का परमाणु मॉडल	200
बोर-बरी योजना	201
तत्त्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास	202
ऑफबाऊ नियम	203
पाउली अपवर्जन सिद्धांत	204
हुंड का अधिकतम बहुलता का नियम	204
समस्थानिक, समभारिक, समन्यूट्रॉनिक तथा समइलेक्ट्रॉनिक	205

रेडियोसक्रियता 206
नाभिकीय ऊर्जा 210
रासायनिक बंधन 211
वैद्युत संयोजक, सहसंयोजक और उपसहसंयोजक यौगिकों में अंतर 215
ऑक्सीकरण-अवकरण 216
अम्ल, भस्म और लवण 219
कुछ सामान्य पदार्थों का pH मान 224
रासायनिक संकेत, सूत्र और समीकरण 225
रासायनिक अभिक्रियाएँ 226
विलयन 231
रासायनिक संयोग के नियम 236
गैसों के नियम 237
रासायनिक गतिकी एवं रासायनिक साम्यावस्था 240
ईंधन 248
भौतिक रसायन के महत्त्वपूर्ण बिन्दु 255
अकार्बनिक रसायन 264
तत्त्वों का आवर्ती वर्गीकरण 264
धातुकर्मीय उपचार 269
धातुएँ 271
सोडियम 273
मैग्नीशियम 275
ऐल्युमिनियम 277
कैल्सियम 278
मैंगनीज तथा लोहा 281
ताँबा 285
जस्ता 286
चाँदी 288
प्लेटिनम तथा सोना 289
पारा 290
सीसा 291
थोरियम तथा यूरेनियम 293
प्लूटोनियम 294
धातुओं से संबंधित विविध तथ्य 294
अधातुएँ 296
हाइड्रोजन 297
कार्बन 301
सिलिकन 306
नाइट्रोजन 307
फॉस्फोरस 310
ऑक्सीजन 312
सल्फर 313
हैलोजन 316
अक्रिय गैस 317
उपधातु 318
अकार्बनिक रसायन की प्रमुख घटनाएँ 319
सीमेंट 322
काँच 323
उर्वरक 326
कार्बनिक रसायन 327
अभिक्रियाशील मूलक 329
कार्बनिक रसायन की प्रमुख घटनाएँ 329
हाइड्रोकार्बन 331
कार्बनिक यौगिक 333
महत्त्वपूर्ण कार्बनिक यौगिक और उनके उपयोग 339
अल्कोहलीय पेय 341
पेट्रोलियम 342
साबुन और अपमार्जक 343
तेल तथा वसा 344
प्लास्टिक और रबड़ 345
रेशे 346
विस्फोटक 347
औषधि एवं रसायन 347
रसायन विज्ञान का महत्व 349
रसायन विज्ञान से संबंधित महत्वपूर्ण खोज 350
रासायनिक पदार्थों के व्यापारिक नाम और रासायनिक सूत्र 351
मिश्रधातु उनका संघटन और उपयोग 353
रासायनिक पदार्थों के व्यापारिक तथा रासायनिक नाम 354
मिश्रधातु 355
तत्त्व, अयस्क तथा उसके सूत्र 356
उत्प्रेरक के कार्य 359
तत्त्व एवं उनके प्रतीक 359
धातुएँ एवं इनके यौगिकों का उपयोग 361
प्रमुख अम्ल स्रोत और उपयोग 365
रसायन विज्ञान के प्रमुख तथ्य 366
नोबेल पुरस्कार विजेता रसायनज्ञ 377

जीवधारियों के गुण	383
जीवधारियों का वर्गीकरण	385
कोशिका	388
प्रोकैरियोटिक कोशिका एवं यूकैरियोटिक में अंतर	396
पादप कोशिका और जंतु या प्राणी कोशिका में अंतर	397
कोशिका विभाजन	398
समसूत्री तथा अर्द्धसूत्री विभाजन में अंतर	402
विषाणु	404
विषाणु तथा जीवाणु में अंतर	410
जीवों का आधुनिक वर्गीकरण	411
जीवाणु	412
सायनोबैक्टीरिया या नील-हरित शैवाल	418
बैक्टीरिया एवं साइनोबैक्टीरिया में अंतर	419
पोटिस्टा जगत	420
कवक जगत	422
पादप जगत	428
शैवाल	429
ब्रायोफाइटा	433
ट्रैकियोफाइटा	434
टेरिडोफाइटा	435
अनावृतबीजी	436
आवृतबीजी	437
आवृतबीजियों की आकारिकी	438
पादक ऊतक	448
पौधों में पोषण	454
प्रकाश संश्लेषण प्रक्रिया के लिए आवश्यक चार अवयव	459
श्वसन	461
वाष्पोत्सर्जन	463
पादक हार्मोन	463
पादप रोग	465
जन्तु एवं पौधों के प्रमुख समुदाय या वर्ग उदाहरण सहित	468
जीव विज्ञान के विभिन्न शाखाओं के जनक	468
जन्तु जगत का आधुनिक वर्गीकरण	469
जन्तु ऊतक	476
जन्तुओं में पोषण	485
मानव शरीर के तंत्र	492
मनुष्य का पाचन तंत्र	492
श्वसन तंत्र	500
उत्सर्जन तंत्र	508
तंत्रिका तंत्र	514
रुधिर परिसंचरण तंत्र	520
लसीका तंत्र	524
कंकाल तंत्र	527
अन्त:स्रावी तंत्र	532
प्रजनन तंत्र	535
आनुवंशिकी	539
मानव रोग	546
भीतियां एवं उससे सम्बन्धित लक्षण	557
चिकित्सा संबंधी आविष्कार	558
विज्ञान की कुछ प्रमुख शाखाएँ	559
जीव विज्ञान के प्रसिद्ध वैज्ञानिक	561
वनस्पति विज्ञान की शाखाएँ	564
प्रसिद्ध भारतीय वनस्पतिविज्ञ	566
वनस्पति विज्ञान की विभिन्न शाखाओं के जनक	567
भारत के प्रमुख शोध संस्थान एवं वानस्पतिक पार्क	569
प्रमुख पादपों के वानस्पतिक नाम	572
आधुनिक चिकित्सा से सम्बन्धित वैज्ञानिक तथा आविष्कार/खोज	575
जन्तु विज्ञान की विभिन्न शाखाओं के जनक	577
मानव शरीर के कुछ महत्त्वपूर्ण तथ्य	579
मुख्य ग्रंथियाँ	582
विचित्रताएँ	583
संक्रामक जीवाणु एवं वायरस जनित रोग	586
चिकित्साशास्त्र के क्षेत्र में ऐतिहासिक घटनाएँ	588
चिकित्सा संबंधी आविष्कार	588
नोबेल पुरस्कार विजेता चिकित्साशास्त्री	590

UNIT–IV पशुपालन (Animal Husbandry) GSH–599-612

पशुपालन का आर्थिक महत्त्व	599	ऊँट	606
गाय	600	पशुओं में कृत्रिम गर्भाधान	607
भैंस	601	पशुओं से संबंधित अनुसंधान संस्थान	607
बकरी	602	विभिन्न पशुओं का गर्भाधान काल	607
भेड़	603	पशु और उनकी प्रमुख नस्लें	608
सूअर पालन	604	नस्ल सुधार के कुछ मुख्य कार्यक्रम	608
कुक्कुट पालन	605	जन्तु रोग	609

UNIT–V कृषि विज्ञान (Agriculture Science) GSH–613-638

कृषि विज्ञान की शाखाएँ	613	खर-पतवार	628
कृषि के प्रकार	613	पादप रोग विज्ञान	629
कृषि के विशेष प्रकार	614	पौधे में लगने वाले महत्त्वपूर्ण रोग	629
मृदा	615	पेय पदार्थों और उनमें पाये जाने वाले एल्केलॉयड	631
मृदा संरक्षण के उपाय	616	पेय पदार्थ और उनकी प्राप्ति के स्रोत	631
भारत की मिट्टियाँ	616	कृषि क्रांतियाँ	631
बीज	618	विश्व के स्थानान्तरणशील कृषि	632
फसलों का वर्गीकरण	619	भारत में की जाने वाली स्थानान्तरणशील कृषि	632
फसलें और अनुकूल भौगोलिक दशाएँ	621	भारत में कृषि से सम्बन्धित प्रमुख संस्थान	632
फसलें और उनके उत्पादक	622	फसल सुधार से सम्बन्धित अन्तर्राष्ट्रीय अनुसंधान संस्थान	634
फसलें और उनके उत्पादक राज्य	623	पौधों के वानस्पतिक (वैज्ञानिक) नाम	635
फसलें और उनकी किस्में	624	कृषि में रसायन शास्त्र	636
फसल, फल एवं सब्जियों के उत्पत्ति स्थल	625	कृषि शब्दावली	637
फसलों, फलों एवं अन्य के लिए दी गई संज्ञाएँ	625		
पादप पोषण	626		

UNIT–VI पारिस्थितिकी, पर्यावरण एवं प्रदूषण (Ecology, Environment and Pollution) GSH–639-666

पारिस्थितिकी	639	जलीय चक्र	650
पारिस्थितिकी के कारक	641	पारिस्थितिक पिरामिड	651
पर्यावरण	642	अजैविक घटक	652
पौधों में अनुकूलन	642	वायुमंडल	652
प्राणियों में अनुकूलन	643	जल	654
जीव मंडल	644	मृदा परिच्छेदिका	654
पारितंत्र की संरचना	645	मृदा की बनावट	655
उपभोक्ता के तीन श्रेणियाँ	646	जैविक कारक	655
आहार श्रृंखला	646	थल बायोम	656
पारितंत्र के कार्य	648	जलीय क्षेत्र	657
कार्बन एवं नाइट्रोजन चक्र	649	प्रदूषण	657

वायु प्रदूषण 659
जल प्रदूषण 662
जल से होने वाली बीमारी 663
जल गुणवत्ता को सुधारना 664
मृदा प्रदूषण 664
ध्वनि प्रदूषण 665
रेडियोएक्टिव प्रदूषण 666
समुद्र प्रदूषण 666

UNIT–VII खगोलीय विज्ञान (Astro Science) GSH–667-680

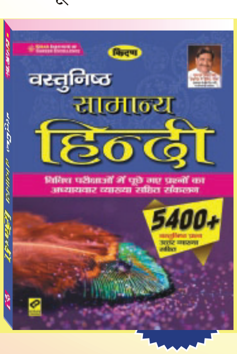
ब्रह्माण्ड 667
सूर्य 669
बुध, शुक्र और पृथ्वी 670
चन्द्रमा 671
मंगल 672
बृहस्पति और शनि 673
यूरेनस और नेप्च्यून 674
बौने ग्रह 675
सैलेनोग्राफी 677
पृथ्वी और सौरमण्डल(कुछ परिभाषिक शब्द) 677
अक्षांश, देशान्तर, अंतर्राष्ट्रीय तिथि एवं समय निर्धारण 679

UNIT–VIII विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी (Science & Technology) GSH–681-706

भारतीय अन्तरिक्ष कार्यक्रम 681
प्रमुख भारतीय उपग्रह 682
प्रक्षेपयान प्रौद्योगिकी 685
अंतरिक्ष में प्रथम 686
अंतरिक्ष शब्दावली 687
भारतीय ऊर्जा कार्यक्रम 689
परमाणु अनुसन्धान केन्द्र 690
भारत के परमाणु विज्ञान अनुसंधान केन्द्र/संस्थान 691
परमाणु ऊर्जा से संबंधित भारत के प्रमुख संगठन 692
भारत का परमाणु परिक्षण 693
भारतीय रक्षा एवं प्ररिरक्षा कार्यक्रम 693
भारत के प्रमुख प्रक्षेपास्त्र 698
विमानन प्रौद्योगिकी 703
देश की महत्त्वपूर्ण राडार 705
नैनो प्रौद्योगिकी 706
अंटार्कटिका पर स्थापित शोध केन्द्र 706

UNIT–IX कम्प्यूटर (Computer) GSH–707-752

कम्प्यूटर एक परिचय 707
कम्प्यूटर की विशेषता 708
कम्प्यूटर के अनुप्रयोग 709
कम्प्यूटर के विकास का वर्गीकरण 711
अगली पीढ़ी के कम्प्यूटर 713
कार्य पद्धति के आधार पर वर्गीकरण 713
कम्प्यूटर की आधारभूत संरचना 715
मेमोरी 718
सॉफ्टवेयर 719
कम्प्यूटर नेटवर्क 724
मॉडुलेशन 728
भारत में विकसित सुपर कम्प्यूटर 729
इंटरनेट 729
वायरस 735
शार्टकट बटन 736
कम्प्यूटर शब्दावली 738
कम्प्यूटर से संबंधित महत्त्वपूर्ण शब्द संक्षेप 741
शब्दावली (Terminology) 744



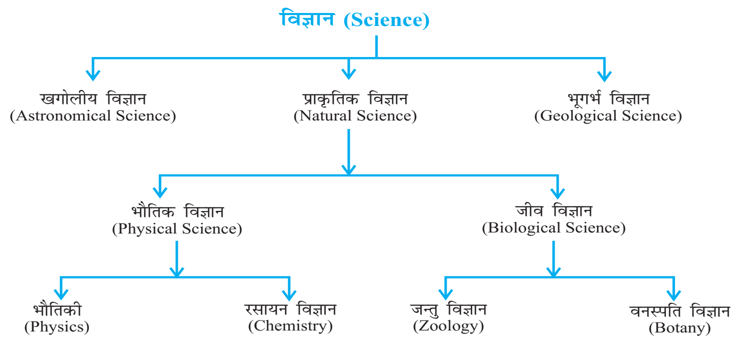
विविध परीक्षाओं में हिन्दी वस्तुनिष्ठ प्रश्न पत्र की सफलतादायी तैयारी के लिए एक अपरिहार्य पुस्तक

- लगभग 20 वर्षों में पूछे गए विविध परीक्षाओं के महत्वपूर्ण लगभग 5400 से भी अधिक प्रश्नों का हल सहित संकलन।

अध्याय 1

भौतिकी (Physics)

विज्ञान (Science) : किसी विषय के क्रमबद्ध ज्ञान को विज्ञान (Science) कहते हैं। विज्ञान की विभिन्न शाखाओं को दो भागों में बाँटा जा सकता है–भौतिक विज्ञान (Physical Science) और जैव विज्ञान (Biological Science)। भौतिक विज्ञान में निर्जीव (Nonliving) पदार्थों तथा जैव विज्ञान में सजीव (Living) पदार्थों का अध्ययन किया जाता है।



विज्ञान की शाखाएँ एवं उनके जनक

शाखा	जनक
1. भौतिक विज्ञान	सर आइजक न्यूटन
2. आधुनिक भौतिकी	अल्बर्ट आइंस्टीन
3. रसायन विज्ञान	अन्तोनी लैवासिए
4. जीव विज्ञान	अरस्तू
5. खगोल विज्ञान	कॉपरनिकस
6. भूगर्भ विज्ञान	जेम्स हटन

भौतिकी (Physics) : विज्ञान की वह शाखा जिसमें द्रव्य (Matter), ऊर्जा (Energy), गति (Motion) तथा बल (Force) के परस्पर क्रियाओं का अध्ययन किया जाता है, भौतिकी (Physics) कहलाता है।

जैसे– रात-दिन का होना, ऋतुओं का बदलना, सूर्य से प्राप्त ऊर्जा, नाभिक के टूटने से प्राप्त ऊर्जा, हवा, पानी, बालू एवं इन्द्रधनुष, रेडियो, सिनेमा, टेलीविजन, रॉकेट, हवाई जहाज आदि भौतिकी के अध्ययन से प्रभावित है।

- लॉर्ड केल्विन के अनुसार, ''भौतिक विज्ञान मापन का विज्ञान है।''
- Physics शब्द की उत्पत्ति ग्रीक शब्द Fusis अर्थात् प्रकृति से हुआ है। प्राचीन वैज्ञानिक अरस्तू ने 350 BC में इस शब्द को जन्म दिया।
- सर आइजक न्यूटन का जन्म 4 जनवरी, 1943 को लिंकनशायर (इंग्लैण्ड) में हुआ था।
- न्यूटन ने 1687 ई. में "फिलोसाफी नेचुरेलिस प्रिंसिपिया मेथेमेटिका" नामक पुस्तक प्रकाशित की जिसमें उनके खोजों का वर्णन है। इसके अलावा उन्होंने गुरुत्वाकर्षण सिद्धांत, गति के नियम, द्विपद प्रमेय का नियम तथा अवकलन गणित, प्रकाश के कणिका सिद्धांत आदि का प्रतिपादन किया। इन खोजों के कारण ही न्यूटन को भौतिक विज्ञान का पिता (Father of Physics) कहा जाता है।

भौतिक विज्ञान की महत्त्वपूर्ण शाखाएँ

- **ऊष्मागतिकी (Thermodynamics) :** ऊष्मा की प्रकृति उसके संचरण एवं उत्पन्न प्रभावों का अध्ययन।
- **प्रकाशिकी (Optics) :** प्रकाश के उत्पादन, प्रकृति, संचरण एवं उत्पन्न प्रभावों का अध्ययन।
- **ध्वनि तरंग (Accoustics) :** ध्वनि तरंगों के उत्पादन, संचरण, प्रकृति एवं उत्पन्न प्रभावों का अध्ययन।

भौतिक विज्ञान की महत्त्वपूर्ण शाखाएँ

- **विद्युतिकी (Electricity) :** विद्युत आवेश (Electric Charge) के उत्पादन, प्रकृति, संचरण एवं उत्पन्न प्रभावों का अध्ययन।
- **चुम्बकत्व (Magnetism) :** चुम्बक के गुणों, चुम्बकीय क्षेत्र एवं उत्पन्न प्रभावों का अध्ययन।
- **विद्युत चुम्बकत्व (Electro-Magnetism) :** विद्युत चुम्बक एवं विद्युत चुम्बकीय विकिरण का अध्ययन किया जाता है।
- **माप विज्ञान (Metrology) :** माप तौल की विधियों का अध्ययन।
- **परमाणु भौतिकी (Atomic Physics) :** परमाणु की संरचना एवं गुणों का अध्ययन।
- **खगोलिकी (Astronomy) :** ब्रह्माण्ड में स्थित मंदाकिनियों तारों, ग्रहों एवं उपग्रहों एवं अन्य आकाशीय पिण्डों की उत्पत्ति, विकास तथा स्थिति का अध्ययन।
- **नाभिकीय भौतिकी (Nuclear Physics):** परमाणु के नाभिक की संरचना एवं नाभिक में उपस्थित कणों (न्यूट्रॉन-प्रोटॉन) के व्यवहार, प्रकृति, नाभिकीय विखंडन एवं नाभिकीय संलयन का अध्ययन।
- **रेडियोलॉजी (Radiology) :** विभिन्न विकिरणों एवं रेडियो ऐक्टिव पदार्थों एवं मानव शरीर पर इनके प्रभावों का अध्ययन।
- **मेटालोग्राफी (Mettallography) :** धातुओं की संरचना एवं गुणों का अध्ययन।
- **मेटलर्जी (Metallurgy) :** धातुओं के अयस्कों से धातुओं के निष्कर्षण (Extration) की विधियों का अध्ययन।
- **कीमोमेट्रिक्स (Chemometrics) :** रसायन विज्ञान की समस्याओं का गणितीय समाधान का अध्ययन।
- **एपीग्रैफी (Apigraphy) :** इसमें शिलालेख का अध्ययन किया जाता है।
- **एस्ट्रोनाटिक्स (Astronautics) :** अंतरिक्ष यात्रा से संबंधित विषयों का अध्ययन।
- **रेडियो रसायन (Radio Chemistry) :** इसके अंतर्गत रेडियोधर्मी पदार्थों से होने वाली रेडियोधर्मी विकिरणों एवं उसके उपयोगों का अध्ययन किया जाता है।
- **प्रकाश रसायन (Photo Chemistry) :** इसके अंतर्गत पृथ्वी में प्राप्त विभिन्न उपयोगी खनिज, पदार्थों को खोजने तथा प्राप्त करने की विधियों का अध्ययन किया जाता है।
- **होलोग्राफी (Holography) :** लेसर किरणों द्वारा किसी वस्तु का त्रिविमीय (3 Dimentional) चित्र प्राप्त करने की विधिका अध्ययन।
- **द्रवगतिकी (Hydrodynamics) :** गतिशील द्रव पर कार्य करने वाले बल, दाब तथा उसकी ऊर्जा का अध्ययन।
- **हाइड्रोफोनिक्स (Hydrophonics) :** ध्वनि तरंगों द्वारा जल के नीचे की स्थिति का अध्ययन।
- **द्रव-स्थैतिकी (Hydrostatics) :** स्थिर द्रवों में बल, दाब एवं उनके प्रभावों का अध्ययन।
- **काइनेस्थेटिक्स (Kinesthetics) :** शरीर की भाषा (Body Language) का अध्ययन।
- **ओरोलॉजी (Orology) :** पर्वतों की उत्पत्ति संरचना, विकास तथा इनसे पृथ्वी पर पड़ने वाले प्रभावों का अध्ययन।
- **सीस्मोलॉजी (Seismology) :** पृथ्वी के कंपन (भूकंप), विस्तार पूर्वानुमान का अध्ययन।
- **सेलीनोलॉजी (Selinology) :** चंद्रमा की संरचना, गति एवं स्थिति का अध्ययन।
- **साइबरनेटिक्स (Cybernetics) :** विभिन्न तंत्रों में हो रही प्रक्रियाओं का नियंत्रण एवं क्रियाविधि का अध्ययन।
- **क्रोनोलॉजी (Cronology) :** उसमें समय एवं अवधि का अध्ययन किया जाता है।
- **ट्राइबोलॉजी (Trybology) :** सापेक्ष गतिशील (Relatively Moving) सतहों के मध्य लगने वाले बल का अध्ययन।
- **हॉरोलॉजी (Harology) :** इसके अंतर्गत समय का मापन किया जाता है।
- **सूक्ष्म यांत्रिकी (Quantum Mechanics):** इसके अंतर्गत अतिसूक्ष्म कणों की गति एवं व्यवहार का अध्ययन किया जाता है।
- **निम्न तापिकीय (Cryogenics) :** इसके अंतर्गत निम्न ताप उत्पन्न करने की विधियों का एवं निम्न ताप पर पदार्थों के गुणों का अध्ययन किया जाता है। इसका उपयोग अंतरिक्ष यात्रा (Space Travelling), रक्तहीन सर्जरी (Operation of body without bleeding) तथा अति चालकता (Super Conductivity) में किया जाता है।

भौतिकी (Physics)

- **क्रिस्टोलॉजी (Crystallography) :** यह एक प्रायोगिक विज्ञान है जिसमें क्रिस्टलों में परमाणुओं के संरचना (विन्यास) का अध्ययन किया जाता है। इसमें एक्स किरणों के विवर्तन द्वारा क्रिस्टलों की संरचना का अध्ययन किया जाता है।
- **स्पेक्ट्रो स्कोपी (Spectro Scopy) :** इसके अंतर्गत विभिन्न पदार्थों के वर्णक्रम प्राप्त कर उनके आधार पर उनकी आंतरिक संरचना का अध्ययन किया जाता है।
- **रीयोलॉजी (Rheology) :** इसके अंतर्गत किसी पदार्थ के विरूपण एवं उसके प्रवाह का अध्ययन किया जाता है।
- **मेटालोग्राफी (Metallography) :** इसके अंतर्गत धातुओं की संरचना एवं गुणों का अध्ययन किया जाता है।
- विज्ञान में सभी अन्वेषण वैज्ञानिक विधि अपनाने से नहीं होते हैं, बल्कि अनेक महत्वपूर्ण खोजें अकस्मात् (By chance) ही हुई है।
- विज्ञान में खोजों के अकस्मात् ही हो जाने की घटना (Phenomenon) को सीरेनडिपिटी (Serendipity) कहते हैं।
- उदाहरण के लिए, न्यूटन द्वारा गुरुत्वाकर्षण की खोज, फैराडे द्वारा विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण की खोज, फ्लेमिंग द्वारा ऐण्टिबायोटिक औषधियों के सिद्धांत की खोज, अनेक अति महत्वपूर्ण खोजें है जो अकस्मात् ही हुई थीं। ये आकस्मिक खोजें भी वही मस्तिष्क कर पाते हैं, जो उन्हें अभिगृहीत करने की लिए तैयार होते हैं।

संदर्भ की सुविधा के लिए भौतिकी को इन शाखाओं में विभाजित किया जा सकता है– यांत्रिकी (Mechanics), ऊष्मा (Heat), ध्वनि (Sound), प्रकाश (Light), चुम्बकत्व (Magnetism), विद्युत (Electricity), परमाणु भौतिकी (Atomic Physics)। इन शाखाओं में यांत्रिकी में द्रव्य (उसके संघटन में बिना परिवर्तन के) ऊर्जा के गुणों का विवरण रहता है और शेष शाखाओं में ऊर्जा के विशेष रूपों का विवरण रहता है।

