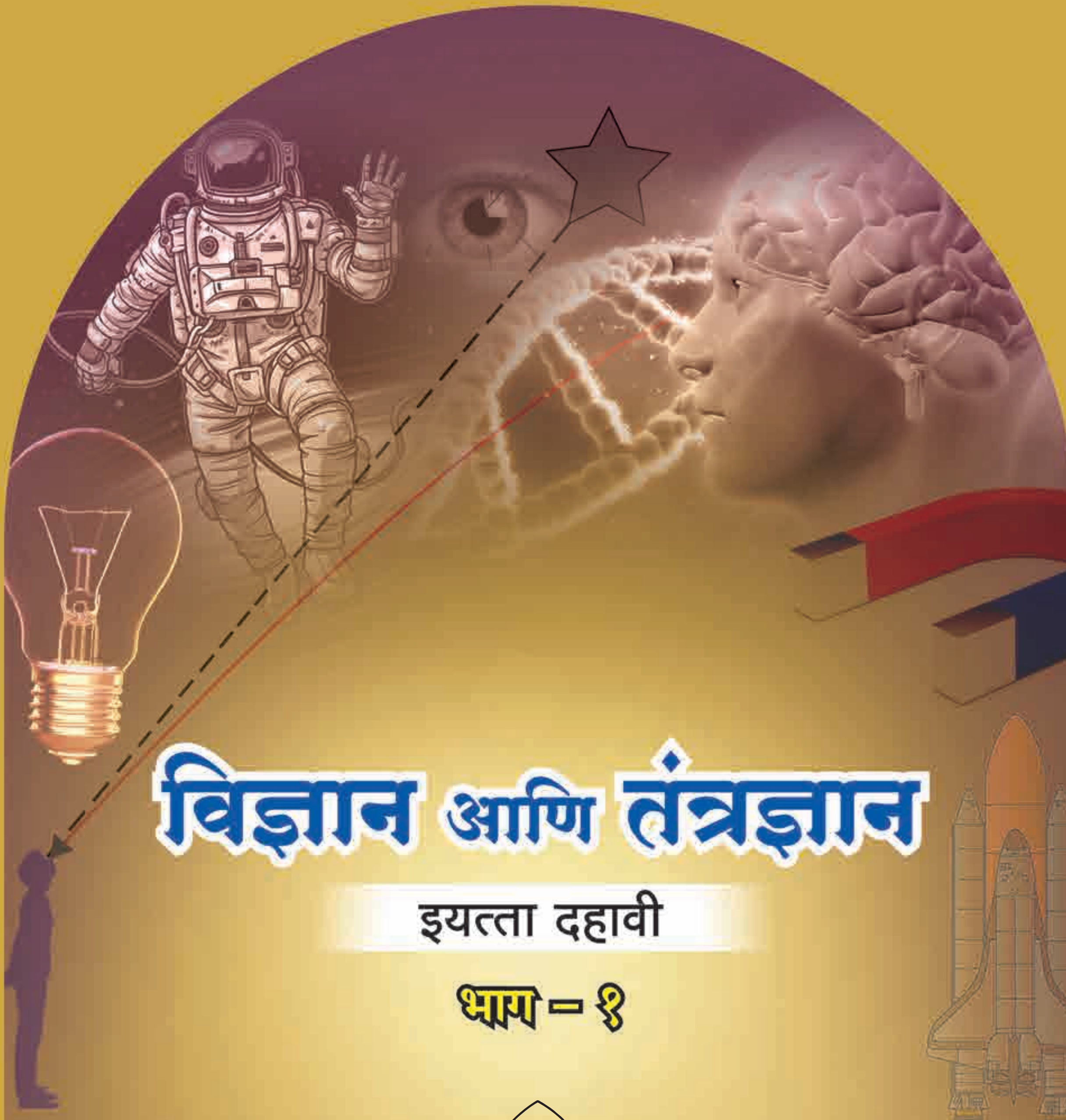
विज्ञान आणि तंत्रज्ञान

इयत्ता दहावी

भाग-१

शासन निर्णय क्रमांक : अभ्यास–२११६/(प्र.क्र.४३/१६) एसडी–४ दिनांक २५.४.२०१६ अन्वये स्थापन करण्यात आलेल्या समन्वय समितीच्या दि. २९.१२.२०१७ रोजीच्या बैठकीमध्ये हे पाठ्यपुस्तक सन २०१८–१९ या शैक्षणिक वर्षापासून निर्धारित करण्यास मान्यता देण्यात आली आहे.



विज्ञान आणि तंत्रज्ञान

इयत्ता दहावी

भाग – १

महाराष्ट्र राज्य पाठ्यपुस्तक निर्मिती व अभ्यासक्रम संशोधन मंडळ, पुणे.

H67SHD

आपल्या स्मार्टफोनवरील DIKSHA APP द्वारे पाठ्यपुस्तकाच्या पहिल्या पृष्ठावरील Q. R. Code द्वारे डिजिटल पाठ्यपुस्तक व प्रत्येक पाठामध्ये असलेल्या Q. R. Code द्वारे त्या पाठासंबंधित अध्ययन अध्यापनासाठी उपयुक्त दृकश्राव्य साहित्य उपलब्ध होईल.

प्रथमावृत्ती : 2018

© महाराष्ट्र राज्य पाठ्यपुस्तक निर्मिती व अभ्यासक्रम संशोधन मंडळ, पुणे 411 004.
महाराष्ट्र राज्य पाठ्यपुस्तक निर्मिती व अभ्यासक्रम संशोधन मंडळाकडे या पुस्तकाचे सर्व हक्क राहतील. या पुस्तकातील कोणताही भाग संचालक, महाराष्ट्र राज्य पाठ्यपुस्तक निर्मिती व अभ्यासक्रम संशोधन मंडळ यांच्या लेखी परवानगीशिवाय उद्धृत करता येणार नाही.

शास्त्र विषय समिती :

डॉ. चंद्रशेखर वसंतराव मुरुमकर, अध्यक्ष
डॉ. दिलीप सदाशिव जोग, सदस्य
डॉ. सुषमा दिलीप जोग, सदस्य
डॉ. पुष्पा खरे, सदस्य
डॉ. इम्तियाज एस. मुल्ला, सदस्य
डॉ. जयदीप विनायक साळी, सदस्य
डॉ. अभय जेरे, सदस्य
डॉ. सुलभा नितिन विधाते, सदस्य
श्रीमती मृणालिनी देसाई, सदस्य
श्री. गजानन शिवाजीराव सूर्यवंशी, सदस्य
श्री. सुधीर यादवराव कांबळे, सदस्य
श्रीमती दिपाली धनंजय भाले, सदस्य
श्री. राजीव अरुण पाटोळे, सदस्य-सचिव

शास्त्र विषय अभ्यास गट :

डॉ. प्रभाकर नागनाथ क्षीरसागर
डॉ. विष्णू वझे
डॉ. प्राची राहूल चौधरी
डॉ. शेख मोहम्मद वाकीओद्दीन एच.
डॉ. अजय दिगंबर महाजन
डॉ. गायत्री गोरखनाथ चौकडे
श्री. प्रशांत पंडीतराव कोळसे
श्री. संदीप पोपटलाल चोरडिया
श्री. सचिन अशोक बारटक्के
श्रीमती श्वेता दिलीप ठाकूर
श्री. रुपेश दिनकर ठाकूर
श्री. दयाशंकर विष्णू वैद्य
श्री. सुकुमार श्रेणिक नवले
श्री. गजानन नागोरावजी मानकर
श्री. मोहम्मद आतिक अब्दुल शेख
श्रीमती अंजली लक्ष्मीकांत खडके
श्रीमती मनिषा राजेंद्र दहीवेलकर
श्रीमती ज्योती मेडपिलवार
श्रीमती दिप्ती चंदनसिंग बिश्त
श्रीमती पुष्पलता गावंडे
श्रीमती अनिता पाटील
श्रीमती कांचन राजेंद्र सोरटे
श्री. राजेश वामनराव रोमन
श्री. नागेश भिमसेवक तेलगोटे
श्री. शंकर भिकन राजपूत
श्री. मनोज रहांगडाळे
श्री. हेमंत अच्युत लागवणकर
श्रीमती ज्योती दामोदर करणे
श्री. विश्वास भावे

मुखपृष्ठ व सजावट :
श्री. विवेकानंद शिवशंकर पाटील
कु. आशना अडवाणी

अक्षरजुळणी :
मुद्रा विभाग, पाठ्यपुस्तक मंडळ, पुणे.

संयोजक
श्री. राजीव अरुण पाटोळे
विशेषाधिकारी, शास्त्र विभाग
पाठ्यपुस्तक मंडळ, पुणे.

कागद
70 जी.एस.एम. क्रिमवोव्ह

मुद्रणादेश

मुद्रक

निर्मिती
श्री. सच्चितानंद आफळे
मुख्य निर्मिती अधिकारी
श्री. राजेंद्र विसपुते
निर्मिती अधिकारी

प्रकाशक
श्री. विवेक उत्तम गोसावी
नियंत्रक
पाठ्यपुस्तक निर्मिती मंडळ,
प्रभादेवी, मुंबई-25.

भारताचे संविधान

उद्देशिका

आम्ही, भारताचे लोक, भारताचे एक सार्वभौम समाजवादी धर्मनिरपेक्ष लोकशाही गणराज्य घडविण्याचा व त्याच्या सर्व नागरिकांस:

सामाजिक, आर्थिक व राजनैतिक **न्याय;**

विचार, अभिव्यक्ती, विश्‍वास, श्रद्‌धा

व उपासना यांचे **स्वातंत्र्य;**

दर्जाची व संधीची **समानता;**

निश्चितपणे प्राप्त करून देण्याचा

आणि त्या सर्वांमध्ये व्यक्तीची प्रतिष्ठा

व राष्ट्राची एकता आणि एकात्मता

यांचे आश्‍वासन देणारी **बंधुता**

प्रवर्धित करण्याचा संकल्पपूर्वक निर्धार करून;

आमच्या संविधानसभेत

आज दिनांक सव्वीस नोव्हेंबर, १९४९ रोजी

याद्‌वारे हे संविधान अंगीकृत आणि अधिनियमित करून स्वत:प्रत अर्पण करीत आहोत.

राष्ट्रगीत

जनगणमन–अधिनायक जय हे
भारत–भाग्यविधाता ।
पंजाब, सिंधु, गुजरात, मराठा,
द्राविड, उत्कल, बंग,
विंध्य, हिमाचल, यमुना, गंगा,
उच्छल जलधितरंग,
तव शुभ नामे जागे, तव शुभ आशिस मागे,
गाहे तव जयगाथा,
जनगण मंगलदायक जय हे,
भारत–भाग्यविधाता ।
जय हे, जय हे, जय हे,
जय जय जय, जय हे ।।

प्रतिज्ञा

भारत माझा देश आहे. सारे भारतीय माझे बांधव आहेत.

माझ्या देशावर माझे प्रेम आहे. माझ्या देशातल्या समृद्ध आणि विविधतेने नटलेल्या परंपरांचा मला अभिमान आहे. त्या परंपरांचा पाईक होण्याची पात्रता माझ्या अंगी यावी म्हणून मी सदैव प्रयत्न करीन.

मी माझ्या पालकांचा, गुरुजनांचा आणि वडीलधाऱ्या माणसांचा मान ठेवीन आणि प्रत्येकाशी सौजन्याने वागेन.

माझा देश आणि माझे देशबांधव यांच्याशी निष्ठा राखण्याची मी प्रतिज्ञा करीत आहे. त्यांचे कल्याण आणि त्यांची समृद्धी ह्यांतच माझे सौख्य सामावले आहे.

प्रस्तावना

विद्यार्थी मित्रांनो,

इयत्ता दहावीच्या वर्गात तुम्हा सर्वांचे स्वागत आहे. नवीन अभ्यासक्रमावर आधारित हे विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाचे पाठ्यपुस्तक तुमच्या हाती देताना आम्हांला विशेष आनंद होत आहे. प्राथमिक स्तरापासून ते आतापर्यंत विज्ञानाचा अभ्यास तुम्ही विविध पाठ्यपुस्तकांतून केला आहे. या पाठ्यपुस्तकातून तुम्हांला विज्ञानातील मूलभूत संकल्पना आणि तंत्रज्ञान यांचा अभ्यास एका वेगळ्या दृष्टिकोनातून व विविध विज्ञान शाखांच्या माध्यमातून करता येईल.

'विज्ञान आणि तंत्रज्ञान भाग-१' या पाठ्यपुस्तकाचा मूळ हेतू हा आपल्या दैनंदिन जीवनाशी निगडीत असलेले विज्ञान आणि तंत्रज्ञान 'समजून घ्या व इतरांना समजवा' हा आहे. विज्ञानातील संकल्पना, सिद्‌धांत व तत्त्वे समजून घेत असताना त्यांची व्यवहाराशी असणारी सांगड समजून घ्या. या पाठ्यपुस्तकातून अभ्यास करताना 'थोडे आठवा', 'सांगा पाहू' या कृतींचा उपयोग उजळणीसाठी करा. 'निरीक्षण व चर्चा करा', 'करून पहा' अशा अनेक कृतीतून तुम्ही विज्ञान शिकणार आहात. या सर्व कृती तुम्ही आवर्जून करा. 'जरा डोके चालवा', 'शोध घ्या', 'विचार करा' अशा कृती तुमच्या विचारप्रक्रियेला चालना देतील.

पाठ्यपुस्तकात अनेक प्रयोगांचा समावेश केलेला आहे. हे प्रयोग, त्यांची कार्यवाही व त्या दरम्यान आवश्यक असणारी निरीक्षणे तुम्ही स्वतः काळजीपूर्वक करा. तसेच आवश्यक तेथे तुमच्या शिक्षकांची, पालकांची व वर्गातील सहकाऱ्यांची मदत घ्या. तुमच्या दैनंदिन जीवनातील अनेक प्रसंगांमागे असणारे विज्ञान उलगडणारी वैशिष्ट्यपूर्ण माहिती व त्यावर आधारीत असे विकसित झालेले तंत्रज्ञान या पाठ्यपुस्तकात कृतींच्या माध्यमातून स्पष्ट करण्यात आले आहे. आजच्या तंत्रज्ञानाच्या वेगवान युगात संगणक, स्मार्टफोन हे तर तुमच्या परिचयाचेच आहेत. पाठ्यपुस्तकातून अभ्यास करताना माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञानाच्या साधनांचा सुयोग्य वापर करा. जेणेकरून तुमचे अध्ययन सुकर होईल. परिणामकारक अध्ययनासाठी 'ॲप' च्या माध्यमातून क्यू.आर. कोड द्‌वारे प्रत्येक पाठासंबंधी अधिक माहितीसाठी उपयुक्त दृक-श्राव्य साहित्य आपणांस उपलब्ध होईल. त्याचा असा अभ्यासासाठी निश्चित उपयोग होईल.

कृती व प्रयोग करताना विविध उपकरणे, रसायने संदर्भातील काळजी घ्या व इतरांनाही ती दक्षता घ्यायला सांगा. वनस्पती, प्राणी यांच्या संदर्भात असणाऱ्या कृती, निरीक्षणे करताना पर्यावरण संवर्धनाचाही प्रयत्न करणे अपेक्षित आहे. त्यांना इजा पोहोचणार नाही याची काळजी घेणे तर आवश्यकच आहे.

हे पाठ्यपुस्तक वाचताना, अभ्यासताना आणि समजून घेताना तुम्हांला त्यातील आवडलेला भाग तसेच अभ्यास करताना येणाऱ्या अडचणी, पडणारे प्रश्न आम्हाला जरूर कळवा.

तुम्हांला तुमच्या शैक्षणिक प्रगतीसाठी हार्दिक शुभेच्छा.

(डॉ. सुनिल मगर)
संचालक
महाराष्ट्र राज्य पाठ्यपुस्तक निर्मिती व
अभ्यासक्रम संशोधन मंडळ, पुणे.

पुणे
दिनांक : १८ मार्च २०१८, गुढीपाडवा
भारतीय सौर दिनांक : २७ फाल्गुन १९३९

शिक्षकांसाठी

- इयत्ता तिसरी ते पाचवीपर्यंत परिसर अभ्यासाच्या माध्यमातून दैनंदिन जीवनातील सोपे विज्ञान आपण विद्यार्थ्यांना सांगितले आहे तर सहावी ते आठवीच्या पाठ्यपुस्तकातून विज्ञानाची तोंडओळख करून दिली आहे. इयत्ता नववी विज्ञान आणि तंत्रज्ञान या पाठ्यपुस्तकातून विज्ञान आणि तंत्रज्ञान यांचा सहसंबंध देण्यात आला आहे.
- दैनंदिन जीवनात घडणाऱ्या घटनांविषयी तर्कनिष्ठ व विवेकबुद्धीने विचार करता यावा हे खरे विज्ञान शिक्षणाचे उद्दिष्ट आहे.
- इयत्ता दहावीच्या विद्यार्थ्यांचा वयोगट लक्षात घेता सभोवतालच्या घटनांबद्दलचे त्यांचे कुतुहल, त्या घटनांमागील कार्यकारणभाव शोधण्याची शोधवृत्ती आणि स्वत: नेतृत्व करण्याची भावना या सर्वांचा अध्ययनासाठी सुयोग्य वापर करण्याची संधी विद्यार्थ्यांना देणे आवश्यक आहे.
- विज्ञान शिकण्याच्या प्रक्रियेतील निरीक्षण, तर्क, अनुमान, तुलना करणे आणि प्राप्त माहितीचे उपयोजन करणे यांसाठी प्रयोगकौशल्य आवश्यक आहे म्हणून प्रयोगशाळेत करायचे प्रयोग घेताना जाणीवपूर्वक ही कौशल्ये विकसित करण्याचा प्रयत्न करायला हवा. विद्यार्थ्यांकडून येणाऱ्या सर्व निरीक्षणाच्या नोंदींचा स्विकार करून अपेक्षित निष्कर्षापर्यंत पोहोचण्यास त्यांना मदत करावी.
- विद्यार्थ्यांच्या विज्ञानविषयक उच्च शिक्षणाची पायाभरणी म्हणजे माध्यमिक स्तरावरील दोन वर्षे असतात त्यामुळे त्यांची विज्ञान विषयातील अभिरुची समृध्द आणि संपन्न करण्याची आपली जबाबदारी आहे. आशय आणि कौशल्याबरोबर वैज्ञानिक दृष्टिकोन व सर्जनशीलता विकसित करण्यात तुम्ही सर्वजण नेहमीप्रमाणे अग्रेसर असालच.
- विद्यार्थ्यांना अध्ययनात मदत करताना **थोडे आठवा** या कृतीचा वापर करून पाठाच्या पूर्वज्ञानाचा आढावा घेण्यात यावा तर मुलांचे अनुभवाने मिळालेले ज्ञान व त्यांची अवांतर माहिती एकत्रित करून पाठांची प्रस्तावना करण्यासाठी पाठ्यांशांच्या सुरूवातीला **सांगा पाहू** हा भाग वापरावा. हे सर्व करताना आपल्याला सुचणारे विविध प्रश्न, कृती यांचाही वापर जरूर करा. आशयाबद्द्ल स्पष्टीकरण देताना **करून पहा** तर हा अनुभव तुम्ही करून द्यायचा असल्यास **करून पाहूया** या दोन कृतींचा वापर पाठ्यपुस्तकात प्रामुख्याने केला आहे. पाठ्यांश व पूर्वज्ञानाच्या एकत्रित उपयोजनासाठी **जरा डोके चालवा** आहे, **हे नेहमी लक्षात ठेवा** यातून विद्यार्थ्यांना काही महत्त्वाच्या सूचना किंवा मूल्ये दिली आहेत. **शोध घ्या, माहिती मिळवा, माहीत आहे का तुम्हांला ?, परिचय शास्त्रज्ञांचा** ही सदरे पाठ्यपुस्तकाबाहेरील माहितीची कल्पना येण्यासाठी, आणखी माहिती मिळवण्यासाठी स्वतंत्रपणे संदर्भ शोधनाची सवय लागावी यासाठी आहेत.
- सदर पाठ्यपुस्तक हे केवळ वर्गात वाचून, समजावून शिकवण्यासाठी नाही, तर त्यानुसार कृती करून विद्यार्थ्यांनी ज्ञान कसे मिळवावे हे मार्गदर्शन करण्यासाठी आहे. पाठ्यपुस्तकाचा हेतू सफल करण्यासाठी वर्गात अनौपचारीक वातावरण असावे. जास्तीत जास्त विद्यार्थ्यांना चर्चा प्रयोग व कृतीत भाग घेण्यास प्रोत्साहन द्यावे. विद्यार्थ्यांनी केलेले उपक्रम, प्रकल्प इत्यादीविषयी वर्गात अहवाल वाचन, सादरीकरण, विज्ञान दिवसासह विविध औचित्यपूर्ण दिवस साजरा करणे अशा कार्यक्रमाचे आवर्जून आयोजन करावे.
- पाठ्यपुस्तकामध्ये विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाच्या आशयाबरोबर माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञानाची जोड देण्यात आलेली आहे. विविध वैज्ञानिक संकल्पनांचा अभ्यास करताना त्यांचा वापर करणे अभिप्रेत असून आपल्या मार्गदर्शनाखाली तो करवून घ्यावा.

मुखपृष्ठ व मलपृष्ठ : पाठ्यपुस्तकातील विविध कृती, प्रयोग व संकल्पनांची चित्रे.

DISCLAIMER Note : All attempts have been made to contact copy righters (©) but we have not heard from them. We will be pleased to acknowledge the copy right holder (s) in our next edition if we learn from them.

क्षमता विधाने : इयत्ता दहावी

विज्ञान आणि तंत्रज्ञान भाग-१ या पाठ्यपुस्तकाच्या अध्ययनातून विद्यार्थ्यांमध्ये खालील क्षमता विकसित होणे अपेक्षित आहे.

गती, बल, यंत्रे

* गुरुत्वाकर्षण व गतीच्या संबंधांवरून विविध घटनांमागील शास्त्रीय कारणमीमांसा स्पष्ट करता येणे.
* गुरुत्वाकर्षण व गती संबंधावरील सूत्रांची मांडणी करून त्याआधारे विविध गणितीय उदाहरणे सोडवता येणे.

ऊर्जा

* ऊर्जा संकटाचे गंभीर परिणाम लक्षात घेऊन त्यानुसार स्वत:ची पर्यावरणपूरक जीवनशैली ठरवून इतरांना त्याकडे प्रवृत्त करता येणे.
* ऊर्जेवर आधारित उपकरणांची निर्मिती, वापर तसेच दुरुस्ती करता येणे.
* विद्युतधारेच्या परिणामांवर आधारित विविध नियमांचा पडताळा घेऊन निष्कर्ष मांडता येणे.
* विद्युतधारेच्या परिणामांवर आधारित विविध गणितीय उदाहरणे सोडविता येणे.
* दैनंदिन जीवनातील विद्युतधारेवर आधारित विविध उपकरणांचे निरीक्षण करून त्यांच्या कार्याचे स्पष्टीकरण सकारण देता येणे.
* भिंगांमुळे तयार होणारी प्रतिमा अचूक आरेखनाच्या साहाय्याने स्पष्ट करता येणे.
* प्रकाशाचे गुणधर्म व विविध प्रकारच्या भिंगांमुळे दिसणारी प्रतिमा व दैनंदिन जीवनातील विविध उपकरणांमध्ये होणारा त्यांचा वापर स्पष्ट करता येणे.
* दिलेल्या माहितीच्या आधारे भिंगाचे नाभीय अंतर काढता येणे.
* मानवी डोळ्यामध्ये निर्माण होणारे दृष्टिदोष ओळखता येणे व त्यावरील उपायांचा शोध घेता येणे.
* मानवी डोळ्याची रचना अचूकपणे काढता येणे.

आपल्या वापरातील पदार्थ

* मूलद्रव्यांच्या मांडणीचे निकष स्पष्ट करून त्यांचे स्थान स्पष्ट करता येणे.
* दोन घटकांमध्ये झालेल्या रासायनिक अभिक्रियेचा प्रकार अचूक ओळखता येणे..
* प्रयोगाच्या आधारे रासायनिक अभिक्रिया पडताळून पाहून त्याबाबत निष्कर्ष मांडता येणे.
* अपूर्ण मांडणी केलेली अथवा चुकीची दिलेली रासायनिक अभिक्रिया दुरुस्त करून मांडता येणे.
* कार्बनी संयुगांचे गुणधर्म प्रयोगांच्या आधारे पडताळून पाहता येणे.
* रासायनिक अभिक्रियांचे आरोग्यावर होणारे परिणाम विचारात घेऊन प्रयोगादरम्यान आवश्यक ती काळजी घेता येणे.
* दैनंदिन व्यवहारिक जीवनात कार्बनी संयुगे व त्यांच्या उपयोगांविषयी, वैज्ञानिक दृष्टिकोनातून होणाऱ्या दुष्परिणामांविषयी समाजाला मार्गदर्शन करता येणे.
* धातूंच्या रासायनिक अभिक्रियांचा दैनंदिन जीवनाशी असणारा सहसंबंध ओळखून त्यांचा उपयोग करता येणे तसेच विविध समस्या सोडवता येणे.

विश्व

* अंतराळ संशोधनातील विविध संशोधनांच्या माहितीचे विश्लेषण करून अस्तित्वात असलेल्या समजुती तसेच अंधश्रद्धांना स्पष्टीकरणाद्वारे छेद देता येणे.
* अंतराळ संशोधनातील भारताच्या योगदानाचा आढावा घेता येणे.
* अंतराळ संशोधनासंदर्भात भविष्यातील विकासाच्या संधी शोधता येणे.

माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञान

* माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञानाचा दैनंदिन जीवनात वापर करता येणे.
* माहितीजालाच्या आधारे विज्ञान आणि तंत्रज्ञानविषयक माहितीची देवाण-घेवाण करता येणे.
* माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञानामुळे विविध क्षेत्रांमधील झालेले आमूलाग्र बदल स्पष्ट करता येणे.
* माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञानाच्या योग्य वापराबाबत जाणीव जागृती होणे.
* माहितीजालाच्या आधारे विज्ञान तंत्रज्ञान विषयक विविध प्रकारची माहिती घेऊन त्या आधारे अंदाज बांधता येणे.
* माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञानातून विकसित झालेल्या विविध प्रणालींचा दैनंदिन जीवनात प्रभावी वापर करता येणे.

अनुक्रमणिका

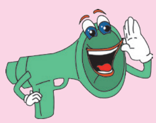
अ.क्र.	पाठाचे नाव	पृष्ठ क्रमांक
1.	गुरुत्वाकर्षण	1
2.	मूलद्रव्यांचे आवर्ती वर्गीकरण	16
3.	रासायनिक अभिक्रिया व समीकरणे	30
4.	विद्युतधारेचे परिणाम	47
5.	उष्णता	62
6.	प्रकाशाचे अपवर्तन	73
7.	भिंगे व त्यांचे उपयोग	80
8.	धातुविज्ञान	93
9.	कार्बनी संयुगे	110
10.	अवकाश मोहीमा	135

शैक्षणिक नियोजन

विज्ञान आणि तंत्रज्ञान या विषयासाठी दोन स्वतंत्र पुस्तके तयार करण्यात आली आहेत. त्यापैकी विज्ञान आणि तंत्रज्ञान भाग-१ या पाठ्यपुस्तकामध्ये प्रामुख्याने भौतिकशास्त्र व रसायनशास्त्र यांच्याशी संबंधित असणाऱ्या एकूण दहा प्रकरणांचा समावेश करण्यात आलेला आहे. विज्ञान आणि तंत्रज्ञान याविषयाचा विचार करताना एकात्मिक दृष्टीकोनातून अध्यापन करणे व विज्ञान आणि तंत्रज्ञानातील सर्व घटकांचा एकमेकांशी सहसंबंध जोडणे येथे अपेक्षित आहे. विज्ञान आणि तंत्रज्ञानामध्ये समाविष्ट असलेले विविध विषय मागील इयत्तेमध्ये आपण एकत्रितरित्या अभ्यासले आहेत. तांत्रिक सुलभतेच्या दृष्टिकोनातून विज्ञान आणि तंत्रज्ञान भाग-१ व भाग-२ अशी स्वतंत्र पुस्तके देण्यात येत आहेत. असे जरी असले तरी एकात्मिक दृष्टिकोनातून अध्यापन होणे आवश्यक आहे.

विज्ञान आणि तंत्रज्ञान भाग-१ या पाठ्यपुस्तकामध्ये देण्यात आलेल्या एकूण दहा प्रकरणांपैकी पहिली पाच प्रकरणे प्रथम सत्रासाठी तर उर्वरित पाच प्रकरणे द्वितीय सत्रासाठी अध्यापन नियोजनात घेणे अपेक्षित आहे. सत्रअखेर चाळीस गुणांची लेखी परीक्षा व दहा गुणांची प्रात्यक्षिक परीक्षा घेण्यात यावी. पाठ्यपुस्तकामध्ये प्रत्येक पाठाच्या शेवटी स्वाध्याय व उपक्रम देण्यात आलेले आहेत. मूल्यमापनाचा विचार करता भाषा विषयांच्या कृतीपत्रिकांप्रमाणे असणारे प्रश्न प्रातिनिधिक स्वरूपात स्वाध्यायांमध्ये देण्यात आलेले आहेत. त्यानुसार अधिकचे प्रश्न तयार करून त्यांचा वापर आपल्याला करता येईल. या प्रश्नांच्या सहाय्याने विद्यार्थ्यांचे मूल्यमापन करण्यात यावे. यासंबंधीची सविस्तर माहिती स्वतंत्रपणे मूल्यमापन योजनेतून देण्यात येईल.

1. गुरुत्वाकर्षण



- गुरुत्वाकर्षण
- केप्लरचे नियम
- पृथ्वीचे गुरूत्वीय त्वरण
- मुक्ती वेग
- वर्तुळाकार गती व अभिकेंद्री बल
- न्यूटनचा वैश्विक गुरुत्वाकर्षणाचा सिद्धांत
- मुक्त पतन

थोडे आठवा.