प्रमुख वैज्ञानिक उपकरण एवं उनके प्रयोग

- **एक्सिलिरोमीटर (Accelerometer) :** यह गतिमान वाहनों की गति में वृद्धि की दर (त्वरण) मापने का यंत्र है।
- **एक्यूमुलेटर (Accumulator) :** यह विद्युत ऊर्जा संग्रह करने का यंत्र है।
- **एक्टिनोमीटर (Actinometer) :** सूर्य किरणों की तीव्रता मापने का यंत्र है।
- **एयरोमीटर (Aerometer) :** यह वायु एवं गैस का भार एवं घनत्व मापने वाला यंत्र है।
- **अल्टीमीटर (Altimeter) :** यह उड़ते हुए विमान की ऊँचाई मापने का यंत्र है। ऊँचाई बढ़ने पर वायुदाब में होने वाली कमी के आधार पर यह कार्य करता है।
- **एयर कंडीशनर (Air Conditioner) :** यह कमरे के दाब आर्द्रता (Moisture) एवं हवा के गति को नियंत्रित करने वाला उपकरण है।
- **अमीटर (Ameter) :** यह विद्युत धारा की तीव्रता मापने वाला यंत्र है।
- **एनिमोमीटर (Anemometer) :** यह बहते वायु की गति एवं शक्ति मापने का यंत्र है।
- **एपिकोयस्कोप (Apiscope) :** यह अपारदर्शी चित्रों का पर्दे पर प्रतिबिम्ब प्राप्त करने को कार्य करता है।
- **आडियोमीटर (Audiometer) :** यह ध्वनि की तीव्रता मापने का यंत्र है।
- **आडियोफोन (Audiophone) :** यह एक श्रवण सहायक यंत्र है जिसे कम सुनने वाले व्यक्ति अपने कान में लगाते हैं।
- **ऑरिस्कोप (Auriscope) :** यह कान की आंतरिक भागों की जाँच करने वाला उपकरण है।
- **बैरोमीटर (Barometer) :** यह वायुमंडलीय दाब मापने वाला यंत्र है।
- **बैरोग्राफ (Barograph) वायुदाबलेखी :** यह वायुमण्डलीय दाब में होने वाले परिवर्तनों को अंकित करने वाला यंत्र है।
- **बाइनोकुलर्स (Binoculars) :** दूर की वस्तुओं को देखने वाला यंत्र है।
- **बोलोमीटर (Bolometer) :** यह ऊष्मीय विकिरण को मापने वाला यंत्र है।
- **बर्नियर कैलीपर्स (Bernior Callipers) :** यह गोलीय वस्तुओं का व्यास एवं गहराई मापने वाला यंत्र है।
- **गणक (Calculator) :** यह गणितीय क्रियाएँ करने वाला एक इलेक्ट्रॉनिक उपकरण है।

- **कार्बुरेटर (Carburator) :** यह पेट्रोल से चालित अंतदर्हन इंजनों में प्रयुक्त होने वाला उपकरण है।
- **कैलोरीमीटर (Calorimeter) :** यह ऊष्मा की मात्रा मापने वाला उपकरण है।
- **सेलफोन या मोबाइल फोन (Cellphone) :** यह बैट्री से संचालित ऐसा फोन है। जिसमें ध्वनि संकेतों को विद्युत संकेतों में बदलने के बाद तार के बजाय सीधे विद्युत चुम्बकीय तरंगों के रूप में प्रेषित की जाती है।
- **क्रोनोमीटर (Chronometer) :** यह पानी के जहाजों में समय ज्ञात करने वाला उपकरण है।
- **कम्यूटेटर (Commutator) दिक् परिवर्तक यंत्र :** यह विद्युत धारा की दिशा बदलने वाला यंत्र है।
- **दिक्सूचक (Compass-Box) :** चुम्बकीय सूई युक्त एक बॉक्स जो दिशा ज्ञात करने का कार्य करता है।
- **संगणक (Computer) :** यह गणितीय एवं तार्किक सभी तरह की गणनाएँ करने में सक्षम उपकरण है।
- **साइक्लोट्रॉन (Cyclotron) :** यह आवेशित कणों (इलेक्ट्रोन, प्रोटोन) को त्वरित करने वाला यंत्र है।
- **क्रोयोमीटर (Cryometer) :** यह निम्न ताप मापने वाला यंत्र है जिससे 0°C के ताप को मापा जाता है।
- **साइटोट्रान (Cytotron) :** यह कृत्रिम मौसम उत्पन्न करने वाला यंत्र है।
- **डायनेमो (Dynamo) :** यह यंत्र यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है जिसका प्रयोग विद्युत जनरेटर में होता है।
- **डेनियल सेल (Danial Cell) :** यह किसी विद्युत परिपथ में दिष्ट धारा (D.C.) प्रवाहित करने वाला यंत्र है।
- **घनत्वमापी (Densitymeter) :** यह किसी पदार्थ के घनत्व को मापता है।
- **डिक्टाफोन (Dictaphone) :** यह ध्वनि को रिकार्ड करने का यंत्र है।
- **विद्युत मोटर (Electric Motor) :** यह विद्युत ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में बदलने वाला यंत्र है।
- **आवेशमापी (Electro Scope) :** यह विद्युत आवेश मापने वाला यंत्र है।
- **फैदो मीटर (Fathometer) :** यह समुद्र, नदी की गहराई मापने वाला यंत्र है।
- **गैल्वेनो मीटर (Galvenometer) :** यह किसी परिपथ में धारा की दिशा एवं विभवान्तर मापने वाला यंत्र है।
- **अग्निशामक (Fire Extingnuisher) :** यह एक अग्निशामक (आग बुझाने वाला) यंत्र है जिसमें सोडियम कार्बोनेट का विलयन भरा होता है। जो वायु के संपर्क में आने पर कार्बन डाइऑक्साइड बनाने लगती है, और आग बुझ जाती है।
- **उड़ान अभिलेखी (Flight Recorder) :** यह वायुयान में उड़ान के दौरान विभिन्न सूचनाओं को रिकार्ड करने वाला उपकरण है जिसे ब्लैक बॉक्स भी कहते हैं। दुर्घटना होने पर इसकी सहायता से कारणों की जाँच की जाती है। इसे अत्यंत मजबूत एवं नारंगी रंग का बनाया जाता है।
- **ग्रामोफोन (Gramophone) :** यह रिकार्डेड ध्वनियों को पुनः सुनने के काम आने वाला यंत्र है।
- **गाइरोस्कोप (Gyroscope) :** यह घूर्णन गति मापने वाला यंत्र है।
- **ग्रेवीमीटर (Gravimeter) :** यह पानी में तेल की मात्रा मापने वाला यंत्र है।
- **हाइड्रोमीटर (Hydrometer) :** यह किसी द्रव का सापेक्षिक घनत्व (Relative Density) मापता है।
- **हाइड्रोफोन (Hydrophone) :** यह जल के भीतर ध्वनि मापता है।
- **हाइग्रोमीटर (Hygrometer) :** यह वायुमंडल आर्द्रता मापने का यंत्र है।
- **लैक्टोमीटर (Lactometer) :** इससे किसी द्रव का सापेक्षिक घनत्व मापा जाता है। इसी आधार पर इससे दूध की शुद्धता (मिलाये गए जल की मात्रा) ज्ञात की जाती है।
- **लाउडस्पीकर (Loudspeaker) :** ध्वनि की तीव्रता को बढ़ाने वाला यंत्र है।
- **तड़ित चालक (Lightening Conductor):** इसको आकाशीय बिजली (तड़ित) से भवनों की सुरक्षा हेतु भवन के ऊपर लगाया जाता है। यह तड़ित आवेश को भूसंपर्कित कर देता है।
- **मैकमीटर (Machmeter) :** यह ध्वनि के वेग के अनुपात में वायुयान की गति मापने वाला यंत्र है।

- **मैग्नोमीटर (Magnetometer) :** यह चुम्बकीय क्षेत्र मापने वाला यंत्र है।
- **दाबमापी (Manometer) :** इससे गैसों का दाब मापा जाता है।
- **माइक्रोमीटर (Micrometer) :** यह अतिसूक्ष्म लंबाई मिलीमीटर के हजारवें भाग तक की मापने वाला यंत्र है।
- **सूक्ष्मदर्शी (Microscope) :** यह सूक्ष्म वस्तुओं को आवर्धित कर देखने वाला यंत्र है।वाला यंत्र है।
- **माइक्रोटोम (Microtome) :** यह किसी वस्तु को अत्यन्त छोटे-छोटे टुकड़े में काटने का यंत्र है।
- **नेफोस्कोप (Nefoscope) :** इसकी सहायता से वायुमण्डल में उपस्थित बादलों की गति एवं गति की दिशा को मापते हैं।
- **ओडोमीटर (Odometer) :** यह किसी वाहन द्वारा तय की गई दूरी मापने का यंत्र है।
- **ओममीटर (Ohmmeter) :** यह विद्युत प्रतिरोध को मापने वाला यंत्र है।
- **ओण्डोमीटर (Ondometer) :** यह विद्युत चुम्बकीय तरंगों की आवृत्ति मापने वाला यंत्र है।
- **पेरिस्कोप (Periscope) :** यह पानी के अंदर से पानी के बाहर का दृश्य देखने के काम आता है। इसका प्रयोग पनडुब्बियों में किया जाता है।
- **पायरोमीटर (Pirometer) :** यह सुदूर स्थित उच्च ताप युक्त पिण्डों का ताप ज्ञात करने का यंत्र है। सूर्य तारा का ताप इसकी सहायता से ज्ञात किया जा सकता है।
- **फोटोग्राफिक कैमरा (Photographic Camera) :** यह किसी वस्तु का फोटो खींचने वाला उपकरण है।
- **फोनोग्राफ (Phonograph) :** यह ध्वनि लेखन एवं पुनः उत्पादन के काम आने वाला यंत्र है।
- **फोनोमीटर (Phonometer) :** यह प्रकाश की तीव्रता मापने का यंत्र है।
- **फोटोमीटर (Photometer) :** यह विभिन्न प्रकाश स्रोतों की तीव्रता की तुलना करने वाला उपकरण है।
- **पोलीग्राफ (Polygraph) :** यह झूठ जाँचने वाला यंत्र है।
- **प्रक्षेपक (Projector) :** यह किसी फिल्म के दृश्य को बड़े पर्दे पर प्रक्षेपित कर दर्शाने
- **क्वाड्रैण्ट (Quadrant) :** यह ऊँचाई तथा कोण मापने वाला यंत्र है।
- **राडार (Radar) :** इसकी सहायत से दूर स्थित वस्तुओं, प्रायः वायुयानों, युद्धक विमानों की दूरी एवं स्थिति को ज्ञात करता है।
- **रेडियेटर (Radiator) :** यह स्वचालित वाहनों के इंजन को ठंडा रखने वाला यंत्र है।
- **रेडियोमीटर (Radiometer) :** यह विकिरण को मापने वाला यंत्र है।
- **प्रशीतक (Refrigerator) :** यह किसी स्थान या कक्ष के ताप को कम करने के काम आने वाला उपकरण है।
- **रेनगेज (Rain Gauge) :** इसकी सहायता से किसी स्थान पर किसी निश्चित समय में हुई वर्षा का मापन किया जाता है।
- **रिफ्रैक्टोमीटर (Refractometer) :** इसकी सहायता से किसी वस्तु का अपवर्तनांक मापा जाता है।
- **रॉकेट (Rocket) :** यह किसी उपग्रह या अन्तरिक्षयान (Space Shuttle) को अन्तरिक्ष में उसकी कक्षा तक पहुँचाने वाला प्रक्षेपक है।
- **स्क्रूगेज (Screwguage) :** इसकी सहायता से छोटे तारों का व्यास ज्ञात किया जाता है।
- **सीस्मोग्राफ (Seismograph) :** इसकी सहायता से भूकंप की तीव्रता को मापा जाता है।
- **स्पेक्ट्रोस्कोप (Spectroscope) :** यह विद्युत चुम्बकीय तरंगों के स्पेक्ट्रम को मापने का कार्य करता है।
- **स्पीडोमीटर (Speedometer) :** यह किसी गतिमान वाहन की गति मापने वाला यंत्र है।
- **स्फेरोमीटर (Spherometer) :** यह किसी वक्रीय पृष्ठ की वक्रता मापने का यंत्र है।
- **स्ट्रोबोस्कोप (Stroboscope) :** यह किसी आवर्त गति करने वाली वस्तु की गति को मापता है।
- **सबमेरीन (Submerine) :** यह समुद्र के अंदर डूबकर चलने वाला जलयान है।
- **टैकोमीटर (Tachometer) :** यह वायुयान की गति मापने वाला यंत्र है।
- **टेलेक्स (Telex) :** यह दो स्थानों के बीच समाचारों एवं संदेशों को भेजने का उपकरण है।

- **टेलीप्रिंटर (Tele printer) :** यह दूर से टेलीग्राफिक संदेशों को प्राप्त कर स्वत: प्रिंट करने वाला उपकरण है।
- **टेलीस्कोप (Tele scope) :** यह दूर स्थित वस्तुओं को देखने वाला यंत्र है।
- **थर्मोस्टेट (Thermostate) :** यह किसी ताप को स्थिर बनाये रखने के लिए उपयोग किया जाने वाला उपकरण है। इसका प्रयोग प्राय: प्रशीतकों (रेफ्रीजरेटर) में होता है।
- **ट्रांसफार्मर (Transformer) :** यह विद्युत के विभव को कम या अधिक करने वाला यंत्र है।
- **टरबाइन (Turbine) :** इसके द्वारा किसी द्रव के प्रवाह में उत्पन्न गतिज ऊर्जा के प्रयोग से चक्कियाँ चलाई जाती है।
- **ट्रांजिस्टर (Transister) :** यह विद्युत धारा को विस्तार करने वाला उपकरण है जो विद्युत परिपथों में ट्रायोड वाल्व के स्थान पर प्रयुक्त होता है।
- **वेंचुरीमीटर (Venturimeter) :** इसकी सहायता से किसी द्रव की प्रवाह की दर (गति) मापी जाती है।
- **वीडियोफोन (Videophone) :** यह ऐसा फोन है जिसमें श्रव्य-दृश्य दोनों प्रकार के संकेतों को भेजने एवं प्राप्त करके देखा सुना जा सकता है।
- **विस्कोमीटर (Viscometer) :** यह किसी द्रव की श्यानता ज्ञात करने का यंत्र है।
- **विभवमापी (Volt Meter) :** यह परिपथ में दो बिंदुओं के बीच का विभवान्तर मापने वाला यंत्र है।
- **वाटमीटर (Wattmeter) :** यह विद्युत शक्ति का मापने वाला यंत्र है।
- **वेवमीटर (Wavemeter) :** यह किसी विद्युत चुम्बकीय तरंग का तरंगदैर्ध्य मापने का यंत्र है।
- **एक्स-रे मशीन (X-ray Machine) :** यह शरीर के आंतरिक भागों को प्रतिबिंबित करने वाला यंत्र है। इससे प्राय: हड्डियों का विकार ज्ञात किया जाता है।
- **यामीटर (Yameter) :** यह वायु के दिशा में परिवर्तन का सूचना देने वाला उपकरण है।

यांत्रिकी (MECHANICS)

- **राशि (Quantity)** – जिसे संख्या के रूप में प्रकट किया जा सके, उसे राशि (quantity) कहते हैं, जैसे – जनसंख्या, आयु, वस्तु का भार, मेज की लम्बाई आदि।
- **भौतिक राशियाँ (Physical quantities) :** – भौतिकी के नियमों को जिन्हें राशियों के पदों में व्यक्त किया जाता है, उन्हें भौतिक राशियाँ कहते हैं, जैसे – वस्तु का द्रव्यमान (mass), लम्बाई (Length), बल (Force), चाल (Speed), दूरी (Distance), विद्युतधारा (Electric Current), घनत्व (Density) इत्यादि। भौतिक राशियाँ दो प्रकार की होती हैं – अदिश तथा सदिश।

अदिश और सदिश (Scalars and Vectors)

अदिश (Scalars)	सदिश (Vectors)
1. अदिश में केवल (Magnitude) परिमाण होता है। दिशा (Direction) नहीं होता है।	1. सदिश में परिमाण और दिशा (Magnitude and direction) दोनों होता है।
2. अदिश राशियों का जोड़ना, घटाना, गुणा, भाग, साधारण गणित की सहायता से किया जाता है	2. यह योग के निश्चित नियमों के अनुसार जोड़ी जाती है।
3. संकेत के रूप में लिखते समय राशि के ऊपर कोई निशान नहीं दिया जाता है।	3. संकेत रूप में लिखते समय राशि के ऊपर तीर का निशान (Arrow) लम्ब दिया जाता है।
4. उदाहरण : द्रव्यमान, दूरी, समय, चाल, आयतन, घनत्व, दाब, कार्य, ऊर्जा, शक्ति, आवेश, वैद्युत-धारा, विभव, ताप, विशिष्ट, ऊष्मा, आवृत्ति आदि।	4. उदाहरण : वेग, विस्थापन, बल, रेखीय संवेग, कोणीय विस्थापन, कोणीय वेग, त्वरण, बल आघूर्ण, चुम्बकीय क्षेत्र एवं प्रेरण, चुम्बकीय तीव्रता, चुम्बकीय आघूर्ण, विद्युत तीव्रता, विद्युत धारा, घनत्व, विद्युत् ध्रुव आघूर्ण, विद्युत ध्रुवण, चाल प्रवणता, ताप प्रवणता आदि।

मात्रक (Units)

किसी भी भौतिक राशि के मापन के लिए एक मानक मान की आवश्यकता होती है जिसे भौतिक राशि का मात्रक कहते हैं। यह दो प्रकार होता है

मूल मात्रक (Fundamental Units)

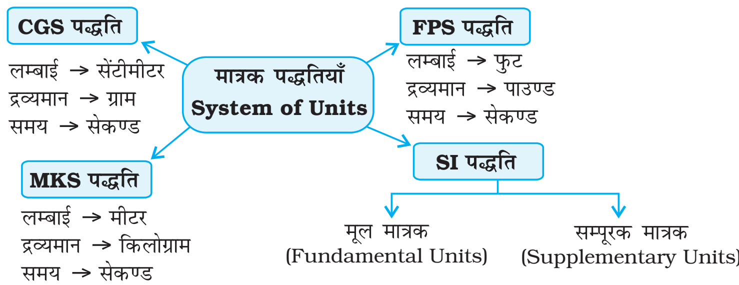
वे मात्रक जो अन्य मात्रकों से स्वतंत्र होते हैं अर्थात् उनको एक–दूसरे से अथवा आपस में बदला नहीं जा सकता है।

व्यूत्पन्न मात्रक (Derived Units)

जब दो या दो से अधिक मूल इकाईयों में व्यक्त किया जाता है तो उसे व्युत्पन्न मात्रक कहते हैं।

कुछ प्रमुख व्युत्पन्न मात्रक (Derived units)

भौतिक राशियाँ (Physical Quantities)	राशि की परिभाषा या सूत्र (Definition of Quantity)	SI मात्रक (SI units)
क्षेत्रफल (Area)	Length Square	m^2
आयतन (Volume)	Length cube	m^3
घनत्व (Density)	Mass per unit volume	$kg.m^{-3}$
चाल (Speed)	Distance travelled per unit Time	$m.s^{-1}$
वेग (Velocity)	Displacement per unit Time	$m.s^{-1}$
त्वरण (Acceleration)	Change in velocity per unit Time	$m.s^{-2}$
बल (Force)	Mass × Acceleration	$kg.ms.^{-2}$ या 'N'
दाब (Pressure)	Force per unit Area	Nm^{-2} या Pa
संवेग (Momentum)	Mass × Velocity	kg ms^{-1}
आवेग (Impulse)	Force × Time Interval	N. S.
ऊर्जा या कार्य (Energy or Work)	Force × Distance	Nm या Joule
शक्ति (Power)	$\frac{\text{Work Done}}{\text{Time Taken}}$	J/S या Watt



Note : (i) CGS (Centimetre- Gram - Second System) पद्धति को फ्रेंच या मीट्रिक पद्धति भी कहते हैं।

(ii) FPS (Foot - Pound - Second System) पद्धति को ब्रिटिश पद्धति भी कहते हैं।

(iii) MKS (Metre- Kilogram- Second System) पद्धति को भारतीय पद्धति भी कह सकते हैं।

(iv) 1960 ई. में अंतर्राष्ट्रीय माप तौल के अधिवेशन में SI को स्वीकार किया गया जिसका पूरा नाम de system International d' units है। SI मात्रक, मात्रकों की एक संसक्त पद्धति है।

(v) SI पद्धति में सात मूल मात्रक तथा दो सहायक मात्रक होते हैं।

SI मूल मात्रक – SI पद्धति के मूल मात्रक निम्न हैं–

(i) लम्बाई का मूल मात्रक 'मीटर' (Metre) : SI में लम्बाई का मूल मात्रक मीटर (Metre) या (m) होता है। 1 मीटर वह दूरी है, जिसे प्रकाश निर्वात में 1/299792458 सेकण्ड में तय करता है।

(ii) द्रव्यमान का मूल मात्रक 'किलोग्राम' (Kilogram): फ्रांस के सेवरिस नामक स्थान पर माप–तौल के अन्तर्राष्ट्रीय माप तौल ब्यूरो में सुरक्षित रखे प्लेटिनम–इरीडियम मिश्र धातु के बने हुए बेलन के द्रव्यमान को मानक किलोग्राम कहते हैं। इसे संकेत में (kg) लिखते हैं।

(iii) समय का मूल मात्रक 'सेकण्ड' (Second) : सीजियम–133 परमाणु की मूल अवस्था के दो निश्चित ऊर्जा स्तरों (hyperfine levels) के बीच संक्रमण (transition) से उत्पन्न विकिरण के 9,19,26,31,770 आवर्तकालों की अवधि को 1 सेकण्ड (s) कहते हैं।

(iv) विद्युत धारा का मूल मात्रक 'ऐम्पियर' (Ampere) : यदि दो लम्बे और पतले तारों को निर्वात में 1 मीटर की दूरी पर एक–दूसरे के समानान्तर रखा जाए और उनमें ऐसे परिमाण की समान विद्युत धारा प्रवाहित की जाए जिससे तारों के बीच प्रति मीटर लम्बाई में 2×10^{-7} न्यूटन का बल लगने लगे तो विद्युत धारा के उस परिमाण को 1 एम्पीयर कहा जाता है। इसका प्रतीक A होता है।

(v) ताप का मूल मात्रक 'केल्विन' (Kelvin) : जल के त्रिक बिन्दु (triple point) के ऊष्मागतिक ताप के 1/273.16 वें भाग को केल्विन कहते हैं। इसका प्रतीक K होता है।

(vi) ज्योति तीव्रता का मूल मात्रक 'कैण्डेला' (Candela) : किसी निश्चित दिशा में किसी प्रकाश स्रोत की ज्योति–तीव्रता 1 कैण्डेला (cd) तब कही जाती है, जब यह स्रोत उस दिशा में 540×10^{12} हर्ट्ज का तथा 1/683 वाट/स्टेरेडियन तीव्रता का एकवर्णीय (monochromatic) प्रकाश उत्सर्जित करता है। यदि घन कोण के अन्दर प्रति सेकण्ड 1 जूल प्रकाश ऊर्जा उत्सर्जित हो, तो उसे 1 वाट / स्टेरेडियन कहते हैं।

(vii) पदार्थ की मात्रा (Amount of Substance) का मूल मात्रक 'मोल' (Mole) : एक मोल, पदार्थ की वह मात्रा है, जिसमें उसके अवयवी तत्वों (परमाणु, अणु, ... आदि) की संख्या 6.023 × 10^{23} होती है। इस संख्या को आवोगाड्रो नियतांक (Avogadro's Constant कहते हैं। इसका संकेत mol होता है

- SI पद्धति के दो सम्पूरक मात्रक है : (i) रेडियन (radian) (ii) स्टेरेडियन (steradian)

(i) रेडियन (Radian) : किसी वृत्त की त्रिज्या के बराबर लम्बाई के चाप द्वारा उसके केन्द्र पर बनाया गया कोण एक रेडियन होता है। इस मात्रक का प्रयोग समतल पर बने कोणों को मापने के लिए किया जाता है। इसका संकेत rad होता है।

(ii) स्टेरेडियन (Steradian) : किसी गोले की सतह पर उसकी त्रिज्या के बराबर भुजा वाले वर्गाकार क्षेत्रफल द्वारा गोले के केन्द्र पर बनाए गए घन कोण को 1 स्टेरेडियन कहते हैं। यह ठोसीय कोणों को मापने का मात्रक है। इसका संकेत sr होता है।

मूल मात्रक (Fundamental Units)

भौतिक राशि (Physical quantity)	SI मात्रक/इकाई (SI Unit)	प्रतीक/संकेत (Symbol)
लंबाई (Length)	मीटर (Metre)	m
द्रव्यमान (Mass)	किलोग्राम (Kilogram)	kg
समय (Time)	सेकण्ड (Second)	s
विद्युत धारा (Electric current)	ऐम्पियर (Ampere)	A
ताप (Temperature)	केल्विन (Kelvin)	K
ज्योति तीव्रता (Luminus Intensity)	कैण्डेला (Candela)	cd
पदार्थ की मात्रा (Amount of substance)	मोल (Mole)	mol

सम्पूरक मात्रक (Supplementary Units)

समतल कोण (Plane angle)	रेडियन (Radian)	rad
ठोसीय कोण (Solid angles)	स्टेरेडियन (Steradian)	sr

- भौतिकी में बहुत छोटी और बहुत बड़ी राशियों के मानों को दस की घात के रूप में व्यक्त किया जाता है। 10 की कुछ घातों को विशेष नाम तथा संकेत में व्यक्त करते हैं, जो निम्नलिखित हैं –

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

कुछ प्रमुख मात्रक (Some important Units) :

1. **खगोलीय इकाई (Astronomical Unit - A.U.) :** खगोलीय इकाई दूरी का मात्रक है। सूर्य और पृथ्वी के बीच की माध्य दूरी (Mean Distance) 'खगोलीय इकाई' कहलाती है। (1 A.U. = 1.495×10^{11} Metres)
2. **प्रकाश वर्ष (Light Year) :** प्रकाश वर्ष दूरी का मात्रक है। एक प्रकाश वर्ष निर्वात में प्रकाश के द्वारा एक वर्ष में चली गयी दूरी है, जो 9.46×10^{15} मी. के बराबर होती है।
3. **पारसेक (Parsec) :** पारसेक दूरी मापने की सबसे बड़ी इकाई है। जिसका मान 3.084×10^{6} मी. होता है।

दूरी के मात्रक

1 पारसेक = 3.26 प्रकाश वर्ष
= 3.08×10^{16} मीटर
1 प्रकाश वर्ष = 9.46×10^{15} मीटर
1 फर्मी = 1 fm = 10^{-15} मीटर
1 ऐंग्स्ट्रॉम = 1 Å = 10^{-10} मीटर
1 नाविक = 1.852 किलोमीटर
नाविक मील (Nautical mile)

क्षेत्रफल के मात्रक

1 एकड़ (area) = 4840 वर्ग गज
= 43560 वर्ग फीट
= 4046.94 वर्ग मीटर
1 हेक्टेयर (hectare) = 2.471 अथवा 2.5 एकड़
1 वर्ग मील (square mile)
= 2.6 वर्ग किलोमीटर
= 256 हेक्टेयर
= 640 एकड़
1 वर्ग किलोमीटर = 100 हेक्टेयर

द्रव्यमान के मात्रक

1 पाउण्ड = 16 आउन्स
= 453.52 ग्राम
1 आउन्स = 28.35 ग्राम
1 मीट्रिक टन = 1000 किलोग्राम
1 किलोग्राम = 2.205 पाउण्ड
1 कैरेट = 205.3 मिलीग्राम
1 मिलीग्राम = 10^{-6} किलोग्राम

आयतन के मात्रक

1 लीटर (litre) = 1000 घन सेंटीमीटर (cc)
= 0.2642 गैलन
= 100 सेंटीलीटर
= 1.76 पिंट
10 लीटर = 2.2 गैलन
1 गैलन = 231 घन इंच
= 3785.4 घन सेमी.
= 3.785 लीटर
1 बैरल = 158.987 लीटर

समय के मात्रक

1 सेकण्ड = माध्य सौर दिवस का $\frac{1}{86400}$ वां भाग
1 शेक (Shake) = 10^{-8} सेकण्ड
1 मिनट = 60 सेकण्ड
1 घंटा = 60 मिनट
1 घंटा = 3600 सेकण्ड
1 दिन = 24 घंटे
1 सप्ताह = 7 दिन
1 चन्द्रमास (Lunar month)
= 4 सप्ताह = 27.3 दिन
= 28 दिन (लगभग)
1 सौर दिन = 86400 सेकण्ड
1 सौर मास (Solar month) =
30 या 31 दिन (फरवरी 28 या 29 दिन)
1 वर्ष (1 year) = 13 चन्द्रमास 1 दिन
12 सौर मास = 365¼ दिन = 365 दिन 6 घंटा
1 लीप वर्ष (Leap Year)
= 366 दिन

भौतिकी (Physics)

विमाएँ (Dimensions) – भौतिक राशियों के व्युत्पन्न मात्रक निकालने के लिए मूल मात्रकों पर जो घातें लगानी पड़ती हैं, उन्हें उस राशि की विमाएं कहते हैं। लम्बाई, द्रव्यमान, समय तथा ताप के विमीय संकेत क्रमशः L, M, T तथा K प्रयुक्त किये जाते हैं। यदि किसी भौतिक राशि की लम्बाई में a, द्रव्यमान में b, समय में c तथा ताप में d विमाएँ हो, तो उस राशि की विमाओं को निम्नलिखित प्रकार लिखते हैं–

$[L^aM^bT^ck^d]$। इसे उस राशि का विमीय सूत्र कहते हैं।

भौतिक राशियों के विमीय सूत्र

भौतिकी राशि	सूत्र	विमीय सूत्र
1. क्षेत्रफल	लम्बाई × चौड़ाई	$[L\times L] = [L^2]$
2. आयतन	लम्बाई × चौड़ाई × मोटाई	$[L\times L \times L] = [L^3]$
3. वेग एवं चाल	$\frac{\text{विस्थापन}}{\text{समय}}$ एवं $\frac{\text{दूरी}}{\text{समय}}$	$\frac{L}{T} = [L\,T^{-1}]$
4. त्वरण	$\frac{\text{वेग-परिवर्तन}}{\text{समय}}$	$\frac{LT^{-1}}{[T]} = [L\,T^{-2}]$
5. बल	द्रव्यमान × त्वरण	$[M]\,[LT^{-2}] = [MLT^{-2}]$
6. कार्य	बल × विस्थापन	$[MLT^{-2}]\,[L] = [ML^2T^{-2}]$
7. शक्ति	$\frac{\text{कार्य}}{\text{समय}}$	$\frac{[ML^2T^{-2}]}{[T]} = [ML^2\,T^{-3}]$
8. घनत्व	$\frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}}$	$\frac{[M]}{[L^3]} = [ML^{-3}]$
9. संवेग	द्रव्यमान × वेग	$[M]\,[LT^{-1}] = [MLT^{-1}]$
10. गतिज ऊर्जा	$\frac{1}{2}$ (द्रव्यमान) × (वेग)^2	$[M]\,[LT^{-1}]^2 = [ML^2T^{-2}]$
11. गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा	द्रव्यमान×गुरुत्वीय त्वरण×दूरी	$[M]\,[LT^{-2}]\,[L] = [ML^2T^{-2}]$
12. दाब	$\frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल}}$	$\frac{[MLT^{-2}]}{[L^2]} = [ML^{-1}\,T^{-2}]$
13. आवेग	बल × समय	$[MLT^{-2}]\,[T] = [MLT^{-1}]$
14. बल आघूर्ण	बल × दूरी	$[MLT^{-2}]\,[L] = [ML^2T^{-2}]$
15. प्रतिबल	$\frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल}}$	$\frac{[MLT^{-2}]}{[L^2]} = [ML^{-1}\,T^{-2}]$
16. विकृति	$\frac{\text{लंबाई में वृद्धि}}{\text{प्रारम्भिक लंबाई}}$	$\frac{[L]}{[L]} = [L^0]$
17. प्रत्यास्थता गुणांक	$\frac{\text{प्रतिबल}}{\text{विकृति}}$	$[ML^{-1}\,T^{-2}]$
18. पृष्ठ-तनाव	$\frac{\text{बल}}{\text{लंबाई}}$	$\frac{[MLT^{-2}]}{[L]} = [MT^{-2}]$
19. गुरुत्वाकर्षण नियतांक	$\frac{\text{बल} \times \text{दूरी}^2}{\text{द्रव्यमान} \times \text{द्रव्यमान}}$	$\frac{[MLT^{-2}]\times[L^2]}{[M]\times[M]} = [M^{-1}\,L^3\,T^{-2}]$

20. गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता	$\frac{\text{गुरुत्वाकर्षण-बल}}{\text{द्रव्यमान}}$	$\frac{[MLT^{-2}]}{[M]} = [LT^{-2}]$
21. गुरुत्वीय विभव	$\frac{\text{कार्य}}{\text{द्रव्यमान}}$	$\frac{[ML^2T^{-2}]}{[M]} = [L^2T^{-2}]$
22. स्प्रिंग का बल-नियतांक	$\frac{\text{आरोपित बल}}{\text{लंबाई में वृद्धि}}$	$\frac{[MLT^{-2}]}{[L]} = [MT^{-2}]$
23. आवृत्ति	$\frac{1}{\text{आवर्तकाल}}$	$[T^{-1}]$
24. कोण	$\frac{\text{चाप}}{\text{त्रिज्या}}$	$\frac{[L]}{[L]} = [L^0]$
25. कोणीय वेग	$\frac{\text{कोण}}{\text{समय}}$	$\frac{[L^0]}{[T]} = [T^{-1}]$
26. कोणीय त्वरण	$\frac{\text{कोणीय वेग}}{\text{समय}}$	$\frac{[T^{-1}]}{[T]} = [T^{-2}]$
27. जड़त्व-आघूर्ण	द्रव्यमान × (दूरी)^2	$[M]\ [L^2] = [ML^2]$
28. कोणीय संवेग	जड़त्व-आघूर्ण × कोणीय वेग	$[ML^2]\ [T^{-1}] = [ML^2T^{-1}]$
29. विशिष्ट ऊष्मा	$\frac{\text{ऊष्मीय ऊर्जा}}{\text{द्रव्यमान} \times \text{ताप-वृद्धि}}$	$\frac{[ML^2T^{-2}]}{[M]\ [\theta]} = [L^2\ T^{-2}\ \theta^{-1}]$
30. ऊष्मा धारिता	द्रव्यमान × विशिष्ट ऊष्मा	$[M]\ [L^2T^{-2}\theta^{-1}]=[ML^2T^{-2}\theta^{-1}]$
31. गुप्त ऊष्मा	$\frac{\text{ऊष्मीय ऊर्जा}}{\text{द्रव्यमान}}$	$\frac{[ML^2T^{-2}]}{[M]} = [L^2T^{-2}]$
32. रेखीय प्रसार-गुणांक	$\frac{\text{ऊष्मीय ऊर्जा} \times \text{दूरी}}{\text{क्षेत्रफल} \times \text{तापान्तर} \times \text{समयांतराल}}$	$\frac{[L]}{[L]\ [\theta]} = [\theta^{-1}]$
33. ऊष्मा-चालकता गुणांक	$\frac{\text{ऊष्मीय ऊर्जा} \times \text{दूरी}}{\text{क्षेत्रफल} \times \text{तापान्तर} \times \text{समयांतराल}}$	$\frac{[ML^2T^{-2}][L]}{[L^2]\ [\theta]\ [T]} = [MLT^{-3}\theta^{-1}]$
34. बोल्ट्समान नियतांक	$\frac{\text{गतिज ऊर्जा}}{\text{ताप}}$	$\frac{[ML^2T^{-2}][L]}{[\theta]} = [ML^2T^{-2}\theta^{-1}]$
35. गैस नियतांक	$\frac{\text{दाब} \times \text{आयतन}}{\text{ताप}}$	$\frac{[ML^{-1}T^{-2}][L^3]}{[\theta]}=[ML^2T^{-2}\theta^{-1}]$
36. प्लांक नियतांक	$\frac{\text{ऊर्जा}}{\text{आवृत्ति}}$	$\frac{[ML^2T^{-2}]}{[T^{-1}]} = [ML^2T^{-1}]$
37. वेग प्रवणता	$\frac{\text{वेग परिवर्तन}}{\text{दूरी}}$	$\frac{[LT^{-1}]}{[L]} = [T^{-1}]$
38. श्यानता गुणांक	$\frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल} \times \text{वेग-प्रवणता}}$	$\frac{[MLT^{-2}]}{[L^2][T^{-1}]} = [ML^{-1}T^{-1}]$

गति (MOTION)

- **विराम और गति :** यदि किसी वस्तु की स्थिति किसी स्थिर वस्तु के सापेक्ष समय के साथ बदलती रहती है, तो उसे गति अवस्था में कही जाती है, जैसे – चलती हुई रेलगाड़ी जो बिजली पोल या पटरी के किनारे स्थित पेड़-पौधे के सापेक्ष अपनी स्थिति बदलती रहती है। समय के साथ स्थिर वस्तु के सापेक्ष स्थिति नहीं बदलने पर उसे विराम अवस्था कही जाती है, गति तथा विराम सापेक्षिक होती है। जैसे चलती हुई रेलगाड़ी में बैठे हुए मनुष्य के सापेक्ष चलती हुई रेलगाड़ी भी स्थिर लगती है, परंतु पटरी के किनारे पर खड़े हुए मनुष्य के सापेक्ष वहीं रेलगाड़ी गतिशील लगती है।

गति के प्रकार :

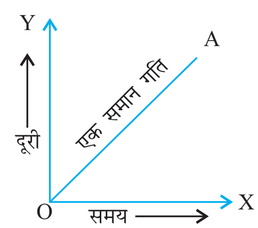
- **सरल रेखीय गति (Simple Linear Motion) :** जब कोई कण एक सरल रेखा में गतिमान होता है, तो उसकी गति सरलरेखीय गति कहलाती है, जैसे– बन्दूक से छोड़ी गई गोली, ढाल पर नीचे सरकता बालक आदि।
  1. **स्थिति (Position) :** किसी निर्देश तन्त्र में किसी कण की मूल बिन्दु से दूरी उसकी स्थिति को प्रदर्शित करती है तथा मूल बिन्दु से कण तक, कण की दिशा में खींची गई रेखा कण की स्थिति सदिश (Position vector) कहलाती है।
  2. **दूरी (Distance) :** वस्तु द्वारा किसी समय-अन्तराल में तय किए गए मार्ग की सम्पूर्ण लम्बाई को दूरी कहते हैं। यह एक अदिश राशि है। यह सदैव धनात्मक होती है।
  3. **विस्थापन (Displacement) :** वस्तु की अंतिम स्थिति तथा प्रारंभिक स्थिति के बीच की न्यूनतम दूरी को विस्थापन कहते हैं। विस्थापन एक सदिश राशि है, इसमें परिमाण एवं दिशा दोनों होते हैं। विस्थापन का मान धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य कुछ भी हो सकता है।

एक समान तथा असमान गति (Uniform and Variable motion) :

(1) एक समान गति : वस्तु एक समान गति में होती है, यदि वह समय के बराबर अंतरालों में बराबर दूरियाँ चलती है, यह समय अंतराल चाहे कितना भी छोटा क्यों न हो। जब एक कार एक सीधे रास्ते पर समान समयान्तराल में समान दूरियाँ तय करती है, तो इसकी गति एक समान गति कहलाती है।

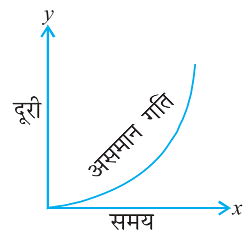
समान गति का दूरी ग्राफ एक सीधी रेखा होती है

उदाहरण के लिए :



माना एक कार 15 मी. प्रति सेकण्ड की चाल से चलती है, प्रत्येक सेकण्ड में 15 मी. की समान दूरी तय करेगी इसलिए उसकी गति एक समान होगी।

(2) असमान गति : किसी वस्तु में असमान गति होती है, यदि वह समय के समान अन्तरालों में असमान दूरियाँ चलती है।



असमान गति वाली वस्तु का दूरी–समय ग्राफ एक वक्र रेखा होती है।

उदाहरण :

(a) स्वतंत्र रूप से गिरती हुई वस्तु की गति।

(b) रेलवे स्टेशन से रेलगाड़ी छूटने की गति भी असमान गति होती है क्योंकि जब रेलगाड़ी स्टेशन से छुटती है, वह पहले सेकण्ड में बहुत कम दूरी तय करती है, दूसरे सेकण्ड में रेलगाड़ी कुछ अधिक दूरी तय करती है और इसी प्रकार बढ़ती जाती है और जब रेलगाड़ी अगले स्टेशन पर पहुँचने वाली होती है, उसके द्वारा तय की गई दूरी प्रति सेकण्ड कम होती जाती है।

चाल (Speed)

कोई वस्तु इकाई समय में जितनी दूरी तय करती है, उसे उसकी चाल कहते हैं। यह अदिश राशि है। इसका SI मात्रक मीटर प्रति सेकण्ड मी / से है

$$\text{चाल (v)} = \frac{\text{चली गई कुल दूरी (s)}}{\text{लिया गया समय (t)}}$$

एक समान चाल (Uniform Speed)

एक समान चाल में वस्तु समय के समान अन्तरालों में समान दूरी तय करती है

उदाहरण :

(a) पृथ्वी की अपने अक्ष पर गति

(b) घड़ी की सूइयों की गति

(c) टकराव के बीच अणु एक समान चाल में होते हैं

असमान चाल (Variable Speed)

असमान चाल में वस्तु समान समय में असमान दूरियाँ तय करती हैं। इसे अस्थिर चाल-(variable speed)- भी कहते हैं।

उदाहरण :

(i) रेलवे स्टेशन से रेलगाड़ी छूटने की चाल

(ii) प्रतियोगिता में भाग लेने वाले स्केटर

तात्कालिक चाल (Instantaneous Speed)

तात्कालिक या तात्क्षणिक चाल किसी विशेष क्षण पर वस्तु की चाल है।

उदाहरण : कार, हवाई जहाज, बस आदि के स्पीडोमीटर।

$$\text{तात्क्षणिक चाल} = \frac{\text{विशेष क्षण में चली गई दूरी}}{\text{क्षणिक समय}}$$

औसत चाल (Average Speed)

औसत चाल गतिमान वस्तु द्वारा तय की गई कुल दूरी तथा दूरी तय करने में लगे कुल समय के अनुपात है।

$$\text{औसत चाल} = \frac{\text{चली गई कुल दूरी}}{\text{लिया गया कुल समय}}$$

जब वस्तु भिन्न-भिन्न चालों से समान दूरी तय करती है तो

$$\text{औसत चाल} = \frac{2V_1V_2}{V_1 + V_2}$$

जब वस्तु भिन्न-भिन्न चालों से समान समय तक चलती हैं तो

$$\text{औसत चाल} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

एक समान वेग या स्थिर वेग (Uniform Velocity or Constant Velocity)

एक समान वेग में वस्तु समान समयान्तरालों में समान दूरी विस्थापित होती है।
इसे अचर वेग भी कहते हैं।

असमान वेग या अस्थिर वेग (Non-uniform velocity or variable velocity)

असमान वेग में वस्तु समान समयान्तरालों में असमान दूरी विस्थापित होती है।
उदाहरण : वृत्ताकार मार्ग में कार की चाल

वेग (Velocity)

वेग में कोई वस्तु इकाई समय में किसी निश्चित दिशा में जितनी दूरी तय करती है, यानी जितनी विस्थापित होती है। वेग धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य हो सकता है।

राशि→ सदिश

SI मात्रक→ मीटर प्रति सेकण्ड (m/s)

$$\text{वेग } (v) = \frac{\text{दी हुई दिशा में चली गई दूरी } (s)}{\text{लिया गया समय } (t)}$$

तात्क्षणिक वेग (Instantaneous Velocity)

तात्क्षणिक वेग किसी विशेष क्षण पर वस्तु का वेग है।

Note :

सापेक्ष गति : (Relative Velocity) : सापेक्ष वेग या आपेक्षिक वेग, एक वस्तु का दूसरी वस्तु के सापेक्ष समय परिवर्तन की दर दर्शाता है।

यदि दो वस्तुएँ भिन्न वेगों से एक ही दिशा में चल रहे हो तो

$$\text{सापेक्ष वेग} = V_1 - V_2$$

यदि दो वस्तुएँ V_1 एवं V_2 वेगों से विपरीत दिशा में चल रहें हों तो

$$\text{सापेक्ष वेग} = V_1 + V_2$$

औसत वेग (Average Velocity)

औसत वेग वस्तु द्वारा तय किए गए कुल विस्थापन तथा वस्तु द्वारा लिए गए कुल समय के अनुपात हैं।

$$\text{औसत वेग} = \frac{\text{कुल विस्थापन}}{\text{कुल समय}}$$

यदि वस्तु का वेग निश्चित दिशा में एक समान दर से परिवर्तित हो रहा है तो

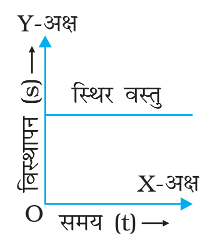
$$\text{औसत वेग} = \frac{\text{प्रारम्भिक वेग + अंतिम वेग}}{\text{कुल समय}}$$

$$= \frac{u+v}{2}$$

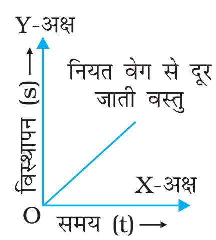
समय-विस्थापन ग्राफ

चित्र से स्पष्ट है कि समय-विस्थापन वक्र का ढाल देखकर गतिमान वस्तु के वेग के बारे में निष्कर्ष प्राप्त किये जा सकते हैं। इसके कुछ उदाहरण निम्नवत् है।

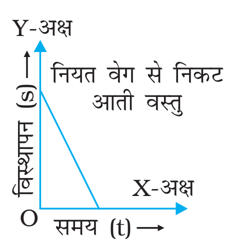
- समय-विस्थापन ग्राफ, समय-अक्ष के समांतर के समान एक सरल रेखा है तो उसका समय-अक्ष से कोण का मान शून्य है। अत: इसका ढाल ($\tan \theta$) शून्य है अर्थात् वस्तु का वेग शून्य है। स्पष्ट है कि वस्तु विरामावस्था में होगी।



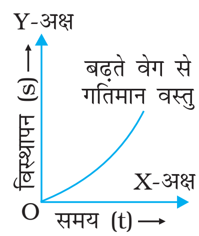
- यदि समय-विस्थापन ग्राफ एक तिरछी सरल रेखा के रूप में है तो इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि वस्तु एक-समान वेग से गतिशील है, क्योंकि सभी बिंदुओं पर ढाल समान है। चूँकि विस्थापन, समय के साथ बढ़ रहा है, अत: वस्तु समान वेग से संदर्भ बिंदु से दूर जा रही है।



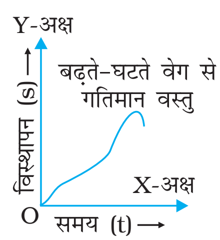
- यदि समय-विस्थापन ग्राफ नीचे की ओर उतरती हुई एक तिरछी रेखा के रूप में है तो इससे निष्कर्ष निकलता है कि वस्तु संदर्भ बिंदु के निकट आ रही है या समय बढ़ने के साथ विस्थापन घट रहा है।



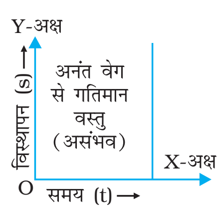
- यदि समय-विस्थापन ग्राफ एक वक्र है तो इसका ढाल समय के साथ बढ़ता जाता है अर्थात् वस्तु का वेग बढ़ता जाता है।



- यदि समय-विस्थापन ग्राफ एक ऐसा वक्र है, जिसका ढाल कभी बढ़ता हुआ और कभी घटता हुआ है तो इसका अर्थ है कि वस्तु असमान वेग से गतिशील है। इसका वेग कभी बढ़ता एवं कभी घटता हुआ होगा।



- यदि समय-विस्थापन ग्राफ एक ऐसा वक्र है जिसका ढाल अनंत है तो इसका अर्थ यह हुआ कि गतिमान वस्तु अनंत वेग से गतिमान है जो कि असंभव है।



एक समान त्वरण या अचर त्वरण (Uniform or Constant Acceleration)

एक समान त्वरण में वस्तु के वेग में समान समयान्तरालों में समान परिवर्तन होता है।

उदाहरण : ऊँचाई से गिरती हुई वस्तु तथा नत समतल (inclined plane) पर लुढ़कती वस्तु

असमान त्वरण या अस्थिर त्वरण (Non-uniform or variable Acceleration)

असमान त्वरण में वस्तु के वेग में समान समयान्तरालों में भिन्न-भिन्न परिवर्तन होता है।

उदाहरण :

(1) स्प्रिंग में उत्पन्न त्वरण

(2) यदि एक सीधी सड़क पर दौड़ती कार के वेग में समान समयान्तरालों में असमान वृद्धि होती है।

त्वरण (Acceleration)

त्वरण गतिशील वस्तु के वेग परिवर्तन की दर है। त्वरण को प्राय: 'a' से सूचित करते हैं।

राशि→सदिश

SI मात्रक → मीटर प्रति वर्ग सेकंड (m/s^2)

$$\text{त्वरण } (\vec{a}) = \frac{\text{वेग परिवर्तन } (\Delta v)}{\text{समयान्तराल } (\Delta t)}$$

$$\text{त्वरण } (\vec{a}) = \frac{\text{अंतिम वेग} - \text{प्रारंभिक वेग}}{\text{लिया गया समय}}$$

$$a = \frac{v - u}{t}$$

तत्क्षणिक त्वरण (Instantaneous Acceleration)

तत्क्षणिक त्वरण में किसी विशेष क्षण पर वस्तु की गति में त्वरण है।

Note :

मन्दन : (deceleration or Retardation) :

यदि वस्तु का वेग समय के साथ बढ़ रहा है, तो त्वरण धनात्मक होता है और यदि वस्तु का वेग समय के साथ घट रहा है (अर्थात् $u > v$) तब त्वरण ऋणात्मक होता है। इस ऋणात्मक त्वरण को ही मन्दन (deceleration or retardation) कहते हैं।

उदाहरण : गाड़ी के एक्सीलेरेटर को दबाने पर गाड़ी का वेग धीरे-धीरे बढ़ता है, परन्तु अचानक ब्रेक लगाने पर वेग तेजी से घटता है। अत: अचानक ब्रेक लगाने पर गाड़ी में एकसमान मन्दन उत्पन्न होता है।

औसत त्वरण (Average Acceleration

औसत त्वरण एक वस्तु अस्थिर त्वरण (Variable Acceleration) से गतिशील वस्तु के वेग में कुल परिवर्तन तथा उसमें लगे कुल समय का अनुपात है।

$$\text{औसत त्वरण} = \frac{\text{वेग में कुल परिवर्तन}}{\text{लगा कुल समय}}$$

यह धनात्मक और ऋणात्मक दोनों हो सकता है। यह वेग-परिवर्तन के चिह्न (sign) पर निर्भर करता है। अगर यह शून्य है तो औसत त्वरण शून्य होगा।

एक समान त्वरण की विशेषताएँ

(1) जब त्वरण एक समान होता है तो किसी निश्चित समय पर तत्क्षणिक त्वरण औसत त्वरण के बराबर होता है।

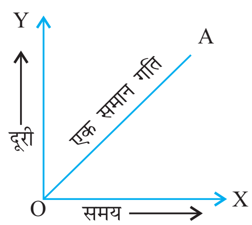
(2) यदि वेग एक समान हो तो त्वरण शून्य होगा।

(3) एक समान त्वरण के लिए वेग-समय ग्राफ सरल रेखा में होता है।

(4) यदि बराबर समय अन्तराल में चाल में बराबर परिवर्तन नहीं होता है तो त्वरण असमान होता है।

गति का ग्राफीय प्रदर्शन (Graphical Representation of Motion)

(1) **दूरी-समय ग्राफ (Distance-time graph) :** एक समान चाल के लिए, समय के प्रतिकूल चली गई दूरी का ग्राफ, रेखा OA द्वारा दर्शाया गया है, सीधी रेखा होगा। दूरी-समय ग्राफ की ढलान चाल को बताती है।

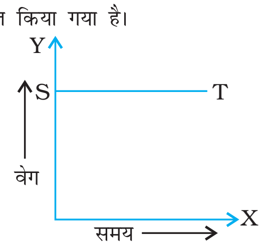


अतः (i) यदि वस्तु की दूरी-समय ग्राफ सीधी रेखा है, तो चाल एक समान है।

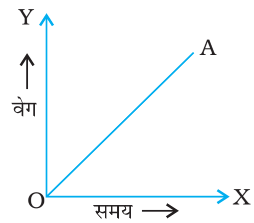
(ii) यदि वस्तु की दूरी समय ग्राफ वक्र रेखा है तो चाल असमान है।