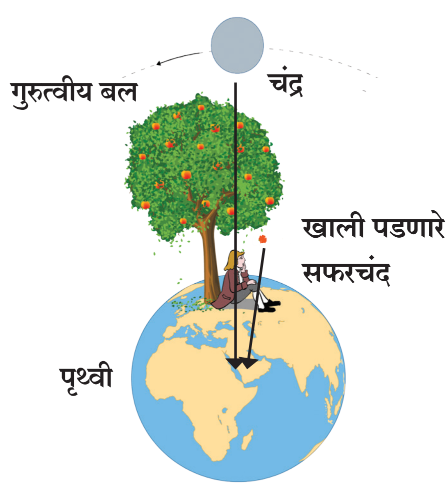
1. एखाद्या वस्तूवर बल लावल्यास काय परिणाम घडून येतो?
2. तुम्हाला बलाचे कोणकोणते प्रकार माहीत आहेत?
3. गुरूत्वाकर्षण बलाविषयी तुम्हाला काय माहिती आहे?

गुरुत्वाकर्षणाचे बल हे एक वैश्विक बल असून ते केवळ पृथ्वीवरील दोन वस्तूंमध्येच नव्हे तर कोणत्याही दोन खगोलीय वस्तूंमध्येही प्रयुक्त होते, हे आपण मागील इयत्तेत पाहिलेच आहे. या बलाचा शोध कसा लागला ते आपण जाणून घेऊ या.

गुरुत्वाकर्षण (Gravitation)

गुरुत्वाकर्षणाचा शोध सर आयझॅक न्यूटन यांनी लावला, हेही तुम्हाला माहीतच आहे. असे म्हणतात की झाडावरून खाली पडत असलेले सफरचंद पाहिल्यामुळे त्यांना हा शोध लागला. त्यांना प्रश्न पडला की सर्व सफरचंदे (क्षितिजलंब दिशेने) सरळ खालीच का पडतात? तिरकी का पडत नाहीत? किंवा क्षितिज समान रेषेत का जात नाहीत?

बऱ्याच विचारांती त्यांनी निष्कर्ष काढला की पृथ्वी सफरचंदाला स्वतःकडे आकर्षित करीत असेल व या आकर्षण बलाची दिशा पृथ्वीच्या केंद्राकडे असेल. झाडावरील सफरचंदापासून पृथ्वीच्या केंद्राकडे जाणारी दिशा ही क्षितिजलंब असल्याने सफरचंद झाडावरून क्षितिजलंब दिशेने खाली पडते.



1.1 गुरुत्वाकर्षणाच्या बलाची कल्पना व चंद्रावरील गुरुत्वीय बल

आकृती 1.1 मध्ये पृथ्वीवरील एक सफरचंदाचे झाड दाखवले आहे. सफरचंदावरील बल पृथ्वीच्या केंद्राच्या दिशेने असते म्हणजेच सफरचंदाच्या स्थानापासून पृथ्वीच्या पृष्ठभागाला लंब असते. आकृतीत चंद्र व पृथ्वी यांमधील गुरुत्वाकर्षण बल दाखवले आहे. (आकृतीतील अंतरे प्रमाणानुसार दाखवलेली नाहीत.)

न्यूटनने विचार केला की जर का हे बल वेगवेगळ्या उंचीवर असलेल्या सफरचंदांवर प्रयुक्त होत असेल तर ते सफरचंदांहून बऱ्याच अधिक उंचीवर, पृथ्वीपासून खूप दूरवर असलेल्या चंद्रासारख्या वस्तूंवरही, प्रयुक्त होत असेल का? तसेच सूर्य, ग्रह अशा चंद्राहून अधिक दूरवरच्या खगोलीय वस्तूंवरही प्रयुक्त होत असेल का?

जोड माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञानाची : विविध ग्रहांच्या गुरुत्वीय बलासंदर्भातील सादरीकरणांचा संग्रह करा.

बल व गती (Force and Motion)

एखाद्या वस्तूच्या वेगाच्या परिमाणात किंवा गतीच्या दिशेत बदल घडवून आणण्यासाठी त्यावर बल प्रयुक्त होणे आवश्यक असते, हे आपण पाहिले आहे.

थोडे आठवा. न्यूटनचे गतीविषयक असणारे तीन नियम कोणते ?

परिचय शास्त्रज्ञांचा

सर आयझॅक न्यूटन (1642-1727) आधुनिक काळातील अग्रगण्य शास्त्रज्ञ मानले जातात. त्यांचा जन्म इंग्लंडमध्ये झाला. त्यांनी गतीचे नियम, गतीची समीकरणे व गुरुत्वाकर्षणाचा सिद्धांत आपल्या 'Principia' नामक पुस्तकात मांडला. त्याआधी केप्लरने ग्रहांच्या कक्षांचे वर्णन करणारे तीन नियम मांडले होते. परंतु ग्रह या नियमाप्रमाणे भ्रमण का करतात यामागील कारणांची काहीच जाण नव्हती. न्यूटनने गुरुत्वाकर्षणाचा सिद्धांत वापरून ते नियम गणितीय पद्धतीने सिद्ध केले.

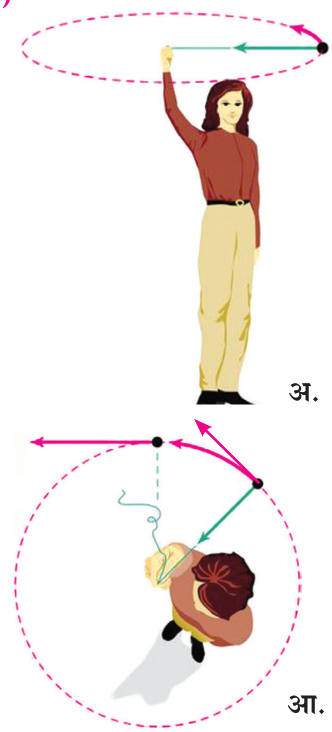
न्यूटनने प्रकाश, ध्वनी, उष्णता व गणित या क्षेत्रांमध्येही उल्लेखनीय कार्य केले. त्यांनी गणिताच्या एका नवीन शाखेचा शोध लावला. कॅलक्युलस या नावे ओळखल्या जाणाऱ्या या शाखेचा गणितात व भौतिकशास्त्रातही मोठ्या प्रमाणात उपयोग केला जातो. न्यूटन हे परावर्तक दुर्बिण तयार करणारे पहिले शास्त्रज्ञ होते.

वर्तुळाकार गती (Circular motion) व अभिकेंद्री बल (Centripetal force)

करून पाहू या.

एक दगड एका दोरीच्या टोकाला बांधा. दोरीचे दुसरे टोक हातात धरून शेजारील आकृती (1.2 अ) मध्ये दाखवल्याप्रमाणे फिरवा, जेणेकरून दगड एका वर्तुळावरून फिरेल. त्या दगडावर तुम्ही काही बल प्रयुक्त करीत आहात का? त्याची दिशा कोणती आहे? हे बल प्रयुक्त न होण्यासाठी तुम्ही काय कराल? व असे केल्यास दगडावर काय प्रभाव पडेल?

जोपर्यंत आपण दोरीला धरून ठेवले आहे तो पर्यंत त्या दगडाला आपण आपल्याकडे, म्हणजेच वर्तुळाच्या केंद्राकडे खेचतो आहोत, अर्थात दगडावर कक्षेच्या दिशेने बल प्रयुक्त करत आहोत. आपण दोरी सोडून दिली तर दगडावरील आपण लावलेले बल संपुष्टात येते. त्या क्षणी वर्तुळावरील दगडाच्या स्थानाशी असणाऱ्या स्पर्शिकेच्या दिशेने दगड फेकला जातो कारण त्याक्षणी ती त्याच्या वेगाची दिशा असते (आकृती 1.2 आ). यापूर्वी आपण अशीच एक कृती केली होती ती तुम्हाला आठवत असेल. त्यात एका गोल फिरणाऱ्या चकतीवरील 5 रुपयाचे नाणे स्पर्शिकेच्या दिशेने फेकले जाते. वर्तुळाकार कक्षेत फिरणाऱ्या कोणत्याही वस्तूवर वर्तुळाच्या केंद्राच्या दिशेने बल प्रयुक्त होत असते. या बलास **अभिकेंद्री बल (Centripetal force)** म्हणतात. म्हणजेच या बलामुळे वस्तू केंद्राकडे जाण्यास प्रवृत्त होते.



1.2 दोरीला बांधलेला वर्तुळाकार कक्षेत फिरणारा दगड व स्पर्शिकेच्या दिशेने असणारा त्याचा वेग.

पृथ्वीचा नैसर्गिक उपग्रह असलेला चंद्र एका विशिष्ट कक्षेत पृथ्वीभोवती परिभ्रमण करतो हे तुम्हाला माहितच आहे. म्हणजेच त्याची दिशा अर्थात वेग सारखा बदलत असतो. मग त्यावर काही बल सतत प्रयुक्त होत असेल काय? या बलाची दिशा कोणती असेल? जर असे बल नसते तर चंद्राची गती कशी राहिली असती? आपल्या सौरमालेतील इतर ग्रह सूर्याभोवती असेच भ्रमण करतात का ? त्यांवरही असे बल प्रयुक्त होत असते का? त्याची दिशा कोणती असेल?

मागील कृती, उदाहरण व प्रश्नांचा विचार केल्यास आपल्या लक्षात येते की, चंद्राला पृथ्वीभोवती त्याच्या कक्षेत फिरत ठेवण्यासाठी त्यावर बल प्रयुक्त होणे आवश्यक आहे, तसेच हे बल पृथ्वीच प्रयुक्त करत असेल व चंद्रास स्वतःकडे आकर्षित करीत असेल. त्याचप्रमाणे सूर्यदेखील पृथ्वीसह सर्व ग्रहांना स्वतःकडे आकर्षित करत असणार.

केप्लरचे नियम (Kepler's Laws)

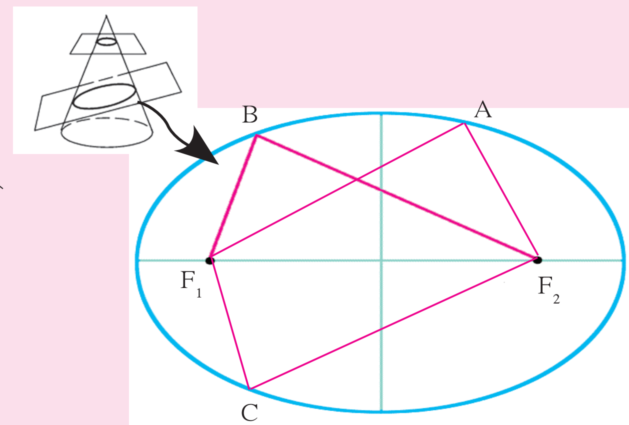
प्राचीन कालापासून मानव ग्रहांच्या स्थितीचे निरीक्षण करत आलेला आहे. गॅलिलिओच्या आधी ही निरीक्षणे केवळ डोळ्याने केली जात असत. सोळाव्या शतकापर्यंत ग्रहांच्या स्थिती व गतीविषयी बरीच माहिती उपलब्ध झाली होती. योहानस केप्लर नामक शास्त्रज्ञाने ती सर्व माहिती अभ्यासली. त्यांना आढळून आले की ग्रहांच्या गतीला काही विशिष्ट नियम आहेत. त्यांनी ग्रहांच्या गतीविषयी तीन नियम मांडले. केप्लरचे हे नियम खाली दिले आहेत.

माहीत आहे का तुम्हांला ?

लंबवर्तुळ म्हणजे एखाद्या शंकूला एका प्रतलाने तिरके छेदले असता तयार होणारी आकृती. यालाच प्रतलीय लंबवृत्त असे म्हणतात. यास दोन नाभीबिंदू असतात. या दोन नाभीबिंदूंपासूनच्या वृत्तावरील कोणत्याही बिंदूच्या अंतराची बेरीज एकसमान असते.

आकृती 1.3 मध्ये F_1 व F_2 हे दोन नाभीबिंदू असून A, B, C परिघावरील कोणतेही बिंदू असल्यास

$AF_1 + AF_2 = BF_1 + BF_2 = CF_1 + CF_2$



1.3 लंबवर्तुळाकार कक्षा

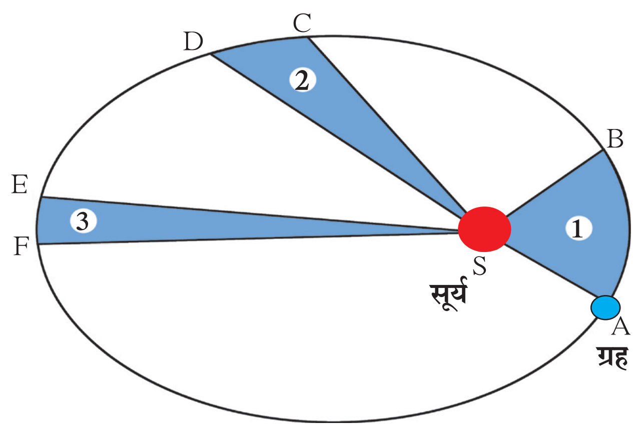
केप्लरचा पहिला नियम :

ग्रहाची कक्षा ही लंबवर्तुळाकार असून सूर्य त्या कक्षेच्या एका नाभीवर असतो.

आकृती 1.4 मध्ये ग्रहाची सूर्याभोवतीच्या परिभ्रमणाची लंबवर्तुळाकार कक्षा दाखविली आहे. सूर्याची स्थिती S ने दर्शवली आहे.

केप्लरचा दुसरा नियम :

ग्रहाला सूर्याशी जोडणारी सरळ रेषा, ही समान कालावधीत समान क्षेत्रफळ व्यापन करते.



1.4 ग्रहाची सूर्याभोवतीची परिभ्रमण कक्षा

AB व CD ही ग्रहाने समान कालावधीत पार केलेली अंतरे आहेत म्हणजे समान कालावधी नंतर A व C पासून असलेले ग्रहाचे स्थान क्रमश: B व D ने दाखवले आहे. आकृतीमधील AS व CS या सरळ रेषा एका कालावधीत समान क्षेत्रफळ व्यापतात, अर्थात ASB, व CSD ही क्षेत्रफळे समान आहेत.

केप्लरचा तिसरा नियम :

सूर्याची परिक्रमा करणाऱ्या ग्रहाच्या आवर्तकालाचा वर्ग हा ग्रहाच्या सूर्यापासूनच्या सरासरी अंतराच्या घनाला समानुपाती असतो. म्हणजे ग्रहाचा आवर्तकाल हा T असेल व सूर्यापासून त्याचे सरासरी अंतर r असेल तर

$T^2 \alpha\ r^3$ म्हणजेच $\dfrac{T^2}{r^3}$ = स्थिर = K .... (1)

केप्लरने हे नियम केवळ नियमितपणे निरीक्षणे करून मापन केलेल्या ग्रहांच्या स्थानांवरून शोधून काढले. ग्रह या नियमांचे पालन का करतात याचे कारण त्यांना माहित नव्हते. गुरुत्वाकर्षणाचा सिद्‌धांत मांडताना केप्लरच्या नियमांची कशी मदत झाली हे आपण पुढे पाहणार आहोत.

जरा डोके चालवा.

आकृती 1.4 मध्ये ESF हे क्षेत्रफळ ASB एवढे असल्यास EF बद्दल काय सांगता येईल?

न्यूटनचा वैश्विक गुरुत्वाकर्षणाचा सिद्धांत (Newton's universal law of gravitation)

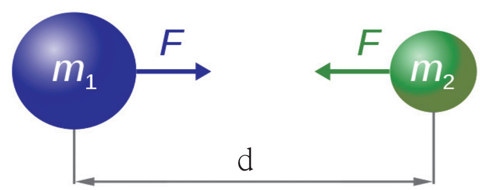
वरील सर्व निरीक्षणे व केप्लरचे नियम लक्षात घेऊन न्यूटनने त्याचा वैश्विक गुरुत्वाकर्षणाचा सिद्धांत मांडला. या सिद्धांतानुसार विश्वातील प्रत्येक वस्तू इतर प्रत्येक वस्तूला ठराविक बलाने आकर्षित करत असते. हे बल एकमेकांना आकर्षित करणाऱ्या वस्तूच्या वस्तुमानांच्या गुणाकाराशी समानुपाती आणि त्यामधील अंतराच्या वर्गाशी व्यस्तानुपाती असते.

परिचय शास्त्रज्ञांचा

योहानेस केप्लर (1571– 1630) एक जर्मन खगोलशास्त्रज्ञ व गणितज्ञ होते. सन 1600 मध्ये ते प्राग मधील टायको ब्राहे या प्रसिद्ध खगोलशास्त्रज्ञाचे मदतनीस म्हणून कार्य करू लागले. सन 1601 मध्ये टायको ब्राहे यांच्या आकस्मिक मृत्यू नंतर केप्लर यांना त्यांचा उत्तराधिकारी (शाही गणितज्ञ) म्हणून नियुक्त करण्यात आले. ब्राहे यांनी केलेली ग्रहांच्या स्थानांची निरीक्षणे वापरून केप्लर यांनी ग्रहांच्या गतीचे नियम शोधून काढले. त्यांनी खगोलशास्त्रावर विविध पुस्तके लिहिली. त्यांचे कार्य पुढे न्यूटन यांना गुरूत्वाकर्षणाच्या नियमाच्या शोधात उपयोगी पडले.

आकृती 1.5 मध्ये m_1 व m_2 वस्तुमान असलेल्या दोन वस्तू दाखवल्या आहेत. d हे त्यांच्यामधील अंतर आहे.

या दोन वस्तूंमधील गुरुत्वीय आकर्षण बल F हे गणितीय भाषेत, खालील प्रमाणे लिहिता येते.



1.5 दोन वस्तूंमधील गुरुत्वीय बल

$F \alpha \frac{m_1 m_2}{d^2}$ म्हणजे $F = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$ .... (2)

G हा स्थिरांक असून त्यास वैश्विक गुरुत्वीय स्थिरांक म्हणतात.

दोन वस्तूंपैकी जर एका वस्तूचे वस्तुमान दुप्पट केले तर या नियमाप्रमाणे त्यांमधील गुरुत्वीय बल दुप्पट होईल. तसेच त्या दोन वस्तूंमधील अंतर दुप्पट केले तर बल एक चतुर्थांश होईल. दोन्ही वस्तू गोलाकृती असतील तर त्यांमधील बल हे त्यांच्या केंद्रांना जोडणाऱ्या सरळ रेषेत असते व त्या केंद्रांना जोडणाऱ्या त्या रेषाखंडाची लांबी ही त्यांमधील अंतर म्हणून धरली जाते. जर त्या वस्तू गोल वा नियमित आकाराच्या (Regular shape) नसतील तर बल त्यांच्या वस्तुमानकेंद्रांना (Centre of mass)जोडणाऱ्या रेषाखंडाच्या दिशेत असते व d साठी त्या रेषाखंडाची लांबी घेतली जाते.

समीकरण (2) वरून दिसून येते की G चे मूल्य हे एकक वस्तुमान असलेल्या व एकमेकांपासून एकक अंतरावर स्थित असलेल्या दोन वस्तूंमधील गुरुत्वीय बल मोजल्यास आपल्याला मिळेल. म्हणजेच, SI एकक प्रणालीत G चे मूल्य दोन 1 kg वस्तुमान असलेल्या व एकमेकांपासून 1m अंतरावर असलेल्या वस्तूंमधील गुरुत्वीय बलाच्या मूल्याएवढे असते.

जरा डोके चालवा.

सिद्ध करा की SI एकक प्रणालीत G चे एकक Nm^2/kg^2 आहे. G चे मूल्य सर्वप्रथम हेनरी कॅवेण्डिश या शास्त्रज्ञाने प्रयोग करून मोजले. SI एकक प्रणालीत ते 6.673×10^{-11} Nm^2/kg^2 आहे.

एखाद्या वस्तूचे वस्तुमानकेंद्र हे त्या वस्तूच्या आतील किंवा बाहेरील तो बिंदू असतो ज्यामध्ये वस्तूचे सर्व वस्तुमान केंद्रित असते असे मानू शकतो. एकसमान घनता असलेल्या गोलाकृती वस्तूचे वस्तुमानकेंद्र गोलाचे भूमितीय केंद्र असते. कोणत्याही समान घनता असलेल्या वस्तूचे वस्तुमानकेंद्र त्याच्या मध्यवर्ती बिंदूवर (Centroid)असते.

गुरुत्वाकर्षणाचा नियम सांगताना बल हे अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात असल्याचे प्रतिपादन न्यूटनने कशाच्या आधारे केले? यासाठी त्यांनी केप्लरच्या तिसऱ्या नियमाची मदत घेतली. कशी ते बघू या.

एकसमान वर्तुळाकार गती / अभिकेंद्री बलाचे परिमाण

(Uniform circular motion/Effect of centripetal force)

समजा एक वस्तू एकसमान वर्तुळाकार गतीने गतिमान आहे. अशा प्रकारे गतिमान असलेल्या वस्तूवर केंद्राकडे निर्देशित अभिकेंद्री बल प्रयुक्त होत असते, हे आपण पाहिले. या वस्तूचे वस्तुमान m ने, तिच्या कक्षेची त्रिज्या r ने व तिची चाल v ने दर्शविली तर या बलाचे परिमाण $\frac{mv^2}{r}$ एवढे असते, हे गणिती क्रियेद्वारे दाखवता येते.

आता जर एक ग्रह वर्तुळाकार कक्षेत सूर्याची परिक्रमा करत असेल तर त्यावर सूर्याच्या दिशेने प्रयुक्त होणारे अभिकेंद्री बल $F = \frac{mv^2}{r}$ असले पाहिजे. येथे m हे ग्रहाचे वस्तुमान, v ही त्याची चाल व r ही ग्रहाच्या वर्तुळाकार कक्षेची त्रिज्या म्हणजेच ग्रहाचे सूर्यापासूनचे अंतर आहे. त्याची चाल आपण त्याचा आवर्तकाल (T) म्हणजे सूर्याभोवती एक परिक्रमा करण्याचा कालावधी व त्रिज्या वापरून काढू शकतो.

$$\text{चाल} = \frac{\text{कापलेले अंतर}}{\text{त्यासाठी लागलेला काल}}$$

ग्रहाने एका परिक्रमेत पार केलेले अंतर = कक्षेचा परीघ = $2\pi r$; r = सूर्यापासूनचे अंतर ,
त्यासाठी लागलेला वेळ = आवर्त काल = T

$$v = \frac{\text{कक्षेचा परिघ}}{\text{आवर्त काल}} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$F = \frac{mv^2}{r} = \frac{m\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = \frac{4m\pi^2 r}{T^2}$$, ह्यास r^2 ने गुणल्यावर व भागल्यावर आपल्यास मिळते की,

$F = \frac{4m\pi^2}{r^2}\left(\frac{r^3}{T^2}\right)$ केप्लरच्या तिसऱ्या नियमा प्रमाणे $\frac{T^2}{r^3} = K$ हे स्थिर असते. म्हणून $F = \frac{4m\pi^2}{r^2 K}$

पण $\frac{4m\pi^2}{K}$ = स्थिर, म्हणून $F \alpha \frac{1}{r^2}$

म्हणजे सूर्य व ग्रह यांमधील अभिकेंद्री बल, जे ग्रहाच्या परिभ्रमणास कारणीभूत असते, ते त्यांच्यामधील अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात असते. हेच गुरुत्वीय बल असून ते अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात असते असा न्यूटनने निष्कर्ष काढला. गुरुत्वाकर्षणाचे बल हे निसर्गातील इतर बलांच्या तुलनेत अत्यंत क्षीण असते परंतु ते संपूर्ण विश्वाचे नियंत्रण करते व विश्वाचे भवितव्य निश्चित करते. ग्रह, तारे व विश्वातील इतर घटक ह्यांच्या प्रचंड वस्तुमानांमुळे हे शक्य होते.

जरा डोके चालवा.

टेबलावरील दोन वस्तूंमध्ये वा तुमच्या व तुमच्या शेजारी बसलेल्या तुमच्या मित्रामध्ये गुरुत्वीय बल असेल काय? जर असेल तर तुम्ही दोघे एकमेकांकडे सरकले का जात नाही?

उदाहरण 1. महेंद्र व विराट एकमेकांपासून 1 m अंतरावर बसले आहेत. त्यांची वस्तुमाने अनुक्रमे 75 kg व 80 kg आहेत. त्यांच्यामधील गुरुत्वीय बल किती आहे?

दिलेली माहिती :

$r = 1$ m, $m_1 = 75$ kg, $m_2 = 80$ kg व $G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2

न्यूटनच्या सिद्धांतानुसार,

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$

$$F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 75 \times 80}{1^2} \text{ N}$$

$$= 4.002 \times 10^{-7} \text{ N}$$

महेंद्र व विराट दरम्यान गुरुत्वीय बल 4.002×10^{-7} N इतके असेल.

हे बल नगण्य आहे. जर महेंद्र व ज्या बाकावर तो बसला आहे त्यामधील घर्षण बल शून्य असेल तर या गुरुत्वीय बलामुळे महेंद्र विराटकडे सरकू लागेल. त्याचे त्वरण व त्याचा सरकण्याचा वेग आपण न्यूटनची समीकरणे वापरून काढू शकतो.

उदाहरण 2. वरील उदाहरणात महेंद्रचा बाक घर्षणरहित असेल तर विराम अवस्थेतून सुरू झाल्यावर 1 सेकंदा नंतर महेंद्रचा विराटकडे सरकण्याचा वेग किती असेल? तो वेग कालानुसार बदलेल काय व कसा?

दिलेली माहिती :

महेंद्रावरील प्रयुक्त बल = $F = 4.002 \times 10^{-7}$ N,

महेंद्रचे वस्तुमान = $m = 75$ kg.

न्यूटनच्या गतिविषयक दुसऱ्या नियमाप्रमाणे महेंद्रवरील बलामुळे त्याचे होणारे त्वरण = a

$$a = \frac{F}{m} = \frac{4.002 \times 10^{-7}}{75} = 5.34 \times 10^{-9} \text{ m/s}^2$$

न्यूटनचे पहिले समीकरण वापरून आपण महेंद्रचा 1 सेकंदानंतर असणारा वेग काढू शकतो.

या समीकरणाप्रमाणे

$$v = u + a t$$

सुरूवातीला महेंद्र बाकावर बसलेला असल्यामुळे त्याचा सुरुवातीचा वेग शून्य आहे ($u = 0$), त्याचा बाक घर्षणरहित आहे. असे गृहित धरल्यास,

$$v = 0 + 5.34 \times 10^{-9} \times 1 \text{ m/s}$$

महेंद्राचा 1 सेकंदानंतरचा वेग = 5.34×10^{-9} m/s

हा अतिशय संथ वेग आहे व तोदेखील घर्षण नसल्यास संभव आहे हे तुमच्या लक्षात आलेच असेल. हा वेग त्वरणामुळे वाढत जाईल. तसेच कालानुसार महेंद्र विराटच्या जवळ सरकल्यामुळे त्यांच्यातील अंतर कमी होत जाईल. गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाप्रमाणे गुरुत्वीय बल वाढत जाईल व त्यामुळे, न्यूटनच्या दुसऱ्या नियमाप्रमाणे त्वरणही वाढत जाईल.

जरा डोके चालवा.

उदाहरण 2 मध्ये महेंद्रचे त्वरण स्थिर धरल्यास वेगानुसार त्याला विराटकडे 1 सेमी सरकण्यासाठी किती वेळ लागेल ?

माहीत आहे का तुम्हांला?

समुद्रात नियमितपणे येणाऱ्या भरती व ओहोटी बद्दल तुम्हाला माहितच असेल. एका किनाऱ्यावरील समुद्राच्या पाण्याची पातळी दिवसातून नियमित कालावधीने दोन वेळा वाढते व कमी होते. वेगवेगळ्या स्थानांवर भरती व ओहोटीची वेळ वेगवेगळी असते. समुद्राच्या पाण्याची पातळी चंद्राच्या गुरूत्वीय आकर्षणामुळे बदलते.

1.6 भरती-ओहोटी स्थिती

या बलामुळे चंद्राच्या दिशेला असलेल्या पाण्यात फुगवटा तयार होतो. त्यामुळे त्या स्थानांवर भरती येते व त्या स्थानांपासून आकृती 1.6 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे 90^0 कोन असलेल्या पृथ्वीवरील स्थानांवर पाण्याची पातळी कमी होते व तेथे ओहोटी येते.

भूगोल विषयाच्या पाठ्यपुस्तकांमधून भरती-ओहोटी विषयी माहिती मिळवा. सहलीला समुद्रकिनारी गेल्यावर एकाच ठिकाणचे भरती-ओहोटीचे निरीक्षण करा. छायाचित्रे काढा व त्यांचे प्रदर्शन भरवा.

पृथ्वीचे गुरुत्वीय बल (Earth's gravitational force)

क्षितिजलंब दिशेत सरळ वर फेकलेल्या दगडाचा वेग एकसमान असेल काय, की तो कालानुसार बदलेल? कशा प्रकारे बदलेल? तो दगड सतत वर का जात नाही? थोड्या उंचीवर जाऊन तो परत खाली का पडतो? त्याची कमाल उंची कशावर अवलंबून असते?

पृथ्वी तिच्या जवळील सर्व वस्तूंना गुरुत्वीय बलाने स्वतःकडे आकर्षित करते. पृथ्वीचे वस्तुमान केंद्र तिच्या केंद्रबिंदूत असते म्हणून कोणत्याही वस्तूवरील पृथ्वीचे गुरुत्वीय बल हे पृथ्वीच्या केंद्राच्या दिशेने असते. म्हणूनच या बलामुळे वस्तू क्षितिजलंब दिशेत सरळ खाली पडते. तसेच, आपण जेव्हा एखादा दगड क्षितिजलंब दिशेत सरळ वर फेकतो तेव्हा हे बल त्याला खाली खेचत असते व त्याचा वेग कमी करते. सतत प्रयुक्त होत असलेल्या या बलामुळे दगडाचा वेग काही काळाने शून्य होतो व त्याच बलामुळे दगड खाली, पृथ्वीच्या केंद्राकडे येऊ लागतो.

सोडवलेली उदाहरणे

उदाहरण 1 : मागील उदाहरणातील महेंद्रवरील पृथ्वीच्या गुरुत्वीय बलाचे परिमाण काढा.

दिलेली माहिती :

पृथ्वीचे वस्तुमान = $m_1 = 6 \times 10^{24}$ kg

पृथ्वीची त्रिज्या $R = 6.4 \times 10^6$ m

महेंद्राचे वस्तुमान = $m_2 = 75$ kg

$G = 6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$

गुरुत्वीय बलाच्या सिद्धांताप्रमाणे महेंद्रावरील पृथ्वीचे गुरुत्वीय बल

$$F = \frac{G m_1 m_2}{R^2}$$

$$F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 75 \times 6 \times 10^{24}}{(6.4 \times 10^6)^2}\ N = 733\ N$$

हे बल महेंद्र व विराट यांच्या दरम्यान असलेल्या गुरुत्वीय बलाच्या 1.83×10^9 पट आहे.

उदाहरण 2 : विराम अवस्थेतून सुरू करून, पृथ्वीच्या गुरुत्वीय बलामुळे उंचीवरून खाली पडत असल्यास, 1 सेकंदानंतर महेंद्राचा वेग किती असेल?

दिलेली माहिती :

महेंद्राचा सुरुवातीचा वेग $u = 0$,

त्यावरील गुरुत्वीय बल = $F = 733$ N

महेंद्राचे वस्तुमान = $m = 75$ kg

$t = 1$ s

महेंद्राचे त्वरण $a = \frac{F}{m} = \frac{733}{75}\ m/s^2$

$= 9.77\ m/s^2$

न्यूटनच्या पहिल्या समीकरणाप्रमाणे

$v = u + a t$

महेंद्राचा 1 सेकंदानंतरचा वेग

$v = 0 + 9.77 \times 1 = 9.77\ m/s$

हा वेग पृष्ठ 6 वरील उदाहरण 2 मधील महेंद्रच्या वेगाच्या 1.83×10^9 पट आहे.

जरा डोके चालवा.

न्यूटनच्या सिद्धांताप्रमाणे प्रत्येक वस्तू प्रत्येक इतर वस्तूला आकर्षित करते म्हणजे पृथ्वी सफरचंदाला स्वतःकडे खेचते तसेच सफरचंदही पृथ्वीला तेवढ्याच बलाने स्वतःकडे खेचते. मग सफरचंद पृथ्वीवर का पडते, पृथ्वी सफरचंदाकडे का सरकत नाही?

पृथ्वीचे गुरुत्वीय बल चंद्रावरही प्रयुक्त होत असल्यामुळे चंद्र पृथ्वीभोवती परिक्रमा करतो. पृथ्वीभोवती परिक्रमा करणाऱ्या कृत्रिम उपग्रहांच्या बाबतीत हेच घडत असते. चंद्र व कृत्रिम उपग्रह पृथ्वीभोवती फिरतात. त्यांना पृथ्वी स्वतःकडे आकर्षित करते परंतु सफरचंदाप्रमाणे ते पृथ्वीवर पडत नाहीत. असे का होते? चंद्र व कृत्रिम उपग्रहांच्या त्यांच्या कक्षेतील वेगामुळे असे होते. हा वेग नसता तर ते पृथ्वीवर पडले असते.

पृथ्वीचे गुरुत्व त्वरण (Earth's gravitational acceleration)

पृथ्वी तिच्या जवळील सर्व वस्तूंवर गुरुत्वीय बल प्रयुक्त करते. न्यूटनच्या दुसऱ्या नियमाप्रमाणे एखाद्या वस्तूवर प्रयुक्त होत असलेल्या बलामुळे वस्तूचे त्वरण होते. या नियमानुसार पृथ्वीच्या गुरुत्वीय बलामुळेही वस्तूंचे त्वरण होते. यास पृथ्वीचे गुरुत्व त्वरण म्हणतात व ते 'g' या अक्षराने संबोधले जाते. त्वरण ही एक सदिश राशी आहे. पृथ्वीच्या गुरुत्व त्वरणाची दिशा, तिच्या गुरुत्वीय बलाप्रमाणे, पृथ्वीच्या केंद्राकडे म्हणजे क्षितिजलंब दिशेत असते.

विचार करा.

1. पृथ्वीचे गुरुत्वाकर्षण नसते तर काय झाले असते?
2. G चे मूल्य दुप्पट असते तर काय झाले असते?

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील g चे मूल्य

न्यूटनच्या नियमाप्रमाणे पृथ्वीच्या केंद्रापासून r अंतरावर असलेल्या m वस्तुमानाच्या वस्तूवरील गुरुत्वीय बल (F) व त्या वस्तूचे त्वरण (g) खाली दाखवल्या प्रमाणे काढता येते.

$$F = \frac{GMm}{r^2} \quad \text{.................(3)}$$

M हे पृथ्वीचे वस्तुमान आहे.

$$F = mg \quad \text{....................(4)}$$

समीकरण (3) व (4) वरून $mg = \frac{GMm}{r^2}$

$$g = \frac{GM}{r^2} \quad \text{....................(5)}$$

वस्तू पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर स्थित असेल तर r = R = पृथ्वीची त्रिज्या, म्हणून पृष्ठभागावरील g चे मूल्य खालीलप्रमाणे असेल.

$$g = \frac{GM}{R^2} \quad \text{...............(6)}$$

g चे SI एकक m/s^2 आहे. पृथ्वीचे वस्तुमान 6×10^{24} kg व तिची त्रिज्या 6.4×10^6 m आहे. समीकरण (6) प्रमाणे

$$g = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{(6.4 \times 10^6)^2} = 9.77\ m/s^2 \quad \text{.. (7)}$$

हे त्वरण केवळ पृथ्वीचे वस्तुमान M व तिची त्रिज्या R वर अबलंबून असते व म्हणून ते पृथ्वीवरील कोणत्याही वस्तूसाठी समान असते. वस्तूच्या कुठल्याही गुणधर्मावर ते अवलंबून नसते.

सांगा पाहू ! जर पृथ्वीचे वस्तुमान दुप्पट असते व त्रिज्या अर्धी असती तर g चे मूल्य किती असेल?

'g' च्या मूल्यात होणारे बदल

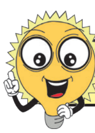
अ. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील बदल : पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील सर्व ठिकाणी g चे मूल्य समान असेल काय? याचे उत्तर 'नाही' असे आहे. याचे कारण असे की पृथ्वीचा आकार पूर्णपणे गोलाकार नाही. म्हणून तिच्या पृष्ठभागावरील वेगवेगळ्या बिंदूचे पृथ्वीच्या केंद्रापासूनचे अंतर त्या त्या बिंदूच्या स्थानानुसार बदलत असते. पृथ्वी स्वत:भोवती फिरत असल्याकारणाने तिचा आकार ध्रुवांजवळ थोडा चपटा आहे व विषुववृत्तावर थोडा फुगीर आहे. अर्थात पृथ्वीची त्रिज्या ध्रुवांजवळ कमी तर विषुववृत्ताजवळ जास्त आहे. म्हणून g चे मूल्य ध्रुवांवर सर्वात जास्त म्हणजे $9.832 m/s^2$ आहे व तेथून विषुववृत्ताकडे जात असताना कमी कमी होत जाते. विषुववृत्तावर g चे मूल्य सर्वात कमी म्हणजे $9.78\ m/s^2$ आहे.

ब. उंचीनुसार बदल : पृथ्वीच्या पृष्ठभागाच्या वर जात असताना बिंदूचे केंद्रापासूनचे अंतर वाढत जाते व समीकरण (5) प्रमाणे g चे मूल्य कमी होत जाते. पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून वस्तूची उंची पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या तुलनेत खूप कमी असल्यास त्या उंचीमुळे g मध्ये होणारा बदल अल्प असतो. उदाहरणार्थ, पृथ्वीची त्रिज्या 6400 km आहे. पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून 10 km उंचीवरून उडणाऱ्या विमानाचे पृथ्वीच्या केंद्रापासूनचे अंतर 6400 km पासून 6410 km पर्यंत वाढल्यामुळे g च्या मूल्यात होणारा बदल नगण्य असतो. तथापि आपण जेव्हा एखाद्या कृत्रिम उपग्रहाचा विचार करतो तेव्हा पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासूनच्या त्याच्या उंचीमुळे होणारा g मधील बदल विचारात घ्यावा लागतो. काही विशिष्ट उंचीसाठी g च्या मूल्यात होणारे बदल खालील तक्त्यात दिले आहेत.

स्थान	पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून उंची (km)	g (m/s^2)
पृथ्वीचा पृष्ठभाग (सरासरी)	0	9.81
माउंट एव्हरेस्ट	8.8	9.8
मानवनिर्मित फुग्याने गाठलेली सर्वाधिक उंची	36.6	9.77
अंतराळ यानाची कक्षा	400	8.7
दळणवळण उपग्रहाची कक्षा	35700	0.225

'g' च्या मूल्यात उंचीनुसार होणारे बदल

क. खोलीनुसार बदल : पृथ्वीच्या आत जात असताना देखील g चे मूल्य बदलत राहते. समीकरण (5) मधील r चे मुल्य कमी होत जाते व त्यानुसार g चे मूल्य अधिक व्हायला हवे. परंतु वस्तू पृथ्वीच्या केंद्राच्या जवळ गेल्यामुळे आता वस्तूवर गुरूत्वीय बल प्रयुक्त करणारा पृथ्वीचा भागही कमी होतो. म्हणजेच समीकरण (5) मध्ये वापरले जाणारे M चे मूल्यही बदलते. याचा एकत्रित परिणाम म्हणून पृथ्वीच्या आत जात असताना खोलीनुसार g चे मूल्य कमी होत जाते.



विचार करा.

1. पृथ्वीच्या आत जाताना गुरुत्वाकर्षण बलाच्या दिशेत काही फरक पडेल का?
2. पृथ्वीच्या केंद्रावर g चे मूल्य किती असेल?

प्रत्येक ग्रह व उपग्रह यांचे वस्तुमान व त्रिज्या वेगवेगळ्या असतात व समीकरण (6) प्रमाणे त्यांच्या पृष्ठभागावरील g चे मूल्य ही वेगवेगळे असते. चंद्राचे गुरूत्वीय बल हे पृथ्वीच्या गुरूत्वीय बलाच्या एक षष्ठांश असते. यामुळे आपण ठराविक बल वापरून पृथ्वीपेक्षा चंद्रावर सहापट जास्त उंच उडी मारू शकतो.

वस्तुमान व वजन (Mass and Weight)

वस्तुमान : कोणत्याही वस्तूचे वस्तुमान म्हणजे त्यामध्ये असलेल्या द्रव्यसंचयाचे मापन होय. याचे SI एकक किलोग्रॅम आहे. वस्तुमान ही अदिश राशी आहे. त्याचे मूल्य सगळीकडे सारखेच असते. दुसऱ्या एखाद्या ग्रहावरदेखील त्याचे मूल्य बदलत नाही. न्यूटनच्या पहिल्या नियमानुसार वस्तुमान हे वस्तूच्या जडत्वाचे गुणात्मक माप आहे. म्हणजे वस्तुमान जितके जास्त तितकेच जडत्वही जास्त.

वजन : एखाद्या वस्तूला पृथ्वी ज्या गुरुत्वीय बलाने आकर्षित करते त्या बलाला वजन असे म्हणतात. m वस्तुमान असलेल्या वस्तूवरील पृथ्वीचे गुरुत्वीय बल (F) समीकरण (4) वरून,

$$\therefore \text{ वजन, } W = F = mg \;\; \ldots\ldots.. \left(g = \frac{GM}{R^2}\right)$$

वजन हे बल असल्याने त्याचे SI एकक न्यूटन आहे. तसेच वजन हे बल असल्याने ती एक सदिश राशी आहे. या बलाची दिशा पृथ्वीच्या केंद्राकडे असते. g चे मूल्य सगळीकडे सारखेच नसल्यामुळे वस्तूचे वजनही स्थानाप्रमाणे बदलते, पण तिचे वस्तुमान मात्र सर्व स्थानांवर एकसमान असते.

बोलीभाषेत आपण वजन या शब्दाचा वापर 'वजन' व 'वस्तुमान' या दोन्ही अर्थांनी करतो व एखाद्या वस्तूचे वजन हे kg मध्ये म्हणजे वस्तुमानाच्या एककात मोजतो. परंतु जेव्हा आपण 'राजीवचे वजन 75 kg आहे' असे शास्त्रीय भाषेत म्हणतो तेव्हा आपण राजीवाचे वस्तुमान सांगत असतो. '75 kg वस्तुमानावर जेवढे गुरूत्वीय बल प्रयुक्त होते तेवढे राजूचे वजन आहे' असे आपल्याला अभिप्रेत असते. राजीवचे वस्तुमान 75 kg असल्यामुळे पृथ्वीवर त्याचे वजन F = mg = 75 x 9.8 = 735 N असते. 1 kg वस्तुमानाचे वजन 1 x 9.8 = 9.8 N असते. आपली 'वजन' मापणारी उपकरणे आपल्याला वस्तुमानच सांगतात. दुकानात असलेला समभुजा तराजू दोन वजनांची व पर्यायाने दोन वस्तुमानांची तुलना करतो.

जरा डोके चालवा.

1. पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून उंच गेल्यास तुमचे वजन स्थिर राहील का?
2. समजा तुम्ही एका उंच शिडीवर उभे आहात. पृथ्वीच्या केंद्रापासून तुमचे अंतर 2R असल्यास तुमचे वजन किती असेल?

सोडवलेली उदाहरणे

उदाहरण : जर एका व्यक्तीचे वजन पृथ्वीवर 750 N असेल तर चंद्रावर तिचे वजन किती असेल?
(चंद्राचे वस्तुमान पृथ्वीच्या वस्तुमानाच्या $\frac{1}{81}$ पट आहे तर त्याची त्रिज्या पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या $\frac{1}{3.7}$ पट आहे.)

दिलेली माहिती :

पृथ्वीवरील वजन = 750 N ,

पृथ्वीच्या (M_E) व चंद्राच्या (M_M) वस्तुमानांचे गुणोत्तर, $\frac{M_E}{M_M} = 81$

पृथ्वीच्या (R_E) व चंद्राच्या (R_M) त्रिज्यांचे गुणोत्तर, $\frac{R_E}{R_M} = 3.7$

समजा त्या व्यक्तीचे वस्तुमान m kg आहे.

पृथ्वीवरील तिचे वजन $= m\,g = 750 = \frac{m\,G\,M_E}{R_E^{\,2}} \qquad \therefore\ m = \frac{750\,R_E^{\,2}}{(G\,M_E)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$

व्यक्तीचे चंद्रावरील वजन $= \frac{m\,G\,M_M}{R_M^{\,2}}$

समीकरण (i) वापरून, $= \frac{750\,R_E^{\,2}}{(G\,M_E)} \times \frac{G\,M_M}{R_M^{\,2}} = 750\,\frac{R_E^{\,2}}{R_M^{\,2}} \times \frac{M_M}{M_E} = 750 \times (3.7)^2 \times \frac{1}{81} = 126.8\ N$

चंद्रावरील वजन पृथ्वीवरील वजनाच्या जवळजवळ एक षष्ठांश आहे. वस्तूचे चंद्रावरील वजन आपण $m\,g_M$ (g_M म्हणजे चंद्रावरील गुरुत्वीय त्वरण) असे लिहू शकतो. म्हणजे चंद्रावरील त्वरण हे पृथ्वीवरील त्वरणाच्या एक षष्ठांश आहे.

माहीत आहे का तुम्हांला?

गुरुत्वीय लहरी (Gravitational waves)

पाण्यात दगड टाकल्यावर त्यावर लहरी निर्माण होतात, तसेच एका दोरीची दोन्ही टोके धरून हालविल्यास त्यावरही लहरी निर्माण होतात हे तुम्ही पाहिले असेलच. प्रकाश हा देखील एक प्रकारचा तरंग आहे. त्यास विद्युतचुंबकीय तरंग असे म्हणतात. गॅमा किरण, क्ष- किरण, अतिनील किरण, अवरक्त किरण, सूक्ष्मतरंग व रेडीओ तरंग हे सर्व विद्युत चुंबकीय तरंगाचेच विभिन्न प्रकार आहेत. खगोलीय वस्तू हे तरंग उत्सर्जित करतात व आपण आपल्या उपकरणांद्वारे त्यांना ग्रहण करतो. विश्वाबद्दलची संपूर्ण माहिती आपल्याला या लहरींद्वारेच मिळालेली आहे.

गुरूत्वीय लहरी ह्या अगदी वेगळ्या प्रकारच्या लहरी आहेत. त्यांना अवकाश काळावरील लहरी असे म्हटले आहे. त्यांच्या अस्तित्वाची शक्यता आईनस्टाईनने 1916 मध्ये वर्तवली होती. ह्या लहरी खूप क्षीण असल्याने त्यांना शोधणे खूप कठीण असते. खगोलीय वस्तूंमधून उत्सर्जित झालेल्या गुरूत्वीय लहरींना शोधण्यासाठी शास्त्रज्ञांनी अतिशय संवेदनशील उपकरणे विकसित केली आहेत. यामध्ये LIGO (Laser Interferometric Gravitational Wave Observatory) हे प्रमुख आहे. शास्त्रज्ञांनी सन 2016 मध्ये आईनस्टाईनच्या भाकितानंतर बरोबर 100 वर्षांनी खगोलीय स्रोतांपासून येणाऱ्या गुरूत्वीय लहरींचा शोध लावला आहे. या शोधात भारतीय शास्त्रज्ञांचे लक्षणीय योगदान आहे. या शोधामुळे विश्वाची माहिती मिळविण्याचा एक नवीन मार्ग खुला झाला आहे.

मुक्त पतन (Free fall)

करून पहा.

एक लहान दगड हातात धरा. त्यावर कोणकोणती बले प्रयुक्त होत आहेत? आता तो दगड हळूच सोडून द्या. तुम्हाला काय आढळले? तुम्ही सोडून दिल्यावर त्या दगडावर कोणते बल प्रयुक्त झाले?

पृथ्वीचे गुरुत्वीय बल सगळ्या वस्तूंवर प्रयुक्त होते हे आपल्याला माहीत आहे. आपण दगड हातात धरलेला असताना देखील हे बल प्रयुक्त होतच होते. परंतु आपण हाताने विरुद्ध दिशेने लावत असलेले बल त्याला संतुलित करत होते व तो दगड स्थिर होता. आपण हातातून सोडून दिल्यावर दगडावर केवळ गुरुत्वीय बल प्रयुक्त होत असल्याने त्याच्या प्रभावाने तो दगड खाली पडला. जेव्हा एखादी वस्तू केवळ गुरुत्वीय बलाच्या प्रभावाने गतिमान असेल तर त्या गतीला मुक्त पतन म्हणतात. म्हणजे दगडाचे मुक्त पतन होते. मुक्त पतनात आरंभीचा वेग शून्य असतो व कालानुसार गुरुत्वीय त्वरणामुळे तो वाढत जातो. पृथ्वीवर मुक्त पतनाच्या वेळी हवेशी होणाऱ्या घर्षणामुळे वस्तूच्या गतीला विरोध होतो व वस्तूवर प्लावक बलही कार्य करते. म्हणून खऱ्या अर्थाने मुक्त पतन हे हवेत होऊ शकत नाही. ते केवळ निर्वाततातच शक्य आहे.

मुक्त पतनात वस्तूचा जमिनीवर पडतानाचा वेग व त्यास लागणारा कालावधी आपण न्यूटनची समीकरणे वापरून काढू शकतो. मुक्त पतनासाठी त्वरण हे g असते व आरंभीचा वेग u शून्य असतो हे लक्षात घेऊन ही समीकरणे खालीलप्रमाणे आहेत.

$$v = g\,t$$

$$s = \frac{1}{2} g\,t^2$$

$$v^2 = 2\,g\,s$$

सरळ वर फेकलेल्या वस्तूच्या गतीचा अभ्यास करताना g चे मूल्य g ऐवजी $-g$ धरावे लागेल कारण या गतीत त्वरण हे वेगाच्या विरुद्ध दिशेने असते. g चे परिमाण तेवढे असले तरी या त्वरणामुळे दगडाचा वेग वाढत नसून कमी होत असतो. चंद्र व कृत्रिम उपग्रह देखील केवळ पृथ्वीच्या गुरुत्वीय बलाच्या प्रभावाखाली गतिशील असतात. त्यामुळे तेही मुक्त पतनाचे उदाहरण आहे.

माहीत आहे का तुम्हांला?

पृथ्वीवरील एका स्थानावर g चे मूल्य सगळ्या वस्तूंसाठी एकसमान असते. म्हणून कुठल्याही दोन वस्तू, एकाच उंचीवरून सोडल्यास, एकाच वेळेस जमिनीवर पोहोचतात. त्यांचे वस्तुमान व इतर कुठल्याही गुणधर्मांचा या कालावधीवर परिणाम होत नाही. असे म्हटले जाते की गॅलिलिओने सुमारे इ.स. 1590 मध्ये इटली देशातील पीसा या शहरात एक प्रयोग केला. दोन वेगवेगळ्या वस्तुमानाचे गोल तेथील झुकलेल्या मनोऱ्यावरून एकाच वेळेस खाली सोडले तर ते एकाच वेळेस जमिनीवर पडतात हे सिद्ध केले.

आपण एक जड दगड व एक पीस जर उंचावरून एकाच वेळेस सोडले तर ते एकाच वेळेस जमिनीवर पोहोचताना दिसत नाहीत. पिसाचे हवेशी होत असलेल्या घर्षणामुळे व प्रयुक्त होणाऱ्या प्लावक बलामुळे पीस तरंगत हळूहळू खाली येते व जमिनीवर उशिरा पोहोचते. हवेमुळे प्रयुक्त होणारे बल दगडाच्या वजनापेक्षा खूप कमी असते व दगडाच्या गतीवर परिणाम करण्यास कमी पडते. तथापि शास्त्रज्ञांनी हा प्रयोग निर्वाततात केला असून दगड व पीस दोन्ही वस्तू एकाच वेळेस जमिनीवर पोहोचतात हे सिद्ध केले आहे.

संदर्भासाठी पहा : https://www.youtube.com/watch?v=eRNC5kcvINA

उदाहरण 1. एक 3 kg वस्तुमानाचा लोहगोल 125 m उंचीवरून खाली पडला. g चे मूल्य 10 m/s^2 आहे असे धरून, खालील राशींचे मूल्य काढा.
(अ) जमिनीपर्यंत पोहोचण्यासाठी लागलेला कालावधी
(ब) जमिनीपर्यंत पोहोचताना असलेला वेग
(क) अर्ध्या वेळेस असलेली त्याची उंची

दिलेली माहिती : लोहगोलाचे वस्तुमान = m= 3 kg, कापलेले एकूण अंतर = s = 125 m, आरंभीचा वेग = u = 0, त्वरण = a = g = 10 m/s^2

(अ) न्यूटनच्या दुसऱ्या समीकरणाप्रमाणे

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

$$\therefore 125 = 0t + \frac{1}{2} \times 10 \times t^2 = 5t^2$$

$$t^2 = \frac{125}{5} = 25$$

$$t = 5 \text{ s}$$

लोहगोल 5 सेकंदात जमिनीपर्यंत पोहोचेल.

(ब) न्यूटनच्या पहिल्या समीकरणाप्रमाणे

अंतिम वेग = v = u + a t
= 0 + 10 x 5
= 50 m/s

लोहगोलाचा जमिनीवर पोहोचतानाचा वेग 50 m/s असेल.

(क) एकूण वेळेचा अर्धा वेळ = $t = \frac{5}{2} = 2.5$ s

त्या वेळेस लोहगोलाने कापलेले अंतर = s

न्यूटनच्या दुसऱ्या समीकरणाप्रमाणे

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

$$s = 0 + \frac{1}{2} 10 \times (2.5)^2 = 31.25 \text{ m.}$$

अर्ध्या वेळेस लोहगोलाची उंची
= 125−31.25 = 93.75 m

उदाहरण 2. एक टेनिसचा चेंडू वर फेकला व तो 4.05 m उंची पर्यंत पोचून खाली आला. त्याचा सुरुवातीचा वेग किती होता? त्याला खाली येण्यास एकूण किती वेळ लागेल? g चे मूल्य 10 m/s^2.

दिलेली माहिती :

चेंडूचा वर जाताना अंतिम वेग, v = 0
चेंडूने पार केलेले अंतर, s = 4.05 m
चेंडूचे त्वरण, a = − g = −10 m/s^2

न्यूटनच्या तिसऱ्या समीकरणाप्रमाणे

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

$$0 = u^2 + 2(-10) \times 4.05$$

$$\therefore u^2 = 81$$

u = 9 m/s चेंडूचा आरंभीचा वेग = 9 m/s

आता आपण चेंडूची खाली येतानाची क्रिया बघू या. समजा की, चेंडू t वेळात खाली येतो. आता चेंडूचा आरंभीचा वेग = 0 m/s, चेंडूने पार केलेले अंतर = 4.05 m व चेंडूचा वेग व त्याचे त्वरण एकाच दिशेत असल्याने,

a = g = 10 m/s^2.

न्यूटनच्या दुसऱ्या समीकरणाप्रमाणे......

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

$$4.05 = 0 + \frac{1}{2} 10 t^2$$

$$t^2 = \frac{4.05}{5} = 0.81, \quad t = 0.9 \text{ s}$$

चेंडूला खाली येण्यास 0.9 सेकंद लागतील. त्याला वर जाण्यासही तितकाच वेळ लागेल.

चेंडूला लागणारा एकूण वेळ = 2 x 0.9 = 1.8 s

जरा डोके चालवा.

न्यूटनच्या गुरूत्वाकर्षणाच्या नियमाप्रमाणे अधिक वस्तुमान असलेल्या वस्तूवर पृथ्वीचे गुरूत्वीय बल अधिक असते. मग ती वस्तू कमी वस्तुमान असलेल्या वस्तूहून अधिक वेगाने खाली का पडत नाही?

गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा (Gravitational potential energy)

मागील इयत्तेत आपण स्थितिज ऊर्जेबद्दल शिकलो होतो. वस्तूच्या विशिष्ट स्थितीमुळे किंवा स्थानामुळे त्यात जी ऊर्जा सामावलेली असते, तिला स्थितिज ऊर्जा म्हणतात. ही ऊर्जा सापेक्ष असते व पृष्ठभागापासून वस्तूची उंची वाढल्यास ती वाढत जाते याची माहिती आपण घेतली आहे. m वस्तुमान असलेल्या व पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून h एवढ्या उंचीवर असलेल्या वस्तूची गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा mgh असते व पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर ती शून्य असते असे आपण गृहित धरले होते. h चे मूल्य पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या तुलनेत अगदी कमी असताना g चे मूल्य आपण स्थिर धरू शकतो व वरील सूत्र (mgh) वापरू शकतो. परंतु h चे मूल्य अधिक असताना g चे मूल्य उंचीप्रमाणे कमी होत जाते. वस्तू पृथ्वीपासून अनंत अंतरावर असताना g चे मूल्य शून्य असते व वस्तूवर पृथ्वीचे गुरुत्वीय बल कार्य करीत नाही. यामुळे तेथे वस्तूची गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा शून्य घेणे अधिक योग्य ठरते. अर्थात अंतर त्याहून कमी असल्यास स्थितिज ऊर्जा शुन्याहून कमी अर्थात ऋण घेतली जाते.

वस्तू पृथ्वीच्या पृष्ठभापासून h उंचीवर असताना तिची गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा $-\frac{GMm}{R+h}$ एवढी घेतली जाते. येथे M व R हे अनुक्रमे पृथ्वीचे वस्तुमान व त्रिज्या आहेत.

मुक्तिवेग (Escape velocity)

चेंडू वर फेकल्यावर त्याचा वेग कमी होत जातो व हे पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे होते हे आपण पाहिले. एका विशिष्ट उंचीवर जाऊन त्याचा वेग शून्य होतो व तेथून तो खाली पडू लागतो. त्याची कमाल उंची त्याच्या आरंभी वेगावर अवलंबून असते. न्यूटनच्या तिसऱ्या समीकरणाप्रमाणे,

$v^2 = u^2 + 2\,a\,s$

v = चेंडूचा अंतिम वेग = 0 व $a = -g$

$\therefore\ 0 = u^2 + 2(-g)s$ म्हणून चेंडूची कमाल उंची = $s = \frac{u^2}{(2\,g)}$

म्हणून चेंडूचा सुरुवातीचा वेग जितका जास्त तितका चेंडू जास्त उंचीवर जाईल. ह्याचे कारण म्हणजे सुरुवातीचा वेग जितका अधिक असेल तितका जास्त तो चेंडू पृथ्वीच्या आकर्षणाचा प्रतिकार करू शकेल व तितका जास्त वर जाऊ शकेल.

आपण वर पाहिल्याप्रमाणे g चे मूल्य भूपृष्ठापासूनच्या उंचीनुसार कमी होत जाते. म्हणून उंचावर गेल्यावर चेंडूवरील पृथ्वीचे आकर्षण कमी होते. आपण चेंडूचा आरंभीचा वेग वाढवत गेलो तर तो अधिकाधिक उंच जाईल व एक विशिष्ट आरंभ वेग असा असेल की त्या वेगाने वर फेकलेला चेंडू पृथ्वीच्या गुरुत्वीय आकर्षणावर मात करू शकेल व तो परत पृथ्वीवर पडणार नाही. आरंभ वेगाच्या या विशिष्ट मूल्यास मुक्तिवेग (v_{esc}) म्हणतात, कारण या वेगाने वर फेकलेली वस्तू पृथ्वीच्या गुरुत्वीय आकर्षणापासून मुक्त होऊ शकेल. मुक्तिवेगाचे सूत्र आपण ऊर्जा अक्षय्यतेचा सिद्धांत वापरून पुढीलप्रमाणे काढू शकतो.

आरंभवेग मुक्तिवेगाएवढा असलेली, पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून सरळ वर जाणारी वस्तू पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणापासून मुक्त होते. गुरुत्वाकर्षणाचे बल अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्तानुपातात असल्याने ते बल अनंत अंतरावरच शून्य होते. म्हणजे वस्तूला या बलापासून मुक्त होण्यासाठी अनंत अंतरावर जावे लागते. म्हणजे वस्तू अनंत अंतरावर जाऊन स्थिर होईल.

m वस्तुमान असलेल्या वस्तूची

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील

अ. गतिज ऊर्जा = $\frac{1}{2}mv^2_{esc}$

ब. स्थितिज ऊर्जा = $-\frac{GMm}{R}$

क. एकूण ऊर्जा E_1 = गतिज ऊर्जा + स्थितिज ऊर्जा

$= \frac{1}{2}mv^2_{esc} - \frac{GMm}{R}$

अनंत अंतरावरील

अ. गतिज ऊर्जा = 0

ब. स्थितिज ऊर्जा = $-\frac{GMm}{\infty} = 0$

क. एकूण ऊर्जा E_2 = गतिज ऊर्जा + स्थितिज ऊर्जा = 0

ऊर्जेच्या अक्षय्यतेप्रमाणे $E_1 = E_2$

$$\frac{1}{2} mv^2_{esc} - \frac{GMm}{R} = 0$$

$$v^2_{esc} = \frac{2\,GM}{R}$$

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2\,GM}{R}}$$

$$= \sqrt{2\,g\,R}$$

$$= \sqrt{(2 \times 9.8 \times 6.4 \times 10^6)} \quad = 11.2 \text{ km/s}$$

चंद्रावर किंवा दुसऱ्या ग्रहांवर पाठवल्या जाणाऱ्या अवकाशयानांचा आरंभीचा वेग मुक्तिवेगापेक्षा अधिक असणे आवश्यक असते, जेणेकरून ती याने पृथ्वीचे गुरुत्वाकर्षण पार करून इतर ग्रहांकडे जाऊ शकतील.