(2) **वेग-समय ग्राफ (Velocity-time graph) :**

(a) **वेग-समय ग्राफ यदि वेग स्थिर रहता है तो :** स्थिर वेग (या एक समान वेग) से गतिशील वस्तु का वेग-समय ग्राफ अक्ष के समान्तर सीधी रेखा होता है। जैसा कि चित्र में रेखा ST द्वारा प्रदर्शित किया गया है।

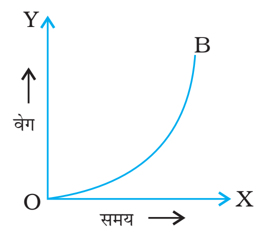


(b) **वेग-समय ग्राफ जब वेग एक समान दर से परिवर्तित होता है। (एक समान त्वरण):**



एक समान रूप से परिवर्तित होते हुए वेग के लिए वेग समय ग्राफ सीधी रेखा होगा। जैसा कि चित्र में रेखा OA द्वारा प्रदर्शित किया गया है।

(c) **वेग-समय ग्राफ जब त्वरण असमान है:**



जब वस्तु का वेग अनियमित तरीके से परिवर्तित होता है तो वस्तु का वेग-समय ग्राफ वक्र रेखा होता है जैसा कि चित्र में वक्र रेखा OB द्वारा प्रदर्शित किया गया है।

ग्राफीय विधि से गति के समीकरण (Equation of Motion by Graphical Method) : इसे एक समान त्वरित गति के लिए गैलीलियो (Gallileo) के समीकरण भी कहते हैं।

(i) **गति का प्रथम समीकरण :**

$$v = u + at$$

(ii) **गति का द्वितीय समीकरण :**

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

(iii) **गति का तृतीय समीकरण :**

$$v^2 = u^2 + 2as$$

जहाँ, s = दूरी, u = प्रारंभिक वेग, v = अंतिम वेग, a = त्वरण, t = समय इत्यादि।

मुक्त रूप से गिरते हुए पिण्ड की गति (Free Falling motion of an object) :

- जब कोई वस्तु ऊपर से मुक्त रूप से छोड़ी जाती है, तो वह गुरुत्व बल के कारण पृथ्वी की ओर गिरने लगती है जैसे-जैसे वस्तु पृथ्वी की सतह के निकट आती जाती है, उसका वेग बढ़ता जाता है।
- इसका कारण है वेग में त्वरण उत्पन्न होना जिसे गुरुत्वीय त्वरण (acceleration due to gravity) कहते हैं, इसे g से प्रदर्शित करते हैं।
- पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण का मान 9.8 मी/से^{2} होता है जिसका मात्रक मी/से^{2} होता है।
- स्वतंत्र रूप से गिरती हुई वस्तु पर g का मान एकसमान होता है।
- ऊँचाई से गिराने पर एक पंख, एक सिक्के की तुलना में देर से पृथ्वी की सतह पर पहुँचता है, जिसका कारण यह है कि वायु गिरते हुए भार में अवरोध उत्पन्न करती है।
- यदि निर्वात् में दो वस्तुओं को एक साथ छोड़ा जाए, तो दोनों वस्तुएँ पृथ्वी की सतह पर एक साथ पहुँचेगी।
- एक समान त्वरण से पृथ्वी की सतह पर गिरते हुए पिण्डों की तीन समीकरण निम्न प्रकार है :

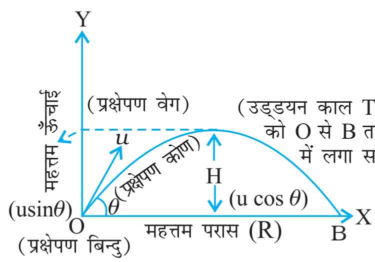
  (i) $v = u + gt$

  (ii) $h = ut + \frac{1}{2} gt^2$

  (iii) $v^2 = u^2 + 2gh$

  जहाँ, h = मुक्त रूप से गिरते पिण्ड की ऊँचाई,
  t = गिरते हुए पिण्ड का समय
  u = पिण्ड का प्रारम्भिक वेग
  v = पिण्ड का अन्तिम वेग
- गति के समीकरण में रेखीय त्वरण (a) के स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण (g) रखकर समीकरण प्राप्त की जा सकती है।
- यदि एक पिण्ड किसी ऊँचाई से मुक्त रूप से गिरता है, तब पिण्ड का प्रारम्भिक वेग शून्य होता है।
- किसी ऊँचाई से गिरते हुए पिण्ड में लगा समय तथा नीचे से ऊपर जाने में लगा समय बराबर होता है।
- **स्थानान्तरीय गति (Translatory Motion) :** जब एक वस्तु (कण नहीं) एक सीधी रेखा में गतिमान होती है, तो उसकी गति स्थानान्तरीय गति कहलाती है।
- **घूर्णन गति (Rotatory Motion) :** जब कोई वस्तु किसी स्थिर अक्ष के परितः इस प्रकार गति करती है कि पिण्ड का प्रत्येक कण वृत्तीय पथ पर चलता है एवं समस्त वृत्तीय पथों का केन्द्र उसके अक्ष पर होता है तो वस्तु की गति घूर्णन गति कहलाती है।
- **दोलनी गति (Oscillatory Motion) :** जब कोई वस्तु किसी निश्चित बिन्दु के इधर-उधर गति करती है, तो उसकी गति दोलनी गति कहलाती है। दोलन करने वाली वस्तु का इसकी माध्य स्थिति के किसी भी ओर अधिकतम विस्थापन वस्तु का आयाम कहलाता है।
- **कम्पनिक गति (Vibratory Motion) :** दोलनी गति में यदि आयाम बहुत कम है, तो उसकी गति कम्पनिक गति कहलाती है।
  उदाहरण : घड़ी के लोलक की गति।

- **प्रक्षेप्य गति (Projectile motion)** – जब कोई वस्तु क्षैतिज से कोई कोण बनाते हुए ऊर्ध्वाधर तल में प्रक्षेपित किया जाता है, तो उसका पथ परवलयाकार होता है। पिण्ड की यह गति प्रक्षेप्य गति (projectile motion) कहलाता है तथा इसका पथ प्रक्षेप्य पथ कहलाता है।



- **उड्डयन काल** (Time of flight) – पिंड को फेंकने तथा वापिस पृथ्वी पर गिरने के बीच के समय को उड्डयन काल कहते हैं। $T = \frac{2u \sin}{g}$

  जहाँ, u प्रारंभिक वेग है, जिस पर किसी पिण्ड को क्षैतिज से θ कोण पर प्रक्षेपित किया जाता है।

- **प्रक्षेप्य की महत्तम ऊँचाई** (Maximum height of projectile) $h = \frac{u^2 \sin^2}{2g}$
- **परास (Range)** – पिंड अपने उड्डयन काल में जितनी क्षैतिज दूरी तय करता है, उसे परास कहते हैं। $R = \frac{u^2 \sin 2}{g}$
- प्रक्षेप्य कोण θ तथा $(90° - \theta)$ दोनों के लिए क्षैतिज परास का मान समान होता है।
- अधिकतम क्षैतिज परास के लिए पिण्ड को 45° कोण पर प्रक्षेपित करना चाहिए।
- प्रक्षेप्य की गति के दौरान त्वरण सदैव नियत होता है।
- किसी पिण्ड को प्रक्षेपित करने पर पहले उसका वेग घटते हुए न्यूनतम मान प्राप्त करता है तथा पुनः चाल बढ़ने पर वह उसी प्रक्षेप्य वेग को प्राप्त करता है।
- प्रक्षेप्य के वेग का क्षैतिज घटक सदैव नियतांक (constant) होता है क्योंकि इस दिशा में किसी भी प्रकार का त्वरण नहीं होता।
- बेस बॉल के खेल में, एक खिलाड़ी अपने वेग तथा घर्षण कोण को निश्चित करता है ताकि आवश्यक दूरी को न्यूनतम समय में प्राप्त किया जा सके।

न्यूटन के गति का नियम
(Newton's Law of Motion)

प्रथम नियम (First Law)	द्वितीय नियम (Second Law)	तृतीय नियम (Third Law)
● प्रत्येक वस्तु अपनी विरामावस्था में या सरल रेखा पर एक समान गति की दिशा में तब तक रहना चाहती है जब तक कि उस पर कोई बाहरी बल न लगाया जाए।	● किसी असंतुलित बल द्वारा किसी वस्तु में उत्पन्न किया गया त्वरण, बल के समानुपाती और वस्तु के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होती है तथा त्वरण की दिशा बल की दिशा में होती है। त्वरण $(a) = \frac{\text{बल}}{\text{द्रव्यमान}}$	● प्रत्येक क्रिया के समान और विपरीत प्रतिक्रिया होती है। ● क्रिया और प्रतिक्रिया सदैव दो भिन्न वस्तुओं पर कार्य करती है। इस नियम को क्रिया प्रति-क्रिया का नियम (Action-Reaction Law) भी कहते है।
● इस नियम से **बल की** परिभाषा मिलती है। बल वस्तु में परिवर्तन लाता है या कोशिश करता है।	● इस नियम से बल का व्यंजक प्राप्त होता है। अर्थात् बल = द्रव्यमान × त्वरण	● **तृतीय नियम के उदाहरण :** (i) बंदूक से गोली छोड़ते समय पीछे की ओर झटका लगना।

● इसे जड़त्व का नियम (Law of Inertia) भी कहते हैं। ● किसी वस्तु का वह गुण जिसके कारण वह अपनी विराम अवस्था या एक समान गति की अवस्था में परिवर्तन का विरोध करती है, जड़त्व (Inertia) कहलाती है। **जड़त्व या गति के प्रथम नियम के उदाहरण** (i) रुकी हुई गाड़ी अचानक चल पड़ने पर उसमें बैठे यात्री पीछे की ओर झुक जाते हैं। (ii) चलती हुई गाड़ी के अचानक रुकने पर उसमें बैठे यात्री आगे की ओर झुक जाते हैं (iii) गोली मारने पर काँच में छेद हो जाता है पर टुकड़े नहीं होता। (iv) कम्बल को डण्डे से पीटने पर धूल के कण झड़कर गिर पड़ते हैं। (v) पेड़ों को हिलाने पर उससे फलों का टूट कर नीचे गिरना।	$F = m \times a$ ● बल का मात्रक न्यूटन है। ● $1N = 10^5$ dyne ● एक न्यूटन का बल वह बल है जो एक कि. ग्रा. द्रव्यमान की वस्तु में 1 मी. प्रति सें² का त्वरण उत्पन्न करता है। ● **द्वितीय नियम के उदाहरण :** (i) समान वेग से आती हुई क्रिकेट गेंद एवं टेनिस गेंद में से टेनिस गेंद को कैच करना आसान होता है। (ii) तेजी से आती हुई गेंद को कैच लपकते समय हाथ को पीछे कर लेना ताकि चोट न लगे। (iii) सीमेंट के बने फर्श पर अधिक चोट लगती है जबकि मिट्टी या गद्दे पर गिरने पर कम चोट लगती है। (iv) गाड़ियों में स्प्रिंग और शॉक एब्जार्बर (shock absorber) लगाए जाते हैं ताकि झटका कम लगे। (v) हाथ के प्रहार से ईंटों की पट्टी (slab) तोड़ना। (vi) मैदान की मिट्टी को खोद कर हल्का कर दिया जाता है। ताकि ऊँची कूद (high jump) एवं लंबी कूद (long jump) के खिलाड़ी को चोट न लगे।	(ii) नाव के किनारे पर से जमीन पर कूदने पर नाव का पीछे हटना। (iii) नाव खेने के लिए बांस से जमीन को दबाना। (iv) कुआँ से पानी खींचते समय रस्सी टूट जाने पर व्यक्ति का पीछे गिर जाना। (v) ऊँचाई से कूदने पर चोट लगना (vi) जेट वायुयान तथा रॉकेट गति के तीसरे नियम पर कार्य करते हैं। (vi) गुब्बारे में हवा भरकर छोड़ने पर गति के तीसरे नियम से गुब्बारा ऊपर जाता है।

● **रेखीय संवेग (Linear momentum) :** किसी वस्तु के द्रव्यमान तथा रेखीय वेग के गुणनफल को उस वस्तु का संवेग कहते हैं। यह एक सदिश राशि है तथा इसका मात्रक किग्रा-मी/से. होता है। इसे P से प्रदर्शित करते हैं।

यदि एक वस्तु का द्रव्यमान (m) तथा वेग (v) है तब संवेग = द्रव्यमान × वेग

$$P = mv$$

उदाहरण :

(i) एक कार तथा ट्रक को समान समय में समान वेग प्राप्त करने के लिए कार की तुलना में ट्रक को अधिक बल की आवश्यकता होती है, क्योंकि अधिक द्रव्यमान की वस्तुओं को अधिक संवेग की आवश्यकता होती है। इस प्रकार, हल्की वस्तुओं की तुलना में भारी वस्तुओं को रोकने के लिए अधिक बल की आवश्यकता होती है।

(ii) बन्दूक से छोड़ी गई गोली आसानी से अपने लक्ष्य तक पहुँच जाती है। परन्तु फेंका गया पत्थर आसानी से लक्ष्य तक नहीं पहुँच पाता, क्योंकि फेंके गए पत्थर की तुलना में बन्दूक से छोड़ी गई गोली का वेग और इस प्रकार से रेखीय संवेग अधिक होता है। अत: गोली अधिक संवेग के कारण आसानी से लक्ष्य को भेद देती है।

संवेग-संरक्षण का नियम (Law of conservation of momentum) : यदि किसी समूह में वस्तुएँ एक-दूसरे पर बल लगा रही हैं अर्थात् पारस्परिक क्रिया कर रही हैं तो पारस्परिक क्रिया के पहले और पारस्परिक क्रिया के बाद, उनका कुल संवेग संरक्षित रहता है जब तक कि उन पर कोई बाह्य बल न लगे। इसे संवेग संरक्षण का नियम कहते हैं।

- माना कि A तथा B दो गोले हैं जिनका द्रव्यमान क्रमश: m_1 और m_2 तथा प्रारम्भिक वेग क्रमश: u_1 एवं u_2 है। एक छोटे समय अंतराल t तक एक-दूसरे से टकराने के पश्चात् इनका वेग क्रमश: v_1 एवं v_2 हो जाता है।

A →← B		(A)(B)	
m_1	m_2	m_1	m_2
u_1	u_2	v_1	v_2

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

इस प्रकार,

टक्कर से पूर्व गोलों का कुल संवेग = टक्कर के बाद का कुल संवेग

- इस तरह दो गोलों (या वस्तुओं) के बीच टक्कर की स्थिति में, टक्कर पूर्व कुल संवेग, उनके टक्कर के बाद कुल संवेग के बराबर होता है अर्थात् कुल संवेग अपरिवर्तित तथा संरक्षित रहता है, बशर्ते इन पर कोई अन्य बाहरी बल कार्य न करे। इसे ही संवेग के संरक्षण के नाम से जानते हैं।
- संवेग संरक्षण के नियम की व्युत्पत्ति परोक्ष रूप से गति के द्वितीय नियम से की जा सकती है।

उदाहरण :

(i) जब बराबर संवेग वाली दो गेंदें आपस में टक्कर मारती हैं तो गेंदें अचानक रुक जाती है। यहाँ टक्कर के पहले शून्य रहती है तथा टक्कर के बाद भी शून्य रहती है अर्थात् कुल संवेग संरक्षित होती है।

(ii) जब बंदूक से गोली छोड़ी जाती है तो वह अत्यधिक वेग से आगे की ओर बढ़ती है, जिससे गोली में आगे की दिशा में संवेग उत्पन्न हो जाता है। गोली भी बंदूक को प्रतिक्रिया बल के कारण पीछे की ओर धकेलती है। जिससे उसमें पीछे की ओर संवेग उत्पन्न हो जाता है।

(iii) जब हम नाव से नदी के किनारे पर कूदते हैं, तो नाव को अपने पैरों से पीछे की ओर दबाते हैं। इससे नाव झटके से पीछे की ओर हट जाती है तथा उसकी प्रतिक्रिया हमे आगे की ओर फेंक देती है।

(iv) ऊँची कूद लेने से पहले खिलाड़ी अपने पैरों से भूमि को नीचे की ओर दबाता है और भूमि उसे ऊपर की ओर उछाल देती है।

(v) किसी रॉकेट की उड़ान (रॉकेट प्रणेदन) न्यूटन का तीसरा नियम या संवेग-संरक्षण नियम को अभिव्यक्त करता है। इसमें ईंधन की दहन से पैदा हुई गैसें बाहर निकलती हैं और इसकी प्रतिक्रिया रॉकेट को धकेलती है। इसमें वस्तु का द्रव्यमान परिवर्तित होता रहता हैं क्योंकि रॉकेट में से गैस निकलती रहती है। यदि दहन के दौरान गैस के निकलने की दर स्थायी हो तो संवेग परिवर्तन की दर भी स्थायी होती है तथा रॉकेट का वेग तथा त्वरण दोनों में ही वृद्धि होती है।

- **बल (Force) :** बल वह बाह्य कारक है, जो किसी वस्तु की विरामावस्था या सरल रेखा में एक समान गति की अवस्था को परिवर्तित कर सकता है।

  बल का मात्रक न्यूटन है 1 न्यूटन (N) बल के बराबर है जो 1 किग्रा. द्रव्यमान की वस्तु पर कार्य करके उसमें 1 मी./सेकण्ड^2 का त्वरण उत्पन्न कर दे।

  1 न्यूटन = 10^5 डाइन ; 1 किलोग्राम = 9.8 न्यूटन ; 1 ग्राम भार = 980 डाइन

बल के प्रकार (Types of Forces)

मूलत: चार प्रकार के बल पाये जाते हैं। विश्व के सभी बल इन्हीं के अंतर्गत आ जाते हैं

गुरुत्वाकर्षण बल (Gravitational Force)

- वह बल जो किसी वस्तु को पृथ्वी की ओर खींचे रखता है, उस बल को गुरुत्वाकर्षण बल कहते हैं।
- पृथ्वी प्रत्येक वस्तु को अपनी ओर आकर्षित करती है।
- किन्हीं दो वस्तुओं के मध्य, चाहे ये एक मेज पर रखें हो, उनके बीच परस्पर गुरुत्वाकर्षण बल कार्यरत होता है।
- गुरुत्वाकर्षण के कारण चन्द्रमा, पृथ्वी के चारों ओर पृथ्वी, सूर्य के चारों तरफ परिक्रमा करती है।

विद्युत-चुम्बकीय बल (Electro-Magnetic Force)

यह दो प्रकार का होता है :

(a) स्थिर विद्युत बल : दो स्थिर बिंदु आवेशों के बीच लगने वाला बल, स्थिर विद्युत बल कहलाता है।

(b) चुम्बकीय बल : दो चुम्बकीय ध्रुवों के बीच लगने वाला बल चुम्बकीय बल कहलाता है।

- विद्युत एवं चुम्बकीय बल एक ही प्रक्रिया के दो रूप हैं अर्थात् ये स्वतंत्र न होकर परस्पर संबंधित है और विद्युत चुम्बकीय बल की रचना करते हैं, यह भी दूर–परास वाला बल है।
- यह फोटॉन नामक कण के माध्यम से कार्य करता है।

दुर्बल या क्षीण बल (Feeble Force)

- जिस रेडियो ऐक्टिव क्षय की प्रक्रिया में β कण निकलते हैं। उसे β क्षय कहते हैं।
- इस प्रक्रिया में नाभिक के अंदर एक न्यूट्रॉन का, प्रोट्रॉन, इलेक्ट्रॉन एवं ऐन्टिन्यूट्रिनों के रूप में विघटन या विक्षरित हो जाता है। इलेक्ट्रॉन एवं ऐन्टिन्यूट्रिनों के बीच पारस्परिक क्रिया क्षीण बलों के माध्यम से ही होती है।
- ये बल दुर्बल या क्षीण इसलिए कहलाते हैं कि इनका परिमाण प्रबल बल का लगभग 10^{-13} गुना (अर्थात् बहुत कम) होता है। इनके द्वारा संचालित क्षय प्रक्रियाएँ बहुत धीमी होती हैं।
- यह अत्यंत लघु परास वाला बल है। इसका परास प्रोट्रॉन और न्यूट्रॉन के आकार से भी कम होता है। अत: इनका प्रभाव इन कणों के अंदर तक ही सीमित रहता है।

प्रबल बल (Strong Force)

- नाभिक के अंदर प्रोटॉन एवं न्यूट्रॉन एक दूसरे के इतने पास होते हैं, फिर भी दो प्रोटॉन परस्पर प्रतिकर्षण द्वारा दूर क्यों नहीं फेंक दिए जाते हैं? कारण यह है कि उनके बीच एक बहुत ही शक्ति शाली आकर्षण बल कार्य करता है जिसे प्रबल बल कहते हैं।

- **संतुलित बल (Balanced force) :** जब किसी पिंड पर एक से अधिक बल कार्य करते हों और उन सभी बलों का परिणामी बल शून्य हो, तो वह पिण्ड संतुलित अवस्था में होगा। इस स्थिति में पिण्ड पर लगने वाले सभी बल संतुलित बल कहलाते हैं।
- **असंतुलित बल (Unbalanced force) :** जब किसी वस्तु पर दो या दो से अधिक बल इस प्रकार लगते हैं कि वस्तु किसी एक बल की दिशा में गति करने लगती है, तो वस्तु पर लगने वाला बल असंतुलित बल कहलाता है।

घर्षण बल (Force of Friction)

- सम्पर्क में रखी दो वस्तुओं के मध्य एक प्रकार का बल कार्य करता है, जो गति करने में वस्तु का विरोध करता है, यह बल घर्षण बल कहलाता है।
- इसकी दिशा सदैव वस्तु की गति की दिशा के विपरीत होती है।
- घर्षण बल तीन प्रकार के होते हैं।

सर्पी घर्षण बल (Sliding force of Friction)

- जब कोई वस्तु किसी सतह पर सरकती है, तो सरकने वाली वस्तु तथा उस सतह के बीच लगने वाला घर्षण बल सर्पी घर्षण बल कहलाता है।

स्थैतिक घर्षण बल (Static Force of Friction)

- जब किसी वस्तु को किसी सतह पर खिसकाने के लिए बल लगाया जाए और यदि वस्तु अपने स्थान से नहीं खिसके, तो ऐसे दोनों सतहों के मध्य लगने वाले घर्षण बल को स्थैतिक घर्षण बल कहते हैं।
- इसका परिमाण लगाए गए बल के बराबर तथा दिशा बल की दिशा के विपरीत होता है।

रोलिंग घर्षण बल (Rolling Force of Friction)

- जब एक वस्तु किसी दूसरी वस्तु के सतह पर लुढ़कती है, तो इन दोनों वस्तुओं के सतहों के बीच लगने वाला बल रोलिंग घर्षण बल कहलाता है

- **घर्षण बल की विशेषताएँ :**

1. किसी दो सतहों के मध्य लगने वाला घर्षण बल उनके सम्पर्क क्षेत्रफल पर निर्भर नहीं करता है यह केवल सतहों की प्रकृति एवं वस्तु के भार पर निर्भर करता है।
2. रोलिंग घर्षण का मान सबसे कम और स्थैतिक घर्षण का सबसे अधिक होता है।
3. घर्षण कम करने के लिए मशीनों में बाल बियरिंग तथा स्नेहक (Lubricate) लगाए जाते हैं, जो सर्पी घर्षण को रोलिंग घर्षण में बदल देते हैं। भारी मशीनों में ग्रेफाइट चूर्ण का प्रयोग स्नेहक के रूप में किया जाता है।
4. घर्षण बल के कारण ही मनुष्य सीधा खड़ा रहता है।
5. यदि सड़कों पर घर्षण न हो तो पहिए फिसलने लगते हैं।
6. घर्षण बल न होने पर हम केले के छिलके तथा बरसात में चिकनी सड़क पर फिसल जाते हैं।
7. परंतु घर्षण बल के कारण मशीनों में ऊष्मा पैदा होती है और मशीन के चल हिस्से घिस जाते हैं।

- **आवेग (Impulse) :** यदि कोई बल किसी वस्तु पर कम समय तक कार्यरत रहे, तो बल और समय अन्तराल के गुणनफल को उस वस्तु का आवेग कहते हैं या किसी वस्तु के संवेग में उत्पन्न परिवर्तन को आवेग कहा जाता है।

आवेग = संवेग-परिवर्तन = बल × समय-अन्तराल

यह एक सदिश राशि है। इसका SI मात्रक न्यूटन सेकण्ड या किग्रा-मी/से होता है। इसकी दिशा वही होती है, जो बल की होती है।

उदाहरण :

(i) चीनी मिट्टी के बर्तनों को कागज या घास-फूस के टुकड़ों में पैक (Pack) करते हैं, क्योंकि गिरने की स्थिति में, घास-फूस या कागज के कारण आवेग, चीनी मिट्टी के बर्तनों में अधिक समय लेता है। जिससे बर्तनों पर लगने वाला बल कम हो जाता है, अत: इनके टूटने की संभावना कम हो जाती है।

(ii) रेलगाड़ी के डिब्बों की शंटिंग (shunting) के दौरान गंभीर झटकों से बचाने के लिए प्रतिरोधों (buffers) का उपयोग किया जाता है, क्योंकि प्रतिरोधों की उपस्थिति के कारण समय के प्रभाव (impact) में वृद्धि हो जाती है। जिससे झटकों के दौरान बल कम हो जाता है, अत: नुकसान में कमी हो जाती है।

(iii) एक तीव्र धावक को सुझाव दिया जाता है कि वह रेस खत्म करने के बाद अपनी गति को धीरे-धीरे कम करे जिससे उसके समय में वृद्धि होगी तथा उसके द्वारा लगाया गया बल कम होता जायेगा।