सोडवलेली उदाहरणे

उदाहरण. चंद्राचे वस्तुमान व त्रिज्या अनुक्रमे 7.34 x 10^{22} kg व 1.74 x 10^6 m आहे. चंद्रावरील मुक्तिवेग काढा.

दिलेली माहिती : चंद्राचे वस्तुमान M = 7.34 x 10^{22} kg, त्याची त्रिज्या R = 1.74 x 10^6 m व

$G = 6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$

$$\text{मुक्तिवेग} = v_{esc} = \sqrt{\frac{2\,GM}{R}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 7.34 \times 10^{22}}{1.74 \times 10^6}}$$

= 2.37 km/s चंद्रावरील मुक्तिवेग 2.37 km/s.

माहीत आहे का तुम्हांला ?

अवकाशातील वजनहीनता

अवकाशयानातील प्रवासी व वस्तू तरंगत आहेत असे दिसून येते. हे कशामुळे होते? अवकाशयान पृथ्वीपासून उंचावर असले तरीही तेथे g चे मूल्य शून्य असत नाही. अवकाश स्थानकावर g चे मूल्य पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील मूल्याच्या तुलनेत केवळ 11% ने कमी असते. त्यामुळे अवकाशयानांची उंची हे वजनहीनतेचे कारण नसते. त्यांची वजन विरहीत अवस्था ही त्यांच्या व अवकाशयानांच्या मुक्त पतनाच्या अवस्थेमुळे असते. यानाच्या कक्षेतील वेगामुळे जरी ते प्रत्यक्षात पृथ्वीवर पडत नसले तरी त्यांच्यावर केवळ गुरुत्वीय बलच प्रयुक्त होत असल्याने ते मुक्त पतनच करीत असतात. मुक्त पतनाचा वेग वस्तूच्या गुणधर्मावर अवलंबून नसल्याने प्रवासी, यान व त्यातील वस्तू समान वेगाने मुक्त पतन करीत असतात. त्यामुळे एखादी वस्तू हातातून सोडल्यावर प्रवाशाच्या सापेक्ष ती स्थिर राहते व वजनरहीत असल्याचे जाणवते.

स्वाध्याय

1. **खालील तक्त्यातील तीनही स्तंभातील नोंदी मधील संबंध लक्षात घेऊन त्याप्रमाणे तक्ता परत लिहा.**

I	II	III
वस्तुमान	m/s^2	केंद्राजवळ शून्य
वजन	kg	जडत्वाचे माप
गुरुत्व त्वरण	Nm^2/kg^2	संपूर्ण विश्वात सारखे
गुरुत्व स्थिरांक	N	उंचीवर अवलंबून आहे.

2. **खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.**

अ. वजन व वस्तुमान यातील फरक काय आहे? एखाद्या वस्तूचे पृथ्वीवरील वस्तुमान व वजन मंगळावरही तेवढेच असतील का? का?

आ. मुक्त पतन, गुरुत्व त्वरण, मुक्ति वेग व अभिकेंद्री बल म्हणजे काय?

इ. केप्लरचे तीन नियम लिहा. त्यामुळे न्यूटनला आपला गुरुत्व सिद्धांत मांडण्यात कशी मदत झाली?

ई. एक दगड u वेगाने वर फेकल्यावर h उंची पर्यंत पोचतो व नंतर खाली येतो. सिद्‌ध करा की त्याला वर जाण्यास जितका वेळ लागतो तितकाच वेळ खाली येण्यास लागतो.

उ. समजा की g चे मूल्य अचानक दुप्पट झाले तर, एका जड वस्तूला जमिनीवरून ओढून नेणे दुपटीने अधिक कठीण होईल का? का?

3. पृथ्वीच्या केंद्रावर 'g' चे मूल्य शून्य असते याविषयी स्पष्टीकरण लिहा.

4. सिद्‌ध करा की, एका ताऱ्यापासून R अंतरावर असलेल्या ग्रहाचा परिभ्रमणकाल T आहे. जर तोच ग्रह 2R अंतरावर असल्यास त्याचा परिभ्रमणकाल $\sqrt{8}$ T असेल.

5. उदाहरणे सोडवा.

अ. जर एका ग्रहावर एक वस्तू 5 m वरून खाली येण्यास 5 सेकंद घेत असेल तर त्या ग्रहावरील गुरुत्व त्वरण किती?

उत्तर: $g = 0.4\ m/s^2$

आ. ग्रह 'क' ची त्रिज्या 'ख' ग्रहाच्या त्रिज्येच्या अर्धी आहे. 'क' चे वस्तुमान M_A आहे. जर 'ख' ग्रहावरील g चे मूल्य 'क' ग्रहावरील मूल्याच्या अर्धे असेल तर 'ख' ग्रहाचे वस्तुमान किती असेल?

उत्तर : $2\ M_A$

इ. एका वस्तूचे वस्तुमान व पृथ्वीवरील वजन अनुक्रमे 5 kg व 49 N आहेत. जर चंद्रावर g चे मूल्य पृथ्वीच्या एक षष्ठांश असेल तर त्या वस्तूचे वस्तुमान व वजन चंद्रावर किती असेल?

उत्तर : 5 kg व 8.17 N

ई. एक वर फेकलेली वस्तू 500 मी उंचीपर्यंत जाते. तिचा आरंभीचा वेग किती असेल? त्या वस्तूस वर जाऊन परत खाली येण्यास किती वेळ लागेल? $g = 10\ m/s^2$

उत्तर : 100 m/s, 20 s

उ. एक चेंडू टेबलावरून खाली पडतो व 1 सेकंदात जमिनीवर पोचतो. $g = 10\ m/s^2$ असेल तर टेबलाची उंची व चेंडूचा जमिनीवर पोहोचतानाचा वेग किती असेल?

उत्तर : 5 m, 10 m/s

ऊ. पृथ्वी व चंद्र यांची वस्तुमाने अनुक्रमे 6×10^{24} kg व 7.4×10^{22} kg आहेत व त्या दोन्हीमधील अंतर 3.84×10^5 km आहे. त्या दोन्हीमधील गुरुत्व बल किती असेल? दिलेले $G = 6.7 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$.

उत्तर : 2×10^{20} N

ए. पृथ्वीचे वजन 6×10^{24} kg आहे व तिचे सूर्यापासूनचे अंतर 1.5×10^{11} m आहे. जर त्या दोन्हीमधील गुरुत्व बल 3.5×10^{22} N असेल तर सूर्याचे वस्तुमान किती?

उत्तर : 1.96×10^{30} kg

उपक्रम :

तुमच्या पाच मित्रांची वजने घ्या. त्यांची चंद्रावरील आणि मंगळावरील वजने किती असतील ते शोधा.

H6GNY1

2. मूलद्रव्यांचे आवर्ती वर्गीकरण

- मूलद्रव्य व मूलद्रव्यांचे वर्गीकरण
- न्यूलँड्सचा अष्टकांचा नियम
- आधुनिक आवर्तसारणी
- डोबरायनरची त्रिके
- मेंडेलीव्हची आवर्तसारणी

थोडे आठवा.

1. द्रव्याचे प्रकार कोणते ?
2. मूलद्रव्यांचे प्रकार कोणते ?
3. द्रव्याच्या लहानात लहान कणांना काय म्हणतात ?
4. मूलद्रव्ये व संयुगे यांच्या रेणूंमध्ये काय फरक असतो ?

मूलद्रव्यांचे वर्गीकरण (Classification of elements)

पूर्वीच्या इयत्तांमध्ये आपण शिकलो आहोत की एका मूलद्रव्याचे सर्व अणू हे एकाच प्रकारचे असतात. आजमितीस विज्ञान जगताला 118 मूलद्रव्ये ज्ञात झाली आहेत. मात्र इसवी सन 1800 च्या सुमारास फक्त 30 मूलद्रव्ये ज्ञात होती. काळाच्या ओघात अधिकाधिक मूलद्रव्यांचा शोध लागत गेला. या मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांविषयी अधिकाधिक माहिती साठत गेली. मोठ्या संख्येने असलेल्या या मूलद्रव्यांचा अभ्यास सोपा व्हावा यासाठी त्यांच्या विषयीच्या प्रचंड माहितीमध्ये काही आकृतिबंध आहे का हे वैज्ञानिक तपासू लागले. तुम्हाला माहीत आहे की सुरुवातीच्या वर्गीकरणात मूलद्रव्यांचे धातू व अधातू असे गट पाडले होते. पुढील काळात मूलद्रव्यांचा धातुसदृश नावाचा आणखी एक वर्ग लक्षात आला. मूलद्रव्ये व त्यांचे गुणधर्म या विषयीचे ज्ञान जसे वाढू लागले तसे वेगवेगळ्या वैज्ञानिकांनी वर्गीकरणाच्या इतर अनेक पद्धती शोधण्याचे प्रयत्न सुरू केले.

डोबरायनरची त्रिके (Dobereiner's Triads)

सन 1817 मध्ये डोबरायनर या जर्मन वैज्ञानिकाने मूलद्रव्यांचे गुणधर्म व त्यांची अणुवस्तुमाने यात संबंध असल्याचे सुचवले. त्याने एकसारखे रासायनिक गुणधर्म असणाऱ्या प्रत्येकी तीन मूलद्रव्यांचे गट पाडून त्यांना त्रिके असे नाव दिले. एका त्रिकामधील तीन मूलद्रव्यांची मांडणी त्याने अणुवस्तुमानांच्या चढत्या क्रमाने केली व दाखवले की मधल्या मूलद्रव्याचे अणुवस्तुमान हे अंदाजे इतर दोन मूलद्रव्यांच्या अणुवस्तुमानांच्या सरासरीइतके असते. मात्र सर्व ज्ञात मूलद्रव्यांचे वर्गीकरण डोबेरायनरच्या त्रिकांमध्ये होऊ शकले नाही.

अ. क्र.	त्रिक	मूलद्रव्य -1 प्रत्यक्ष अणुवस्तुमान (a)	मूलद्रव्य - 2		मूलद्रव्य -3 प्रत्यक्ष अणुवस्तुमान(c)
			सरासरी = $\frac{a+c}{2}$	प्रत्यक्ष अणुवस्तुमान	
1	Li, Na,K	लिथिअम (Li) 6.9	सोडिअम $\frac{6.9 + 39.1}{2} = 23.0$	(Na) 23.0	पोटॅशिअम (K) 39.1
2	Ca, Sr, Ba	कॅल्शिअम (Ca) 40.1	स्ट्रॉन्शिअम $\frac{40.1 + 137.3}{2} = 88.7$	(Sr) 87.6	बेरिअम (Ba) 137.3
3	Cl, Br, I	क्लोरीन (Cl) 35.5	ब्रोमीन $\frac{35.5 + 126.9}{2} = 81.2$	(Br) 79.9	आयोडिन (I) 126.9

2.1 डोबरायनरची त्रिके

सांगा पाहू !

सारखे रासायनिक गुणधर्म असलेल्या मूलद्रव्यांच्या पुढे दिलेल्या गटांमधून डोबेरायनरची त्रिके ओळखा. (कंसात अणुवस्तुमानांक) 1. Mg (24.3), Ca (40.1), Sr (87.6) 2. S (32.1), Se (79.0), Te (127.6) 3. Be (9.0), Mg (24.3), Ca (40.1)

न्यूलँड्सच्या अष्टकांचा नियम (Newlands' Law of Octaves)

इंग्लिश वैज्ञानिक जॉन न्यूलँड्स याने एका वेगळ्या मार्गाने अणुवस्तुमानांचा सहसंबंध मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांशी जोडला. सन 1866 मध्ये न्यूलँड्सने त्याकाळी ज्ञात असलेली मूलद्रव्ये त्यांच्या अणुवस्तुमानांच्या चढत्या क्रमानुसार मांडली. याची सुरुवात सर्वात हलक्या हायड्रोजन या मूलद्रव्याने झाली, तर शेवट थोरिअमने झाला. त्याला दिसले की प्रत्येक आठव्या मूलद्रव्याला पहिल्या मूलद्रव्यासारखे गुणधर्म होते. जसे सोडिअम हे लिथिअमपासून आठवे मूलद्रव्य असून दोघांचे गुणधर्म एकसारखे आहेत. तसेच मॅग्नेशिअमचे बेरिलिअमशी साधर्म्य असून क्लोरीनचे फ्ल्युओरीनशी साधर्म्य आहे. न्यूलँड्सने या सारखेपणाची तुलना संगीतातील अष्टकांशी (सप्तकांशी) केली. त्याने आठव्या व पहिल्या मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांमध्ये दिसून येणाऱ्या सारखेपणाला अष्टकांचा नियम असे म्हटले.

माहीत आहे का तुम्हांला ?

भारतीय संगीत प्रणालीमध्ये सा, रे, ग, म, प, ध, नी हे सात मुख्य स्वर आहेत व त्यांच्या समूहाला सप्तक म्हणतात. 'सा' पासून स्वरांची वारंवारता वाढत जाऊन 'नी' स्वर येतो. त्यानंतर मूळ 'सा' च्या दुप्पट वारंवारतेवर पुन्हा वरच्या सप्तकातील 'सा' स्वर येतो. म्हणजे सप्तक पूर्ण झाल्यावर स्वरांची पुनरावृत्ती होते. पाश्चात्य संगीतात do, re, mi, fa, sol, la, ti हे सात स्वर आहेत व आठव्या स्थानावर दुप्पट वारंवारतेचा do स्वर पुन्हा येतो. हे पाश्चात्य स्वरांचे अष्टक होय. स्वरांच्या वैविध्यपूर्ण उपयोगातून संगीताची निर्मिती होते.

संगीतातील स्वर	डो (सा)	रे (रे)	मी (ग)	फा (म)	सो (प)	ला (ध)	टी (नी)
मूलद्रव्ये	H F Cl Co व Ni Br	Li Na K Cu Rb	Be Mg Ca Zn Sr	B Al Cr Y Ce व La	C Si Ti In Zr	N P Mn As	O S Fe Se

2.2 न्यूलँड्सची अष्टके

न्यूलँड्जच्या अष्टकांच्या नियमात खूप त्रुटी आढळून आल्या. हा नियम फक्त कॅल्शिअमपर्यंत लागू होत होता. न्यूलँड्जने सर्व ज्ञात मूलद्रव्ये 7 x 8 अशा 56 रकान्यांच्या तक्त्यात बसविली. ज्ञात असलेल्या सर्व मूलद्रव्यांना तक्त्यात सामावून घेण्यासाठी न्यूलँड्सने काही जागांवर दोन-दोन मूलद्रव्ये बसविली. उदा. Co व Ni , Ce व La. याशिवाय त्याने काही भिन्न गुणधर्मांची मूलद्रव्ये अष्टकातील एकाच स्वराखाली ठेवली. उदा. Co व Ni या धातूंना न्यूलँडसने डो या स्वराखाली Cl व Br या हॅलोजनांबरोबर ठेवले. या उलट Co व Ni यांच्याशी साधर्म्य असणाऱ्या Fe ला त्यांच्यापासून लांब O व S या अधातूंबरोबर 'टी' या स्वराखाली ठेवले. तसेच नव्याने शोध लागलेल्या मूलद्रव्यांना सामावून घेण्याची तरतूद न्यूलँड्सच्या अष्टकात नव्हती. नंतरच्या काळात शोध लागलेल्या नव्या मूलद्रव्यांचे गुणधर्म न्यूलँड्सच्या अष्टकांच्या नियमात बसले नाहीत.

मेंडेलीव्हची आवर्तसारणी (Mendeleev's Periodic table)

दिमित्री मेंडेलीव्ह या रशियन वैज्ञानिकाने इसवी सन 1869 ते 1872 या काळात मूलद्रव्यांची आवर्तसारणी विकसित केली. मेंडेलीव्हची आवर्तसारणी म्हणजे मूलद्रव्यांच्या वर्गीकरणातील सर्वात महत्वाची पायरी आहे. अणुवस्तुमान हा मूलद्रव्यांचा मूलभूत गुणधर्म प्रमाण मानून मेंडेलीव्हने त्याकाळी ज्ञात असलेली 63 मूलद्रव्ये त्यांच्या अणुवस्तुमानांच्या चढत्या क्रमाने मांडली. या मूलद्रव्यांच्या भौतिक व रासायनिक गुणधर्मानुसार मेंडेलीव्हने मूलद्रव्यांच्या आवर्तसारणीची रचना केली.

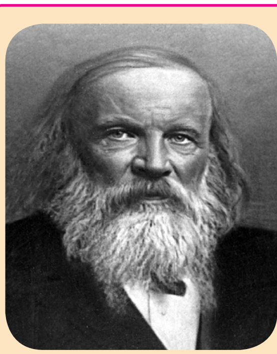
मूलद्रव्यांच्या आवर्तसारणीची रचना करताना, मेंडेलीव्हने मूलद्रव्यांच्या हायड्रोजन व ऑक्सीजन बरोबर झालेल्या हायड्राइड व ऑक्साइड संयुगांची रेणूसूत्रे हे रासायनिक गुणधर्म आणि मूलद्रव्यांचे तसेच त्यांच्या हायड्राइड व ऑक्साइड या संयुगांचे द्रवणांक, उत्कलनांक व घनता हे भौतिक गुणधर्म विचारात घेतले. मेंडेलीव्हला असे दिसून आले की ठराविक अवधीनंतर भौतिक व रासायनिक गुणधर्मांमध्ये सारखेपणा असलेल्या मूलद्रव्यांची पुनरावृत्ती होते. या निरीक्षणाच्या आधारे मेंडेलीव्ह यांनी पुढील आवर्ती नियमाचे प्रतिपादन केले. **मूलद्रव्यांचे गुणधर्म हे त्यांच्या अणुवस्तुमानांचे आवर्तीफल असतात.**

मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीमधील उभ्या स्तंभांना 'गण' म्हणतात तर आडव्या ओळींना 'आवर्त' म्हणतात.

श्रेणी ↓	गण I – R^2O	गण II – RO	गण III – R^2O^3	गण IV RH^4 RO^2	गण V RH^3 R^2O^5	गण VI RH^2 RO^3	गण VII RH R^2O^7	गण VIII – RO^4
1	H=1							
2	Li=7	Be=9.4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27.3	Si=28	P=31	S=32	Cl= 35.5	
4	K=39	Ca=40	– = 44	Ti= 48	V=51	Cr= 52	Mn=55	Fe=56, Co=59 Ni=59, Cu=63
5	(Cu=63)	Zn=65	–=68	–=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	–=100	Ru=104,Rh=104 Pd=106,Ag=108
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	–	–	–	––––
9	(–)	–	–	–	–	–	–	
10	–	–	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	–	Os=195, Ir=197 Pt=198, Au=199
11	(Au=199)	Hg=200	Ti=204	Pb=207	Bi= 208	–	–	
12	–	–	–	Th=231	–	U=240	–	–––

2.3 मेंडेलीव्हची आवर्तसारणी

(मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीत वरच्या भागात संयुगांची सर्वसाधारण रेणुसूत्रे R^2O, R^2O^3 या पद्धतीने दर्शविलेली आहेत. येथे R म्हणजे संबंधित मूलद्रव्य होय. प्रचलित पद्धतीत ही रेणुसूत्रे R_2O, R_2O_3 अशी लिहितात.)


दिमित्री मेंडेलीव्ह

परिचय शास्त्रज्ञांचा

दिमित्री मेंडेलीव्ह (1834-1907) हे सेंट पीटर्सबर्ग विद्यापीठात प्राध्यापक होते. त्यांनी मूलद्रव्यांच्या अभ्यासाच्या हेतूने प्रत्येक ज्ञात मूलद्रव्यासाठी एकेक कार्ड बनवून त्यावर मूलद्रव्याचे अणुवस्तुमान दर्शवून अणुवस्तुमान व गुणधर्म यांच्या आधारे कार्डांची जी जुळणी केली त्यातून मूलद्रव्यांच्या आवर्तसारणीचा शोध लागला.

विचार करा.

1. मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीत अनेक रिकाम्या जागा सोडलेल्या आहेत. त्यापैकी काही ठिकाणी अणुवस्तुमानाचे भाकित केलेले दिसते. भाकित केलेली तीन अणुवस्तुमाने त्यांच्या गण व आवर्तासहित सांगा.
2. काही मूलद्रव्यांची नावे अनिश्चित असल्याने त्यांच्या संज्ञेमागे प्रश्नचिन्ह दर्शवले आहे. अशा संज्ञा कोणत्या ?

मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीचे गुण (Merits of Mendeleev's periodic table)

विज्ञान हे प्रगतिशील आहे. प्रयोग करण्याची अधिक प्रगत साधने व पद्‌धती वापरून जुना निष्कर्ष सुधारण्याची मुभा विज्ञानात आहे. मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीमध्ये विज्ञानाची ही वैशिष्ट्ये स्पष्ट दिसतात.

मूलद्रव्याचे गुणधर्म त्याच्या अणुवस्तुमानाचे आवर्तीफल आहेत हा नियम सर्व ज्ञात मूलद्रव्यांना लागू करताना मेंडेलीव्हने आतापर्यंत उपलब्ध असलेली माहिती ही अंतिम नसून त्यात बदल होऊ शकतो, अशा विचारातून मांडणी केली. याचा परिणाम म्हणून मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीत पुढील गुण दिसून येतात.

1. गुणधर्मांप्रमाणे आवर्तसारणीत योग्य स्थान देता यावे म्हणून काही मूलद्रव्यांचे अणुवस्तुमान पुन्हा तपासून दुरूस्त करण्यात आले. उदा. बेरिलिअमचे आधी ठरविलेले 14.09 हे अणुवस्तुमान बदलून 9.4 असे दुरुस्त केले, व बेरिलिअमला बोरॉनच्या आधीची जागा दिली.
2. मेंडेलीव्हने आवर्तसारणीमध्ये काही जागा तोपर्यंत शोध न लागलेल्या मूलद्रव्यांसाठी रिक्त ठेवल्या. त्यापैकी तीन अज्ञात मूलद्रव्यांना जवळच्या ज्ञात मूलद्रव्यांवरून एका- बोरॉन, एका-ॲल्युनिअम व एका-सिलिकॉन अशी नावे देऊन मेंडेलीव्हने त्यांची अणुवस्तुमाने अनुक्रमे 44, 68 व 72 असतील असे दर्शवले. इतकेच नव्हे तर त्यांच्या गुणधर्मांचेही भाकित केले. पुढे या मूलद्रव्यांचा शोध लागून त्यांना अनुक्रमे स्कँडिअम (Sc), गॅलिअम (Ga) व जर्मेनिअम (Ge)अशी नावे देण्यात आली. या मूलद्रव्यांचे गुणधर्म मेंडेलीव्हच्या भाकीताशी जुळणारे आढळले. खालील तक्ता 2.4 पहा. या यशामुळे मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीच्या महत्त्वाविषयी सर्वांची खात्री पटली व मूलद्रव्यांच्या वर्गीकरणाची ही पद्‌धत लगेच स्वीकारली गेली.

गुणधर्म	एका – ॲल्युमिनिअम (E) (मेंडेलीव्हचे भाकित)	गॅलिअम (Ga)(प्रत्यक्षातील)
1. अणुवस्तुमान	68	69.7
2. घनता (g/cm^3)	5.9	5.94
3. द्रवणांक (^0C)	कमी	30.2
4. क्लोराइडचे सूत्र	ECl_3	$GaCl_3$
5. ऑक्साइडचे सूत्र	E_2O_3	Ga_2O_3
6. ऑक्साइडचे स्वरूप	उभयधर्मी ऑक्साइड	उभयधर्मी ऑक्साइड

2.4 गॅलिअमचे केलेले भाकित व प्रत्यक्षातील गुणधर्म

3. मेंडेलीव्हच्या मूळ आवर्तसारणीत राजवायूंसाठी जागा राखून ठेवलेली नव्हती. परंतु एकोणीसाव्या शतकाच्या शेवटी हेलिअम, निऑन, अरगॉन, इत्यादी राजवायूंचा शोध लागल्यावर मेंडेलीव्हने मूळ आवर्तसारणीला धक्का न लावता 'शून्य गण' निर्माण केला व त्यात राजवायू बरोबर बसले.

जरा डोके चालवा.

क्लोरीनची Cl-35 व Cl-37 अशी दोन समस्थानिके आहेत. त्यांची अणुवस्तुमाने अनुक्रमे 35 व 37 अशी वेगवेगळी असल्याने मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीत त्यांना वेगवेगळ्या स्थानांवर ठेवणे योग्य ठरेल, की त्यांचे रासायनिक गुणधर्म समान आहेत म्हणून त्यांना एकाच स्थानावर ठेवणे योग्य ठरेल ?

मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीतील त्रुटी (Demerits of Mendeleev's periodic table)

1. कोबाल्ट (Co) व निकेल (Ni) या मूलद्रव्यांचे पूर्णांकी अणुवस्तुमान समान असल्याने त्यांच्या क्रमाबद्दल मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीत संदिग्धता होती.
2. मेंडेलीव्हने आवर्तसारणी मांडल्यानंतर खूप काळाने समस्थानिकांचा शोध लागला. समस्थानिकांचे रासायनिक गुणधर्म समान तर अणुवस्तुमाने भिन्न असल्यामुळे त्यांना मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीत जागा कशा प्रकारे द्यावयाची हे एक मोठे आव्हान उभे राहिले.
3. वाढत्या अणुवस्तुमानाप्रमाणे मांडलेल्या मूलद्रव्यांच्या अणुवस्तुमानांमधील वाढ नियमित दराने होताना दिसत नाही. त्यामुळे दोन जड मूलद्रव्यांच्या मध्ये किती मूलद्रव्यांचा शोध लागेल याचे भाकित करणे मेंडेलीव्हच्या आवर्ती नियमानुसार शक्य नव्हते.
4. हायड्रोजनचे स्थान : हायड्रोजन हा हॅलोजनांशी (गण VII) साम्य दर्शवतो, जसे की हायड्रोजनचे रेणुसूत्र H_2 आहे, तर फ्लुओरिन, क्लोरीन यांची रेणुसूत्रे अनुक्रमे F_2, Cl_2 अशी आहेत. तसेच हायड्रोजन व अल्क धातू (गण I) यांच्या रासायनिक गुणधर्मांमध्येही साधर्म्य आहे. हायड्रोजन व अल्क धातू (Na, K, इत्यादी.) यांनी क्लोरीन व ऑक्सिजन यांच्याबरोबर तयार केलेल्या संयुगांच्या रेणुसूत्रांमध्ये साधर्म्य आहे. वरील गुणधर्मांचा विचार केल्यावर हायड्रोजनची जागा अल्क धातूंच्या गणात (गण I) की हॅलोजनांच्या गणात (गण VII) हे ठरवता येत नाही.

H ची संयुगे	Na ची संयुगे
HCl	NaCl
H_2O	Na_2O
H_2S	Na_2S

2.5 हायड्रोजन व अल्कली धातूंमधील साम्य

मूलद्रव्य (रेणूसूत्र)	धातूंबरोबरील संयुगे	अधातूंबरोबरील संयुगे
H_2 Cl_2	NaH NaCl	CH_4 CCl_4

2.6 हायड्रोजन व हॅलोजनांमधील साम्य

जरा डोके चालवा.

1. मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीचा उपयोग करून पुढील मूलद्रव्यांच्या ऑक्साइडची रेणुसूत्रे काय असतील ते लिहा.
   Na, Si, Ca, C, Rb, P, Ba, Cl, Sn, Ca
2. मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीचा उपयोग करून पुढील मूलद्रव्यांच्या हायड्रोजनबरोबर तयार होणाऱ्या संयुगांची रेणुसूत्रे काय असतील ते लिहा. C, S, Br, As, F, O, N, Cl

आधुनिक आवर्ती नियम (Modern Periodic law)

मेंडेलीव्हने आवर्तसारणी मांडली तेव्हा विज्ञानजगताला अणूच्या अंतरंगाविषयी माहिती नव्हती. इलेक्ट्रॉनचा शोध लागल्यावर अणूमधील इलेक्ट्रॉनांची संख्या व अणुअंक यांच्यातील संबंधाचा वेध वैज्ञानिक घेऊ लागले. मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीत अणुअंक हा केवळ मूलद्रव्यांचा क्रमदर्शक अंक होता.

सन 1913 मध्ये इंग्लिश वैज्ञानिक हेनरी मोजले (Henry Moseley) याने एक्स-रे नलिका वापरून केलेल्या प्रयोगांनी दाखवून दिले की मूलद्रव्याचा अणुअंक (Z) म्हणजेच त्या मूलद्रव्याच्या अणुकेंद्रकावरील धनप्रभार अथवा त्याची प्रोटॉन संख्या होय. मोजलेने अनेक मूलद्रव्यांचे अणुअंक प्रयोगांनी निश्चित केले. त्यामुळे अणुवस्तुमानापेक्षा मूलद्रव्यांचा अधिक मूलभूत गुणधर्म 'अणुअंक' हा आहे हे लक्षात आले. त्यानुसार मेंडेलीव्हच्या आवर्ती नियमात बदल करून आधुनिक आवर्ती नियम मांडला गेला तो असा..

मूलद्रव्यांचे गुणधर्म हे त्यांच्या अणुअंकांचे आवर्तीफल असतात.

आधुनिक आवर्तसारणी: आवर्तसारणीचे दीर्घ रूप
(Modern periodic table : long form of the periodic table)

मूलद्रव्यांची मांडणी त्यांच्या अणुअंकांच्या चढत्या क्रमाने केल्यावर मूलद्रव्यांचे जे वर्गीकरण मिळते, ते म्हणजे ‘आधुनिक आवर्तसारणी’. अणुअंक आधारभूत धरून तयार झालेल्या आधुनिक आवर्तसारणीमुळे मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांचे भाकित अधिक अचूकपणे करता येते. आधुनिक आवर्तसारणीलाच आवर्तसारणीचे दीर्घरूप असेही म्हणतात.

आधुनिक आवर्तसारणीमध्ये मूलद्रव्यांची मांडणी त्यांच्या अणुअंक (Z) नुसार केलेली आहे. (तक्ता क्र. 2.7 पहा.) त्यामुळे मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीतील बऱ्याचशा त्रुटी आधुनिक आवर्तसारणीत नाहीशा झालेल्या दिसतात. मात्र हायड्रोजनच्या स्थानाविषयीचा संदेह आधुनिक आवर्तसारणीमध्ये सुद्‌धा दूर होत नाही.

आपण मागील इयत्तांमध्ये पाहिले आहे की अणूमधील इलेक्ट्रॉन हे केंद्रकाभोवतीच्या कवचांमध्ये ज्या प्रकारे वितरित केलेले असतात ते इलेक्ट्रॉन संरूपण त्यांच्या एकूण संख्येवरून ठरते आणि अणूमधील इलेक्ट्रॉनांची एकूण संख्या ही अणुअंकाइतकीच असते. मूलद्रव्याचा अणुअंक व त्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण यांच्यातील संबंध आधुनिक आवर्तसारणीमध्ये स्पष्टपणे दिसून येतो.

जरा डोके चालवा.

आधुनिक आवर्तसारणीमधील मूलद्रव्यांच्या जागांवरून...

1. कोबाल्ट (^{59}Co) व निकेल (^{59}Ni) यांच्या स्थानांसंदर्भात मेंडेलीव्हच्या आवर्तसारणीत असलेला प्रश्न आधुनिक आवर्तसारणीत कसा सुटला?
2. $^{35}_{17}Cl$ व $^{37}_{17}Cl$ या समस्थानिकांची जागा आधुनिक आवर्तसारणीत कशा प्रकारे निश्चित झाली?
3. क्रोमिअम $^{52}_{24}Cr$ व मँगेनीज $^{55}_{25}Mn$ या दोन मूलद्रव्यांच्या दरम्यान 53 किंवा 54 अणुवस्तुमान असलेले मूलद्रव्य असू शकेल का?
4. आधुनिक आवर्तसारणीत हायड्रोजनला कोठे ठेवावे असे तुम्हाला वाटते? हॅलोजनच्या गण 17 मध्ये की अल्क धातूंच्या गण 1 मध्ये?

आधुनिक आवर्तसारणीची रचना
(Structure of the modern periodic table)

आधुनिक आवर्तसारणीमध्ये सात आडव्या ओळी आहेत, त्या म्हणजेच 1 ते 7 आवर्त. तसेच या सारणीतील अठरा उभे स्तंभ म्हणजेच 1 ते 18 गण होत. आवर्त व गण यांच्या रचनेतून चौकटी तयार होतात. या चौकटींमध्ये वरच्या बाजूला ओळीने अणुअंक दर्शवलेले असतात. प्रत्येक चौकट ही एका मूलद्रव्याची जागा आहे.

सात ओळींव्यतिरिक्त आवर्तसारणीच्या तळाशी आणखी दोन ओळी स्वतंत्रपणे दाखविलेल्या आहेत. त्यांना अनुक्रमे लॅन्थॅनाइड श्रेणी आणि ॲक्टिनाइड श्रेणी असे म्हणतात. दोन श्रेणींसहित आवर्तसारणीमध्ये 118 चौकटी आहेत. म्हणजेच आधुनिक आवर्तसारणीमध्ये 118 मूलद्रव्यांसाठी जागा आहेत. अगदी अलीकडच्या काळात काही मूलद्रव्यांची निर्मिती प्रयोगसिद्‌ध झाल्यामुळे आता ही आवर्तसारणी पूर्ण भरली आहे व सर्व 118 मूलद्रव्ये आता शोधली गेली आहेत.

संपूर्ण आवर्तसारणी एस्-खंड, पी-खंड, डी-खंड व एफ्-खंड अशा चार खंडांमध्ये विभागली आहे. एस्-खंड हा गण 1 व 2 यांचा बनलेला आहे . गण 13 ते गण 18 हे पी-खंडामध्ये येतात. गण 3 ते गण 12 म्हणजे डी-खंड तर तळाच्या लॅन्थॅनाइड आणि ॲक्टिनाइड श्रेणी म्हणजे एफ्-खंड होय. डी-खंडातील मूलद्रव्यांना संक्रमक मूलद्रव्ये म्हणतात. आवर्तसारणीच्या पी-खंडामध्ये एक नागमोडी रेषा दर्शविता येते. या नागमोडी रेषेच्या साहाय्याने मूलद्रव्यांचे पारंपरिक तीन प्रकार आधुनिक आवर्तसारणीमध्ये स्पष्टपणे दाखविता येतात. नागमोडी रेषेच्या किनारीने धातुसदृश मूलद्रव्ये आहेत. नागमोडी रेषेच्या डाव्या बाजूला सर्व धातू असून उजव्या बाजूला सर्व अधातू आहेत.

आधुनिक आवर्तसारणी : मूलद्रव्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण (Modern periodic table : electronic configuration of the elements)

एका आवर्तामध्ये शेजारी-शेजारी असणाऱ्या मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांमध्ये थोडासा फरक असतो, मात्र दूर असणाऱ्या मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांमध्ये खूपच फरक असतो. एका गणातील मूलद्रव्यांच्या रासायनिक गुणधर्मांमध्ये साधर्म्य व प्रवणता (Gradation) दिसून येते. आधुनिक आवर्तसारणीतील गण व आवर्तांची ही वैशिष्ट्ये मूलद्रव्यांच्या इलेक्ट्रॉन संरूपणांमुळे आहेत. एखादे मूलद्रव्य आधुनिक आवर्तसारणीच्या कोणत्या गणात व आवर्तामध्ये ठेवायचे हे त्याच्या इलेक्ट्रॉन संरूपणावरून ठरते.

गण व आवर्तांची वैशिष्ट्ये

मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांची तुलना केली असता आवर्तसारणीतील गण व आवर्तांची वैशिष्ट्ये समजतात. एखाद्या विशिष्ट गणातील सर्व मूलद्रव्यांच्या विविध गुणधर्मांमध्ये साधर्म्य व प्रवणता असते. मात्र एखाद्या विशिष्ट आवर्तामध्ये एका टोकाकडून दुसऱ्या टोकाकडे (उदा. डावीकडून उजवीकडे) जाताना मूलद्रव्यांचे गुणधर्म क्रमाक्रमाने थोडे थोडे बदलत जातात.

गण व इलेक्ट्रॉन संरूपण (Groups and electronic configuration)

सांगा पाहू !

1. आधुनिक आवर्तसारणीचे (तक्ता क्र. 2.7) अवलोकन करून गण 1 मधील मूलद्रव्यांची नावे एकाखाली एक लिहा.
2. या गणातील पहिल्या चार मूलद्रव्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण लिहा.
3. तुम्हाला त्यांच्या इलेक्ट्रॉन संरूपणात कोणता सारखेपणा आढळला?
4. या चार मूलद्रव्यांमध्ये प्रत्येकी किती संयुजा इलेक्ट्रॉन आहेत?

तुम्हाला दिसेल की गण 1 म्हणजेच अल्क धातूंच्या कुलामधील सर्व मूलद्रव्यांच्या संयुजा-इलेक्ट्रॉन्सची संख्या समान आहे. तसेच, दुसऱ्या कोणत्याही एका गणातील मूलद्रव्ये पाहिली तर त्यांच्या संयुजा-इलेक्ट्रॉनांची संख्या एकसमान असल्याचे तुम्हाला दिसेल. उदा. बेरिलिअम (Be), मॅग्नेशिअम (Mg) व कॅल्शिअम (Ca) ही मूलद्रव्ये गण 2 मध्ये म्हणजेच अल्कधर्मी मृदा धातूंच्या कुलामध्ये आहेत. त्यांच्या बाह्यतम कवचात दोन इलेक्ट्रॉन आहेत. तसेच गण 17 मधील म्हणजेच हॅलोजन कुलामधील फ्ल्युओरिन (F) व क्लोरीन (Cl) इत्यादी मूलद्रव्यांच्या बाह्यतम कवचात सात इलेक्ट्रॉन आहेत. कोणत्याही एका गणात वरून खाली जाताना इलेक्ट्रॉनचे एकेक कवच वाढत जाते. यावरून आपल्याला असे म्हणता येईल, की बाह्यतम कवचाचे इलेक्ट्रॉन संरूपण हे आधुनिक आवर्तसारणीतील त्या त्या गणांचे वैशिष्ट्य आहे. मात्र जसे आपण एखाद्या गणात वरून खाली जातो तशी कवचांची संख्या वाढत जाते.

माहीत आहे का तुम्हांला?

अणुअंक 92 असलेल्या युरेनिअम ह्या मूलद्रव्यानंतरची सर्व मूलद्रव्ये (अणुअंक 93 ते 118) ही मानवनिर्मित आहेत. ही सर्व मूलद्रव्ये किरणोत्सारी व अस्थायी असून त्यांचे आयुष्यमान खूप कमी आहे.

आधुनिक आवर्तसारणीत..

1. मूलद्रव्ये त्यांच्या चढत्या अणुक्रमांकाप्रमाणे मांडली आहेत.
2. उभ्या स्तंभांना गण म्हणतात. एकूण गण 18 आहेत. एका गणातील मूलद्रव्यांच्या रासायनिक गुणधर्मांमध्ये साधर्म्य व प्रवणता असते.
3. आडव्या ओळींना आवर्त असे म्हणतात. एकूण 7 आवर्त आहेत. एका आवर्तामध्ये एका टोकाकडून दुसऱ्या टोकाकडे जाताना मूलद्रव्यांचे गुणधर्म हळूहळू बदलत जातात.

S– खंड

2.7 तक्ता : आधुनिक आवर्तसारणी

P– खंड

अणुअंक
संज्ञा
इलेक
अणुवस्तुमान

d– खंड

f – खंड

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.003
	3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012											5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
	11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305											13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948
	19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.631	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.972	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798
	37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Sliver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.711	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.294
	55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.328	57-71 *	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Ir Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platinum 195.085	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [208.982]	85 At Astatine 209.987	86 Rn Radon 222.018
	87 Fr Francium 223.020	88 Ra Radium 226.025	89-103 #	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [278]	110 Ds Darmstadtium [281]	111 Rg Roentgenium [280]	112 Cn Copernicium [285]	113 Nh Nihomium [286]	114 Fl Flerovium [289]	115 Mc Moscovium [289]	116 Lv Livermorium [293]	117 Ts Tennessine [294]	118 Og Oganesson [294]

*	57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.242	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolihium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.055	71 Lu Lutetium 174.967
#	89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]

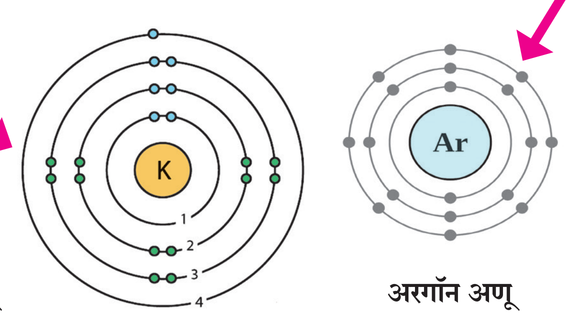
आवर्त आणि इलेक्ट्रॉन संरूपण (Periods and electronic configuration)

सांगा पाहू !

1. आधुनिक आवर्तसारणीचे अवलोकन केल्यावर दिसते की Li, Be, B, C, N, O, F व Ne ही मूलद्रव्ये आवर्त-2 मध्ये आहेत. त्या सर्वांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण लिहा.
2. या मूलद्रव्यांमधील संयुजा इलेक्ट्रॉनांची संख्या एकसारखी आहे का ?
3. त्यांच्यामधील कवचांची संख्या एकसारखी आहे का ?

तुम्हांला असे दिसेल की या मूलद्रव्यांमधील संयुजा इलेक्ट्रॉनांची संख्या वेगवेगळी आहे, मात्र त्यांच्यातील कवचांची संख्या एकसारखी आहे. तुम्हांला असेही दिसेल की आवर्तामध्ये डावीकडून उजवीकडे जाताना जसा अणुअंक एकाने वाढतो तशी संयुजा इलेक्ट्रॉनांची संख्यासुद्धा एकने वाढते.

	1	2	13	14	15	16	17	18
1	H 1							He 2
2	Li 2,1	Be 2,2	B 2,3	C 2,4	N 2,5	O 2,6	F 2,7	Ne 2,8
3	Na 2,8,1	Mg 2,8,2	Al 2,8,3	Si 2,8,4	P 2,8,5	S 2,8,6	Cl 2,8,7	Ar 2,8,8
4	K 2,8,8,1	Ca 2,8,8,2						
5		Sr						
6		Ba						
7		Ra						



पोटॅशिअम अणू अरगॉन अणू

2.8 नवीन आवर्त नवे कवच

आपल्याला असे म्हणता येईल की, ज्या मूलद्रव्यांमधील इलेक्ट्रॉन असलेल्या कवचांची संख्या एकसारखी असते ती मूलद्रव्ये एकाच आवर्तात असतात. दुसऱ्या आवर्तातील Li, Be, B, C, N, O, F व Ne या मूलद्रव्यांच्या K व L या दोन कवचांमध्ये इलेक्ट्रॉन असतात. तिसऱ्या आवर्तात असलेल्या Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl व Ar या मूलद्रव्यांच्या K, L व M या तीन कवचांमध्ये इलेक्ट्रॉन असतात. या मूलद्रव्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण लिहा व खात्री करा. आधुनिक आवर्तसारणीतील एका आवर्तामध्ये डावीकडून उजवीकडे जाताना बाह्यतम कवचात इलेक्ट्रॉन भरले जातात. पुढचा आवर्त सुरू होताना नवीन इलेक्ट्रॉन कवच भरायला सुरूवात होते. (तक्ता 2.8)

पहिल्या तीन आवर्तांमधील मूलद्रव्यांची संख्या ही कवचांची इलेक्ट्रॉन धारकता व इलेक्ट्रॉन अष्टकाचा नियम यावरून ठरते. (पहा तक्ता क्र. 2.9)

थोडे आठवा.

1. K, L, M या इलेक्ट्रॉन कवचांसाठी 'n' च्या किंमती काय आहेत?
2. एका इलेक्ट्रॉन कवचात जास्तीत जास्त किती इलेक्ट्रॉन सामावता येतात? सूत्र लिहा.
3. K, L व M या कवचांची जास्तीत जास्त इलेक्ट्रॉन धारकता किती ते काढा.

कवचाच्या इलेक्ट्रॉन धारकतेनुसार पहिल्या आवर्तात 2 मूलद्रव्ये आहेत व दुसऱ्या आवर्तात 8 मूलद्रव्ये आहेत. इलेक्ट्रॉन अष्टकाच्या नियमानुसार तिसऱ्या आवर्तात सुद्धा 8 मूलद्रव्ये आहेत. पुढील आवर्तांमध्ये इलेक्ट्रॉन-भरण नियंत्रित करणारे आणखी काही घटक आहेत, त्यांचा विचार पुढील इयत्तांमध्ये केला जाईल.

मूलद्रव्याची रासायनिक अभिक्रियाशीलता ही त्याच्या संयुजा-इलेक्ट्रॉनांची संख्या व संयुजा-कवच कोणते आहे यावरून ठरते.

कवच	n	$2n^2$	इलेक्ट्रॉन धारकता
K	1	$2x1^2$	2
L	2	$2x2^2$	8
M	3	$2x3^2$	18
N	4	$2x4^2$	32

2.9 इलेक्ट्रॉन कवचांची इलेक्ट्रॉन धारकता

या दोन्ही बाबींची माहिती आधुनिक आवर्तसारणीत मूलद्रव्याचे स्थान कोठे आहे (कोणत्या गणात व कोणत्या आवर्तात) यावरून मिळते. त्यामुळे मूलद्रव्यांच्या अभ्यासात आधुनिक आवर्तसारणी अत्यंत उपयुक्त आहे.

आधुनिक आवर्तसारणीतील आवर्ती कल (Periodic trends in the modern periodic table)

आधुनिक आवर्तसारणीच्या एखाद्या आवर्तातील किंवा एखाद्या गणातील मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांची तुलना केली असता त्यांच्यात होणाऱ्या बदलांमध्ये काही नियमितता दिसून येते. यालाच आधुनिक आवर्तसारणीतील आवर्ती कल म्हणतात. आपण या इयत्तेत फक्त मूलद्रव्यांच्या संयुजा, अणु-आकारमान व धातू-अधातू गुणधर्म या तीन गुणधर्मांमधील आवर्ती कल विचारात घेणार आहोत.

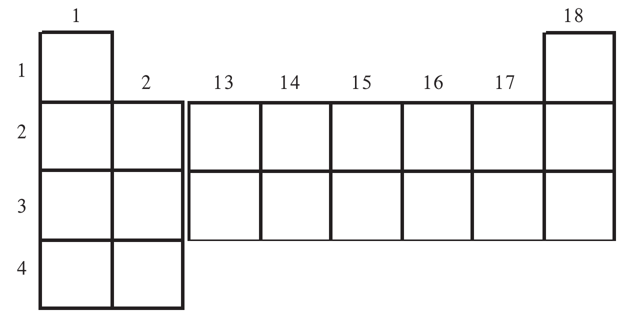
संयुजा (Valency) : मूलद्रव्याच्या अणूच्या बाह्यतम कवचात असणाऱ्या इलेक्ट्रॉनांच्या म्हणजेच संयुजा इलेक्ट्रॉनांच्या संख्येवरून त्या मूलद्रव्याची संयुजा ठरते हे तुम्ही मागील इयत्तांमध्ये पाहिले आहे.

विचार करा.

1. मूलद्रव्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण व त्याची संयुजा यांच्यात संबंध काय आहे?
2. बेरिलिअमचा अणुअंक 4 आहे तर ऑक्सीजनचा अणुअंक 8 आहे. दोन्हींचे इलेक्ट्रॉन संरूपण लिहा व त्यावरून दोन्हींची संयुजा ठरवा.
3. आधुनिक आवर्तसारणी आधारभूत मानून पुढील तक्ता तयार केलेला आहे. त्यामध्ये पहिल्या 20 मूलद्रव्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण संज्ञेखाली लिहून त्याच्या खाली त्या मूलद्रव्याची संयुजा लिहा.(चौकटीत दाखवल्याप्रमाणे)
4. एका आवर्तात डावीकडून उजवीकडे जाताना संयुजा बदलण्यामध्ये आवर्ती कल काय आहे? आवर्त 2 व आवर्त 3 यांचा संदर्भ घेऊन तुमचे उत्तर स्पष्ट करा.
5. एका गणामध्ये वरून खाली जाताना संयुजा बदलण्यामध्ये आवर्ती कल काय आहे? गण 1 व गण 2 व गण 18 यांचा संदर्भ घेऊन तुमचे उत्तर स्पष्ट करा.

संज्ञा
अणुअंक
इलेक्ट्रॉन संरूपण
संयुजा

$_{19}K$
2, 8, 8, 1
1



अणु आकारमान (Atomic size)

आकारमान हा द्रव्याचा मूलभूत गुणधर्म आहे हे आपण मागील इयत्तांमध्ये पाहिले आहे. अणूचे आकारमान त्याच्या त्रिज्येने दर्शवतात. अणुत्रिज्या म्हणजे अणुकेंद्रक व बाह्यतम कवच यामधील अंतर होय.

अणुत्रिज्या व्यक्त करण्यासाठी नॅनोमीटरहूनही लहान असे पिकोमीटर (pm) हे एकक वापरतात, (1 pm = 10^{-12}m)

शेजारी काही मूलद्रव्ये व त्यांच्या अणुत्रिज्या दिल्या आहेत.

मूलद्रव्य	O	B	C	N	B	Li
अणुत्रिज्या (pm)	66	88	77	74	111	152

जरा डोके चालवा.

1. आधुनिक आवर्तसारणीत पाहून वरील मूलद्रव्यांचे आवर्त सांगा.
2. वरील मूलद्रव्ये अणुत्रिज्येच्या उतरत्या क्रमाने मांडा.
3. ही मांडणीआधुनिक आवर्तसारणीतील दुसऱ्या आवर्ताच्या आकृतिबंधाशी जुळते का ?
4. वरीलपैकी सर्वात मोठा व सर्वात लहान अणू असणारी मूलद्रव्ये कोणती ?
5. एका आवर्तामध्ये डावीकडून उजवीकडे जाताना अणुत्रिज्या बदलामध्ये आवर्ती कल काय दिसतो ?

तुम्हाला दिसेल की आवर्तामध्ये डावीकडून उजवीकडे जाताना अणुत्रिज्या कमी कमी होत जाते. यामागचे कारण पुढीलप्रमाणे आहे. एका आवर्तामध्ये डावीकडून उजवीकडे जाताना अणुअंक एक-एकाने वाढत जातो, म्हणजेच केंद्रकावरील धनप्रभार एकेक एककाने वाढत जातो. मात्र त्याप्रमाणे भर पडलेला इलेक्ट्रॉन हा असलेल्याच बाह्यतम कवचामध्ये जमा होतो. वाढीव केंद्रकीय धनप्रभारामुळे इलेक्ट्रॉन केंद्रकाकडे अधिक प्रमाणात ओढले जातात व त्यामुळे अणूचे आकारमान कमी होत जाते. खाली काही मूलद्रव्ये व त्यांच्या अणुत्रिज्या दिल्या आहेत.

मूलद्रव्य	K	Na	Rb	Cs	Li
अणुत्रिज्या (pm)	231	186	244	262	151

जरा डोके चालवा.

1. आधुनिक आवर्तसारणी पाहून वरील मूलद्रव्यांचे गण सांगा.
2. वरील मूलद्रव्ये अणुत्रिज्येच्या चढत्या क्रमाने वरून खाली ह्या पद्धतीने मांडा.
3. ही मांडणी आधुनिक आवर्तसारणीच्या गण 1 च्या आकृतीबंधाशी जुळते का ?
4. वरीलपैकी सर्वात मोठा व सर्वात लहान अणू असणारी मूलद्रव्ये कोणती ?
5. एका गणामध्ये वरून खाली जाताना अणुत्रिज्या बदलण्यामध्ये आवर्ती कल काय दिसतो ?

तुम्हांला दिसेल की गणामध्ये खाली जाताना अणूचे आकारमान वाढत जाते. याचे कारण गणात खाली जाताना नवीन कवचाची भर पडत जाते. त्यामुळे बाह्यतम इलेक्ट्रॉन व अणुकेंद्रक यांच्यातील अंतर वाढत जाते. याचा परिणाम म्हणजे केंद्रकांवरील प्रभार वाढूनसुद्धा अणूचे आकारमान वाढत जाते.

धातु-अधातू गुणधर्म (Metallic – Nonmetallic character)

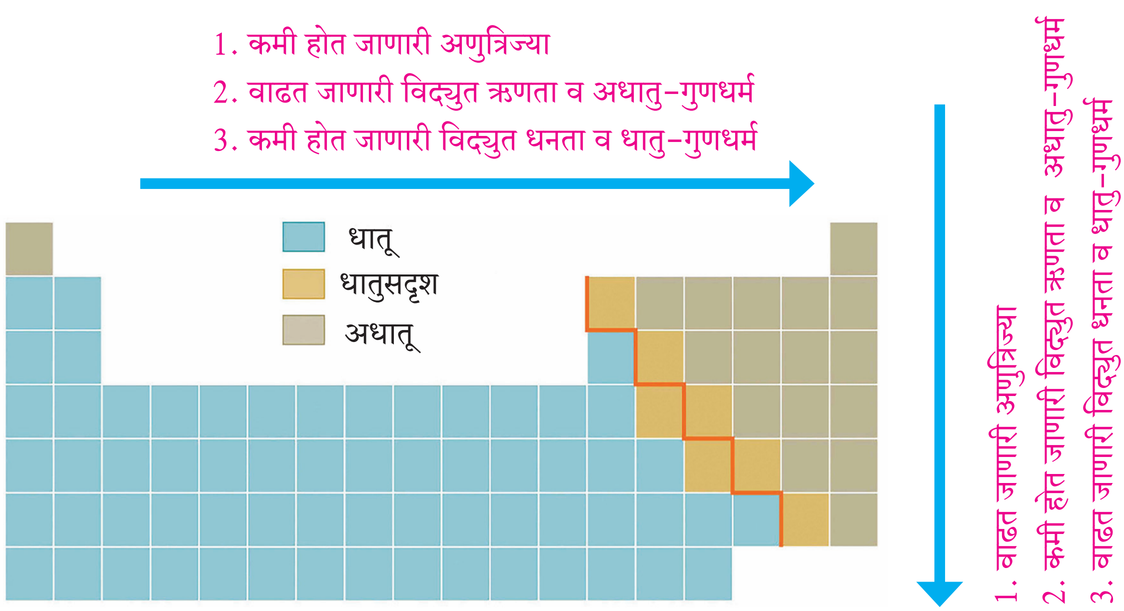
जरा डोके चालवा.

1. तिसऱ्या आवर्तातील मूलद्रव्ये पहा. त्यांचे धातू व अधातूंमध्ये वर्गीकरण करा.
2. धातू आवर्तसारणीच्या कोणत्या बाजूला आहेत? डाव्या की उजव्या?
3. तुम्हाला अधातू आवर्तसारणीच्या कोणत्या बाजूला आढळले?

असे दिसते की सोडिअम, मॅग्नेशिअम अशी धातुरूप मूलद्रव्ये डाव्या बाजूला आहे. सल्फर, क्लोरीन अशी अधातुरूप मूलद्रव्ये उजव्या बाजूला आहेत. या दोन्ही प्रकारांमध्ये सिलिकॉन हे धातुसदृश मूलद्रव्य आहे. असाच आकृतिबंध इतर आवर्तांमध्येही दिसतो.

आवर्तसारणीमध्ये एक नागमोडी रेषा धातूंना अधातूंपासून वेगळे करते असे दिसते. या रेषेच्या डाव्या बाजूला धातू, उजव्या बाजूला अधातू व रेषेच्या किनारीने धातुसदृश या प्रकारे मूलद्रव्यांची मांडणी झालेली दिसते. असे कशामुळे झाले?

धातू व अधातूंच्या वैशिष्ट्यपूर्ण रासायनिक गुणधर्मांची तुलना करून पाहू. साध्या आयनिक संयुगांच्या रासायनिक सूत्रांवरून असे दिसते की त्यांच्यातील धनायन हा धातूपासून तर ऋणायन अधातूपासून बनलेला असतो. यावरून समजते की, धातूंच्या अणूंची प्रवृत्ती स्वतःचे संयुजा इलेक्ट्रॉन गमावून धनायन बनण्याची असते. यालाच मूलद्रव्याची विद्युत धनता म्हणतात. त्या उलट अधातूंच्या अणूंची प्रवृत्ती बाहेरून इलेक्ट्रॉन संयुजा कवचात स्वीकारून ऋणायन बनण्याची असते. आपण आधीच पाहिले आहे की, आयनांना राजवायूंचे स्थायी इलेक्ट्रॉन संरूपण असते. संयुजा कवचातून इलेक्ट्रॉन गमावण्याची किंवा संयुजा कवचात इलेक्ट्रॉन स्वीकारण्याची अणूची क्षमता कशी ठरते? कोणत्याही अणूतील सर्वच इलेक्ट्रॉन हे त्यांच्यावर धनप्रभारी केंद्रकामुळे प्रयुक्त होणाऱ्या आकर्षण बलामुळे अणूमध्ये धरून ठेवले जातात. संयुजा कवचातील इलेक्ट्रॉन व अणुकेंद्रक यांच्या दरम्यान आतील कवचांमधील इलेक्ट्रॉन असतात. त्यामुळे संयुजा इलेक्ट्रॉनांवर आकर्षणबल प्रयुक्त करणारा परिणामी केंद्रकीय प्रभार हा मूळच्या केंद्रकीय प्रभारापेक्षा थोडा कमी असतो. धातूंमध्ये असणारी संयुजा इलेक्ट्रॉनांची संख्या कमी (1 ते 3) असते. ह्या संयुजा इलेक्ट्रॉनांवर प्रयुक्त होणारा परिणामी केंद्रकीय प्रभार सुद्धा कमी असतो. ह्या दोन्ही घटकांचा एकत्रित परिणाम म्हणून धातूंमध्ये संयुजा इलेक्ट्रॉन गमावून स्थायी राजवायू संरूपण असलेला धनायन बनण्याची प्रवृत्ती असते. मूलद्रव्यांची ही प्रवृत्ती अथवा विद्युत धनता म्हणजेच त्या मूलद्रव्याचा धातु-गुणधर्म होय.



2.10 मूलद्रव्यांमधील आवर्ती कल

आधुनिक आवर्तसारणीतील स्थानावरून मूलद्रव्यांच्या धातु-गुणधर्माचा आवर्ती कल स्पष्टपणे समजून येतो.

प्रथम एका गणातील मूलद्रव्यांच्या धातु-गुणधर्माचा विचार करू. एका गणात वरून खाली जाताना नव्या कवचाची भर पडून केंद्रक व संयुजा इलेक्ट्रॉन यांच्यातील अंतर वाढत जाते. त्यामुळे परिणामी केंद्रकीय प्रभार कमी होऊन संयुजा इलेक्ट्रॉनांवरील आकर्षण बल कमी होते. त्यामुळे संयुजा इलेक्ट्रॉन गमावण्याची अणूची प्रवृत्ती वाढते. तसेच संयुजा-इलेक्ट्रॉन गमावल्यावर उपांत्य कवच बाह्यतम ठरते. हे उपांत्य कवच पूर्ण अष्टक असल्यामुळे तयार झालेल्या धनायनाला विशेष स्थैर्य प्राप्त होते. त्यामुळे इलेक्ट्रॉन गमावण्याची अणूची प्रवृत्ती आणखी वाढते. संयुजा इलेक्ट्रॉन गमावण्याची अणूची प्रवृत्ती म्हणजेच धातु-गुणधर्म. त्यामुळे गणात वरून खाली जाताना मूलद्रव्याचा धातु-गुणधर्म वाढण्याचा कल दिसून येतो.