संवेग तथा आवेग में अंतर

संवेग (Momentum)	आवेग (Impules)
1. संवेग वस्तु के द्रव्यमान एवं उसके वेग का गुणनफल है।	1. आवेग आरोपित बल एवं बल के कार्य करने के समय का गुणनफल होता है।
2. संवेग = द्रव्यमान × वेग	2. आवेग = बल × समय
3. यह एक सदिश राशि है।	3. यह भी सदिश राशि है।
4. इसका मात्रक किग्रा मी/से. होता है।	4. इसका मात्रक भी किग्रा मी/से. है।

लिफ्ट में व्यक्ति का आभासी भार (Apparent weight of Body in a lift : सम्पर्क सतह द्वारा व्यक्ति पर लगाई गई प्रतिक्रिया को वस्तु का आभासी भार कहते हैं।

किसी लिफ्ट में व्यक्ति के भार में निम्नलिखित स्थितियाँ होती हैं

1. **जब लिफ्ट विरामावस्था में हो :**
   जब लिफ्ट या एलीवेटर (elevator) विरामावस्था में है, तब व्यक्ति का आभासी भार व्यक्ति के वास्तविक भार के बराबर होता है।
2. **जब लिफ्ट एक समान वेग से ऊपर या नीचे जाती है :**
   इस स्थिति में व्यक्ति का आभासी भार इसके वास्तविक भार के बराबर होता है अर्थात् व्यक्ति को अपने भार में कोई परिवर्तन प्रतीत नहीं होता है।
3. **जब लिफ्ट त्वरण से ऊपर जाती है :**
   इस स्थिति में व्यक्ति का भार बढ़ा हुआ प्रतीत होता है अर्थात् व्यक्ति का आभासी भार इसके (व्यक्ति) के वास्तविक भार से अधिक होता है।
4. **जब लिफ्ट त्वरण से नीचे आती है :**
   इस स्थिति में व्यक्ति का आभासी भार घटा प्रतीत होता है अर्थात् व्यक्ति का आभासी भार व्यक्ति के वास्तविक भार से कम होता है।

5. **यदि लिफ्ट की डोरी टूट जाए :**
इस स्थिति में वह मुक्त वस्तु या स्वतंत्र वस्तु की भाँति नीचे गिरेगा, तब व्यक्ति का आभासी भार शून्य प्रतीत होगा अर्थात् व्यक्ति को भारहीनता का अनुभव होगा।

6. **यदि लिफ्ट के नीचे उतरते समय लिफ्ट का त्वरण गुरुत्वीय त्वरण से अधिक हो :**
इस स्थिति में लिफ्ट में खड़ा व्यक्ति लिफ्ट के फर्श से उठकर उसकी छत पर जा लगेगा, इसलिए आभासी बल व्यक्ति पर ऊपर की ओर लगेगा, जिससे वह उठकर छत से जा लगेगा।

- **वृत्तीय गति (Circular motion) :** जब कोई वस्तु किसी वृत्ताकार मार्ग पर गति करती है, तो उसकी गति को वृत्तीय गति कहते हैं। यदि वह एक समान चाल से गति करती है, तो उसकी गति को समरूप या एक समान वृत्तीय गति (Uniform Circular Motion) कहते हैं।
- एक समान वृत्तीय गति त्वरित होती है, क्योंकि वृत्त के प्रत्येक बिन्दु पर वेग की दिशा बदल जाती है।
- **कोणीय वेग (Angular Velocity) :** वृत्ताकार मार्ग पर गतिशील कण को वृत्त केन्द्र से मिलाने वाली रेखा एक सेकण्ड में जितने कोण से घूम जाती है, उसे उस कण का कोणीय वेग कहते हैं और इसे ω (ओमेगा) से सूचित किया जाता है,

रेखीय चाल = कोणीय चाल × त्रिज्या

$V = \omega \times r$

जहाँ, [$\omega = 2\pi n$]

एवं [n = कण द्वारा 1 सेकण्ड में लगाए गए चक्कर]

कोणीय विस्थापन (Angular Displacement) :

- जब कोई कण किसी वृत्त की परिधि पर चलता है तब किसी क्षण कण की त्रिज्या-वेक्टर (radial vector) कण की प्रारंभिक स्थिति के सापेक्ष जितने कोण से घूमता है, उस कोण को उस क्षण कण का 'कोणीय विस्थापन' कहते हैं।
- यदि वृत्त की त्रिज्या r हो तो, कोणीय विस्थापन

$$\Delta\theta = \frac{\Delta s}{r}$$

- कोण अथवा कोणीय विस्थापन का मात्रक रेडियन (radian) है। यदि वृत्त के चाप की लम्बाई वृत्त की त्रिज्या के बराबर हो तो चाप द्वारा वृत्त के केन्द्र पर बनाया गया कोण 1 रेडियन कहलाता है। कोणीय विस्थापन एक सदिश राशि है।

$$1 \text{ रेडियन} = \frac{360^\circ}{2\pi} = \frac{180^\circ}{3.14} = 57.3^\circ$$

- **रेखीय वेग (Linear Velocity) :** ऋजुरेखीय गति (Straight line motion) में किसी कण के रेखीय विस्थापन की समय के साथ परिवर्तन-दर को उस कण का 'रेखीय वेग' कहते हैं।

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$

रेखीय वेग का मात्रक 'मीटर/सेकण्ड' है

- **कोणीय वेग और रेखीय वेग में संबंध :**
$v = r\omega$ किसी दिये गये कोणीय वेग (ω) के लिए कण का रेखीय वेग (v) कण की केन्द्र से दूरी (r) के अनुक्रमानुपाती होता है। कण केन्द्र से जितना अधिक दूरी पर होगा, उसका रेखीय वेग उतना ही अधिक होगा।

अभिकेन्द्र त्वरण (Centripetal Acceleration) :

- जब कोई कण एकसमान चाल से वृत्तीय पथ पर गति करता है तो उसकी 'दिशा' लगातार बदलती जाती है अर्थात् उसका वेग निरन्तर बदलता जाता है। इस दशा में कण पर उसके वेग की दिशा के लम्बवत् तथा वृत्त के केन्द्र की ओर दिष्ट त्वरण लगता है। इस त्वरण से कण के वेग का परिमाण (चाल) नहीं बदलता परन्तु वेग की दिशा निरन्तर बदलती जाती है। इस त्वरण को अभिकेन्द्र त्वरण कहते हैं।

$$a = \frac{v^2}{r} \qquad a = r\omega^2$$

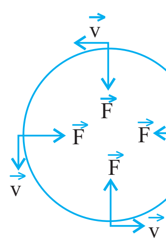
$\because v = r\omega$

- **अभिकेन्द्री बल** (Centripetal forces) : जब कोई पिंड एक समान चाल v से त्रिज्या r के वृत्तीय मार्ग पर गति करता है, तो उस पर अभिकेन्द्री त्वरण लगता है, जिसका परिमाण v^2/r होता है, परन्तु त्वरण की दिशा लगातार बदलती रहती है। त्वरण की दिशा सदैव वृत्त के केन्द्र की ओर होती है। न्यूटन के द्वितीय नियम के अनुसार, किसी पिंड में त्वरण उत्पन्न करने के लिए त्वरण की दिशा में ही बल लगाया जाता है। अत: हम कह सकते हैं कि कण की वृत्तीय गति बनाए रखने के लिए, वृत्त के केन्द्र की ओर एक बल आवश्यक होता है। इसे ही अभिकेन्द्री बल कहते हैं।

  यदि पिंड का द्रव्यमान m हो, तो अभिकेन्द्र बल का मान

  F = द्रव्यमान × अभिकेन्द्र त्वरण

$$F = \frac{mv^2}{r} \qquad F = mr\omega^2$$



अभिकेन्द्र बल कोई नया अलग बल नहीं है। प्रकृति में पाये जाने वाले विभिन्न बलों (जैसे घर्षण बल, गुरुत्वीय बल, वैद्युत बल इत्यादि) में से कोई भी बल अभिकेन्द्र बल का कार्य कर सकता है।

अभिकेन्द्र बल के उदाहरण :

(1) साइकिल सवार अपनी साइकिल को मोड़ते समय अपने शरीर को साइकिल सहित मोड़ के केन्द्र की ओर झुका लेता है।

(a) साइकिल सवार मोड़ पर साइकिल की चाल कम कर तथा बड़ी त्रिज्या (r) का पथ अपनाता है (ताकि अभिकेन्द्र- बल कम हो)।

(b) जब सड़क गीली होती है तो घर्षण बल काफी घट जाता है तथा वह आवश्यक अभिकेन्द्र बल प्रदान नहीं कर पाता। यही कारण है कि वर्षा में मोड़ पर साइकिल-सवार फिसल जाते हैं।

(2) मोड़ पर सड़कों एवं रेल पटरी में ढलान (Slopping) रखा जाता है।

(3) **प्राकृतिक घटनाओं में :** पृथ्वी सूर्य के चारों तरफ घूमती है। अत: इस पर भी एक अभिकेन्द्र बल लगता है जिसकी दिशा सदैव सूर्य की ओर रहती है। पृथ्वी को यह बल सूर्य द्वारा पृथ्वी पर आरोपित गुरुत्वाकर्षण बल से मिलता है।

(4) परमाणु में नाभिक के चारों ओर वृत्तीय कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन घूमते रहते हैं। इसके लिए प्रत्येक इलेक्ट्रॉन को अभिकेन्द्र बल चाहिए।

(5) पहाड़ों पर चक्करदार सड़कें अन्दर की ओर झुकाव वाली बनाई जाती हैं जिससे गाड़ी मोड़ पर स्वयं ही अन्दर की ओर झुक जाती है तथा आवश्यक अभिकेन्द्र बल प्राप्त कर लेती है।

- **अभिकेन्द्र बल की प्रतिक्रिया (Reaction of Centripetal force) :** न्यूटन के क्रिया-प्रतिक्रिया नियम के अनुसार, प्रत्येक क्रिया की एक प्रतिक्रिया भी होती है जो कि परिमाण में क्रिया के बराबर परन्तु दिशा में विपरित होती है। अत: घूमती हुई वस्तु पर कार्य करने वाले अभिकेन्द्र बल भी एक प्रतिक्रिया-बल होता है। क्रिया-बल तथा प्रतिक्रिया-बल सदैव अलग-अलग वस्तुओं पर लगते हैं (एक ही पर नहीं)।

  उदाहरण : (i) जब हम गेंद को डोरी के सिरे से बाँधकर वृत्तीय पथ में घुमाते हैं तो हमारा हाथ डोरी के तनाव द्वारा 'गेंद पर' भीतर की ओर अभिकेन्द्र बल लगाता है। गेंद हमारे 'हाथ पर' बाहर की ओर प्रतिक्रिया-बल लगाता है।

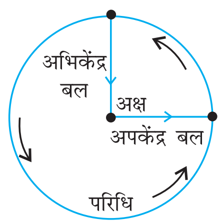
  (ii) सरकस में 'मौत के कुएँ' के खेल में अभिकेन्द्र बल कुएँ की दीवार द्वारा

मोटर-साइकिल पर भीतर की ओर लगाया जाता है, जबकि इसका प्रतिक्रिया-बल मोटर-साइकिल द्वारा कुएँ की दीवार पर बाहर की ओर लगाया जाता है।

(iii) पृथ्वी चन्द्रमा पर अभिकेन्द्र-बल (गुरुत्वाकर्षण) लगाती है तथा इसका प्रतिक्रिया-बल चन्द्रमा द्वारा पृथ्वी पर लगाया जाता है।

- **अपकेन्द्री बल (Centrifugal force) :** अजड़त्वीय फ्रेम में न्यूटन के नियमों को लागू करने के लिए कुछ ऐसे बलों की कल्पना करनी होती है, जिन्हें परिवेश में किसी पिंड से संबंधित नहीं किया जा सकता। ये बल छद्म बल या जड़त्वीय बल कहलाते हैं। अपकेन्द्रीय बल एक ऐसा ही जड़त्वीय बल या छद्म बल है।

अभिकेंद्र बल एवं अपकेंद्र बल



- **अपकेन्द्रीत्र (Centrifuge) :** यह एक ऐसा यंत्र है, जिसकी सहायता से हल्के एवं भारी कणों को पृथक किया जाता है। इस प्रकार के यंत्र के उदाहरण हैं – अपकेन्द्रीय शोषक, क्रीम निकालने की मशीन, अपकेन्द्र पम्प, ड्राई क्लीनर आदि।
- **बल-आघूर्ण (Moment of force or Torque) :** बल द्वारा एक पिण्ड को एक अक्ष के परित: घुमाने की प्रवृत्ति को बल-आघूर्ण कहते हैं। किसी अक्ष के परित: एक बल का बल-आघूर्ण उस बल के परिमाण तथा अक्ष से बल की क्रिया-रेखा के बीच की लम्बवत् दूरी के गुणनफल के बराबर होता है।

अर्थात्, बल-आघूर्ण = बल × बलबाहु

(Moment of Force = Force × Force-arm

बल-आघूर्ण के उदाहरण :

(i) घरों में गेहूँ पीसने का जाँता (Quern) का हत्था कील से दूर लगाया जाता है ताकि जाँता को घुमाने के लिए कम जोर लगाने पड़े।

(ii) कुम्हार के चाक में घुमाने के लिए लकड़ी फँसाने का गड्ढा चाक की परिधि के पास बनाया जाता है।

(iii) पानी निकालने वाला हैण्ड पम्प (Hand pump) का हत्था लम्बा होता है।

- **बल-युग्म (Couple) :** किसी वस्तु पर दो बराबर किन्तु विपरीत दिशाओं में कार्य करने वाले समानान्तर बलों को बल-युग्म कहते हैं। इसका SI मात्रक न्यूटन मीटर (Nm) होता है।

बल युग्म = बल × बल युग्म भुजा

Couple = Force × Couple-arm

उदाहरण :

(i) पानी का नल खोलना

(ii) पेन तथा दवात का ढक्कन खोलना

(iii) गाड़ी का स्टिअरिंग व्हील (Steering Wheel) घुमाना

(iv) चाबी वाली घड़ी को चाबी देना।

(v) ताला को चाबी से खोलना।

- **बल-आघूर्ण का सिद्धान्त :** संतुलन की स्थिति में वामवर्ती आघूर्ण का योग, दक्षिणावर्ती आघूर्णों के योग के बराबर होता है।
- **घूर्णन गति (Rotational Motion) :** यदि कोई पिण्ड अथवा निकाय किसी स्थिर अक्ष के परित: इस प्रकार गति करता है, कि उसके सभी कण वृत्तीय पथ पर चलते हैं ताकि एक निश्चित समयान्तराल में प्रत्येक कण का कोणीय विस्थापन समान हो, तो उसकी गति को घूर्णन गति कहते हैं इन समस्त वृत्तीय पथों के केन्द्रों को मिलाने वाली रेखा को घूर्णन अक्ष कहते हैं।
- **सरल मशीन (Simple machines) :** ये बल-आघूर्ण के सिद्धान्त पर कार्य करती हैं। सरल मशीन एक ऐसी युक्ति होती है,

जिसमें किसी सुविधाजनक बिन्दु पर एक बल लगाकर, किसी बिन्दु पर रखे हुए भार को उठाया जा सकता है। उत्तोलक (Lever), घिरनी (pulley), आनत तल (inclined plane) तथा स्क्रू जैक आदि सरल मशीनों के उदाहरण हैं।

- **मशीन की दक्षता (Efficiency of Machine) :** मशीन की दक्षता, उस मशीन से कार्य सम्पन्न कराने के लिए उसको दी गई ऊर्जा तथा मशीन द्वारा किये गये कार्य के अनुपात को कहते हैं। इसको प्रतिशत में व्यक्त करते हैं।

$$\text{मशीन की दक्षता} = \frac{\text{मशीन द्वारा किया गया कार्य}}{\text{मशीन को दी गई ऊर्जा}} \times 100$$

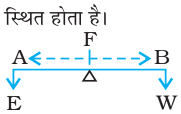
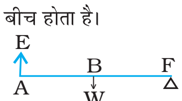
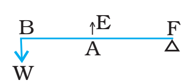
- **उत्तोलक के सिद्धान्त (Theory of Lever) :** आयास एवं आयास भुजा का गुणनफल, भार एवं भार भुजा के गुणनफल के बराबर होती है,

अर्थात् $\text{आयास} \times \text{आयास भुजा} = \text{भार} \times \text{भार भुजा}$

- **उत्तोलक के यांत्रिक लाभ (Mechanical Advantage of lever) :** उत्तोलक के द्वारा उठाए गए भार तथा उस पर लगाए गए आयास के अनुपात को उत्तोलक का यांत्रिक लाभ कहते हैं। $\text{यांत्रिक लाभ} = \frac{\text{भार (W)}}{\text{आयास (E)}}$

उत्तोलक (Lever)

- उत्तोलक एक सीधी या मुड़ी हुई, दृढ़ छड़ होती है, जो किसी निश्चित बिंदु के चारों ओर स्वतंत्रतापूर्वक घूम सकती है।
- इसके तीन मुख्य बिंदु होते हैं
(1) आलम्ब (2) आयास (3) भार

प्रथम वर्ग के उत्तोलक (First Class Lever)	द्वितीय वर्ग के उत्तोलक (Second Class Lever)	तृतीय वर्ग के उत्तोलक (Third Class Lever)
• इस वर्ग के उत्तोलकों में आलम्ब F, आयास E तथा भार W के बीच में स्थित होता है। •  • उदाहरण : कैंची, सड़सी, साइकिल के ब्रेक, तराजू, झूला, नेल कटर आदि। • इनका यान्त्रिक लाभ 1 से अधिक, 1 से कम अथवा 1 के बराबर हो सकता है।	• इस वर्ग के उत्तोलकों में (भार) W, आलम्ब (F) तथा आयास (E) के बीच होता है। •  उदाहरण : • नींबू निचोड़ने की मशीन, सुपारी काटने का सरौता, एक पहिए की गाड़ी, नौकादण्ड आदि। • इसका यांत्रिक लाभ सदैव 1 से अधिक होता है।	• इस वर्ग के उत्तोलकों में आयास (E), भार (W) तथा आलम्ब (F) के बीच स्थित होता है। •  उदाहरण : • चिमटा, मनुष्य का हाथ, किसान का हल आदि। • इसका यांत्रिक लाभ सदैव 1 से कम होता है।

सन्तुलन (Equilibrium)

- जब किसी वस्तु पर अनेक बल इस प्रकार कार्य कर रहे हों कि वस्तु न तो रेखीय गति करे और न ही घूर्णन गति, तब कहा जाता है कि वस्तु सन्तुलन की अवस्था में है

स्थायी सन्तुलन (Stable Equilibrium)	अस्थायी सन्तुलन (Unstable Equilibrium)	उदासीन संतुलन (Neutral Equilibrium)
• यदि किसी वस्तु को उसकी संतुलनावस्था से थोड़ा-सा विस्थापित करके छोड़ने पर यदि वस्तु पुनः अपनी संतुलन अवस्था को प्राप्त कर लेती है, तो कहा जाता है कि वस्तु स्थायी संतुलन में है। उदाहरण : चौड़े आधार पर रखा शंकू	• यदि किसी वस्तु को उसकी संतुलनावस्था से थोड़ा सा विस्थापित करके छोड़ने पर वह पुनः संतुलन की अवस्था में न आए, तो इसे अस्थायी संतुलन कहते हैं। उदाहरण : नींबू शीर्ष पर रखा शंकू, नोक पर खड़ी पेंसिल, अँगूली पर रखी छड़ी	• यदि किसी वस्तु को उसकी संतुलन स्थिति से थोड़ा विस्थापित करके छोड़ने पर वह वस्तु अपनी पूर्व अवस्था में आने का प्रयास न करे, बल्कि अपनी नई अवस्था में ही संतुलित हो जाए, तो कह सकते हैं कि वस्तु उदासीन संतुलन में है। उदाहरण : स्वयं की तिरछी ऊँचाई के सहारे रखा शंकू, गेंद, बेलन आदि।
• स्थितिज ऊर्जा- न्यूनतम	• स्थितिज ऊर्जा - अधिकतम	• स्थितिज ऊर्जा - नियत
• गुरुत्व केन्द्र अधिक से अधिक नीचा होना चाहिए।		• गुरुत्व केन्द्र वस्तु की स्थिति नहीं बदलने देती।

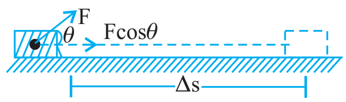
कार्य, शक्ति और ऊर्जा (Work, Power and Energy)

- **कार्य (Work) :** बल और बल के अनुप्रयुक्त बिंदु द्वारा बल की दिशा में तय की गई दूरी के गुणनफल को बल के द्वारा किया गया कार्य कहा जाता है।

  $W = F \times S$ या कार्य = बल × बल की दिशा में विस्थापन
- किसी पिण्ड पर F बल लगाने से पिण्ड में बल की दिशा में ΔS विस्थापन हो तो बल द्वारा किया गया कार्य, $w = F \times \Delta S$
- यदि बल, F पिण्ड के विस्थापन की दिशा में न होकर उससे θ कोण बना रहा हो, तब किया गया कार्य

$w = F \cos\theta \times \Delta S$

क्योंकि F cosθ, विस्थापन की दिशा में बल का घटक है।



यदि θ = 90° तो cos 90° = 0 तब W = 0

अर्थात् यदि विस्थापन बल की दिशा के लम्बवत् है तो कोई कार्य नहीं होता। यदि कोई कुली अपने सिर पर ट्रंक रखे प्लेट-फार्म पर टहल रहा हो तो वह कार्य नहीं कर रहा है (क्योंकि उसका विस्थापन गुरुत्व-बल लम्बवत् है)।

- जब कोई उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर चक्कर काटता है तो पृथ्वी द्वारा आरोपित बल की दिशा सदैव उपग्रह की गति की दिशा के लम्बवत् रहती है, अत: अभिकेन्द्र बल की दिशा सदैव उपग्रह की गति की दिशा के लम्बवत् रहती है, अत: अभिकेन्द्र बल द्वारा उपग्रह पर कोई कार्य नहीं किया जाता।
- बल तथा विस्थापन दोनों ही सदिश राशियाँ है, परन्तु कार्य अदिश राशि है।

कार्य का SI मात्रक न्यूटन मीटर है। इसे जूल भी कहते हैं। कार्य का C.G.S. मात्रक अर्ग है।

$1 \text{ जूल} = 10^7 \text{ अर्ग}$

- **शक्ति (Power) :** किसी कार्यकर्ता के कार्य करने की दर को उसकी शक्ति कहते हैं।

$P = W/t = \frac{\text{कार्य}}{\text{समय}}$

शक्ति का मात्रक वाट है। अधिक शक्तिशाली मशीनों की शक्ति, किलोवाट, मेगावाट या अश्व शक्ति में व्यक्त की जाती है।

शक्ति या सामर्थ्य (Power) के अन्य मात्रक :

$1 \text{ वाट सामर्थ्य} = \frac{1 \text{ जूल}}{1 \text{ सेकण्ड}} = 1 \text{ जूल/सेकण्ड}$

1 किलोवाट = 1000 वाट = 10^3 वाट = 10^{10} अर्ग/से

1 मेगावाट = 10^6 वाट

1 अश्व शक्ति = 746 वाट

1 वाट सेकण्ड = 1 जूल

1 वाट घण्टा = 3600 जूल

1 किलोवाट घण्टा = 3.6×10^6 जूल = 3.6 मेगा जूल

- साधारण मनुष्य की सामर्थ्य 0.05HP से 0.1 HP होती है। मशीन की शक्ति अश्वशक्ति [Horse Power (HP)] में मापते हैं।
- कुछ सामान्य गतिविधियों में सामर्थ्य की औसत खपत (Average Power Consumption in Some Common Activities)

क्रियाएँ	सामर्थ्य (वाट में)
मनुष्य के हृदय की धड़कन	1.2
सोना	75
धीरे-धीरे चलना (टहलना)	200
साइकिल चलाना	500

कार्य एवं शक्ति में अंतर

कार्य (Work)	शक्ति (Power)
1. कोई वस्तु किसी बल में प्रभाव में गति करती है, तब उस पर कार्य होता है।	1. किसी वस्तु के कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते हैं।
2. कार्य तभी होता है, जब बल द्वारा वस्तु में विस्थापन हो।	2. बाह्य बल द्वारा वस्तु की स्थिति एवं आकार में परिवर्तन करके उसमें ऊर्जा संचित की जा सकती है।
3. ऊर्जा होने पर भी कार्य शून्य हो सकता है।	3. कार्य करने की स्थिति में वस्तु की ऊर्जा शून्य नहीं हो सकती।

ऊर्जा (Energy) : कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते हैं। ऊर्जा का मात्रक वही होता है जो कार्य का मात्रक है अर्थात् जूल। यह अदिश राशि होती है। CGS मात्रक अर्ग होता है तथा व्यवहारत: इसका बड़ा मात्रक किलोजूल होता है।

1 किलोजूल = 10^3 या 1000 जूल

- यदि कोई वस्तु ऊर्जा रखती है, तब वह दूसरी वस्तु पर बल लगाती है। यदि ऐसा घटित होता है, तब ऊर्जा एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित होगी।
- ऊर्जा तथा शक्ति एक-दूसरे से भिन्न होती हैं, क्योंकि ऊर्जा से तात्पर्य कार्य के होने से है जबकि शक्ति किए गए कार्य की दर को दर्शाती है।

ऊर्जा के कुछ प्रयोगात्मक मात्रक		
मात्रक	**संकेत**	**समतुल्यता (जूल में)**
अर्ग	erg	10^{-7} जूल
कैलोरी	cal	4.2 जूल
किलोवाट घण्टा	kwh	3.6×10^{6}जूल
इलेक्ट्रॉन वोल्ट	cv	1.6×10^{-19} जूल

ऊर्जा के दो प्रकार हैं :

(A) गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy) : किसी वस्तु को उसकी गति के कारण कार्य करने की जो क्षमता होती है उसे उस वस्तु की गतिज ऊर्जा कहते हैं।

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

जहाँ m, वस्तु का द्रव्यमान है तथा v वस्तु का वेग।

- किसी वस्तु का द्रव्यमान दोगुना करने पर उसकी गतिज ऊर्जा दोगुना हो जाएगी और द्रव्यमान आधी करने पर गतिज ऊर्जा आधी हो जाएगी।
- इसी प्रकार वस्तु का वेग दोगुना करने पर वस्तु की गतिज ऊर्जा चार गुनी हो जाएगी और वेग आधा करने पर वस्तु की गतिज ऊर्जा गुनी हो जाएगी।

(B) स्थितिज ऊर्जा (Potential Energy) : किसी वस्तु में अपनी स्थिति के कारण जो ऊर्जा होती है, उसे उसकी स्थितिज ऊर्जा कहते हैं। **स्थितिज ऊर्जा = mgh**

या, P.E. = mgh

जहाँ, m = द्रव्यमान, g = गुरुत्वजनित त्वरण, h = ऊँचाई

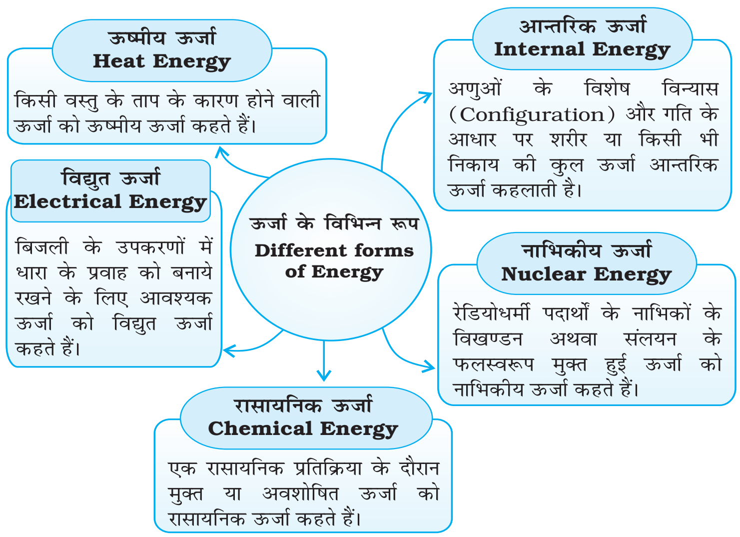
उदाहरणस्वरूप दबी हुई स्प्रिंग, घड़ी में चाबी भरना, पृथ्वी से कुछ ऊँचाई पर स्थित वस्तु आदि में स्थितिज ऊर्जा संचित होती है।

$\frac{1}{4}$

स्थितिज ऊर्जा के कई रूप होते हैं, जैसे- प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा, गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा, वैद्युत स्थितिज ऊर्जा, चुम्बकीय ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा, नाभिकीय ऊर्जा आदि।

स्थितिज ऊर्जा तथा गतिज ऊर्जा में अंतर

स्थितिज ऊर्जा	गतिज ऊर्जा
1. किसी वस्तु की स्थिति के कारण कार्य करने की जो क्षमता होती है, उसे उस वस्तु की स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।	1. किसी वस्तु की गति के कारण कार्य करने की जो क्षमता होती है, उसे उस वस्तु की गतिज ऊर्जा कहते हैं।
2. यदि m द्रव्यमान की वस्तु h ऊँचाई पर हो तो उसकी स्थितिज ऊर्जा होगी। PE = mgh	2. यदि m द्रव्यमान का पिण्ड v वेग से गति कर रहा हो तो उसकी गतिज ऊर्जा $K.E = \frac{1}{2}mv^2$
3. स्थितिज ऊर्जा क्रियाशील ऊर्जा नहीं होती है।	3. गतिज ऊर्जा क्रियाशील ऊर्जा होती है।
4. ऊँचाई बदलने पर स्थितिज ऊर्जा बदलती है।	4. वेग बदलने पर गतिज ऊर्जा बदलती है।
5. ऊँचाई पर स्थित विरामावस्था के पिण्ड में केवल स्थितिज ऊर्जा रहती है।	5. ऊँचाई पर अवस्थित गतिशील पिण्ड में दोनों ऊर्जा रहती है।
6. स्थितिज ऊर्जा संचित ऊर्जा है।	6. गतिज ऊर्जा संचित ऊर्जा नहीं है।
7. स्थितिज ऊर्जा किसी मानक स्थिति के सापेक्ष होती है।	7. गतिज ऊर्जा किसी स्थिति पर निर्भर नहीं करती है।



शक्ति तथा ऊर्जा में अंतर	
ऊर्जा (Energy)	**शक्ति (Power)**
1. कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते हैं।	1. कार्य करने की समय-दर को शक्ति कहते हैं।
2. इसका SI मात्रक जूल है।	2. शक्ति का SI मात्रक वाट है।
3. ऊर्जा कार्य पूरा होने में लगे समय पर निर्भर नहीं करती है।	3. शक्ति कार्य पूरा होने में लगे समय पर निर्भर करती है।

- **कार्य-ऊर्जा प्रमेय (Work-Energy Theorem) :** किसी कण पर आरोपित बल द्वारा किया गया कार्य इसकी गतिज ऊर्जा में परिवर्तन के बराबर होता है। इसे कार्य-ऊर्जा प्रमेय कहते हैं।

किया गया कार्य = गतिज ऊर्जा में परिवर्तन

- **ऊर्जा के संरक्षण का सिद्धांत (Principle of law of Conservation of Energy) :** ऊर्जा न तो उत्पन्न और न नष्ट की जा सकती है, किन्तु एक रूप से दूसरे रूप में उसका रूपांतरण हो सकता है।
- **ऊर्जा का रूपान्तरण (Transformation of Energy):** ऊर्जा रूपान्तरण के कुछ उदाहरण इस प्रकार हैं –

उपकरण	ऊर्जा का रूपान्तरण
1. सौर सेल	प्रकाश ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा में
2. डायनेमो	यांत्रिक ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा में
3. विद्युत मोटर	विद्युत ऊर्जा से यांत्रिक ऊर्जा में
4. माइक्रोफोन	ध्वनि ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा में
5. लाउडस्पीकर	विद्युत ऊर्जा से ध्वनि ऊर्जा में
6. सितार	यांत्रिक ऊर्जा से ध्वनि ऊर्जा में
7. बल्ब/ट्यूब-लाइट/हीटर का जलना	विद्युत ऊर्जा से प्रकाश एवं ऊष्मा ऊर्जा में
8. मोमबत्ती का जलना	रासायनिक ऊर्जा से प्रकाश एवं ऊष्मा ऊर्जा में
9. विद्युत सेल	रासायनिक ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा में
10. फोटो इलेक्ट्रिकसेल	प्रकाश ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा में
11. कोयले का जलना	रासायनिक ऊर्जा से ऊष्मा ऊर्जा में
11. इंजन	ऊष्मा ऊर्जा से यांत्रिक ऊर्जा में

परंपरागत ऊर्जा स्त्रोत (Conventional Source of Energy)

1. **जीवाश्म ईंधन (Fossile Fuels) :** ये ऊर्जा युक्त कार्बनिक यौगिक हैं, जो पृथ्वी की सतह के नीचे से निकाले जाते हैं। उदाहरण–कोयला, पेट्रोलियम, प्राकृतिक गैस आदि।
2. **तापीय विद्युत संयंत्र (Thermal power plant) :** ताप विद्युत संयंत्र द्वारा ईंधन के जलने पर यह ऊष्मा ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित कर देता है।
3. **जल विद्युत संयंत्र :** वे विद्युत संयंत्र जो बहते हुए जल की स्थितिज ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदलते हैं, जल विद्युत संयंत्र कहलाते हैं। इस संयंत्र द्वारा उत्पन्न विद्युत ऊर्जा पन बिजली (Hydro electricity) कहलाती हैं।
4. **बायो-ऊर्जा (Bio-energy) :** मवेशियों के अपशिष्ट पदार्थ (गोबर), पशुओं और पेड़-पौधों के मृत अंग जैव-द्रव्यमान (Bio-Mass) कहलाते हैं। बायो द्रव्यमान से प्राप्त ऊर्जा बायो-ऊर्जा कहलाते हैं। इसी बायो-गैस का उपयोग विद्युत उत्पादन में भी किया जाता है। बायो-गैस (Bio-gas) मीथेन (CH_4), हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S), कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) तथा हाइड्रोजन (H_2) का मिश्रण है। इस गैस को बनाने में उपयोग होने वाला आरम्भिक पदार्थ मुख्यत: गोबर है अत: इसे गोबर-गैस (Gobar-gas) भी कहते हैं। बायो-गैस का उपयोग घरों में तथा गाँव की गलियों में प्रकाश करने के लिए कर सकते हैं।
5. **पवन ऊर्जा (Wind energy) :** यह एक प्रकार की गतिज ऊर्जा है। इसके वेग से टरबाइनों को चलाकर विद्युत ऊर्जा प्राप्त की जाती है। पवन ऊर्जा का उपयोग अनाज पीसनें की चक्कियों, जल-पम्प, पालदार नावों आदि में किया जाता है। भारत में बड़ी-बड़ी पवन फर्मो में मुप्पंडल (तमिलनाडु), जैसलमेर (राजस्थान), ब्रह्मनवेल (महाराष्ट्र), दालगाँव (महाराष्ट्र), चकाला (महाराष्ट्र) तथा वंकुसवाडे (महाराष्ट्र) प्रमुख हैं। पवन चक्की एक ऐसी युक्ति है, जिसमें वायु की गतिज ऊर्जा पंखों को घुमाने में प्रयुक्त की जाती है। पवन चक्की का उपयोग पवन टरबाइन द्वारा विद्युत उत्पादन में किया जाता है तथा पवन जनित्र द्वारा उत्पादित विद्युत का उपयोग पवन ऊर्जा में किया जाता है। डेनमार्क को पवनों का देश कहा जाता है। जर्मनी भी इस क्षेत्र में अग्रणी है जबकि भारत का पवन ऊर्जा द्वारा विद्युत उत्पादन करने वाले देशों में पांचवां स्थान है।

गैर-परंपरागत ऊर्जा स्त्रोत (Non-conventional Sources of Energy) :

1. **सौर ऊर्जा (Solar Energy) :** सूर्य द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा अथवा सूर्य से प्राप्त ऊर्जा को सौर ऊर्जा कहते हैं। विभिन्न प्रकार की युक्तियाँ का उपयोग सौर ऊर्जा दहन में किया जाता है।

उदाहरण–सोलर हीटर, सोलर संकेंद्रक (Solar Concentrators), सोलर कूकर तथा सोलर सेल आदि। सोलर संकेंद्रक का उपयोग विद्युत उत्पादन में किया जाता है। सोलर कुकर में सौर ऊर्जा का उपयोग करके भोजन को पकाया जाता है। सोलर सेल में सौर ऊर्जा सीधे विद्युत ऊर्जा में बदलती है। ये सेलें अर्द्धचालक पदार्थ (जैसे–सिलिकन, गैलियम, जर्मेनियम) से बनी होती है। सोलर सेल को प्रकाश वोल्टीय सेल भी कहते हैं। सोलर सेल का उपयोग कृत्रिम उपग्रहों तथा अन्तरिक्षयानों में वैद्युत उपलब्ध करने के लिए किया जाता है। इनका उपयोग स्ट्रीट लाइटों, ट्रैफिक सिग्नलों, जलपम्पों, समुद्र में स्थित द्वीप स्तम्भों, रेडियो तथा दूरदर्शन प्रसारण केन्द्रों, इलेक्ट्रॉनिक घड़ियों तथा कैलकुलेटरों को चलाने में किया जाता है, जब सोलर सेलों को एक–दूसरे के साथ एक के बाद एक करके जोड़ा जाता है तब अवांछित विभवान्तर तथा अनुकूल दक्षता की विद्युत धारा उत्पन्न होती है। सोलर सेलों के इस समूह संयोजन को ही सोलर पैनल कहते हैं। सोलर सेलों के उत्पादन की समस्त प्रक्रिया अभी बहुत महँगी है क्योंकि सोलर सेलों को परस्पर संयोजित करके सोलर पैनल बनाने में सिल्वर (चाँदी) का उपयोग होता है। विश्व में सबसे बड़ी सोलर भट्टी फ्रांस में स्थित है।

2. **ज्वारीय ऊर्जा (Tidal Energy) :** चन्द्रमा के आकर्षण के कारण, समुद्र का जल ऊपर उठता और नीचे उतरता है, इस प्रकार लहरें बनती हैं। इन लहरों को ज्वारीय लहरें कहा जाता है और पानी के उठने और गिरने के फलस्वरूप ऊर्जा प्राप्त होती है, जिसे ज्वारीय ऊर्जा कहते हैं। ज्वारीय ऊर्जा का दोहन सागर के किसी संकीर्ण क्षेत्र पर बाँध का निर्माण करके किया जाता है।
3. **तरंग ऊर्जा (Wave Energy) :** वायु प्रवाह अधिक होने के कारण समुद्र की सतह पर जल की लहरें बहुत तेजी से चलती हैं, जिसके कारण उनमें गतिज ऊर्जा उत्पन्न होती है। इस प्रकार के उत्पन्न ऊर्जा को तरंग ऊर्जा कहते हैं। इसका उपयोग विद्युत उत्पादन में किया जाता है।
4. **सागरीय तापीय ऊर्जा (Ocean Thermal Energy) :** सागर की सतह के जल तथा गहराई के जल के ताप में सदैव कुछ अन्तर होता है जिसके कारण सागरीय ऊर्जा प्राप्त होती है। इस सागरीय तापीय ऊर्जा से विद्युत उत्पादन किया जाता है।
5. **भूतापीय ऊर्जा (Geothermal Energy) :** भूतापीय ऊर्जा पृथ्वी के अन्दर से प्राप्त ऊर्जा के रूपों में उपयोग की जाती है।
6. **नाभिकीय ऊर्जा (Nuclear Energy) :** नाभिकीय ऊर्जा प्राप्त करने के लिए नाभिकीय अभिक्रिया दो प्रकार की होती है।
   (i) नाभिकीय विखण्डन (Nuclear Fission) : इस प्रक्रिया में एक भारी नाभिक दो छोटे असमान नाभिकों में टूट जाते हैं तथा अत्यधिक मात्रा में ऊर्जा उत्पन्न करते हैं, जैसे–परमाणु विखण्डन या परमाणु बम।
   (ii) नाभिकीय संलयन (Nuclear Fussion) : इस प्रक्रिया में जब दो हल्के नाभिक संयुक्त होकर एक भारी नाभिक बनाते हैं, तो इसे नाभिकीय संलयन कहते हैं। द्रव्यमान की यह क्षति ऊर्जा के रूप में प्राप्त हो जाती है, जैसे–हाइड्रोजन बम।

गुरुत्वाकर्षण (GRAVITATION)

गुरुत्वाकर्षण एक कमजोर अथवा क्षीण मौलिक बल है, जो ब्रह्मांड में प्रत्येक कण या पिण्ड के बीच उनके द्रव्यमान के कारण लगता है। इसे न्यूटन ने अपनी पुस्तक 'प्रिंसीपिया' में प्रकाशित किया था।

गुरुत्वाकर्षण बल की प्रमुख गुण (Characteristics of Gravitational force) :

(i) गुरुत्वाकर्षण बल एक दुर्बल प्रकृति का बल है। यह प्रकृति में पाये जाने वाले बलों में सबसे कमजोर बल (weakest force) है।

(ii) यह सदैव आकर्षण प्रकृति का होता है।
(iii) यह बल अन्तराण्विक दूरियों से लेकर अंतर्ग्रहीय दूरियों तक के लिए कार्य करता है।
(iv) यह कणों के बीच उपस्थित माध्यम पर निर्भर नहीं करता है।
(v) यह एक केन्द्रीय बल है।
(vi) यह एक संरक्षी बल (Conservative Force) है।
(vii) गुरुत्वाकर्षण बल दो कणों के मध्य लगने वाला अन्योन्य (पारस्परिक) बल है।
(viii) ये बल क्रिया-प्रतिक्रिया युग्म (couple) बनाते हैं।
(ix) गुरुत्वाकर्षण बल स्थिर वैद्युत बल का 10^{-36} गुना तथा नाभिकीय बल से 10^{-38} गुना होता है।
(x) दो छोटे पिण्डों के बीच गुरुत्वाकर्षण बल बहुत कम होता है जबकि दो बड़े पिण्डों (सूर्य तथा पृथ्वी) के बीच गुरुत्वाकर्षण बल बहुत अधिक होता है।

नोट : गुरुत्वाकर्षण बल एक व्युत्क्रम वर्ग बल है, क्योंकि यह दो वस्तुओं के बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

- **न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण नियम (Newton's law of Gravitation) :** ब्रह्माण्ड में किन्हीं दो पिंडों के मध्य कार्य करने वाला आकर्षण बल उनके द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती तथा उनके मध्य के दूरी की वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

  माना कि m_1 एवं m_2 द्रव्यमान के दो पिण्ड एक-दूसरे से r दूरी पर स्थित हैं, तो न्यूटन के नियमानुसार उनके बीच लगने वाला आकर्षण बल F होगा-

  $F \propto m_1 m_2$ और $F \propto \frac{1}{r^2}$ या,

  $$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \ldots (i)$$

  जहाँ, G को सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक (universal gravitational constant) कहते हैं, जिसका मान 6.67×10^{-11} Nm^2/kg^2 होता है।

गुरुत्वाकर्षण नियम के प्रयोग :

(i) यह बल हमें पृथ्वी से बाँधे रखता है।
(ii) इस बल के कारण ही चन्द्रमा पृथ्वी के चारों ओर गति करता है।
(iii) इस बल के कारण ही एक ग्रह वातावरण के चारों ओर घूमता है।

नोट : न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण बल वस्तुओं के बीच बहुत ज्यादा दूरी तथा बहुत कम दूरी के लिए उपयुक्त होता है। लेकिन यदि वस्तुओं के बीच की दूरी 10^{-9} मी से कम होती है, तब ये असफल हो जाता है।

- **गुरुत्व (Gravity) :** न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण के नियम में गुरुत्वाकर्षण वह आकर्षण बल है, जो किन्हीं दो वस्तुओं के बीच कार्य करता है। यदि इन वस्तुओं में एक वस्तु पृथ्वी हो, तो गुरुत्वाकर्षण को गुरुत्व कहते हैं। गुरुत्व बल के कारण ही पृथ्वी की सतह से मुक्त रूप से फेंकी गयी वस्तु वापस पृथ्वी की सतह पर आकर गिरती है।
- **गुरुत्व केन्द्र** (Centre of gravity) **:** किसी वस्तु का गुरुत्व-केन्द्र, वह बिन्दु है, जहाँ वस्तु का समस्त भार कार्य करता है, वस्तु चाहे जिस स्थिति में रखी जाए। किसी पिण्ड का गुरुत्व केन्द्र तब तक स्थिर रहता है जब तक उसका आकार नहीं बदलता। किसी वस्तु का भार गुरुत्व केन्द्र से ठीक नीचे की ओर कार्य करता है।

गुरुत्व केन्द्र का उदाहरण :

(i) पीसा की मीनार तिरछी होते हुए भी नहीं गिरती क्योंकि पीसा की ऐतिहासिक मीनार का आधार क्षेत्रफल बड़ा है, इसलिए मीनार के गुरुत्व केन्द्र से होकर जाने वाली भार की ऊर्ध्वाधर रेखा उसके आधार पर गुजरती है अतः सन्तुलन बना रहता है।
(ii) दुमंजली बसों में नीचे वाली मंजिल अधिक भारी बनाई जाती है क्योंकि नीचे की मंजिल को ऊपर की तुलना में भारी बनाने से बस का गुरुत्व केन्द्र नीचे रहता है तथा ऊँची-नीची जगहों पर चलने पर भी बस के भार की क्रिया रेखा जो गुरुत्व केन्द्र से गुजरती है, बस के पहियों से बाहर नहीं जा पाती और बस सन्तुलन में बनी रहती है।

(iii) पीठ पर बोझ लादने वाले मजदूर तथा पहाड़ों पर चढ़ते समय मनुष्य को आगे की ओर झुकना पड़ता है।

(iv) लोहे से लदे ट्रक का सन्तुलन घास अथवा रूई से लदे ट्रक की अपेक्षा अधिक स्थायी होता है इसलिए रूई वाली ट्रक में कुछ भारी पदार्थ रख देते हैं जिससे उसका सन्तुलन बना रहता है।

कुछ नियमित वस्तुओं के गुरुत्व-केन्द्र

वस्तु	गुरुत्व-केन्द्र की स्थिति
शंक्वाकार ठोस	शंकु के अक्ष पर आधार से 1/4 ऊँचाई की दूरी पर
खोखला शंकु	शंकु के अक्ष पर आधार से 1/3 ऊँचाई की दूरी पर
समान्तर चतुर्भुज	विकर्णों का कटान बिन्दु
ठोस गोला	गोले का केन्द्र
समान छड़	छड़ के अक्ष का मध्य बिन्दु
त्रिभुजाकार ठोस	माध्यिकाओं का कटान बिन्दु
वर्गाकार या आयताकार ठोस	विकर्णों का कटान बिन्दु
वृत्ताकार पटल	वृत्त का केन्द्र
बेलनाकार ठोस	बेलन की अक्ष का मध्य-बिन्दु
वृत्ताकार डिस्क	वृत्तीय फलकों के केन्द्रों को मिलाने वाली रेखा

- **गुरुत्व जनित त्वरण (Acceleration due to gravity) :** जब कोई वस्तु पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के द्वारा स्वतंत्र रूप से पृथ्वी की ओर गिरती है तो उस वस्तु के वेग में जो वृद्धि होती है उसे गुरुत्व जनित त्वरण कहते हैं। इसे g के द्वारा सूचित किया जाता है। पृथ्वी की सतह पर $g = 9.81$ मी. प्रति से.^{2} या 9.8 मी/से.^{2} होता है।
- **गुरुत्वीय त्वरण (g) एवं गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक (G) में संबंध :** गुरुत्वाकर्षण के नियमानुसार, पृथ्वी द्वारा वस्तु पर लगाया गया

आकर्षण बल, $F = G\dfrac{Mm}{R^2}$ ... (i)

जहाँ, M = पृथ्वी का द्रव्यमान

R = पृथ्वी की त्रिज्या

अब न्यूटन की गति के दूसरे नियमानुसार,

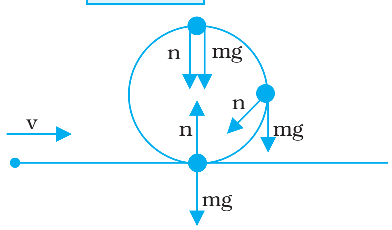
बल, $F = mg$ ... (ii)

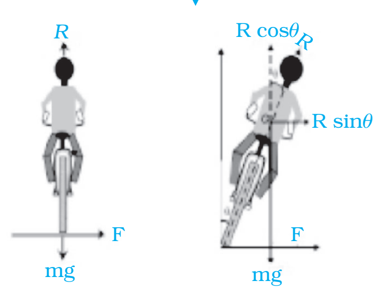
= द्रव्यमान × त्वरण

अब समीकरण (i) तथा (ii) से,

$$mg = G \times \frac{Mm}{R^2}$$

या, $g = G\dfrac{M}{R^2}$ ... (iii)





गुरुत्वीय त्वरण **g** तथा गुरुत्वाकर्षण नियतांक 'G' में अंतर	
गुरुत्वीय त्वरण 'g'	**गुरुत्वाकर्षण नियतांक 'G'**
1. किसी पिण्ड पर पृथ्वी द्वारा आरोपित गुरुत्वीय बल के कारण पिण्ड में उत्पन्न त्वरण को गुरुत्व जनित त्वरण कहते हैं। इसे अक्षर 'g' से प्रदर्शित करते हैं।	1. एकांक दूरी पर स्थित एकांक द्रव्यमान के दो पिण्डों के बीच कार्य करने वाले गुरुत्वाकर्षण बल को गुरुत्वाकर्षण नियतांक कहते हैं। इसे अक्षर 'G' से प्रदर्शित करते हैं।
2. 'g' का S.I मात्रक मीटर/सेकण्ड^2 है।	2. 'G' का S.I. मात्रक न्यूटन मीटर^2 किग्रा^{2} है।
3. 'g' का मान भिन्न-भिन्न स्थानों पर अलग-अलग होता है।	3. 'G' का मान सभी स्थानों पर एक समान होता है।
4. पृथ्वी तल पर 'g' का मान लगभग 9.81 मीटर/से.^{2} है।	4. 'G' का मान 6.67×10^{-11} न्यूटन मीटर^2 / कि.ग्रा.^{2} है।
5. 'g' सदिश राशि है।	5. 'G' अदिश राशि है।

- **उपग्रह (Satellite) :** किसी ग्रह के चारों ओर परिक्रमा करने वाले पिण्ड को उस ग्रह का उपग्रह कहते हैं, जैसे - चन्द्रमा पृथ्वी का एक प्राकृतिक उपग्रह है।
- **उपग्रह की कक्षीय वेग :** माना m द्रव्यमान का एक उपग्रह r त्रिज्या के वृत्तीय मार्ग पर v_o वेग से पृथ्वी की परिक्रमा कर रहा है तो उपग्रह पर-

  अभिकेन्द्री बल = गुरुत्वाकर्षण बल

  $$\frac{mv_o^2}{r} = \frac{G M_e m}{r^2}, \quad v_o = \sqrt{\frac{G M_e}{r}}$$

  जहाँ M_e = पृथ्वी का द्रव्यमान

  अर्थात्, उपग्रह की कक्षीय वेग v_o उसकी पृथ्वी तल से ऊँचाई h पर निर्भर करती है। उपग्रह पृथ्वी तल से जितना अधिक दूर होगा, उतना ही उसका वेग कम होगा।
- **उपग्रह का परिक्रमण काल :** उपग्रह अपनी कक्षा में पृथ्वी का 1 चक्कर जितने समय में लगाता है, उसे उसका परिक्रमण काल कहते हैं।

  (i) उपग्रह का परिक्रमण काल भी केवल उसकी पृथ्वी तल से ऊँचाई पर निर्भर करता है और उपग्रह जितना अधिक दूर होता है, उतना ही अधिक परिक्रमण काल होता है।