एका आवर्तात डावीकडून उजवीकडे जाताना बाह्यतम कवच तेच राहते. मात्र केंद्रकावरील धनप्रभार वाढत गेल्याने व अणुत्रिज्या कमी होत गेल्याने प्रयुक्त होणारा परिणामी केंद्रकीय प्रभार सुद्धा वाढत जातो. त्यामुळे संयुजा इलेक्ट्रॉन गमावण्याची अणूची प्रवृत्ती कमी कमी होत जाते. म्हणजेच आवर्तामध्ये डावीकडून उजवीकडे जाताना मूलद्रव्यांचा धातु-गुणधर्म कमी कमी होत जातो. (पहा तक्ता 2.10)

एका आवर्तात डावीकडून उजवीकडे जाताना वाढत जाणारा केंद्रकीय प्रभार व कमी होत जाणारी अणुत्रिज्या या दोन्ही घटकांमुळे संयुजा इलेक्ट्रॉनांवर प्रयुक्त होणारा परिणामी केंद्रकीय प्रभार वाढत जातो व संयुजा इलेक्ट्रॉन अधिकाधिक आकर्षणबलाने धरून ठेवले जातात. यालाच अणूची विद्युत ऋणता म्हणतात. एका आवर्तात डावीकडून उजवीकडे जाताना वाढत जाणाऱ्या विद्युत ऋणतेमुळे बाहेरून इलेक्ट्रॉन स्वीकारून पूर्ण अष्टक स्थितीमधील ऋणायन बनण्याची अणूची क्षमता वाढत जाते. मूलद्रव्याची ऋणायन बनण्याची प्रवृत्ती किंवा विद्युत ऋणता म्हणजेच मूलद्रव्याचा अधातु गुणधर्म होय.

जरा डोके चालवा.

1. मूलद्रव्यांचा अधातु-गुणधर्म कशामुळे असतो?
2. आवर्तामध्ये डावीकडून उजवीकडे जाताना मूलद्रव्यांचा अधातु-गुणधर्म बदलण्यामध्ये काय कल अपेक्षित आहे?
3. गणामध्ये वरून खाली जाताना मूलद्रव्यांचा अधातु-गुणधर्म बदलण्यामागे अपेक्षित कल काय असेल?

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

1. कोणत्याही गणात वरून खाली जाताना मूलद्रव्यांची विद्युत धनता वाढत जाते तर विद्युत ऋणता कमी होत जाते.
2. कोणत्याही आवर्तात डावीकडून उजवीकडे जाताना मूलद्रव्यांची विद्युत ऋणता वाढत जाते व विद्युत धनता कमी होते जाते.
3. मूलद्रव्याची विद्युत धनता किंवा विद्युत ऋणता जेवढी जास्त तेवढी त्याची अभिक्रियाशीलता जास्त.

हॅलोजन कुलातील प्रवणता (Gradation in halogen family)

गण 17 मध्ये हॅलोजन कुलाचे सदस्य आहेत. सर्वांचे सर्वसाधारण रेणूसूत्र X_2 असे आहे. गणात वरून खाली जाताना त्यांच्या भौतिक स्थितीत प्रवणता दिसून येते. फ्ल्यूओरीन (F_2) व क्लोरीन (Cl_2) हे वायू आहेत, ब्रोमीन (Br_2) हा द्रव आहे तर आयोडिन (I_2) हा स्थायू आहे.

इंटरनेट माझा मित्र

माहिती मिळवा व इतरांना मेल करा.

1. निष्क्रीय वायू मूलद्रव्ये
2. विविध मूलद्रव्यांचे उपयोग

मुलद्रव्यांचे शोध आणि विविध शास्त्रज्ञांचे कार्य याबाबत ग्रंथालयातील संदर्भ पुस्तकांचे वाचन करा.

1. Understanding Chemistry - C.N.R. Rao
2. The Periodic Table Book: A Visual Encyclopedia of the Elements

माहित आहे का तुम्हांला ?

$M + 2H_2O \rightarrow M(OH)_2 + H_2$

अल्कधर्मी मृदा धातूंची पाण्याबरोबरील अभिक्रिया दर्शवणारे सर्वसाधारण रासायनिक समीकरण वर दिले आहे. दुसऱ्या गणात वरून खाली Be → Mg → Ca → Sr → Ba असे जाताना या अल्कधर्मी मृदा धातूंच्या वरील रासायनिक गुणधर्मातील प्रवणता दिसून येते. दुसऱ्या गणात वरून खाली जाताना अल्कधर्मी मृदा धातूंची अभिक्रियाशीलता वाढत जाते व त्यामुळे ही अभिक्रिया होण्यातील सहजता सुद्धा वाढत जाते. बेरिलिअमची (Be) पाण्याबरोबर अभिक्रिया होत नाही. मॅग्नेशिअमची (Mg) अभिक्रिया पाण्याच्या वाफेबरोबर होऊ शकते, तर कॅल्शिअम (Ca), स्ट्रॉन्शिअम (Sr) व बेरिअम (Ba) यांच्या पाण्याबरोबरील अभिक्रिया कक्ष तापमानालाच अधिकाधिक दराने होताना आढळतात.

स्वाध्याय

1. स्तंभ क्र. 1 शी जुळेल या प्रकारे स्तंभ क्र. 2 व 3 ची फेरमांडणी करा.

स्तंभ क्र.1	स्तंभ क्र.2	स्तंभ क्र.3
i. त्रिक	अ. सर्व अणूंमधील हलका व ऋणप्रभारी कण	1. मेंडेलीव्ह
ii. अष्टक	आ. एकवटलेले वस्तुमान व धनप्रभार	2. थॉमसन
iii. अणुअंक	इ. पहिल्या व तिसऱ्या अणुवस्तुमानांची सरासरी	3. न्यूलँड्स
iv. आवर्त	ई. आठव्या मूलद्रव्याचे गुणधर्म पहिल्यासारखे	4. रुदरफोर्ड
v. अणुकेंद्रक	उ. अणुकेंद्रकावरील धनप्रभार	5. डोबरायनर
vi. इलेक्ट्रॉन	ऊ. रेणुसूत्रांमध्ये क्रमाक्रमाने बदल	6. मोजले

2. योग्य पर्याय निवडून विधान पूर्ण लिहा.

अ. अल्क धातूंच्या बाह्यतम कवचातील इलेक्ट्रॉनांची संख्या .... आहे.
(i) 1 (ii) 2 (iii) 3 (iv) 7

आ. अल्कधर्मी मृदा धातूंची संयुजा 2 आहे. म्हणजे त्यांची आधुनिक आवर्तसारणीतील जागा............... मध्ये आहे.
(i) गण 2 (ii) गण 16
(iii) आवर्त 2 (iv) डी-खंड

इ. मूलद्रव्य X च्या क्लोराइडचे रेणुसूत्र XCl आहे. हे संयुग उच्च द्रवणांक असलेला स्थायू आहे. X हे मूलद्रव्य आवर्तसारणीच्या ज्या गणात असेल त्या गणात पुढीलपैकी कोणते मूलद्रव्य असेल ?
i. Na ii. Mg iii. Al iv. Si

ई. आधुनिक आवर्तसारणीत अधातू कोणत्या खंडात आहेत ?
i. s-खंड ii. p-खंड iii. d-खंड iv. f-खंड

3. एका मूलद्रव्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2,8,2 असे आहे. यावरून खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

अ. या मूलद्रव्याचा अणुअंक किती ?
आ. या मूलद्रव्याचा गण कोणता ?
इ. हे मूलद्रव्य कोणत्या आवर्तात आहे ?
ई. या मूलद्रव्याचे रासायनिक गुणधर्म खालीलपैकी कोणत्या मूलद्रव्यासारखे असतील ?
(कंसात अणुअंक दिले आहेत)
N (7), Be (4) , Ar (18), Cl (17)

4. **दिलेल्या अणुअंकांच्या आधारे खालील मूलद्रव्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण लिहा. त्यावरून प्रश्नांची उत्तरे स्पष्टीकरणासहीत लिहा.**

अ. $_{3}Li$, $_{14}Si$, $_{2}He$, $_{11}Na$, $_{15}P$
यांच्यापैकी तिसऱ्या आवर्तातील मूलद्रव्ये कोणती ?

आ. $_{1}H$, $_{7}N$, $_{20}Ca$, $_{16}S$, $_{4}Be$, $_{18}Ar$
यांच्यापैकी दुसऱ्या गणातील मूलद्रव्ये कोणती ?

इ. $_{7}N$, $_{6}C$, $_{8}O$, $_{5}B$, $_{13}Al$
यांच्यापैकी सर्वाधिक विद्युतऋण मूलद्रव्य कोणते ?

ई. $_{4}Be$, $_{6}C$, $_{8}O$, $_{5}B$, $_{13}Al$
यांच्यापैकी सर्वाधिक विद्युतधन मूलद्रव्य कोणते ?

उ. $_{11}Na$, $_{15}P$, $_{17}Cl$, $_{14}Si$, $_{12}Mg$
यांच्यापैकी सर्वाधिक आकारमान असलेला अणू कोणता ?

ऊ. $_{19}K$, $_{3}Li$, $_{11}Na$, $_{4}Be$
यांच्यापैकी सर्वात कमी अणुत्रिज्या असलेला अणू कोणता ?

ए. $_{13}Al$, $_{14}Si$, $_{11}Na$, $_{12}Mg$, $_{16}S$
यांच्यापैकी सर्वाधिक धातु-गुणधर्म असलेले मूलद्रव्य कोणते ?

ऐ. $_{6}C$, $_{3}Li$, $_{9}F$, $_{7}N$, $_{8}O$
यांच्यापैकी सर्वाधिक अधातु - गुणधर्म असलेले मूलद्रव्य कोणते ?

5. **वर्णनावरून मूलद्रव्याचे नाव व संज्ञा लिहा.**

अ. सर्वात लहान आकारमानाचा अणू
आ. सर्वात कमी अणुवस्तुमानाचा अणू
इ. सर्वाधिक विद्युतऋण अणू
ई. सर्वात कमी अणुत्रिज्या असलेला राजवायू
उ. सर्वाधिक अभिक्रियाशील अधातू

6. **थोडक्यात टिपा लिहा.**

अ. मेंडेलीव्हचा आवर्ती नियम
आ. आधुनिक आवर्तसारणीची रचना
ई. समस्थानकांचे मेंडेलीव्हच्या व आधुनिक आवर्तसारणीतील स्थान

7. **शास्त्रीय कारणे लिहा.**

अ. आवर्तामध्ये डावीकडून उजवीकडे जाताना अणुत्रिज्या कमी होत जाते.
आ. आवर्तामध्ये डावीकडून उजवीकडे जाताना धातु-गुणधर्म कमी होत जातो.
इ. गणामध्ये वरून खाली जाताना अणुत्रिज्या वाढत जाते.
ई. एकाच गणामधील मूलद्रव्यांची संयुजा समान असते.
उ. तिसऱ्या कवचाची इलेक्ट्रॉन धारकता 18 असूनही तिसऱ्या आवर्तामध्ये फक्त आठ मूलद्रव्ये आहेत.

8. **दिलेल्या वर्णनावरून नावे लिहा.**

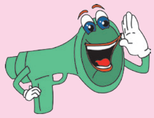
अ. K, L व M ह्या कवचांमध्ये इलेक्ट्रॉन असलेला आवर्त.
आ. शून्य संयुजा असलेला गण
इ. संयुजा 1 असलेल्या अधातूंचे कुल
ई. संयुजा 1 असलेल्या धातूंचे कुल
उ. संयुजा 2 असलेल्या धातूंचे कुल
ऊ. दुसऱ्या व तिसऱ्या आवर्तांमधील धातुसदृश
ए. तिसऱ्या आवर्तामधील अधातू
ऐ. संयुजा 4 असलेली दोन मूलद्रव्ये

उपक्रम :

सर्व निष्क्रीय वायू मूलद्रव्यांचे उपयोग शोधा व तक्ता तयार करून वर्गात लावा.

H6QJZN

3. रासायनिक अभिक्रिया व समीकरणे



- रासायनिक अभिक्रिया
- रासायनिक अभिक्रियांच्या लेखनाचे नियम
- रासायनिक समीकरण संतुलित करणे
- रासायनिक अभिक्रियांचे प्रकार

थोडे आठवा.

1. मूलद्रव्यांच्या आणि संयुगांच्या रेणूंचे प्रकार कोणकोणते आहेत?
2. मूलद्रव्यांची संयुजा म्हणजे काय?
3. विविध संयुगांची रासायनिक रेणुसूत्रे लिहिण्यासाठी कोणती माहिती आवश्यक असते? संयुगांची रेणुसूत्रे कशी लिहितात?

मूलद्रव्यांच्या रासायनिक संयोगाने संयुगे कशी तयार होतात हे आपण मागील इयत्तांमध्ये पाहिले. आपण हेही शिकलो की रासायनिक बंध तयार करण्यामागे जी प्रेरकशक्ती असते ती म्हणजे पूर्ण अष्टकस्थितीचे इलेक्ट्रॉन संरूपण प्राप्त करणे. पूर्ण अष्टकस्थिती प्राप्त करण्यासाठी अणू संयुजा इलेक्ट्रॉनची देवाणघेवाण किंवा संदान (sharing) करतात.

रासायनिक अभिक्रिया (Chemical Reaction)

18 व्या व 19 व्या शतकांमधील काही शास्त्रज्ञांनी रासायनिक अभिक्रियांच्या संदर्भात मूलभूत प्रयोग केले होते. त्यांनी प्रयोगांतून असे सिद्ध करून दाखविले की रासायनिक अभिक्रिया होताना द्रव्याचे संघटन बदलते आणि हा बदल कायमस्वरूपी असतो. ह्या उलट भौतिक बदलाच्या वेळी केवळ द्रव्याची अवस्था किंवा रूप यांच्यात बदल होतो आणि हा बदल बऱ्याचवेळा तात्पुरत्या स्वरूपाचा असतो.

पुढील तक्त्यात दिलेल्या घटनांमधील भौतिक व रासायनिक बदल ओळखा.

घटना	भौतिक बदल	रासायनिक बदल
1. बर्फाचे पाण्यात रूपांतर होणे.	✓	
2. अन्न शिजणे.		✓
3. फळ परिपक्व होणे.		
4. दुधाचे दह्यात रूपांतर होणे.		
5. पाण्याचे बाष्पीभवन होणे.		
6. जठरामध्ये अन्न पचणे.		
7. डांबर गोळी हवेत उघडी ठेवल्यास तिचा आकार कमी होणे.		
8. शहाबादी फरशीवर/कडप्प्यावर लिंबाच्या रसाचे डाग पडणे.		
9. उंचीवरून पडून काचेची वस्तू फुटणे.		

3.1 काही घटना

टीप : मित्रमैत्रिणींचा गट करून पुढील दिलेल्या कृती करा. जिथे आवश्यकता वाटेल तेथे शिक्षकांची मदत घ्या.

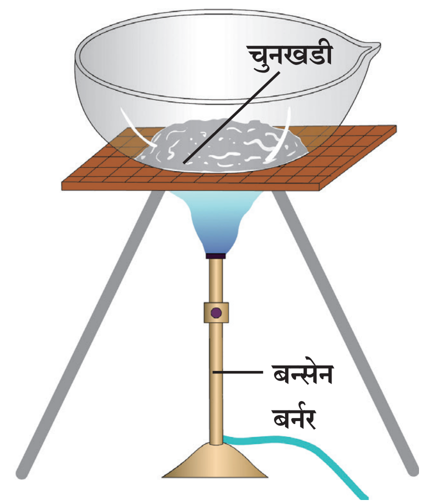
करून पहा. **साहित्य :** तापमापी, बाष्पनपात्र, तिवई, नरसाळे, परीक्षानळ्या, बन्सेन बर्नर, इत्यादी.

रासायनिक पदार्थ : चुनखडीचे चूर्ण , कॉपर सल्फेट, कॅल्शिअम क्लोराईड, पोटॅशिअम क्रोमेट, जस्ताची पूड, सोडिअम कार्बोनेट, थॅलिक अनहायड्राईड, इत्यादी.

कृती : खाली दिल्याप्रमाणे 1 ते 5 ह्या कृती करा. त्यापैकी कृती 2 ते 4 मध्ये तापमापीच्या साहाय्याने तापमान मोजून त्याची नोंद करा.

1. बाष्पनपात्रामध्ये एक चमचाभर चुनखडी ($CaCO_3$) चे चूर्ण घ्या. त्याला मोठ्या निळ्या ज्योतीने भरपूर उष्णता द्या.
2. कॉपर सल्फेटच्या ($CuSO_4$) द्रावणात जस्ताची पूड (Zn dust) घाला.
3. बेरिअम सल्फेटच्या ($BaSO_4$) द्रावणात पोटॅशिअम क्रोमेटचे (K_2CrO_4) द्रावण घाला.
4. कॅल्शिअम क्लोराइडच्या($CaCl_2$) द्रावणात सोडिअम कार्बोनेटचे (Na_2CO_3) द्रावण घाला.
5. एका बाष्पनपात्रामध्ये थॅलिक अन्हायड्राइड घ्या. नरसाळ्याच्या नळीचे तोंड कापसाने बंद करून हे नरसाळे बाष्पनपात्रावर उपडे ठेवा. आता बाष्पनपात्राला तिवईवर लहान निळ्या ज्योतीने मंद उष्णता द्या. उष्णता देत असताना तुम्हांला नरसाळ्याच्या आत काय दिसले?

   सर्व कृतींची निरीक्षणे नोंदवा. काय दिसून आले?



3.2 चूनखडी तापवणे

कृती 1 ते 5 च्या अनुषंगाने पुढील निरीक्षण तक्ता पूर्ण करा.

कृती	रंगातील बदल (असल्यास)	वायू बाहेर पडतो (हो/नाही)	तापमानातील बदल (असल्यास)	बदलाचा प्रकार रासायनिक/भौतिक
1				
2				
3				
4				
5				

3.3 निरीक्षण तक्ता

शोध घ्या तुमच्या दैनंदिन जीवनात घडणाऱ्या अनेक घटनांमध्ये तुम्ही जे भौतिक व रासायनिक बदल अनुभवता त्यांचे निरीक्षण करून नोंदी ठेवा.

तापमान, दाब यांच्यासारखे परिमापी (Parameters) बदलल्यामुळे भौतिक बदल (Physical change) घडतो. बऱ्याच वेळा भौतिक बदल हा प्रत्यावर्ती (Reversible) असतो. भौतिक बदलामध्ये द्रव्याचे संघटन आहे तसेच राहते. उदा. बर्फ तापविल्यावर त्याचे पाण्यात रूपांतर होते व पाणी थंड केल्यावर त्याचे बर्फात रूपांतर होते. या उलट, एखाद्या प्रक्रियेत द्रव्याचे संघटन बदलले तर त्याला रासायनिक बदल म्हणतात. जेव्हा एखादी प्रक्रिया किंवा घटना म्हणजे रासायनिक बदल आहे असे आपण म्हणतो तेव्हा संबंधित द्रव्यात काही रासायनिक अभिक्रिया घडतात.

रासायनिक अभिक्रिया म्हणजे अशी प्रक्रिया असते की जी घडताना काही पदार्थांमधील रासायनिक बंधांचे विभाजन होऊन नवीन रासायनिक बंध तयार होतात व त्या पदार्थांचे रूपांतर नवीन पदार्थांमध्ये होते. जे पदार्थ बंध विभाजनाद्वारे रासायनिक अभिक्रियेत सहभागी होतात त्यांना ' अभिक्रियाकारक किंवा अभिकारक' असे म्हणतात. या उलट रासायनिक अभिक्रियेचा परिणाम म्हणून नवीन बंध तयार होऊन जे पदार्थ नव्याने तयार होतात त्यांना 'उत्पादिते' म्हणतात. उदाहरणार्थ, कोळशाचे हवेत ज्वलन होऊन कार्बन डाय ऑक्साइड वायू तयार होतो ही एक रासायनिक अभिक्रिया आहे. या अभिक्रियेत कोळसा (कार्बन) व ऑक्सिजन (हवेतील) हे अभिकारक आहेत तर कार्बन डाय ऑक्साइड हे उत्पादित आहे. रासायनिक अभिक्रिया दर्शविण्यासाठी रासायनिक समीकरण लिहितात.

रासायनिक समीकरणे (Chemical equations)

प्रथम एक रासायनिक अभिक्रिया पाहू. कृती 2 मध्ये कॉपर सल्फेटच्या ($CuSO_4$) निळ्या रंगाच्या द्रावणात जस्ताची पूड (Zn dust) घातल्यावर झिंक सल्फेटचे ($ZnSO_4$) रंगहीन द्रावण तयार होते. ही रासायनिक अभिक्रिया पुढीलप्रमाणे संक्षिप्त रूपात मांडता येते.

कॉपर सल्फेटचे जलीय द्रावण + जस्ताची भुकटी $\longrightarrow$ झिंक सल्फेटचे जलीय द्रावण + तांबे..... (1)

अशा प्रकारे शब्दांच्या स्वरूपात केलेल्या रासायनिक अभिक्रियेच्या साध्या मांडणीलाच 'शाब्दिक समीकरण' असे म्हणतात. हेच शाब्दिक समीकरण अजूनही संक्षिप्त स्वरूपात रासायनिक सूत्रांचा वापर करून पुढीलप्रमाणे लिहितात.

$$CuSO_4 + Zn \longrightarrow ZnSO_4 + Cu \quad ....(2)$$

रासायनिक सूत्रांचा वापर करून रासायनिक अभिक्रियेच्या संक्षिप्त स्वरूपात केलेल्या मांडणीला रासायनिक समीकरण असे म्हणतात. वरील समीकरणात कॉपर सल्फेट ($CuSO_4$) व जस्त (Zn) ही अभिक्रियाकारके आहेत. त्यांची एकमेकांबरोबर रासायनिक अभिक्रिया होऊन संपूर्णपणे वेगळे गुणधर्म असलेले तांब्याचे कण (Cu) व रंगहीन झिंक सल्फेटचे द्रावण ($ZnSO_4$) ही उत्पादिते तयार होतात. अभिक्रिया होताना $CuSO_4$ ह्या अभिकारकामधील आयनिक बंधाचे विभाजन होते तसेच $ZnSO_4$ ह्या उत्पादितातील आयनिक बंध अभिक्रिया होताना तयार होतो.

रासायनिक समीकरणाचे लेखन

रासायनिक समीकरणाचे लेखन करताना पाळण्यात येणारे संकेत आता पाहू

1. रासायनिक समीकरण लिहिताना अभिक्रियाकारके डाव्या बाजूला तर उत्पादिते उजव्या बाजूस लिहितात. अभिक्रियाकारकांपासून उत्पादितांच्या दिशेने जाणारा बाण या दोघांच्या मध्ये काढतात. हा बाण रासायनिक अभिक्रियेची दिशा दर्शवितो.

2. जर दोन किंवा अधिक अभिक्रियाकारके किंवा उत्पादिते असतील तर त्यांच्यामध्ये अधिक (+) या चिन्हाचा वापर करतात. उदा. समीकरण (2) मध्ये $CuSO_4$ व Zn ह्या अभिक्रियाकारकांमध्ये अधिक (+) चिन्ह दर्शविले आहे. तसेच $ZnSO_4$ व Cu ह्या उत्पादितांमध्ये अधिक (+) चिन्ह दर्शविले आहे.

3. रासायनिक समीकरण जास्त माहितीपूर्ण बनविण्यासाठी अभिक्रियाकारके आणि उत्पादिते यांच्या भौतिक अवस्था समीकरणात नमूद करतात. त्यांच्या वायुरूप, द्रवरूप व स्थायुरूप अवस्था अनुक्रमे (g), (l) व (s) ही अक्षरे कंसात लिहून दर्शविल्या जातात. तसेच उत्पादित वायुरूप असेल तर (g) ऐवजी $\uparrow$ असे वरची दिशा दाखवणा–या बाणाने दर्शवता येते व उत्पादित अविद्राव्य स्थायुरूपात तयार झाले असेल म्हणजेच अवक्षेप रूपात तयार झाले असेल तर (s) ऐवजी $\downarrow$ असे खालची दिशा दाखविणा–या बाणाने दर्शवता येते. जर अभिक्रियाकारके आणि उत्पादिते पाण्यातील द्रावणाच्या रूपात असतील तर अशांना जलीय द्रावण म्हणतात व त्यांच्या पुढे (aq) ही अक्षरे कंसात लिहून त्यांची जलीय द्रावणाची अवस्था दर्शवितात. यानुसार समीकरण (2) चे पुनर्लेखन समीकरण (3) ह्या स्वरूपात पुढीलप्रमाणे होते.

$$CuSO_4(aq) + Zn(s) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s) \quad ....(3)$$

4. जेव्हा रासायनिक अभिक्रिया घडण्यासाठी बाहेरून उष्णता द्यावी लागते तेव्हा ते अभिक्रियादर्शक बाणाच्या वर Δ हे चिन्ह काढून दर्शवतात. उदा. चुनखडी तापविल्यावर चुनकळी तयार होते ही अभिक्रिया खालीलप्रमाणे लिहितात.

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2\uparrow \quad ....(4)$$

तसेच कॉपर सल्फेटचे जलीय द्रावण व जस्ताची पूड यांच्यात अभिक्रिया होताना उष्णता बाहेर पडते हे खालीलप्रमाणे दर्शवितात.

$$CuSO_4(aq) + Zn(s) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s) + \text{उष्णता} \quad .....(5)$$

5. काही अभिक्रिया घडून येण्यासाठी विशिष्ट तापमान, विशिष्ट दाब, उत्प्रेरक, इत्यादी अटींची पूर्तता होणे आवश्यक असते.अशा अटी अभिक्रियादर्शक बाणाच्या खाली किंवा वर दर्शवितात. उदा वनस्पती तेलाची 60 ^{0}C तापमानाला Ni उत्प्रेरकाच्या सानिध्यात हायड्रोजन वायूबरोबर अभिक्रिया होऊन वनस्पती तूप तयार होते, हे पुढीलप्रमाणे लिहितात.

$$\text{वनस्पती तेल (l)} + H_2(g) \xrightarrow[\text{Ni उत्प्रेरक}]{60\ ^0C} \text{वनस्पती तूप (s)} \quad .... (6)$$

अभिक्रियाकारकांविषयी/उत्पादितांविषयी असणारी विशेष माहिती किंवा त्यांची नावे त्यांच्या सूत्राखाली लिहितात. उदा. तांब्याची संहत नायट्रिक आम्लाबरोबर अभिक्रिया केली असता तांबूस रंगाचा विषारी नायट्रोजन डायऑक्साइड वायू तयार होतो.

$$Cu(s) + \underset{\text{(संहत)}}{4\,HNO_3(aq)} \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l) \quad .... (7)$$

परंतु तांब्याची विरल नायट्रिक आम्लाबरोबर अभिक्रिया केली असता नायट्रिक ऑक्साइड वायू तयार होतो.

$$3Cu(s) + \underset{\text{(विरल)}}{8HNO_3(aq)} \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO(g) + 4H_2O(l) \quad ....(8)$$

करून पहा.

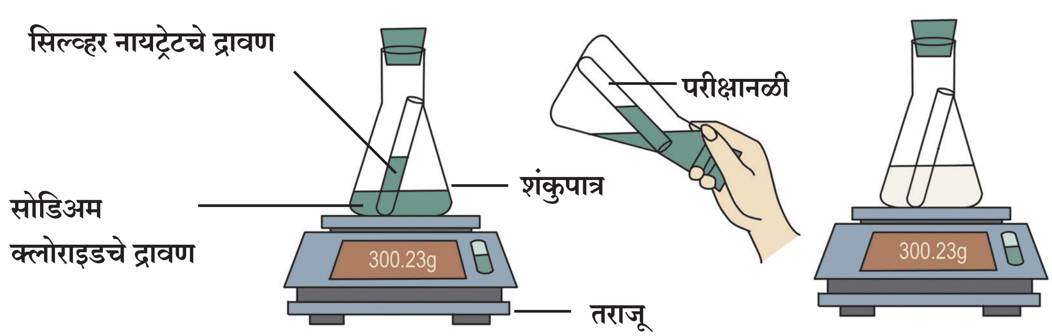
साहित्य : परीक्षानळी, शंकुपात्र, तराजू इत्यादी.
रासायनिक पदार्थ : सोडिअम क्लोराइड, सिल्व्हर नायट्रेट यांची द्रावणे.

कृती :

1. सोडिअम क्लोराइडचे द्रावण शंकुपात्रात घ्या व सिल्व्हर नायट्रेटचे द्रावण परीक्षानळीत घ्या.
2. परीक्षानळीला दोरा बांधून काळजीपूर्वक ती शंकुपात्रात सोडा. रबरी बूच लावून शंकुपात्र हवाबंद करा.
3. शंकुपात्राचे तराजूच्या सहाय्याने वजन करा.
4. आता शंकुपात्र तिरके करून परीक्षानळीतील द्रावण शंकुपात्रातील द्रावणात मिसळा.
5. शंकुपात्राचे पुन्हा वजन करा.

तुम्हाला कोणते बदल आढळले? एखादा अविद्राव्य पदार्थ तयार झाला का? वजनामध्ये काही बदल झाला का?
वरील कृतीकरिता शाब्दिक समीकरण पुढीलप्रमाणे लिहितात.
सिल्व्हर नायट्रेट + सोडिअम क्लोराइड ⟶ सिल्व्हर क्लोराइड + सोडिअम नायट्रेट
वरील शाब्दिक समीकरण दर्शविण्यासाठी खालील रासायनिक समीकरण लिहितात.

$$AgNO_3(aq) + NaCl(aq) \longrightarrow \underset{\text{(पांढरा)}}{AgCl\downarrow} + NaNO_3(aq) \quad .... (9)$$



3.4 सोडिअम क्लोराइड व सिल्व्हर नायट्रेटची अभिक्रिया

माहीत आहे का तुम्हांला? सिल्व्हर नायट्रेटचा वापर मतदानाच्या शाईमध्ये केला जातो.

शोध घ्या दैनंदिन जीवनात सिल्व्हर नायट्रेटचे इतर उपयोग कोणते?

रासायनिक समीकरणांचे संतुलन करणे

समीकरण (9) च्या आधारे बाजूचा तक्ता भरा.

या समीकरणामध्ये अभिक्रियाकारकांमधील मूलद्रव्यांच्या अणूंची संख्या ही उत्पादितांमधील त्या त्या मूलद्रव्यांच्या अणूंच्या संख्येइतकीच आहे असे दिसते. अशा समीकरणाला ‘संतुलित समीकरण’ असे म्हणतात. जर प्रत्येक मूलद्रव्याच्या अणूंची संख्या रासायनिक समीकरणाच्या दोन्ही बाजूंना समान नसेल तर अशा समीकरणाला ‘असंतुलित समीकरण’ असे म्हणतात.