  (ii) उपग्रह का परिक्रमण काल उसके द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है। एक ही त्रिज्या की कक्षा में भिन्न द्रव्यमानों के उपग्रहों की चाल समान होगी।

  (iii) पृथ्वी के अति निकट चक्कर लगाने वाले उपग्रह का परिक्रमण काल 84 मिनट होता है।
- जर्मनी के जोहन्स केपलर को ज्यामितीय प्रकाशिकी का जन्मदाता माना जाता है, क्योंकि ये किरण चित्रों की सहायता से एक दूरदर्शी की कार्य प्रणाली को समझने वाले पहले व्यक्ति थे।
- सर्वप्रथम सर आइजेक न्यूटन ने बताया कि वस्तुओं के पृथ्वी की ओर आकर्षित होने का कारण पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल है। उन्होंने यह भी स्पष्ट किया कि इसी बल के कारण पृथ्वी तथा अन्य ग्रह सूर्य की परिक्रमा करते हैं और इसी बल के कारण चन्द्रमा अपनी कक्षा में गति करता है। यह एक सार्वत्रिक बल है यह ब्रह्माण्ड में सभी स्थलों पर समान रूप से उपस्थित है।

- **तुल्यकाली उपग्रह या भू-स्थायी उपग्रह (Synchronous or Geo-Stationary Satellite) :** यदि किसी कृत्रिम उपग्रह की पृथ्वी-तल से ऊँचाई इतनी हो कि इसका परिक्रमण काल ठीक पृथ्वी की अक्षीय गति के परिक्रमण काल (24 घंटे) के बराबर हो, तो वह उपग्रह पृथ्वी के सापेक्ष स्थिर रहेगा। इस प्रकार के उपग्रह को तुल्यकाली या भू-स्थायी उपग्रह कहते हैं।
- भू स्थिर उपग्रह पृथ्वी तल से 35830 (= 36000) किमी की ऊँचाई पर 12,200 किमी त्रिज्या की कक्षा में पृथ्वी की परिक्रमा पश्चिम से पूर्व की ओर करते हैं तथा इसका आवर्तकाल 24 घण्टे होते हैं।

  उदाहरण :

  INSAT-3A, ISAT-3B तथा INSAT-3C आदि भारत के तुल्यकाली उपग्रह है। इनका उपयोग दूरदर्शन कार्यक्रमों दूरभाषी संवादों एवं रेडियो संकेतों को दूर-दूर के स्थानों तक संचारित करने में किया जाता है।
- **ध्रुवीय उपग्रह (Polar Satellites) :** ध्रुवीय उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर ध्रुवीय कक्षा में परिक्रमण करते हैं। ये उपग्रह पृथ्वी तल से 500 किमी. से 8800 किमी. ऊँचाई तक की ध्रुवीय कक्षा में उत्तर से दक्षिण दिशा में परिक्रमण करते हैं। इनका आवर्तकाल 84 मिनट होता है।

  उदाहरण : भारत में PSLV श्रेणी के सभी ध्रुवीय उपग्रह।
- **पलायन वेग (Escape velocity) :** किसी वस्तु को जितने अधिक वेग से फेंकते हैं, वह उतनी ही अधिक ऊँचाई तक ऊपर जाता है। यदि वेग को क्रमशः बढ़ाते जाएँ, तो एक ऐसी स्थिति आएगी जब वस्तु गुरुत्वीय क्षेत्र को पार कर अन्तरिक्ष में चला जाएगा, पृथ्वी पर वापस नहीं आएगा। इस न्यूनतम वेग को ही पलायन वेग कहते हैं।

$$\text{पलायन वेग } V_E = \sqrt{2g\,Re}$$

नोट : (i) पलायन वेग का मान पृथ्वी पर 11.2 km/s होता है। इससे अधिक वेग से फेंका गया वस्तु पृथ्वी पर वापस नहीं आएगी।

(ii) पलायन वेग, कक्षीय वेग का $\sqrt{2}$ गुना होता है। इसलिए यदि किसी उपग्रह की चाल को $\sqrt{2}$ गुना अर्थात् (41%) बढ़ा दिया जाए, तो वह उपग्रह अपनी कक्षा को छोड़कर पलायन कर जाएगा।

- **उपग्रहों में भारहीनता (Weightlessness in satellites) :** कृत्रिम उपग्रह के अन्दर प्रत्येक वस्तु भारहीनता की अवस्था में होती है, अर्थात् इसमें बैठे अंतरिक्ष यात्री को भी भारहीनता का अनुभव होता है, क्योंकि उपग्रह के तल द्वारा यात्री पर लगाया गया प्रतिक्रिया बल शून्य होता है, इसलिए उपग्रह के अन्दर यदि कोई गिलास से जल पीना चाहे, तो वह उसे नहीं पी सकेगा, क्योंकि गिलास टेढ़ा करते ही उसमें से जल निकलकर बाहर बूँदों के रूप में तैरने लगेगा। इसलिए अंतरिक्ष यात्री को भोजन आदि पेस्ट (Paste) के रूप में ट्यूब में भरकर दी जाती है। ताकि ट्यूब को दबाकर यात्री भोजन को निगल सके।

  यद्यपि चन्द्रमा पर भारहीनता नहीं है जबकि चन्द्रमा भी पृथ्वी का एक उपग्रह है परन्तु चन्द्रमा पर मनुष्य भारहीनता का अनुभव नहीं करता है। चन्द्रमा पर g का मान पृथ्वी के g का 1/6 गुना होता है। इस प्रकार चन्द्रमा पर व्यक्ति का भार पृथ्वी पर के भार का 1/6 गुना होता है।

कैपलर के ग्रहों की गति संबंधी नियम (Kepler's Laws of Planetary Motion)

प्रथम नियम (First Law)	द्वितीय नियम (Second Law)	तृतीय नियम (Third Law)
कक्षाओं का नियम (Law of Orbits) : सभी ग्रह सूर्य के चारों ओर दीर्घ-वृत्ताकार कक्षाओं **(elliptical orbits)** में परिक्रमण करते हैं, तथा सूर्य ग्रह की कक्षाओं के एक फोकस पर होता है।	**क्षेत्रफलों का नियम (Law of Areas) :** किसी भी ग्रह को सूर्य से मिलाने वाली रेखा समान समयान्तरालों में समान क्षेत्रफल पार (Sweep) करती है। अर्थात् ग्रह की क्षेत्र-फलीय चाल नियत रहती है।	**परिक्रमणों का नियम (Law of Periods) :** किसी भी ग्रह का सूर्य के चारों ओर परिक्रमण काल (एक पूरा चक्कर लगाने का समय) का वर्ग, उसकी दीर्घ वृत्ताकार कक्षा के अर्द्ध अक्ष (Semi-major axis) की तृतीय घात के अनुक्रमानुपाती होता है। $T^2 \propto r^3$ ग्रह सूर्य से जितना अधिक दूर होगा, उसका परिक्रमण काल उतना ही अधिक होगा। जैसे : बुध का परिक्रमण काल 88 दिन जबकि वरुण (Neptune) का 165 वर्ष है।

द्रव्यमान और भार (Mass and Weight)

द्रव्यमान (Mass)	भार (Weight)
1. वस्तु में उपस्थित कुल पदार्थ की मात्रा होती है। यह वस्तु के जड़त्व की माप होती है।	**1.** वह बल, जिससे पृथ्वी किसी वस्तु को अपने केन्द्र की ओर खींचती है।
2. यह प्रत्येक स्थान पर अचर (stable) होता है।	**2.** वस्तु का भार स्थान-स्थान पर बदलता रहता है।
3. इसका मात्रक किलोग्राम है।	**3.** इसका मात्रक न्यूटन है।
4. यह भौतिक तुला से तौला जाता है।	**4.** यह कमानीदार तुला से तौला जाता है।
5. यह एक अदिश राशि है।	**5.** यह एक सदिश राशि है।

नोट : मुक्त पतन (Free Fall) : पृथ्वी वस्तुओं को अपनी ओर आकर्षित करती है। पृथ्वी के इस आकर्षण बल को गुरुत्वाकर्षण बल कहते हैं। अत: जब वस्तुएँ पृथ्वी की ओर केवल इसी बल के कारण गिरती हैं, हम कहते हैं कि वस्तुएँ मुक्त पतन में है।

❑ **विभिन्न स्थानों पर एक ही वस्तु का भार :**

1. ऊँचाई पर : अधिक ऊँची जगहों पर गुरुत्वाकर्षण त्वरण का मान कम होता है इसलिए वस्तु का भार घट जाता है :

n पर g का मान, $g_n = g\left[1-\frac{2h}{R}\right]$

2. धरती के अन्दर : किसी खान के अन्दर वस्तु का भार घटता है क्योंकि वस्तु को आकर्षित करने वाली पृथ्वी का द्रव्यमान घट जाता है। गहराई d पर g का मान,

$$g_d = g\left[1-\frac{d}{R}\right]$$

3. पृथ्वी की सतह पर : पृथ्वी की सतह पर विभिन्न स्थानों पर एक ही वस्तु का भार भिन्न-भिन्न होता है। इसके दो कारण हैं- (i) पृथ्वी का विचित्र आकार। पृथ्वी की आकृति के कारण g का मान, ध्रुवों पर अधिक तथा विषुवत् रेखा पर सबसे कम होता है।

(ii) पृथ्वी का अपने अक्ष पर चारों ओर घूमना। चूँकि पृथ्वी ओमेगा (ω) कोणीय वेग से अपने अक्ष पर घूमती हैं अत: प्रभावी गुरुत्वीय त्वरण का मान विषुवत रेखा पर सबसे कम तथा ध्रुवों पर सबसे अधिक होता है।

4. चन्द्रमा पर वस्तु का भार : पृथ्वी पर वस्तु के भार का 1/6 होता है।

5. अन्तरिक्ष में वस्तु का भार : शून्य होता है।

6. लिफ्ट में पिण्ड का भार :

(i) जब लिफ्ट त्वरण a से ऊपर की ओर जाती है तो लिफ्ट में स्थित व्यक्ति (जिसका द्रव्यमान m है) को अपना भार अधिक प्रतीत होता है।

(ii) जब लिफ्ट नीचे की ओर त्वरण a से गति करती है तो व्यक्ति को अपना भार घटा हुआ प्रतीत होता है।

(iii) जब लिफ्ट एक समान वेग (त्वरण, a=0) से ऊपर या नीचे गिरती है तो व्यक्ति को अपने भार में कोई परिवर्तन नहीं प्रतीत होता है।

(iv) यदि नीचे उतरते समय लिफ्ट की डोरी टूट जाए तो वह मुक्त पिण्ड की भांति नीचे गिरती है।

(v) यदि लिफ्ट के नीचे गिरते समय लिफ्ट का त्वरण गुरुत्वीय त्वरण से अधिक हो ($a > g$) तो व्यक्ति लिफ्ट के फर्श से उठकर उसकी छत पर जा लगेगा।

(vi) जब लिफ्ट एक समान वेग से ऊपर या नीचे चलती है तो व्यक्ति को अपने भार में कोई परिवर्तन प्रतीत नहीं होता।

❑ द्रव्य के सामान्य गुण (General Properties of Matter)

द्रव्य (Matter) ऐसी वस्तु जो स्थान घेरती है तथा जिसमें भार होता है, द्रव्य कहलाती है, जैसे- जल, लोहा, लकड़ी, वायु, दूध आदि क्योंकि इनमें से प्रत्येक वस्तु स्थान घेरती है। अर्थात् उसका कुछ आयतन होता है तथा उसमें भार होता है।

द्रव्य के अवस्थाएँ (States of Matter)

ठोस अवस्था Solid State
ठोसों का निश्चित आकार तथा निश्चित आयतन होता है, जैसे- काँच की बोतल, परखनली, कुर्सी, मेज आदि।

द्रव अवस्था Liquid State
द्रवों का आयतन निश्चित होता है परंतु उनका आकार निश्चित नहीं होता है, जैसे– जल, दूध, आदि।

गैस अवस्था Gas State
गैसों का न तो निश्चित आकार होता है और न निश्चित आयतन, जैसे- वायु, ऑक्सीजन आदि।

प्लाज्मा अवस्था Plasma State
यह द्रव की आयनित अवस्था है, जिसमें धनायन तथा स्वतंत्र इलेक्ट्रॉन बराबर संख्या में होते हैं। प्लाज्मा प्राय: अन्तरातारकीय स्थान, तारों के वायुमण्डल, विसर्जन नलिका तथा तापीय नाभिकीय रिएक्टर में पाए जाते हैं।

- **द्रव्य का अणुगति सिद्धांत (Kinetic Theory of Matters) :** द्रव्य अत्यधिक सूक्ष्म कणों से बना होता है जिन्हें अणु कहते हैं। एक ही द्रव्य के समस्त अणु गुणधर्मों में समान होते हैं, जबकि विभिन्न द्रव्यों के अणु विभिन्न गुणधर्म वाले होते हैं। द्रव्य के अणुओं के बीच मुक्त

आकाश होता है, जिसे अन्तरा-अणुक आकाश कहते हैं। द्रव्य के इन अणुओं के बीच परस्पर आर्कषण बल होता है। द्रव्य की भौतिक अवस्था बदलने के साथ-साथ अणुओं के बीच आकर्षण बल घटता-बढ़ता रहता है। ठोस अवस्था में अणु प्रबल आकर्षण बल के कारण एक-दूसरे के अत्यन्त निकट होते हैं। इन अणुओं की स्थानान्तरीय गति लगभग शून्य होती है, जिससे वे अन्तरा-अणुक आकार में कम्पन करते रहते हैं। ये अणु सदैव गतिशील रहते हैं। इन अणुओं की गति की चाल अणुओं के द्रव्यमान और ताप पर निर्भर करती है। ताप बढ़ने से अणुओं की चाल में वृद्धि होती है और अणुओं का द्रव्यमान बढ़ने से उनकी चाल कम हो जाती है। यह द्रव्य का अणु-गति सिद्धांत कहलाता है।

- **परमाणु :** तत्त्व का वह सूक्ष्मतम भाग जिसका कोई अस्तित्व होता है, परमाणु कहलाता है।
- **अणु :** पदार्थ का वह सूक्ष्मतम भाग जिसका प्रकृति में स्वतन्त्र अस्तित्व होता है, अणु कहलाता है।
- **तत्त्व :** वह पदार्थ जो एक ही परमाणु क्रमांक वाले परमाणुओं से बना होता है, तत्त्व कहलाता है।

❑ घनत्व तथा आपेक्षिक घनत्व

- **द्रव्य का घनत्व-** किसी पदार्थ के द्रव्यमान तथा उस पदार्थ के आयतन के अनुपात को उस दिए गए पदार्थ का 'घनत्व' कहते हैं।

$$\text{द्रव्य का घनत्व} = \frac{\text{पदार्थ का द्रव्यमान}}{\text{पदार्थ का आयतन}}$$

या, $\rho = \frac{M}{V}$

- **आपेक्षिक घनत्व (Relative Density) :** किसी पदार्थ के घनत्व एवं 4°C पर जल के घनत्व के अनुपात को पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व कहते हैं।

$$\text{आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{पदार्थ का घनत्व}}{4°\text{C पर पानी का घनत्व}}$$

घनत्व का SI मात्रक किलोग्राम/घनमीटर होता है तथा आपेक्षिक घनत्व का कोई मात्रक नहीं होता है।

दाब (PRESSURE)

- किसी सतह पर प्रति इकाई क्षेत्रफल पर कार्य कर रहा बल दाब कहलाता है। अर्थात् दाब = बल / क्षेत्रफल । अत: क्षेत्रफल जितना बड़ा होगा दाब उतना ही कम होगा और क्षेत्रफल जितना कम होगा दाब उतना ही अधिक होगा। दाब का SI मात्रक – न्यूटन / मीटर^2 है। इसे फ्रांसीसी वैज्ञानिक ब्लेज पास्कल के सम्मान में पास्कल (Pascal) कहते हैं। इसे Pa से दर्शाया जाता है।

$$\text{दाब} = \frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल}}$$

1 पास्कल = 1 न्यूटन /मीटर^2

- **द्रवों में दाब (Pressure in liquids) :** द्रव के अंदर किसी बिंदु पर द्रव के कारण दाब द्रव की सतह से उस बिंदु की गहराई (h) द्रव के घनत्व (d) तथा गुरुत्वीय त्वरण (g) के गुणनफल के बराबर होता है।

$$\text{दाब} = P = h \times d \times g$$

❑ द्रवों के दाब के नियम (Law of Liquid Pressure) :

1. स्थिर द्रव में एक ही क्षैतिज तल में स्थित सभी बिंदुओं पर दाब समान होता है।
2. स्थिर द्रव के भीतर किसी बिंदु पर दाब प्रत्येक दिशा में बराबर होता है।
3. द्रव के भीतर किसी बिंदु पर दाब स्वतंत्र तल से बिंदु की गहराई के अनुक्रमानुपाती होता है।
4. किसी बिंदु पर द्रव का दाब द्रव के घनत्व पर निर्भर करता है।

❑ द्रव-दाब संबंधी पास्कल के नियम :

1. यदि गुरुत्वीय प्रभाव को नगण्य माना जाए, तो सन्तुलन की अवस्था में द्रव के भीतर प्रत्येक बिन्दु पर दाब समान होता है। यदि गुरुत्वीय प्रभाव को नगण्य न माना जाए, तो गहराई के साथ द्रव-दाब बढ़ता जाता है, किंतु समान गहराई पर स्थित सभी बिन्दु पर द्रव का दाब समान होता है।

2. किसी बर्तन में बन्द द्रव के किसी भाग पर आरोपित बल, द्रव द्वारा सभी दिशाओं में समान परिमाण में संचारित कर दिया जाता है।

- पास्कल के नियम के आधार पर कई द्रवचालित यंत्र बनाए गए हैं, जैसे– हाइड्रोलिक ब्रेक, हाइड्रोलिक लिफ्ट, हाइड्रोलिक प्रेस आदि।

पास्कल नियम के अनुप्रयोग (Applications of Pascal's Law)

हाइड्रोलिक लिफ्ट (Hydraulic Lift)	हाइड्रोलिक ब्रेक (Hydraulic Brakes)
यह पास्कल के नियम पर आधारित है, जो भारी उपकरणों को ऊपर उठाने में प्रयुक्त होती है। इसमें एक अल्प (अल्प आकार के) अनुप्रस्थ परिच्छेद पर अल्प बल आरोपित करने पर दाब के संचरण के कारण प्रबल बल बड़े आकार के अनुप्रस्थ पर उत्पन्न हो जाता है, जो कि भारी उपकरणों को ऊपर उठाए रखता है।	यह पास्कल के नियम पर आधारित है जो गाड़ी के सभी पहियों में एक साथ एक समान मन्दन उत्पन्न करती है। इसमें एक मास्टर बेलन होता है, जिसमें ब्रेक तेल भरा रहता है तथा वायु रोधी (air tight) पिस्टन लगा रहता है। जब ब्रेक पैडल को दबाया जाता है, तो मास्टर बेलन का पिस्टन लीवर निकाय द्वारा अन्दर की ओर दबता है जिसमें पिस्टन के निकटवर्ती द्रव पर दाब लगता है। पास्कल के नियम से यह दाब पिस्टनों में समान रूप से संचरित हो जाते हैं। इससे पिस्टन एक-दूसरे से दूर हो जाते हैं। फलस्वरूप ब्रेक-शू एक-दूसरे से परस्पर दूर हो जाते हैं तथा पहिए को अन्दर से दबाते है, जिससे पहिए की गति मन्दित हो जाती है।

- **वायुमंडलीय दाब (Atmospheric Pressure) :** पृथ्वी के चारों ओर उपस्थित वायु एवं विभिन्न गैसों को वायुमंडल कहा जाता है। अत: वायुमंडल में उपस्थित वायु भी हम सभी पर अत्यधिक दाब डालती है, जिसे वायुमंडलीय दाब कहा जाता है।
- वायुमंडलीय दाब की पहली बार गणना वॉन ग्यूरिक (जर्मन) ने की थी।
- वायुमंडलीय दाब वह दाब होता है, जो पारे के 76 सेंटीमीटर वाले एक स्तम्भ (column) द्वारा 0°C पर 45° के अक्षांश पर समुद्र तल पर लगाया जाता है।
- वायुमंडल हम पर हमेशा 16,000 किलोग्राम का दबाव डालता रहता है, लेकिन फिर भी हमें उसका अनुभव नहीं होता है क्योंकि हमारे अंदर खून और अन्य कारक अन्दर से दाब डालते हैं, जो वायुमंडलीय दाब को संतुलित करता है।
- पृथ्वी की सतह से ऊपर जाने पर वायुमंडलीय दाब घटता है।
- पृथ्वी के निकट समुद्र तल से प्रति 110 मीटर की ऊँचाई चढ़ने पर वायुदाब लगभग 1 सेमी (पारा दाब) कम हो जाता है; जैसे–
  (i) पहाड़ों पर खाना बनाने में कठिनाई होती है, क्योंकि वायुमंडलीय दाब घटने के कारण पानी का क्वथनांक (Boiling point) कम हो जाता है, जिससे गुप्त ऊष्मा का मान कम हो जाता है, फलस्वरूप खाना देर से पकता है।
  (ii) वायुयान में बैठे यात्री के फाउण्टेन पेन से स्याही का रिस जाना, अधिक ऊँचाई पर नाक से खून निकलने लगना।

वायुदाब के मात्रक

1 सेमी. पारा दाब	=	1.33×10^3 पास्कल
1 पास्कल	=	1 न्यूटन/मी^{2}
1 बार	=	10^5 न्यूटन/मी^{2}
1 मिलीबार	=	10^2 पास्कल
1 टौर (torr)	=	1 मिली पारा दाब
	=	133.8 पास्कल

- **बैरोमीटर (Barometer)** – वायुमंडलीय दाब को बैरोमीटर या वायु दाबमापी से मापा जाता है। टॉरीसेली के प्रयोग के आधार पर फोर्टिन ने इस यंत्र को बनाया। इसे फोर्टिन का बैरोमीटर कहते हैं।

बैरोमीटर की सहायता से मौसम संबंधी पूर्वानुमान भी लगाया जाता है
1. बैरोमीटर का पाठ्यांक जब एकाएक नीचे गिरता है, तो आंधी आने की संभावना होती है।
2. बैरोमीटर का पाठ्यांक जब धीरे-धीरे नीचे गिरता है, तो वर्षा होने की संभावना होती है।
3. इसका पाठ्यांक जब धीरे-धीरे ऊपर चढ़ता है, तो दिन साफ रहने की संभावना होती है।

- **निर्द्रव वायुदाबमापी (Aneroid Barometer) :** फोर्टिन के पारा दाबमापी की असुविधाओं को दूर करने के लिए इस दाबमापी का निर्माण किया गया। इसमें द्रव का उपयोग नहीं किया जाता है, इसीलिए इसे निर्द्रव वायुदाबमापी कहते हैं।
- इस वायुदाबमापी का आकार काफी छोटा होता है। इसका उपयोग कहीं भी किया जा सकता है।
- इसका उपयोग ऊँचाई मापने में भी किया जाता है। इस सिद्धांत पर बनने वाला ऊँचाई नापने का यंत्र तुंगतामापी (Altimeter) कहलाता है।
- **मानक वायुमंडलीय दाब (Standard Atmospheric Pressure)** – पारे के 760 मिलीमीटर अर्थात् 76 सेमी ऊँची नली के दाब को मानक वायुमंडलीय दाब कहते हैं और यह 1 atm बराबर होता है।

  1 atm दाब पास्कल में 101292.8 Pa के बराबर होता है।

गलनांक एवं क्वथनांक पर दाब का प्रभाव :

- **गलनांक पर प्रभाव (Effect of pressure on melting point) :** गरम करने पर पदार्थों का आयतन बढ़ता है तथा दाब बढ़ाने पर उनका गलनांक भी बढ़ जाता है, जैसे – मोम, घी आदि।
- गरम करने पर पदार्थों का आयतन घट जाता है तथा दाब बढ़ाने पर उनका गलनांक भी घट जाता है, जैसे – बर्फ, बिस्मथ, ढलवा लोहा आदि।
- **क्वथनांक पर प्रभाव (Effect of pressure on boiling point) :** सभी द्रवों का क्वथनांक उनकी खुली सतह पर दाब बढ़ाने से बढ़ जाता है, जैसे – साधारण वायुमंडलीय दाब पर पानी का क्वथनांक 100^0C होता है, परन्तु यदि दाब को दो गुना कर दिया जाए, तो जल का क्वथनांक लगभग 125^0C हो जाता है।

उत्प्लावकता (BUOYANCY)

- किसी वस्तु के तैरने की प्रवृत्ति उत्प्लावकता कहलाती है। इसी प्रकार गैसों का प्रदर्शन भी उत्प्लावकता का गुण है।
- जब एक वस्तु को तरल (द्रव) मे डुबोया जाता है तो उसके भार में कमी आ जाती है। अतः द्रव में डूबी वस्तु का यह भार, वस्तु का स्पष्ट भार (apparent weight of the object) कहलाता है।
- द्रवों का दबाव गहराई के साथ बढ़ता है।
- **उत्प्लावन बल (Buoyant force) :** जब किसी वस्तु को द्रव में पूर्णतः या आशिंक रूप से डुबोया जाता है, तो द्रव द्वारा वस्तु पर एक बल ऊपर की ओर लगाया जाता है। यह बल उत्प्लावन बल या उत्क्षेप बल (Bouyant force) कहलाता है। **उदाहरण :** लकड़ी का एक टुकड़ा द्रव की सतह पर तैरता रहता है। जब हम अँगूठे से टुकड़े पर बल लगाते हैं, तब लकड़ी के टुकड़े में अचानक ऊपर की ओर उठने की प्रवृत्ति होती है। इसका कारण यह है कि द्रव, डूबी हुई प्रत्येक वस्तु पर उत्प्लावन बल लगाता है।

- **उत्प्लावन बल का परिमाण निम्न गुणों पर निर्भर करता है:**

  (i) **द्रवों का घनत्व (Density of liquid) :** जो द्रव अधिक घनत्व रखते हैं वे कम घनत्व रखने वाले द्रवों की तुलना में ऊपर की तरफ अधिक उत्प्लावन बल लगाते हैं।

  (ii) **द्रव में डूबी वस्तु का आयतन (Volume of object Imersed in Liquid) :** ठोस वस्तु पर लगे उत्प्लावन बल का परिमाण, वस्तु की प्रकृति पर निर्भर नहीं करता है बल्कि यह वस्तु के आयतन पर निर्भर करता है।

- **उत्प्लावकता केन्द्र (Centre of Buoyancy) :** यह बल वस्तुओं द्वारा हटाये गये द्रव के गुरुत्व केन्द्र पर कार्य करता है, जिसे उत्प्लावकता केन्द्र कहते हैं।

प्लवन (FLOATATION)

- **प्लवन (Floatation) :** जब कोई वस्तु किसी द्रव में डुबोई जाती है, तो उस पर दो बल कार्य करते हैं – (i) वस्तु का भार (w) नीचे की ओर (ii) द्रव का उत्क्षेप या उत्प्लावन बल (f) ऊपर की ओर।

प्लवन के नियम (Laws of Floatation)

किसी वस्तु के तैरने और डूबने की तीन अवस्थाएँ हो सकती है :

1. जब $w > f$ अर्थात् वस्तु का भार उसके उत्क्षेप या उत्प्लावन बल से अधिक हो, तो इस अवस्था में वस्तु द्रव में डूब जाएगी।
2. जब $w = f$ अर्थात् वस्तु का भार उसके द्वारा हटाये गए द्रव भार के बराबर हो, तो इस स्थिति में, वस्तु पर परिणामी बल $w–f = 0$ होता है और वस्तु द्रव की सतह के नीचे तैरती रहती है।
3. जब $w < f$ अर्थात् वस्तु का भार उस पर लगने वाले उत्क्षेप या उत्प्लावन बल से कम हो। इस स्थिति में परिणामी बल ऊपर की ओर लगता है अतः वस्तु का कुछ भाग द्रव के ऊपर रहता है।

- **द्रव का उत्क्षेप (Upthrust of a liquid):** जब कोई ठोस वस्तु द्रव में डुबायी जाती है, तो उसके भार में कुछ कमी प्रतीत होती है। भार में यह आभासी कमी द्रव द्वारा वस्तु पर ऊपर की ओर लगाए गए बल के कारण होती है। इस बल को उत्प्लावन बल (force of buoyancy) या उत्क्षेप (upthrust) कहते हैं।

- **आर्किमीडीज का सिद्धान्त (Principle of Archimedes) :** जब कोई वस्तु किसी द्रव में पूरी अथवा आंशिक रूप से डुबोई जाती है, तो उसके भार में आभासी कमी होती है। भार में यह आभासी कमी वस्तु द्वारा हटाए गए द्रव के भार के बराबर होती है जिसे आर्किमीडीज का सिद्धान्त कहते हैं।

$$\text{आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{वस्तु का घनत्व}}{\text{पानी का घनत्व}}$$

अतः इस सिद्धान्त के अनुसार –

(i) किसी ठोस का आपेक्षिक घनत्व =

$$\frac{\text{ठोस का वायु में भार}}{\text{जल में ठोस के भार में कमी}}$$

(ii) किसी द्रव का आपेक्षिक घनत्व =

$$\frac{\text{द्रव में ठोस के भार में कमी}}{\text{जल में ठोस के भार में कमी}}$$

आपेक्षिक घनत्व एक शुद्ध संख्या है। इसका कोई मात्रक नहीं होता है।

- **तैरने के नियम :** जब वस्तु किसी द्रव में तैरती है, तो उसका भार उसके द्वारा हटाए गए द्रव के भार के बराबर होता है तथा वस्तु का गुरुत्व केन्द्र तथा हटाए गए द्रव का गुरुत्व-केन्द्र दोनों एक ही ऊर्ध्वाधर रेखा में होता है।

- **मित केन्द्र (Meta centre):** तैरती हुई वस्तु द्वारा विस्थापित द्रव के गुरुत्व-केन्द्र को उत्प्लावन केन्द्र कहते हैं। उत्प्लावन केन्द्र से जाने वाली उर्ध्व रेखा जिस बिन्दु पर वस्तु के गुरुत्व-केन्द्र से जाने वाली

प्रारंभिक ऊर्ध्व रेखा को काटती है, उसे मित केन्द्र कहते हैं, जैसे– लोहे के टुकड़े का भार उसके हटाए गए जल के भार से अधिक होता है जिससे वह जल में डूब जाता है। परंतु लोहे के जहाज का ढाँचा इस प्रकार बनाया जाता है कि उसके थोड़े से हिस्से द्वारा हटाए गए जल का भार, जहाज तथा उसमें लदे सामान के भार के बराबर हो जाता है, जिससे जहाज पानी पर तैरने लगता है।

- **हाइड्रोमीटर (Hydro meter) :** इस यंत्र द्वारा तरल पदार्थों का आपेक्षिक घनत्व मापा जाता है। यह तैरने के सिद्धांत पर आधारित है। हाइड्रोमीटर के विशेष प्रकार द्वारा वाहनों की बैट्री के तेजाब का घनत्व मापा जाता है। दूध का घनत्व मापने वाला लैक्टोमीटर भी हाइड्रोमीटर की विशेष अंग है।
- **पनडुब्बी (Submarine) :** यह एक ऐसा जलयान होता है जो समुद्र की सतह पर तथा सतह के नीचे तैर सकता है। पनडुब्बी में आगे-पीछे की ओर बड़ी-बड़ी टंकियाँ होती हैं जिनमें पम्पों की सहायता से समुद्री जल भरा जा सकता है अथवा खाली किया जा सकता है। भार अधिक होने पर वह अन्दर जाकर एवं भार कम होने पर ऊपर आकर तैरने लगता है। इस प्रकार पनडुब्बी को इच्छानुसार जल के अन्दर अथवा सतह पर चलाया जा सकता है।
- प्लिमसोल रेखा एक ऐसी रेखा है जो समुद्री जहाज की तली से ऊपर खिंची रहती है। इस रेखा से अधिक जहाज नहीं डूबना चाहिए। यह जहाज पर अधिकतम लादे गए बोझ की सीमा बताती है। यह एक वैधानिक रेखा है।

पृष्ठ तनाव (SURFACE TENSION)

- **ससंजक बल और आसंजक बल (Cohesive Force and Adhesive Force)** – प्रत्येक पदार्थ अणुओं से मिलकर बना होता है, जिनके बीच आकर्षण बल कार्य करता है। एक ही पदार्थ के अणुओं के मध्य लगने वाले आकर्षण बल को ससंजक बल (Cohesive Force) कहते हैं।
- दो भिन्न पदार्थों के अणुओं के मध्य लगने वाले आकर्षण बल को आसंजक बल (Adhesive Force) कहते हैं।
- जब किसी द्रव-ठोस युग्म के लिए आसंजक बल का मान, द्रव के अणुओं के ससंजक बल के मान से कम होता है, तो वह द्रव उस ठोस को गीला नहीं कर पाता है, जैसे– पारा काँच को नहीं भींगा पाता।
- **पृष्ठ तनाव (Surface tension)** – द्रव के अणुओं में ससंजक बल होने के कारण उसका स्वतंत्र पृष्ठ सदैव तनी हुई होती है और तनी हुई पृष्ठ में सदैव सिकुड़ने की प्रवृत्ति होती है। इस प्रकार द्रव का स्वतंत्र पृष्ठ सदैव तनाव में रहता है तथा उसमें कम-से-कम क्षेत्रफल प्राप्त करने की प्रवृत्ति होती है। द्रव के पृष्ठ का यह तनाव ही पृष्ठ तनाव (Surface tension) कहलाता है।

$$\text{पृष्ठ तनाव, } T = \frac{\text{बल}}{\text{लम्बाई}} = \frac{\text{किया गया कार्य}}{\text{क्षेत्रफल में परिवर्तन}}$$

- इसका SI मात्रक न्यूटन/मी या जूल/मी^{2} होता है।
- यह एक अदिश राशि है।
- किसी द्रव के पृष्ठ तनाव का मान द्रव के ताप पर तथा द्रव के दूसरी ओर के माध्यम पर निर्भर करता है। द्रव का ताप बढ़ने पर पृष्ठ तनाव घटता है तथा क्रान्तिक ताप (Critical Temperature) पर पृष्ठ तनाव शून्य होता है।

- पृष्ठ तनाव के कारण ही द्रव की छोटी बूँद गोलीय आकार में गिरती है।
- **पृष्ठ तनाव से संबंधित उदाहरण :**

(1) पतली सुई पृष्ठ तनाव के कारण ही पानी पर तैराई जा सकती है।

(2) साबुन डिटर्जेण्ट आदि जल का पृष्ठ तनाव कम कर देते हैं अत: वे मैल में गहराई तक चले जाते हैं जिससे कपड़ा ज्यादा साफ होता है।

(3) साबुन के घोल के बुलबुले बड़े इसलिए बनते हैं कि जल में साबुन घोलने पर उसका पृष्ठ तनाव कम हो जाता है।

(4) स्थिर जल की सतह पर मच्छरों का लार्वा तैरते रहते हैं, परन्तु जल में मिट्टी का तेल छिड़क देने पर उसका पृष्ठ तनाव कम हो जाता है जिससे लार्वा पानी में डुबकर मर जाते हैं।

(5) गरम सूप स्वादिष्ट लगता है, क्योंकि गरम सूप का पृष्ठ तनाव कम होता है, अत: वह जीभ के ऊपर सभी भागों में अच्छी तरह फैल जाता है।

(6) पृष्ठ तनाव के कारण ही पानी से बाहर निकलने पर शेविंग ब्रश के बाल आपस में चिपक जाते हैं।

(7) समुद्र की लहरों को शांत करने के लिए उन पर तेल डाल दिया जाता है।

(8) द्रव का स्वतन्त्र पृष्ठ कम-से-कम क्षेत्रफल घेरने का प्रयास करता है, अत: वर्षा की बूंदें तथा पारे के कण गोलाकार होते हैं।

- **पृष्ठ-ऊर्जा (Surface energy) :** द्रव के पृष्ठ के प्रति एकांक क्षेत्रफल पर अणुओं में उपस्थित इस अतिरिक्त स्थितिज ऊर्जा की मात्रा द्रव की पृष्ठ-ऊर्जा कहलाती है। इसका SI मात्रक जूल/मी^{2} है तथा विमा $[MT^{-2}]$ है।
- **स्पर्श कोण (Angle of Contact) :** जब कोई द्रव पृष्ठ किसी ठोस पृष्ठ को स्पर्श करता है, तो स्पर्श स्थान के पास द्रव-पृष्ठ सामान्यत: वक्रीय हो जाता है। जब काँच की किसी प्लेट को जल में डुबोते हैं तो प्लेट के पास वाले जल का मुक्त पृष्ठ अवतल हो जाता है अर्थात् ऐसा प्रतीत होता है कि प्लेट द्वारा जल ऊपर खींच गया है। यदि काँच की प्लेट को पारे में डुबोते हैं तो प्लेट के पास वाला पारा कुछ नीचे डूब जाता है तथा पारे का मुक्त पृष्ठ उत्तल हो जाता है।
- अत: द्रव तथा ठोस की स्पर्श रेखा (Line of Contact) के किसी बिन्दु पर दो स्पर्श तल (tangent Planes) एक ठोस पृष्ठ के स्पर्शीय द्रव के अन्दर की ओर तथा दूसरा द्रव पृष्ठ के स्पर्शीय ठोस पृष्ठ से दूर, खींचा जाता है, तो इन स्पर्श तलों के बीच का कोण स्पर्श कोण कहलाता है।
- शुद्ध जल तथा साफ काँच की सतह पर स्पर्श कोण शून्य होता है।
- किसी द्रव का ताप बढ़ने पर स्पर्श कोण भी बढ़ता है।
- घुलनशील अशुद्धियाँ स्पर्श कोण के मान को घटा देती हैं।

स्पर्श कोण से संबंधित महत्त्वपूर्ण बिंदु

1. यदि स्पर्श कोण 90° है, तो
- वह बर्तन को भिगोता है।
- केशनली में द्रव न तो ऊपर चढ़ता है और न नीचे उतरता है।
- केशनली में द्रव का तल क्षैतिज होता है,

2. यदि स्पर्श कोण < 90° (न्यूनकोण) है, तो
- द्रव बर्तन को भिगोता है।
- द्रव केशनली में ऊपर चढ़ता है।
- केशनली के द्रव का तल अवतल होता है।

3. यदि स्पर्श कोण > 90° (अधिकोण) है, तो
- द्रव बर्तन को नहीं भिगोएगा
- द्रव केशनली में नीचे गिरेगा
- केशनली के द्रव का तल उत्तल होता है।

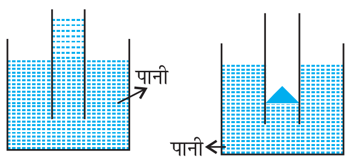
केशिकत्व (Capillarity) : एक ऐसी खोखली नली, जिसकी त्रिज्या बहुत कम तथा एक समान होती है, केशनली (Capillary tube) कहलाती है। केशनली में द्रव के ऊपर चढ़ने या नीचे उतरने की घटना को केशिकत्व कहते हैं।

यदि नली की त्रिज्या r, द्रव का पृष्ठ तनाव T एवं द्रव का घनत्व d है, तो नली में चढ़े या उतरे द्रव की ऊँचाई या गहराई,

$$h = \frac{2T\cos\theta}{rdg}$$

जहाँ, θ = द्रव का स्पर्श कोण

- किस सीमा तक द्रव केशनली में चढ़ता या उतरता है, यह केशनली की त्रिज्या पर निर्भर करता है। सामान्यत: जो द्रव काँच को भिगोता है वह केशनली में ऊपर चढ़ जाता है और जो द्रव काँच को नहीं भिगोते वह नीचे दब जाता है।



- शुद्ध जल के लिए θ का मान लगभग शून्य होता है और पारा के लिए इसका मान 135° होता है।

$\cos 0° = 1$ तथा $\cos 135° = -0.71$

अत: पारे के लिए h का मान ऋणात्मक आता है तो यह बताता है कि पारा केशिका नली में नीचे गिर जाता है।

- जब दोनों सिरों पर खुली एक केशनली को पानी में डुबोया जाता है तो पानी केशनली में ऊँचाई तक चढ़ जाता है तथा इसके विपरीत जब केशनली को पारे में डुबोया जाता है तो कुछ पारा नली में नीचे दब जाता है।

केशिकत्व के उदाहरण :

1. लालटेन या लैम्प की बत्ती के केशिकत्व के कारण ही तेल ऊपर चढ़ता है।
2. ब्लॉटिंग पेपर (स्याही सोखता) स्याही को शीघ्र सोख लेता है, क्योंकि उसमें बने छोटे-छोटे छिद्र केशनलियों की तरह कार्य करते हैं।
3. पेड़-पौधों की शाखाओं, तनों एवं पत्तियों तक जल और आवश्यक लवण केशिकत्व की क्रिया द्वारा ही पहुँचते हैं।
4. फाउन्टेन पेन के निब की नोक बीच में चिरी होती है, जिससे इसको स्याही में डुबोने पर वह उसमें चढ़ जाती है।
5. मिट्टी के ढेले को जल में रखने पर वह ऊपर तक गीला हो जाता है क्योंकि उसमें असंख्य सूक्ष्म छिद्र होते हैं, जो केशनलियों का काम करते हैं।
6. वर्षा के बाद किसान अपने खेतों की जुताई कर देते हैं ताकि मिट्टी में बनी केशनलियाँ टूट जाए और पानी ऊपर न आ सके एवं मिट्टी में नमी बनी रहे।
7. कृत्रिम उपग्रह के अन्दर यदि किसी केशनली को जल में खड़ा किया जाए तो नली में चढ़ने वाले जल स्तम्भ का प्रभावी भार शून्य होने के कारण जल नली के दूसरे सिरे तक पहुँच जाएगा चाहे केशनली कितनी ही लम्बी क्यों न हो।
8. कॉफी पाउडर जल में बहुत शीघ्र घुल जाता है क्योंकि जल कॉफी की महीन कणिकाओं को केशिकत्व की क्रिया से तुरंत भिगो देता है।

श्यानता (VISCOSITY)

- किसी द्रव या गैस की पर्त की दूसरी पर्त पर फिसलने पर उनके मध्य घर्षण बल लगता है, जो उनकी आपेक्षिक गति का विरोध करता है **श्यानता** कहलाता है। श्यानता केवल द्रवों तथा गैसों का गुण है।
- जब द्रव की एक परत किसी दूसरी परत पर फिसलती है अथवा फिसलने का प्रयास करती है, तो उनके मध्य एक स्पर्श रेखीय घर्षण बल कार्य करने लगता है, जो उनकी सापेक्षिक गति का विरोध करता है, यह बल श्यान बल (F) कहलाता है।

श्यानता गुणांक (Coefficient of viscosity) : किसी तरल की श्यानता को श्यानता गुणांक द्वारा मापा जाता है। किसी द्रव की दो पर्तों के बीच लगने वाला श्यान बल,

$$F = -\eta A \frac{\Delta v}{\Delta x}$$

जहाँ η(ईटा) एक नियतांक है। इसे द्रव का **श्यानता-गुणांक** (Coefficient of Viscosity) कहते हैं, A पर्तों का क्षेत्रफल है तथा $\Delta v/\Delta x$ वेग प्रवणता कहलाता है।

- श्यानता गुणांक का SI मात्रक किग्रा मी$^{-1}$ या न्यूटन से/मी^{2} या डेका पॉइज या प्वॉइजले तथा CGS मात्रक पॉइज है।

1 डेका पॉइज = 10 पॉइज

- तापमान बढ़ने पर द्रव विशेष की श्यानता घटती है, जल को छोड़कर गैसों की श्यानता, ताप बढ़ने पर बढ़ जाती है।
- ग्लाइकॉल एवं ग्लिसरॉल जैसे पॉलीहाइड्रिक अल्कोहलों में अधिक श्यानता पाई जाती है।
- द्रव की गहराई में परिवर्तन के सापेक्ष वेग में परिवर्तन को **वेग प्रवणता** (Velocity Gradient) कहते हैं।
- गाढ़े द्रव जैसे शहद, कोलतार, ग्लिसरीन चीनी के घोल आदि का श्यानता अधिक होता है।
- वायु की अपेक्षा जल में चलने पर चाल कम हो जाती है, क्योंकि जल की श्यानता वायु की श्यानता से अधिक होती है।
- नदी की अपेक्षा समुद्र में तैरना आसान है, क्योंकि समुद्र की तुलना में नदी की श्यानता अधिक होती है।

स्टोक का नियम (Stoke's Law) :

- यदि r त्रिज्या की एक सूक्ष्म गोली, किसी पूर्णतः समांग (homogenous) एवं अनन्त विस्तार वाले तरल माध्यम (जैसे द्रव अथवा गैस) में सीमांत वेग v से गति करे, तो गोली पर कार्य करने वाला श्यान बल $F = 6\pi\eta rv$ होता है। जहाँ v = वस्तु का वेग, r = वस्तु की त्रिज्या तथा η(ईटा) = द्रव का श्यानता गुणांक। यही स्टोक का नियम कहलाता है।
- इस नियमानुसार, माध्यम द्वारा पिण्ड पर लगने वाले श्यान बल का मान पिण्ड की आकृति, आकार एवं चाल तथा माध्यम की श्यानता पर निर्भर करता है।
- इसका प्रयोग मिलीकन की इलेक्ट्रॉनिक आवेश ज्ञात करने की विधि में किया जाता है।
- इस विधि में तेल की छोटी-छोटी बूँदों को वायु में गिराकर तथा उनके गिरने की सीमान्त चाल मापकर बूँदों की त्रिज्या ज्ञात की जाती है।
- इसका प्रयोग पैराशूट को नीचे उतारने में किया जाता है।
- इसके कारण बादल आकाश में तैरते हुए प्रतीत होते हैं।
- **श्यानता पर ताप का प्रभाव :** ताप बढ़ाने पर द्रव की श्यानता घट जाती है, परन्तु गैसों की बढ़ जाती है।
- एक आदर्श तरल की श्यानता शून्य होती है। व्यवहार में ऐसा द्रव असंभव है, परन्तु जल आदर्श द्रव के निकटतम है।

सीमान्त वेग (Terminal velocity)

- जब कोई वस्तु किसी श्यान द्रव में गिरती है, तो प्रारंभ में उसका वेग बढ़ता जाता है, किन्तु कुछ समय बाद वह नियत वेग से गिरने लगती है। इस नियत वेग को ही वस्तु का सीमान्त वेग कहते हैं।

$$\text{सीमांत वेग } V = \frac{2}{9} r^2 \frac{(d-\sigma)g}{n}$$

- जहाँ r = वस्तु की त्रिज्या, d = वस्तु के पदार्थ का घनत्व तथा σ = द्रव का घनत्व।
- यदि ρ > σ तो सीमांत वेग धनात्मक होगा तब गोली सीमांत वेग से नीचे गिरेगा।
- यदि ρ < σ, तो सीमांत वेग ऋणात्मक होगा, तब गोली सीमांत वेग से ऊपर की ओर गति करेगी।

तरल प्रवाह (FLOW OF FLUIDS)

- **धारारेखीय प्रवाह (streamline flow) :** जब द्रव का प्रत्येक कण प्रवाह के दौरान उसी बिन्दु से गुजरता है जिस बिन्दु से उसके पहले वाला कण गुजरा था तो द्रव के ऐसे प्रवाह को धारारेखीय प्रवाह (streamline flow) कहते हैं।
- **अविरलता का सिद्धान्त (Principle of continuity) :** यदि कोई असम्पीड्य (Incompressible) तथा अश्यान द्रव (Non-viscous Liquid) अर्थात् आदर्श द्रव असमान अनुप्रस्थ परिच्छेद वाली नली में बह रहा हो तथा उसका प्रवाह धारारेखीय हो, तो नली के प्रत्येक स्थान पर उसके अनुप्रस्थ परिच्छेद के क्षेत्रफल और द्रव के प्रवाह के वेग का गुणफल सदैव नियत रहता है। इसे **अविरलता का सिद्धान्त** कहते हैं।
- यदि नली के किसी स्थान पर उसके अनुप्रस्थ परिच्छेद का क्षेत्रफल A तथा द्रव के प्रवाह का वेग v हो, तो इस सिद्धांत के अनुसार, A.V = एक नियतांक

  दो भिन्न स्थानों के लिए, $A_1 V_1 = A_2 V_2 =$ नियतांक
- इस समीकरण से स्पष्ट है कि असमान अनुप्रस्थ परिच्छेद वाली नली के किसी बिन्दु पर द्रव प्रवाह की दर उस बिन्दु पर अनुप्रस्थ परिच्छेद के क्षेत्रफल के व्युत्क्रमानुपाती होती है।
- अत: जहाँ नली चौड़ी होती है, वहाँ द्रव का वेग कम तथा जहाँ पतली होती है वहाँ द्रव का वेग अधिक होता है।

क्रांतिक वेग (Critical velocity)

- यदि द्रव के प्रवाह का वेग एक निश्चित वेग से कम होता है, तो द्रव का प्रवाह धारारेखीय प्रवाह (streamline flow) होता है, अर्थात् द्रव का प्रत्येक कण उसी बिन्दु से गुजरता है, जिससे उसके पहले वाला कण गुजरता था। इस निश्चित वेग को क्रांतिक वेग (Critical Velocity) कहते हैं।
- कारों, जेट-प्लेन, पनडुब्बियों तथा रॉकेट के डिजाइन करने में इस बात का ध्यान रखा जाता है कि उसका अगला हिस्सा ऐसा हो जिससे माध्यम का धारारेखीय प्रवाह बन सके। इससे यान के कम्पन एवं मंदन में कमी होगी, अत: ईंधन की बचत होगी।
- जब द्रव के बहने का वेग क्रांतिक वेग से कम होता है, तो उसका बहना मुख्यतया श्यानता गुणांक (η) पर निर्भर करता है, और यदि द्रव के बहने का वेग क्रांतिक वेग से अधिक होता है, तो द्रव का बहना मुख्यत: उसके घनत्व पर निर्भर करता है।
- जैसे ज्वालामुखी से निकला हुआ लावा बहुत अधिक गाढ़ा होने पर भी तेजी से बहता है, क्योंकि उसका घनत्व अपेक्षाकृत कम होता है और घनत्व ही उसके वेग को निर्धारित करता है।

रेनाल्ड संख्या (Reynold's Number)

- रेनॉल्ड संख्या एक विशुद्ध संख्या है, जो किसी नली में द्रव के प्रवाह की प्रकृति बताती है।
- किसी बहते तरल के लिए रेनॉल्ड संख्या, प्रति एकांक क्षेत्रफल जड़त्वीय बल व प्रति एकांक क्षेत्रफल श्यान बल के अनुपात के तुल्य होती है।

$$N_R = \frac{\text{प्रति एकांक क्षे. जड़त्वीय बल}}{\text{प्रति एकांक क्षे. श्यान बल}}$$

- **यदि रेनॉल्ड संख्या का मान :**
  - (i) 0 एवं 2000 के मध्य हो, तो द्रव का प्रवाह धारारेखीय अथवा पटलित होगा।
  - (ii) 2000 एवं 3000 के मध्य हो तो द्रव का प्रवाह अस्थायी होगा अर्थात् धारारेखीय से विक्षुब्ध प्रवाह में परस्पर परिवर्तित होगा।
  - (iii) 3000 से अधिक हो तो द्रव का प्रवाह निश्चित रूप से विक्षुब्ध होगा।
- किसी द्रव के क्रांतिक वेग (V_c), द्रव के श्यानता गुणांक (η), नली के व्यास (d) तथा द्रव के घनत्व (ρ) पर निर्भर करता है। अत: $V_c = R.\frac{\eta}{\rho d}$

  जहाँ, R = आनुपातिकता स्थिरांक है जिसे रेनॉल्ड संख्या भी कहा जाता है जो कि एक विमाहीन राशि है।