	अभिक्रियाकारके (डावी बाजू)	उत्पादिते (उजवी बाजू)
मूलद्रव्य	अणुसंख्या	अणुसंख्या
Ag		
N		
O		
Na		
Cl		

3.5 समीकरण (9) माहिती तक्ता

हे नेहमी लक्षात ठेवा. कोणत्याही अभिक्रियेमध्ये उत्पादितांमधील प्रत्येक मूलद्रव्याचे एकूण वस्तुमान हे अभिकारकांमधील त्या त्या मूलद्रव्याच्या एकूण वस्तुमानाइतकेच असते. तुम्ही मागील इयत्तेत अभ्यासलेल्या वस्तुमानाच्या अक्षय्यतेच्या नियमाशी हे सुसंगत आहे.

रासायनिक समीकरण संतुलित करण्याच्या पायऱ्या

रासायनिक समीकरणाचे संतुलन पायरी पायरीने करतात. यासाठी प्रयत्न – प्रमाद पद्धती वापरतात. उदाहरण म्हणून पुढील शाब्दिक समीकरण पहा: सोडिअम हायड्रॉक्साइड + सल्फ्यूरिक ॲसिड ⟶ सोडिअम सल्फेट + पाणी

पायरी I : दिलेले समीकरण रासायनिक सूत्रे वापरून पुन्हा लिहा.

$NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O$ ....(10)

पायरी II : समीकरण (10) हे संतुलित आहे की नाही हे तपासण्यासाठी समीकरणाच्या दोन बाजूंच्या विविध मूलद्रव्यांच्या अणुसंख्येची तुलना करा. असे दिसते की,

दोन बाजूंना सर्व मूलद्रव्यांची अणुसंख्या समान नाही. म्हणजेच समीकरण (10) हे संतुलित समीकरण नाही.

	अभिक्रियाकारके (डावी बाजू)	उत्पादिते (उजवी बाजू)
मूलद्रव्य	अणु संख्या	अणु संख्या
Na	1	2
O	5	5
H	3	2
S	1	1

पायरी III : समीकरणाच्या संतुलनाची सुरुवात ज्या संयुगात जास्तीत जास्त अणू आहेत त्या संयुगापासून करणे सोयीचे असते, तसेच ह्या संयुगातील ज्या मूलद्रव्याचे अणू दोन बाजूंना असमान असतील त्या मूलद्रव्याचा विचार प्रथम करणे सोयीचे असते.

i. समीकरण (10) मध्ये Na_2SO_4 व H_2SO_4 ह्या दोन्ही संयुगांमध्ये प्रत्येकी 7 याप्रमाणे जास्तीत जास्त अणू आहेत. यापैकी कोणाचीही निवड करता येईल. Na_2SO_4 ह्या संयुगाची निवड करा. ह्या संयुगातील मूलद्रव्यांपैकी सोडिअमच्या अणूंची संख्या दोन बाजूंना असमान असल्याने संतुलनासाठी सोडिअमची निवड करा. हे लक्षात ठेवा की अणुसंख्येचे संतुलन करताना संयुगांचे सूत्र बदलून चालत नाही.

सोडिअमची अणुसंख्या	अभिकारकांत ($NaOH$ मध्ये)	उत्पादितांत (Na_2SO_4 मध्ये)
सुरुवातीला	1	2
संतुलन करताना	1x 2	2

म्हणजेच ,येथे सोडिअमची अणुसंख्या दोन करण्यासाठी $NaOH$ हे सूत्र बदलून Na_2OH असे करता येणार नाही. त्याऐवजी $NaOH$ ला ‘2’ हा सहगुणक लावावा लागेल. हे केल्यानंतर तयार होणारे समीकरण (10)' लिहा.

$2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O$ ....(10)'

ii. समीकरण (10)' संतुलित आहे की नाही ते तपासा. दोन बाजूंना ऑक्सिजन व हायड्रोजनची अणुसंख्या असमान असल्याने समीकरण (10)' हे संतुलित नाही हे कळते. यापैकी हायड्रोजनच्या अणुसंख्येचे संतुलन करण्यासाठी लहान सहगुणक लागेल म्हणून प्रथम हायड्रोजनच्या अणुसंख्येचे संतुलन करा.

iii. समीकरण (10)' मध्ये हायड्रोजन अणुसंख्येचे संतुलन करण्यासाठी H_2O ह्या उत्पादिताला '2' हा सहगुणक लावा. हे केल्यावर तयार होणारे समीकरण (10)'' लिहा.

$2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$ ....(10)''

	अभिक्रियाकारके (डावी बाजू)	उत्पादिते (उजवी बाजू)
मूलद्रव्य	अणुसंख्या	अणुसंख्या
Na	2	2
O	6	5
H	4	2
S	1	1

iv. समीकरण (10)'' हे संतुलित आहे की नाही ते तक्ता बनवून तपासा. असे दिसून येते की, दोन्ही बाजूंना मूलद्रव्यांची अणुसंख्या समान आहे. म्हणजेच समीकरण (10)'' हे संतुलित समीकरण आहे.

हायड्रोजनची अणुसंख्या	अभिकारकांत ($NaOH + H_2SO_4$ मध्ये)	उत्पादितांत H_2O मध्ये
सुरुवातीला	4	2
संतुलन करताना	4	2 x 2

पायरी IV : अंतिम संतुलित समीकरण पुन्हा लिहा.

$2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$ ....(11)

अशा प्रकारे पायरी पायरीने एकेका मूलद्रव्याच्या अणुसंख्येचे संतुलन करण्यासाठी योग्य त्या अभिकारक/उत्पादिताला योग्य तो सहगुणक लावून, असंतुलित रासायनिक समीकरणापासून संतुलित समीकरण मिळवतात.

जरा डोके चालवा.

1. अ. समीकरण (6) मधील अभिकारके व उत्पादिते कोणती ते लिहा.
   आ. $N_2 (g) + H_2 (g) \rightleftharpoons NH_3 (g)$ हे समीकरण संतुलित करून लिहा.
2. पुढील अभिक्रियेकरता संतुलित रासायनिक समीकरण लिहा.
   कॅल्शिअम क्लोराइड + सल्फ्यूरिक ॲसिड ⟶ कॅल्शिअम सल्फेट + हायड्रोजन क्लोराइड
3. पुढील अभिक्रियांमध्ये अभिकारके व उत्पादिते यांच्या भौतिक अवस्था लिहा.
   अ. $SO_2 + 2H_2S \longrightarrow 3S + 2H_2O$
   आ. $2Ag + 2HCl \longrightarrow 2AgCl + H_2$

रासायनिक अभिक्रियेमध्ये अभिकारकांपासून नवीन पदार्थ म्हणजे उत्पादिते मिळतात हे आपण पाहिले. हे होताना अभिकारकांमधील काही रासायनिक बंध तुटतात व काही नवीन रासायनिक बंध तयार होऊन अभिकारकांचे रूपांतर उत्पादितांमध्ये होते. या पाठात आपण अभिक्रियांच्या प्रकारांचा सखोल अभ्यास करणार आहोत.

रासायनिक अभिक्रियांचे प्रकार (Types of chemical reactions)

अभिक्रियेतील अभिकारके व उत्पादिते यांचे स्वरूप व संख्या यानुसार अभिक्रियांचे पुढील चार प्रकार पडतात.

1. संयोग अभिक्रिया (Combination reaction)

करून पहा.

साहित्य : परीक्षानळी, काचकांडी, चंचुपात्र, इत्यादी.
रासायनिक पदार्थ : हायड्रोक्लोरिक आम्ल, अमोनिआ द्रावण, चुनकळी, इत्यादी.

कृती 1 : एका परीक्षानळीमध्ये थोडे हायड्रोक्लोरिक आम्ल घ्या. या परीक्षानळीला थोडी उष्णता द्या. एक काचकांडी अमोनिआच्या द्रावणात बुडवून ती त्या परीक्षानळीच्या तोंडावर धरा. निरीक्षण करा. तुम्हाला काचकांडीच्या टोकावरून पांढरा धूर बाहेर पडताना दिसेल.

काय बरे झाले असावे?

परीक्षानळी तापवल्याने HCl च्या वाफा बाहेर येऊ लागल्या, तसेच काचकांडी वरील द्रावणातून NH_3 वायू बाहेर पडला. अमोनिआ वायू व हायड्रोजन क्लोराइड वायू यांच्यातील अभिक्रियेने अमोनिअम क्लोराइड हा क्षार वायूरुपात तयार झाले पण लगेचच संघनन क्रियेने त्याचे रूपांतर स्थायुरूपात झाल्यामुळे पांढऱ्या रंगाचा धूर निर्माण झालेला दिसला. याचे रासायनिक समीकरण पुढीलप्रमाणे.

$$NH_3\ (g) + HCl\ (g) \longrightarrow NH_4Cl(s) \ldots\ldots (12)$$

अमोनिआ   हायड्रोजन क्लोराइड   अमोनिअम क्लोराइड

कृती 2 : मॅग्नेशिअम (Mg) धातूची फीत चिमट्यात पकडून तिचे दुसरे टोक प्रज्वलित करा. हवेमध्ये जळून मॅग्नेशिअम ऑक्साइडची पांढरी भुकटी तयार होते. वरील अभिक्रिया समीकरणाच्या स्वरूपात खालीलप्रमाणे लिहिता येईल.

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2\ MgO \ldots\ldots\ldots\ldots (13)$$

या अभिक्रियेत मॅग्नेशिअम वऑक्सिजन यांचा संयोग होऊन मॅग्नेशिअम ऑक्साईड हे एकमेव उत्पादित तयार होते.

कृती 3 : अर्धे चंचूपात्र भरेल इतके पाणी घ्या. त्यामध्ये चुनकळी (कॅल्शिअम ऑक्साइड CaO) चे काही खडे टाका. कॅल्शिअम ऑक्साइड व पाणी यांच्या संयोगाने कॅल्शिअम हायड्रॉक्साइड $Ca(OH)_2$ तयार होते व भरपूर उष्णता बाहेर पडते.

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + \text{उष्णता} \ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

कॅल्शिअम ऑक्साइड   कॅल्शिअम हायड्रॉक्साइड

1. वरीलपैकी प्रत्येक अभिक्रियेमध्ये अभिक्रियाकारकांची संख्या किती आहे?
2. वरील अभिक्रियांमध्ये भाग घेणाऱ्या अभिक्रियाकारकांच्या रेणूंची संख्या किती आहे?
3. वरील अभिक्रियांमध्ये प्रत्येकी किती उत्पादिते तयार होतात?

जेव्हा एखाद्या अभिक्रियेत दोन किंवा अधिक अभिक्रियाकारकांचा रासायनिक संयोग होऊन एकच उत्पादित तयार होते, तेव्हा त्या अभिक्रियेस संयोग अभिक्रिया असे म्हणतात.

2. अपघटन अभिक्रिया (Decomposition reaction)

साहित्य : बाष्पनपात्र, बन्सेन बर्नर, इत्यादी.

रासायनिक पदार्थ : साखर, सल्फ्युरीक आम्ल, इत्यादी.

कृती : एका बाष्पनपात्रामध्ये थोडीशी साखर घ्या. त्या बाष्पनपात्राला बन्सेन बर्नरच्या साहाय्याने उष्णता द्या. थोड्या वेळाने करपलेला काळा पदार्थ तयार झालेला दिसेल. या कृतीत नेमके काय घडले असेल?

वरील कृतीमध्ये एकाच अभिक्रियाकारकाचे (साखर) दोन पदार्थांमध्ये विभाजन झाले (C व H_2O)

$$C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{\text{उष्णता}} 12\ C + 11H_2O \ldots\ldots (15)$$

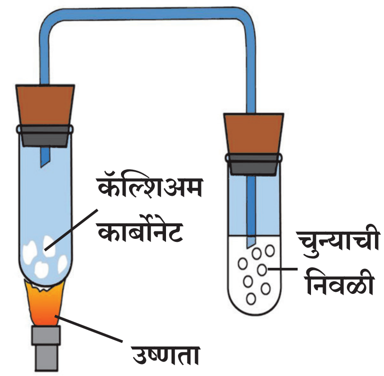
साखर   कार्बन

ज्या अभिक्रियेमध्ये एकच अभिक्रियाकारक असतो व त्यापासून दोन किंवा अधिक उत्पादिते मिळतात त्या अभिक्रियेला अपघटन म्हणतात.

करून पाहू या. **साहित्य :** दोन परीक्षानळ्या, वक्रनळी (Bent tube) रबरी बूच, बर्नर इत्यादी.

रासायनिक पदार्थ : कॅल्शिअम कार्बोनेट, ताजी चुन्याची निवळी

कृती : एका परीक्षानळीत थोडे कॅल्शिअम कार्बोनेट घ्या. या परीक्षानळीला रबरी बुचाच्या सहाय्याने वाकडी काचनळी बसवून नळीचे दुसरे टोक दुसऱ्या परीक्षानळीत घेतलेल्या ताज्या चुन्याच्या निवळीत बुडवा. पहिल्या परीक्षानळीतील $CaCO_3$ बर्नरच्या सहाय्याने तीव्रपणे तापवा. चुन्याची निवळी दुधी झाल्याचे दिसेल.



3.6 कॅल्शिअम कार्बोनेटचे अपघटन

आपण वरील कृतीमध्ये पाहिले आहे की कॅल्शिअम कार्बोनेटला उष्णता दिली असता त्याचे अपघटन होऊन तयार झालेल्या कार्बन डायऑक्साइड वायूमुळे चुन्याची निवळी दुधी होते. कॅल्शिअम ऑक्साइडची भुकटी हे दुसरे उत्पादित पहिल्या परीक्षानळीत शिल्लक राहते. तसेच आणखी एका अभिक्रियेत हायड्रोजन पेरॉक्साइडचे मंद गतीने आपोआप पाणी व ऑक्सिजन यांच्यामध्ये विघटन होते.

$CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2\uparrow$ ..... (16); $2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2\uparrow$ ....(17)

(16) व (17) या दोन्ही अपघटन अभिक्रिया आहेत.

थोडे आठवा. उष्णता, विद्युत अथवा प्रकाशाच्या साहाय्याने पाण्याचे अपघटन करून हायड्रोजन वायूची निर्मिती शक्य आहे का?

आपण मागील इयत्तेत अभ्यासले आहे की, आम्लयुक्त पाण्यातून विद्युत प्रवाह जाऊ दिल्यास पाण्याचे अपघटन होऊन हायड्रोजन व ऑक्सिजन वायू तयार होतात. हे अपघटन विद्युत उर्जेच्या साहाय्याने होते म्हणून या अपघटनाला ‘विद्युत अपघटन’ असे म्हणतात.

$2H_2O(l) \xrightarrow{\text{विद्युत ऊर्जा}} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$ ......(18)

(आम्लयुक्त पाणी)

‘‘ज्या रासायनिक अभिक्रियेत एकाच अभिकारकांपासून दोन किंवा अधिक उत्पादिते मिळतात त्या अभिक्रियेला ‘अपघटन अभिक्रिया’ म्हणतात.’’

निसर्गात आपल्या अवतीभोवती अनेक विघटन (Degradation) प्रक्रिया सतत होत असतात. सेंद्रीय कचरा सूक्ष्मजीवांमार्फत विघटन पावून खत व जैविक वायू (Biogas) तयार होतो. जैविक वायूचा उपयोग इंधन म्हणून करतात.

3. विस्थापन अभिक्रिया (Displacement reaction)

या पाठाच्या सुरुवातीलाच आपण पाहिले आहे की कॉपर सल्फेटच्या निळ्या द्रावणात जस्त पूड घातल्यावर झिंक सल्फेटचे रंगहीन द्रावण तयार होऊन उष्णता बाहेर पडते. ह्या अभिक्रियेचे रासायनिक समीकरण (3) पहा. त्यावरून समजते की कॉपर सल्फेटमधील Cu^{2+} आयनांची जागा Zn अणूंपासून तयार झालेले Zn^{2+} हे आयन घेतात व Cu^{2+} आयनांपासून तयार झालेले Cu अणू बाहेर पडतात. म्हणजेच Zn मुळे $CuSO_4$ मधील Cu चे विस्थापन होते. जेव्हा एका संयुगातील कमी अभिक्रियाशील मूलद्रव्याच्या आयनाची जागा दुसरे जास्त अभिक्रियाशील मूलद्रव्य स्वत: आयन बनून घेते त्या रासायनिक अभिक्रियेला 'विस्थापन अभिक्रिया' म्हणतात. (कमी व जास्त अभिक्रियाशील मूलद्रव्यांविषयी माहिती आपण धातुविज्ञान या पाठात घेणार आहोत).जस्ताप्रमाणेच लोह व शिसे ही मूलद्रव्ये सुद्धा तांब्याला त्याच्या संयुगातून विस्थापित करतात.

जरा डोके चालवा.

पुढील अभिक्रिया पूर्ण करा.

1. $CuSO_4(aq) + Fe(s) \longrightarrow$ .... + ...
2. $CuSO_4(aq) + Pb(s) \longrightarrow$ .... + ...

4. दुहेरी विस्थापन अभिक्रिया (Double displacement reaction)

अभिकारकांमधील सिल्व्हर व सोडिअम आयनांची अदलाबदल होऊन सिल्व्हर क्लोराइडचा पांढरा अवक्षेप तयार होतो, हे आपण रासायनिक समीकरण (9) मध्ये पाहिले आहे.

ज्या अभिक्रियांमध्ये अभिकारकांमधील आयनांची अदलाबदल होऊन अवक्षेप तयार होतो अशा अभिक्रियांना ''दुहेरी विस्थापन अभिक्रिया' असे म्हणतात.

बेरिअम सल्फेटच्या ($BaSO_4$) द्रावणात तुम्ही पोटॅशिअम क्रोमेट (K_2CrO_4) घातले ती कृती (3) आठवा.

1. तयार झालेल्या अवक्षेपाचा रंग कोणता होता?
2. अवक्षेपाचे नाव लिहा.
3. अभिक्रियेचे संतुलित रासायनिक समीकरण लिहा.
4. ह्या अभिक्रियेला तुम्ही विस्थापन अभिक्रिया म्हणाल की दुहेरी विस्थापन अभिक्रिया?

ऊष्माग्राही आणि ऊष्मादायी प्रक्रिया व अभिक्रिया
(Endothermic and Exothermic processes and reaction)

विविध प्रक्रिया व अभिक्रियांमध्ये उष्णतेचे आदान प्रदान होते. त्यावरून प्रक्रिया व अभिक्रियांचे दोन प्रकार पडतात ते म्हणजे ऊष्माग्राही व ऊष्मादायी. प्रथम ऊष्माग्राही व ऊष्मादायी अभिक्रिया पाहू.

1. बर्फ वितळणे
2. पोटॅशिअम नायट्रेट पाण्यात विरघळणे

हे भौतिक बदल घडून येताना बाहेरील उष्णता वापरली जाते. त्यामुळे ह्या ऊष्माग्राही प्रक्रिया आहेत.

याउलट,

अ. पाण्यापासून बर्फ तयार होणे

आ. सोडिअम हायड्रॉक्साइड पाण्यात विरघळणे

हे भौतिक बदल घडून येताना उष्णता बाहेर फेकली जाते. त्यामुळे ह्या उष्मादायी प्रक्रिया आहेत. संहत सल्फ्यूरिक आम्लाचे पाण्याने विरलीकरण करण्याच्या प्रक्रियेत खूप मोठ्या प्रमाणावर उष्णता बाहेर फेकली जाते. त्यामुळे, सन्हत सल्फ्यूरिक आम्लात पाणी ओतले असता पाण्याचे तात्काळ बाष्पीभवन होऊन अपघात संभवतो. हे टाळण्यासाठी आवश्यक तितके पाणी काचपात्रात घेऊन त्यात थोडे थोडे सल्फ्यूरिक ॲसिड ओतून ढवळतात, म्हणजे एका क्षणी थोडीच उष्णता बाहेर टाकली जाते.

ऊष्माग्राही व ऊष्मादायी प्रक्रिया करणे.

साहित्य : प्लास्टिकच्या दोन बाटल्या, मोजपात्र, तापमापी, इत्यादी.

रासायनिक पदार्थ : पोटॅशिअम नायट्रेट, सोडिअम हायड्रॉक्साईड, पाणी, इत्यादी.

(सोडिअम हायड्रॉक्साइड दाहक असल्याने शिक्षकांच्या उपस्थितीत काळजीपूर्वक हाताळा.)

कृती : प्लास्टिकच्या दोन बाटल्यांमध्ये प्रत्येकी 100 ml पाणी घ्या. प्लास्टिक हे उष्णतारोधक असल्यामुळे उष्णतेचा ऱ्हास टाळता येतो. बाटल्यांतील पाण्याच्या तापमानाची नोंद करा. एका बाटलीत 5 ग्रॅम पोटॅशिअम नायट्रेट (KNO_3) घाला. बाटली चांगली हलवा. तयार झालेल्या द्रावणाच्या तापमानाची नोंद करा. दुसऱ्या बाटलीत 5 ग्रॅम सोडिअम हायड्रॉक्साइड (NaOH) घाला. बाटली चांगल्या प्रकारे हलवा. तापमानाची नोंद करा.

पहिल्या बाटलीत पोटॅशिअम नायट्रेट पाण्यात विरघळणे ही प्रक्रिया घडली तर दुसऱ्या बाटलीत सोडिअम हायड्रॉक्साइड पाण्यात विरघळण्याची प्रक्रिया घडली. तुमच्या निरीक्षणानुसार यातील कोणती प्रक्रिया ऊष्मादायी व कोणती प्रक्रिया ऊष्माग्राही आहे ?

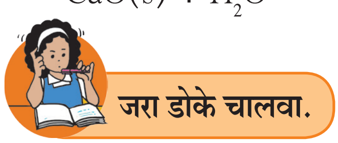
KNO_3 विरघळण्याची प्रक्रिया घडून येताना परिसरातील उष्णता शोषली जाते, त्यामुळे द्रावण तयार होताना त्याचे तापमान कमी होते. ज्या प्रक्रियेमध्ये बाहेरची उष्णता शोषली जाते, त्या प्रक्रियेला ऊष्माग्राही प्रक्रिया म्हणतात. जेव्हा NaOH (स्थायुरूपातील) पाण्यात विरघळले तेव्हा उष्णता बाहेर टाकली गेली व त्याच्या तापमानात वाढ झाली. ज्या प्रक्रियांमध्ये उष्णता बाहेर टाकली जाते त्या प्रक्रियांना ऊष्मादायी प्रक्रिया असे म्हणतात.

ऊष्माग्राही व ऊष्मादायी अभिक्रिया

रासायनिक अभिक्रियांमध्येसुद्धा उष्णतेची देवाणघेवाण होते, त्यानुसार काही रासायनिक अभिक्रिया ऊष्मादायी असतात तर काही ऊष्माग्राही असतात. ऊष्मादायी रासायनिक अभिक्रियांमध्ये अभिक्रियाकारकांचे रूपांतर उत्पादितांमध्ये होताना उष्णता बाहेर टाकली जाते तर ऊष्माग्राही अभिक्रियांमध्ये अभिक्रियाकारकांचे रूपांतर उत्पादितांमध्ये होताना परिसरातून उष्णता शोषली जाते किंवा बाहेरून उष्णता सतत द्यावी लागते. उदाहरणार्थ,

$CaCO_3(s) +$ उष्णता $\longrightarrow CaO(s) + CO_2(g)$ **(ऊष्माग्राही अभिक्रिया)**

$CaO(s) + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 +$ उष्णता **(ऊष्मादायी अभिक्रिया)**



1. विरघळण्याची प्रक्रिया व रासायनिक अभिक्रिया यात फरक काय ?
2. द्रावकामध्ये द्राव्य विरघळल्यावर नवीन पदार्थ बनतो का ?

रासायनिक अभिक्रियेचा दर (Rate of chemical reaction)

खालील प्रक्रियांना लागणारा वेळ विचारात घेऊन त्यांचे दोन गटांत वर्गीकरण करा व त्या गटांना शीर्षक द्या.

1. स्वयंपाकाचा गॅस पेटवताच तो जळू लागतो.
2. लोखंडी वस्तू गंजते.
3. खडकांचे अपक्षीणन होऊन माती तयार होते.
4. ग्लुकोजच्या द्रावणात योग्य परिस्थितीत यीस्ट मिसळल्यावर अल्कोहोल तयार होते.
5. परीक्षानळीतील विरल आम्लामध्ये खाण्याचा सोडा टाकल्यावर बुडबुडे निर्माण होतात.
6. बेरिअम क्लोराइडच्या द्रावणात विरल सल्फ्यूरिक आम्ल मिसळल्यावर पांढरा अवक्षेप तयार झाला.

वरील उदाहरणांवरून आपल्या लक्षात येते की काही अभिक्रिया थोड्या वेळात पूर्ण होतात, म्हणजे जलदगतीने घडतात तर काहींना पूर्ण होण्यास खूप वेळ लागतो, म्हणजेच त्या मंदगतीने घडतात. याचा अर्थ असा की भिन्न अभिक्रियांचा दर भिन्न असतो.

एकच अभिक्रिया अटी बदलल्यानंतर वेगवेगळ्या दरांनी घडू शकते. उदा. हिवाळ्यामध्ये दूध विरजल्यानंतर त्याचे दही बनायला खूप वेळ लागतो. उन्हाळ्यातील उच्च तापमानाला दुधाचे दही बनण्याच्या अभिक्रियेचा दर वाढतो, व दही लवकर बनते.

रासायनिक अभिक्रियेचा दर कोणत्या घटकांवर अवलंबून असतो ते आता आपण पाहू या.

रासायनिक अभिक्रियेच्या दरावर परिणाम करणारे घटक
(Factors affecting the rate of a chemical reaction)

अ. अभिक्रियाकारकांचे स्वरूप (Nature of Reactants)

ॲल्युमिनिअम (Al) व जस्त (Zn) या धातूंची विरल हायड्रोक्लोरिक आम्लाबरोबर अभिक्रिया बघू.

Al व Zn या दोन्हींची विरल हायड्रोक्लोरिक आम्लाबरोबर अभिक्रिया होऊन H_2 वायू मुक्त होतो आणि ह्या धातूंचे पाण्यात विद्राव्य असे क्षार तयार होतात. परंतु झिंक धातूच्या तुलनेत ॲल्युमिनिअम धातूची आम्लाबरोबर अभिक्रिया जलद होते. अभिक्रियेच्या दरातील या फरकाला त्या धातूचे स्वरूप कारणीभूत असते. Al हा Zn पेक्षा जास्त अभिक्रियाशील (Reactive) आहे. म्हणून हायड्रोक्लोरिक आम्लाबरोबर Al च्या अभिक्रियेचा दर हा Zn बरोबरील अभिक्रियेच्या दरापेक्षा जास्त असतो. अभिक्रियाकारकांचे स्वरूप (किंवा अभिक्रियाशीलता) रासायनिक अभिक्रियांच्या दरावर परिणाम करते. (धातूंची अभिक्रियाशीलता याविषयी आपण धातुविज्ञान या पाठात अधिक माहिती घेणार अहोत.)

आ. अभिकारकांच्या कणांचा आकार (Size of the Particles of Reactants)

करून पाहूया.

साहित्य : दोन परीक्षानळ्या, वजनकाटा, मोजपात्र, इत्यादी.

रासायनिक पदार्थ : शहाबादी फरशीचे तुकडे, शहाबादी फरशीचा चुरा, विरल HCl, इत्यादी.

कृती : दोन परीक्षानळ्यांमध्ये सारख्याच वजनाचे शहाबादी फरशीचे तुकडे व चुरा घ्या. दोन्हींमध्ये प्रत्येकी 10ml विरल HCl टाका. कार्बन डायऑक्साइड वायूचे बुडबुडे जलद गतीने तयार होतात की मंद गतीने याचे निरीक्षण करा.

वरील कृतीमध्ये तुमच्या लक्षात आले असेल की, शहाबादी फरशीच्या तुकड्यांबरोबर CO_2 चे बुडबुडे हळूहळू तयार होतात, तर भुकटीबरोबर ते जलद गतीने तयार होतात.

वरील निरीक्षण असे दर्शविते की, अभिक्रियेचा दर अभिकारकांच्या कणांच्या आकारावर अवलंबून असतो. रासायनिक अभिक्रियेत भाग घेणाऱ्या अभिकारकांच्या कणांचा आकार जेवढा लहान असेल तेवढा अभिक्रियेचा दर जास्त असतो.

इ. अभिकारकांची संहती (Concentration of reactants)

विरल व संहत हायड्रोक्लोरिक आम्लाची $CaCO_3$ च्या भुकटीवर होणारी अभिक्रिया विचारात घेऊ.

विरल आम्लाबरोबर $CaCO_3$ ची अभिक्रिया मंदपणे होते व $CaCO_3$ हळूहळू नाहीसा होत जातो व CO_2 वायू हळूहळू मुक्त होतो, या उलट संहत आम्लाबरोबरची अभिक्रिया जलद गतीने होऊन $CaCO_3$ लवकर नाहीसा होतो.

संहत आम्लाबरोबरची अभिक्रिया विरल आम्लापेक्षा जलद होते म्हणजेच अभिक्रियेचा दर हा अभिकिग्राकारकांच्या संहतीच्या प्रमाणात बदलतो.

ई. अभिक्रियेचे तापमान (Temperature of the Reaction)

अपघटन अभिक्रियेचा अभ्यास करताना चुनखडीच्या अपघटनाची कृती तुम्ही केली आहे. या कृतीमध्ये बर्नरने उष्णता देण्यापूर्वी चुन्याची निवळी दुधी होत नाही. कारण तेव्हा अभिक्रियेचा दर शून्य असतो. तापवल्यामुळे अभिक्रियेचा दर वाढून CO_2 हे उत्पादित तयार होते.यावरून असे लक्षात येते की, आभिक्रियेचा दर हा तापमानावर अवलंबून असतो. तापमान वाढविले की, अभिक्रियेचा दर वाढतो.

उ. उत्प्रेरक (Catalyst)

पोटॅशिअम क्लोरेट ($KClO_3$) तापवले असता त्याचे अपघटन मंदगतीने होते.

$$2KClO_3 \longrightarrow 2KCl + 3O_2 \quad ....(19)$$

कणांचा आकार लहान करून वा अभिक्रियेचे तापमान वाढवूनदेखील वरील अभिक्रियेचा दर वाढत नाही. परंतु मँगेनीज डायऑक्साइड (MnO_2) च्या उपस्थितीत $KClO_3$ चे जलद गतीने अपघटन होऊन O_2 वायू मुक्त होतो. या अभिक्रियेत, MnO_2 मध्ये कोणताही रासायनिक बदल होत नाही.

''ज्या पदार्थाच्या केवळ उपस्थितीमुळे रासायनिक अभिक्रियेचा दर बदलतो, परंतु त्या पदार्थामध्ये मात्र कोणताही रासायनिक बदल होत नाही, अशा पदार्थाला उत्प्रेरक म्हणतात.''

हायड्रोजन पेरॉक्साइडचे विघटन होऊन पाणी व ऑक्सिजन तयार होण्याची ही अभिक्रिया कक्ष तापमानाला खूपच मंद गतीने होत असते पण तीच अभिक्रिया मँगेनिज डायऑक्साइड (MnO_2) ची पावडर टाकल्यावर जलद वेगाने घडते.

माहीत आहे का तुम्हांला?

1. प्रत्येक रासायनिक बदलामध्ये एक किंवा अधिक रासायनिक अभिक्रिया घडत असतात.
2. काही रासायनिक अभिक्रिया शीघ्र तर काही मंद गतीने होतात.
3. तीव्र आम्ल व तीव्र आम्लारी यांमधील अभिक्रिया तात्काळ होते.
4. आपल्या शरीरात विकर (Enzymes) जैवरासायनिक अभिक्रियांचा दर वाढवितात व शरीराच्या तापमानालाच त्या घडवून आणला.
5. नाशवंत खाद्यपदार्थ शीतकपाटात जास्त काळ टिकतात. खाद्यपदार्थाच्या विघटनाचा दर तापमानामुळे कमी होतो.
6. पाण्यापेक्षा तेलावर भाजी लवकर शिजते.
7. जर अभिक्रियेचा दर जलद असेल तर रासायनिक कारखान्यांमध्ये रासायनिक प्रक्रिया फायदेशीर ठरतात.
8. अभिक्रियेचा दर हा पर्यावरणाच्या दृष्टिकोनातून देखील महत्त्वाचा आहे.
9. पृथ्वीच्या वातावरणातील ओझोन वायूचा थर सूर्याच्या अतिनील किरणांपासून आपल्या पृथ्वीवरील सजीवसृष्टीचे संरक्षण करतो. हा थर कमी होणे किंवा टिकून राहणे ही प्रक्रिया साधारणत: ओझोन रेणूच्या निर्मितीच्या आणि नष्ट होण्याच्या दरावर अवलंबून असते.

ऑक्सिडीकरण व क्षपण (Oxidation and Reduction)

अनेक प्रकारचे पदार्थ ऑक्सिडीकरण व क्षपण ह्या प्रकारच्या अभिक्रिया देतात. या अभिक्रियांबद्दल आता अधिक माहिती घेऊया.

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO \quad ....(20)$$
$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad ....(21)$$
$$MgH_2 \longrightarrow Mg + H_2 \quad ....(22)$$
$$CH_3-CH_3 \longrightarrow CH_2=CH_2 \quad ....(23)$$

या अभिक्रियांपैकी 20 व 21 मध्ये एका अभिकारकाचा ऑक्सिजनशी संयोग झालेला आहे, तर 22 व 23 मध्ये अभिकारकामधून हायड्रोजन निघून गेलेला आहे. ही सर्व उदाहरणे ऑक्सिडीकरण अभिक्रियेची आहेत.

ज्या रासायनिक अभिक्रियेत अभिक्रियाकारकाचा ऑक्सिजनशी संयोग होतो किंवा ज्या रासायनिक अभिक्रियेत अभिक्रियाकारकातून हायड्रोजन निघून जातो व उत्पादित मिळते अशा अभिक्रियेला 'ऑक्सिडीकरण अभिक्रिया' असे म्हणतात.

काही ऑक्सिडीकरण अभिक्रिया विशिष्ट रासायनिक पदार्थांच्या उपयोगाने घडवून आणतात.
उदाहरणार्थ,

$$CH_3 - CH_2 - OH \xrightarrow[K_2Cr_2O_7/H_2SO_4]{[O]} CH_3 - COOH \text{........(24)}$$

एथिल अल्कोहोल → अ‍ॅसेटिक ॲसिड

येथे एथिल अल्कोहोल या अभिकारकाच्या ऑक्सिडीकरणासाठी आम्लयुक्त पोटॅशिअम डायक्रोमेट ऑक्सिजन उपलब्ध करून देतो. असे जे रासायनिक पदार्थ ऑक्सिजन उपलब्ध करून देऊन ऑक्सिडीकरण अभिक्रिया घडवून आणतात त्यांना ऑक्सिडक (Oxidant) म्हणतात.

माहीत आहे का तुम्हांला?

नियंत्रित ऑक्सिडीकरण घडवून आणण्यासाठी विविध रासायनिक ऑक्सिडक वापरतात.
$K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$, $KMnO_4/H_2SO_4$ हे काही नेहमीच्या वापरातील रासायनिक ऑक्सिडक आहेत. हायड्रोजन पेरॉक्साइड (H_2O_2) हा सौम्य ऑक्सिडक म्हणून वापरतात. ओझोन (O_3) हा सुद्धा एक रासायनिक ऑक्सिडक आहे. रासायनिक ऑक्सिडकांपासून निर्माण झालेला नवजात ऑक्सीजन ऑक्सिडीकरणासाठी वापरला जातो.

$O_3 \rightarrow O_2 + [O]$

$H_2O_2 \rightarrow H_2O + [O]$

$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 3[O]$

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5[O]$

नवजात ऑक्सिजन ही O_2 रेणू तयार होण्यापूर्वीची अवस्था आहे. हे ऑक्सिजनचे अभिक्रियाशील रूप आहे व ते [O] असे लिहून दर्शवतात.

जरा डोके चालवा.

1. पेयजलाच्या शुद्धीकरणासाठी कोणता ऑक्सिडक वापरतात?
2. पाण्याच्या टाक्या साफ करताना पोटॅशिअम परमँगनेट का वापरतात?

पोटॅशिअम परमँगनेट हा रासायनिक ऑक्सिडक आहे हे आपण आताच पाहिले. आता पुढील अभिक्रिया पहा.

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O \text{.........(25)}$$

या अभिक्रियेत आम्लाच्या उपस्थितीत $KMnO_4$ ने कोणाचे ऑक्सिडीकरण केले? अर्थातच $FeSO_4$ चे.
येथे $FeSO_4$ चे रूपांतर $Fe_2(SO_4)_3$ मध्ये झाले. हे रूपांतर म्हणजे ऑक्सीडीकरण कसे ते आता पाहू.

$$2FeSO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3$$

आयनिक अभिक्रिया $Fe^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow 2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-}$

वरील रूपांतरात जो निव्वळ बदल होतो तो पुढीलप्रमाणे निव्वळ आयनिक अभिक्रियेचे दर्शवता येतो.

निव्वळ आयनिक अभिक्रिया $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$
(फेरस) (फेरिक)

ही निव्वळ आयनिक अभिक्रिया $KMnO_4$ ने घडवून आणलेले ऑक्सिडीकरण दर्शवते. फेरस आयनपासून फेरिक आयन बनतो तेव्हा धनप्रभार 1 एककाने वाढतो. हे होताना फेरस आयन एक इलेक्ट्रॉन गमावतो. यावरून आपल्याला 'ऑक्सिडीकरण म्हणजे एक किंवा अधिक इलेक्ट्रॉन गमावणे' अशी नवी व्याख्या समजते.

सांगा पाहू !

रासायनिक समीकरण (6) पहा. वनस्पती तेलापासून वनस्पती तूप तयार करणे ही कोणत्या प्रकारची अभिक्रिया आहे असे तुम्हांला वाटते?

ज्या रासायनिक अभिक्रियांमध्ये अभिकारके हायड्रोजन प्राप्त करतात त्या अभिक्रियांना 'क्षपण' अभिक्रिया असे म्हणतात. त्याचप्रमाणे ज्या अभिक्रियांमध्ये अभिकारकातील ऑक्सिजन निघून जातो आणि उत्पादित तयार होते अशा अभिक्रियांनासुद्धा 'क्षपण' असे म्हणतात. जो पदार्थ क्षपण घडवून आणतो त्या पदार्थाला क्षपणक म्हणतात.

जेव्हा काळ्या कॉपर ऑक्साइडवरून हायड्रोजन वायू प्रवाहित केला जातो तेव्हा तांबूस रंगाचे तांबे मिळते.

$$CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(26)$$

या अभिक्रियेत क्षपणक कोण आहे? तसेच कोणत्या अभिकारकाचे क्षपण झाले आहे?

या अभिक्रियेच्या वेळी CuO (कॉपर ऑक्साईड) मधील ऑक्सिजनचा अणू बाहेर पडतो अर्थात कॉपर ऑक्साइडचे क्षपण होते, तर हायड्रोजनचा रेणू ऑक्सिजन अणू स्वीकारतो व पाणी (H_2O) तयार होते म्हणून हायड्रोजनचे ऑक्सिडीकरण होते. अशा प्रकारे ऑक्सिडीकरण व क्षपण या अभिक्रिया एकाच वेळी घडतात. ऑक्सिडकामुळे क्षपणकाचे ऑक्सिडीकरण होते व क्षपणकामुळे ऑक्सिडकाचे क्षपण होते. या वैशिष्ट्यांमुळे क्षपण अभिक्रिया व ऑक्सिडीकरण अभिक्रिया अशा दोन पदांऐवजी रेडॉक्स अभिक्रिया अशा एकाच पदाचा वापर करतात.

रेडॉक्स अभिक्रिया = क्षपण + ऑक्सिडीकरण

Redox reaction = Reduction + Oxidation

जरा डोके चालवा.

1. रेडॉक्स अभिक्रियांची आणखी काही उदाहरणे पुढीलप्रमाणे आहेत. त्यांच्यातील क्षपणक व ऑक्सिडक कोणते ते ओळखा.

$$2H_2S + SO_2 \longrightarrow 3S\downarrow + 2H_2O \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(27)$$

$$MnO_2 + 4\,HCl \longrightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2\uparrow \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(28)$$

2. ऑक्सिडीकरण म्हणजे इलेक्ट्रॉन गमावणे, तर क्षपण म्हणजे काय?

3. Fe^{3+} क्षपण होऊन Fe^{2+} तयार होणे ही क्षपण अभिक्रिया इलेक्ट्रॉन (e^-) ह्या संज्ञेचा वापर करून लिहा.

विचार करा.

घरातील ॲल्युमिनिअमच्या भांड्याच्या पृष्ठभागावरची चकाकी काही दिवसांनी कमी होऊन ती निस्तेज होतात असे का होते?

अणूवरील किंवा आयनावरील धनप्रभार जेव्हा वाढतो किंवा ऋणप्रभार कमी होतो तेव्हा त्याला ऑक्सिडीकरण म्हणतात आणि जेव्हा धनप्रभार कमी होतो किंवा ऋणप्रभार वाढतो तेव्हा त्याला क्षपण म्हणतात.

$$Fe \underset{\text{क्षपण}}{\overset{\text{ऑक्सिडीकरण}}{\rightleftharpoons}} FeO \underset{\text{क्षपण}}{\overset{\text{ऑक्सिडीकरण}}{\rightleftharpoons}} Fe_2O_3$$

माहीत आहे का तुम्हांला?

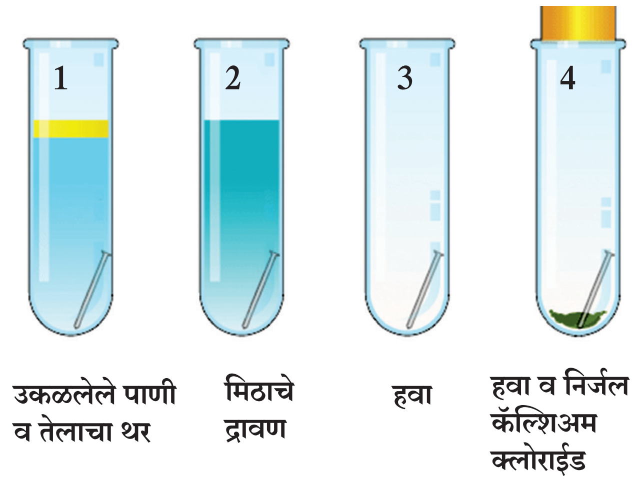
पेशींमधील श्वसनादरम्यान रेडॉक्स अभिक्रिया घडत असते. तेथे सायटोक्रोम सी ऑक्सिडेज ह्या विकराचा रेणू इलेक्ट्रॉनचे वहन करून ही अभिक्रिया घडवून आणतो.

अधिक माहितीसाठी सजीवांतील जीवनप्रक्रियांची माहिती घ्या.

क्षरण (Corrosion)

करून पाहूया. **साहित्य :** चार परीक्षानळ्या, चार छोटे लोखंडी खिळे, रबरी बूच, इत्यादी.
रासायनिक पदार्थ : निर्जल कॅल्शिअम क्लोराइड, तेल, उकळलेले पाणी इत्यादी.

कृती :
चार परीक्षानळ्या घेऊन एका टेस्ट ट्यूब स्टँडवर ठेवा. एका परीक्षानळीत थोडे उकळलेले पाणी घेऊन त्यावर तेलाचा थर घ्या. दुसऱ्या परीक्षानळीत थोडे मीठाचे द्रावण घ्या. तिसऱ्या परीक्षानळीत फक्त हवाच असेल. चौथ्या परीक्षानळीत थोडे निर्जल कॅल्शिअम क्लोराइड घ्या. आता प्रत्येक परीक्षानळीत एक एक छोटा लोखंडी खिळा टाका. चौथी परीक्षानळी रबरी बुचाने बंद करा. चारही परीक्षानळ्या काही दिवस तशाच ठेवा.



3.7 गंजण्याचा अभ्यास करणे

काही दिवसांनंतर चारही परीक्षानळ्यांमधील खिळ्यांचे निरीक्षण करा. तुम्हाला काय आढळून आले? कोणत्या परीक्षानळ्यांमधील खिळे गंजले? गंजण्यासाठी पाणी व हवा या दोन्हींची आवश्यकता असते. क्षारांच्या सानिध्यात गंजण्याची क्रिया जलद होते.

तुम्ही रोजच्या जीवनात रेडॉक्स अभिक्रियांचा परिणाम पाहिला आहे का? नवीन दोन चाकी अथवा चार चाकी वाहने चकचकीत दिसतात. याउलट जुन्या वाहनांची चकाकी गेलेली असते. त्यांच्या धातूंच्या पृष्ठभागावर एक प्रकारचा तांबूस रंगाचा स्थायुरूप थर जमा झालेला दिसतो. त्या थरास 'गंज' असे म्हणतात. त्याचे रासायनिक सूत्र $Fe_2O_3H_2O$ हे आहे.

लोखंडावरील गंज सरळपणे ऑक्सिजनची लोखंडाच्या पृष्ठभागाशी अभिक्रिया होऊन तयार होत नाही. हा गंज विद्युत रासायनिक अभिक्रियेने तयार होतो. लोखंडाच्या पृष्ठभागावरील वेगवेगळे भाग धनाग्र व ऋणाग्र बनतात.

1. धनाग्र भागात ॲनोडपाशी Fe चे ऑक्सिडीकरण होऊन Fe^{2+} तयार होते.

$$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$$

2. ऋणाग्र भागात O_2 चे क्षपण होऊन पाणी तयार होते.

$$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$$

जेव्हा Fe^{2+} आयन धनाग्र भागातून स्थलांतरित होतात तेव्हा त्यांची पाण्याशी अभिक्रिया होते व पुढे ऑक्सिडीकरण होऊन Fe^{3+} आयन तयार होतात.

Fe^{3+} आयनापासून अविद्राव्य तांबूस रंगाचे सजल ऑक्साइड तयार होते. त्यालाच गंज म्हणतात, ते पृष्ठभागावर जमा होते.

$$2Fe^{3+}(aq) + 4H_2O(l) \rightarrow Fe_2O_3.H_2O(s) + 6H^+(aq) \;......... (29)$$

वातावरणातील विविध घटकांमुळे धातूंचे ऑक्सिडीकरण होते व पर्यायाने त्यांची झीज होते त्यास क्षरण असे म्हणतात. लोखंड गंजते व त्यावर तांबूस रंगाचा थर जमा होतो. हे लोखंडाचे क्षरण आहे. क्षरण ही एक अत्यंत गंभीर समस्या आहे. याचा अभ्यास आपण पुढील पाठात करणार आहोत.

शोध घ्या काळपटलेली चांदीची आणि हिरवट झालेली पितळ्याची भांडी कशी स्वच्छ करतात?

खवटपणा (Rancidity)

जेव्हा जुने शिल्लक राहिलेले खाद्यतेल आपण खाद्यपदार्थ तयार करण्यासाठी वापरत असतो तेव्हा त्यास खवट वास येतो. जर अशा तेलात अन्न शिजवले तर त्या अन्नाची चवही बदलते. जेव्हा तेल किंवा तूप दीर्घकाळ तसेच ठेवले जाते किंवा तळलेले पदार्थ जास्त काळ तसेच ठेवले जातात तेव्हा हवेमुळे त्यांचे ऑक्सीडीकरण होऊन त्यास ‘खवटपणा’ प्राप्त होतो. ज्या खाद्यपदार्थांमध्ये तेल अथवा तुपाचा वापर करतात त्यात खवटपणा टाळण्यासाठी प्रतिऑक्सिडकाचा (Antioxident) वापर करतात. हवाबंद डब्यात अन्न ठेवल्यानेसुद्धा अन्नाची ऑक्सिडीकरण क्रिया मंदावते.

स्वाध्याय

1. **दिलेल्या विधानांतील रिकाम्या जागी कंसातील योग्य पर्याय निवडून विधाने सकारण स्पष्ट करा.**

(ऑक्सिडीकरण, विघटन, विस्थापन, विद्युत अपघटन, क्षपण, जस्त, तांबे, दुहेरी विस्थापन)

अ. लोखंडाचे पत्रे गंजू नयेत म्हणून त्यांच्यावर ....धातूचा थर दिला जातो.

आ. फेरस सल्फेटचे फेरिक सल्पेटमध्ये रूपांतर ही एक ......अभिक्रिया आहे.

इ. आम्लयुक्त पाण्यातून विद्युतप्रवाह जाऊ दिल्यास पाण्याचे .... होते.

ई. $BaCl_2$ च्या जलीय द्रावणात $ZnSO_4$ जलीय द्रावण मिसळणे हे. .... अभिक्रियेचे उदाहरण आहे.

2. **पुढील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.**

अ. दिलेल्या अभिक्रियेत जेव्हा एकाच वेळी ऑक्सिडीकरण व क्षपण अभिक्रिया घडून येतात तेव्हा त्या अभिक्रियेला काय म्हणतात? एका उदाहरणाच्या साहाय्याने स्पष्ट करा.

आ. हायड्रोजन पेरॉक्साइडचे अपघटन ह्या रासायनिक अभिक्रियेचा दर कसा वाढविता येतो?

इ. ऑक्सीजन व हायड्रोजन यांचा संदर्भ घेऊन अभिक्रियांचे कोणते प्रकार पडतात ते उदाहरणासहित लिहा.

इ. अभिकारक व उत्पादित म्हणजे काय ते सोदाहरण लिहा.

उ. NaOH पाण्यात मिसळणे व CaO पाण्यात मिसळणे या दोन घटनांमधील साम्य व भेद लिहा.

3. **खालील संज्ञा उदाहरणांसहित स्पष्ट करा.**

अ. ऊष्माग्राही अभिक्रिया

आ. संयोग अभिक्रिया

इ. संतुलित समीकरण

ई. विस्थापन अभिक्रिया

4. **शास्त्रीय कारणे लिहा.**

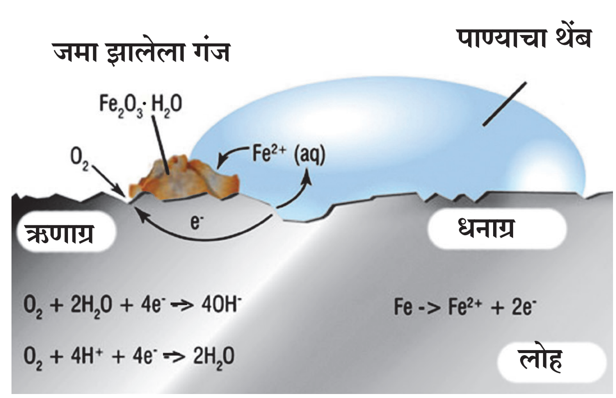
अ. चुनखडी तापवून मिळालेला वायू ताज्या चुन्याच्या निवळीतून जाऊ दिल्यास निवळी दुधाळ होते.

आ. शहाबादी फरशीचे तुकडे HCl मध्ये नाहीसे व्हावयास वेळ लागते पण फरशीचा चुरा मात्र लवकर नाहीसा होतो.

इ. प्रयोगशाळेत संहत सल्फ्यूरिक आम्लापासून विरल आम्ल तयार करताना पाण्यामध्ये संहत सल्फ्युरिक आम्ल संथ धारेने सोडून द्रावण काचकांडीने हलवीत राहतात.

ई. खाद्यतेल दीर्घकाळ साठविण्यासाठी हवाबंद डबा वापरणे योग्य ठरते.

5. **पुढील चित्राचे निरीक्षण करा, रासायनिक अभिक्रिया स्पष्टीकरणासह मांडा.**



6. **खालील रासायनिक अभिक्रियेमधील कोणत्या अभिकारकाचे ऑक्सिडीकरण आणि क्षपण होते ते ओळखा.**

अ. $Fe + S \longrightarrow FeS$

आ. $2Ag_2O \longrightarrow 4\ Ag + O_2 \uparrow$

इ. $2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$

ई. $NiO + H_2 \longrightarrow Ni + H_2O$

7. **पुढील रासायनिक समीकरणे पायरीपायरीने संतुलित करा.**

अ. $H_2S_2O_7(l) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_4(l)$

आ. $SO_2(g) + H_2S(aq) \longrightarrow S(s) + H_2O\ (l)$

इ. $Ag(s) + HCl(aq) \longrightarrow AgCl \downarrow + H_2 \uparrow$

ई. $NaOH\ (aq) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + H_2O(l)$

8. **खालील रासायनिक अभिक्रिया ऊष्माग्राही आहेत का ऊष्मादायी आहेत ते ओळखा.**

अ. $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O +$ उष्णता

आ. $2KClO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2KCl(s) + 3O_2 \uparrow$

इ. $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 +$ उष्णता

ई. $CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2 \uparrow$

9. **पुढील तक्ता जुळवा.**

अभिकारके	उत्पादिते	रासायनिक अभिक्रियेचा प्रकार
$BaCl_2\ (aq) + ZnSO_4\ (aq)$	$H_2CO_3(aq)$	विस्थापन
$2AgCl(s)$	$FeSO_4\ (aq) + Cu\ (s)$	संयोग
$CuSO_4\ (aq) + Fe\ (s)$	$BaSO_4 \downarrow + ZnCl_2\ (aq)$	अपघटन
$H_2O(l) + CO_2(g)$	$2Ag(s) + Cl_2(g)$	दुहेरी विस्थापन

उपक्रम :

प्रयोगशाळेत उपलब्ध असलेल्या स्थायुरूपातील विविध क्षारांची जलीय द्रावणे बनवा. या द्रावणांमध्ये सोडियम हायड्रॉक्साइडचे जलीय द्रावण मिसळून काय होते त्याचे निरीक्षण करा. या निरीक्षणांवर आधारित दुहेरी विस्थापन अभिक्रियांचा तक्ता बनवा.

H6ZG2B

4. विद्युतधारेचे परिणाम

- विद्युत परिपथामध्ये ऊर्जेचे स्थानांतरण
- विद्युतधारेचे औष्णिक परिणाम
- विद्युतधारेचे चुंबकीय परिणाम

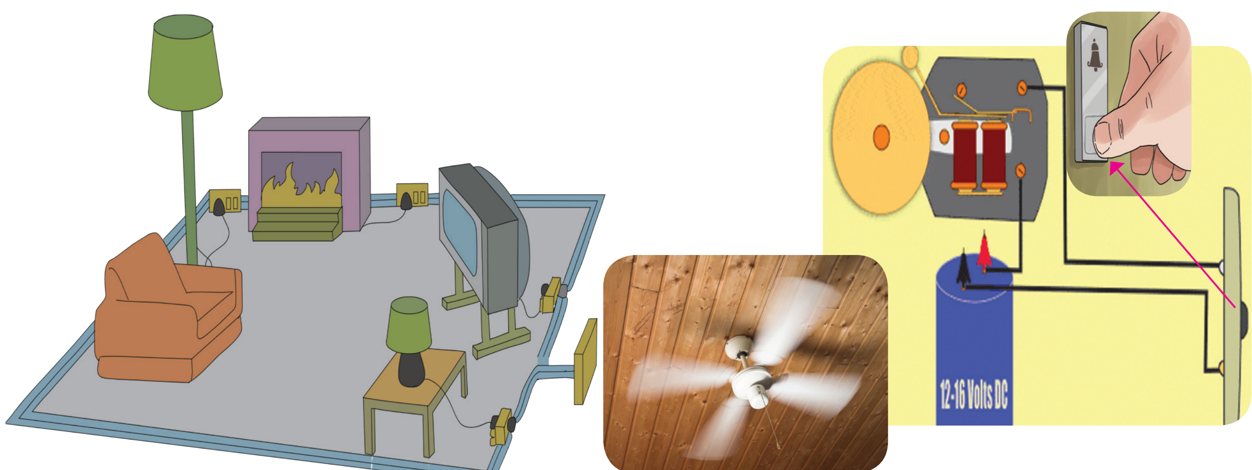
थोडे आठवा.

1. पदार्थ विद्युतसुवाहक आहे की दुर्वाहक आहे, हे आपण कशाच्या आधारे ठरवतो?
2. लोखंड हे विद्युत सुवाहक आहे, परंतु खाली पडलेला लोखंडाचा तुकडा हाताने उचलताना आपल्याला विजेचा झटका का लागत नाही?

मागील इयत्तांमध्ये आपण स्थितिक विद्युत म्हणजे काय ते जाणून घेतले. धनप्रभारित व ऋणप्रभारित वस्तूंविषयी विविध प्रयोग केले. वस्तूंचे धनप्रभारित व ऋणप्रभारित होण्यामागे ऋणप्रभारित कण एका वस्तूवरून दुसऱ्या वस्तूवर जाणे असते हेही आपण पाहिले. तसेच मागील इयत्तेत धाराविद्युत विषयी आपण अभ्यास केला.

विद्युतवाहक तारेतून जाणारी विद्युतधारा, विद्युतरोधातून जाणारी विद्युतधारा, विद्युत प्रवर्तन, विद्युत चलित्र व विद्युत जनित्र यांचे कार्य या पाठात आपण अभ्यासणार आहोत.

निरीक्षण करा व चर्चा करा. खालील चित्रांमध्ये तुम्हाला काय दिसते? विद्युतधारेचे कोणकोणते परिणाम तुम्हाला आढळतात?



अ ब क

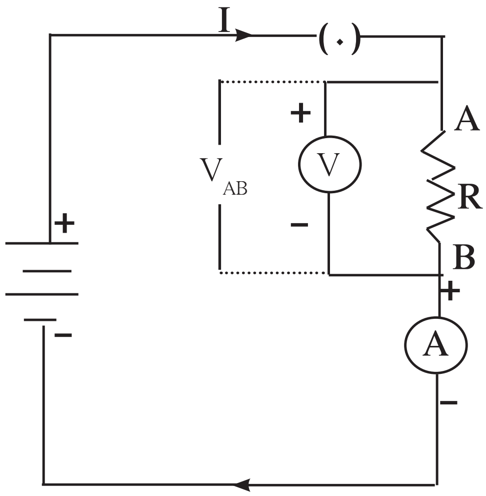
4.1 विद्युतधारेचे परिणाम

विद्युत परिपथामध्ये ऊर्जेचे स्थानांतरण (Energy transfer in an electric circuit)

करून पहा. **साहित्य :** जोडणीच्या तारा, विद्युत घट, विद्युतरोध, व्होल्टमीटर, ॲमीटर, प्लगकळ इत्यादी.

कृती : सोबतच्या आकृती 4.2 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे योग्य त्या मूल्यांचे घटक घेऊन परिपथ जोडा. परिपथातील विद्युतधारा (I) मोजा, विद्युतरोधाच्या दोन टोकांमधील (A व B) विभवांतर (V_{AB}) मोजा.

A येथील विभव B येथील विभवापेक्षा जास्त आहे कारण A हा बिंदू विद्युतघटाच्या धन टोकाला तर B हा बिंदू विद्युतघटाच्या ऋण टोकाला जोडलेला आहे.



4.2 विद्युत परिपथ

जर Q इतका विद्युतप्रभार A पासून B कडे गेला तर, या विद्युतप्रभारावर A पासून B पर्यंत जाताना V_{AB} Q इतके कार्य झाले (पहा इयत्ता 9 वी पाठ 3). हे कार्य करायला ऊर्जा कोठून आली? ऊर्जेचा स्रोत तर घट आहे. घटाने ही ऊर्जा विद्युत प्रभारामार्फत विद्युतरोधाला दिली, जेथे कार्य V_{AB} Q घडले. Q हा विद्युतप्रभार t या वेळेत A पासून B कडे गेला. म्हणजेच हे कार्य जर t या वेळेत घडले असेल तर त्यावेळेत V_{AB} Q इतकी ऊर्जा विद्युतरोधाला दिली गेली. या विद्युतऊर्जेचे काय होते? ही ऊर्जा विद्युतरोधाला मिळते व तिचे रूपांतर उष्णता ऊर्जेत होते आणि विद्युतरोधाचे तापमान वाढते.

जरा डोके चालवा.

विद्युतरोधाचे जागी परिपथामध्ये जर विद्युतचलित्र (Motor) असेल तर घटाने दिलेली ऊर्जा कोणत्या रूपात बदललेली दिसून येईल?

$$\text{विद्युतशक्ती} = P = \frac{\text{ऊर्जा}}{\text{लागलेला वेळ}} = \frac{V_{AB}\,Q}{t} = V_{AB}\,I \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1) \quad \because \frac{Q}{t} = I$$

ऊर्जास्रोताने (घटाने) t या वेळेत P x t इतकी ऊर्जा विद्युतरोधाला दिली. जर परिपथातून I इतकी विद्युतधारा सतत वाहात असेल तर t या वेळेत विद्युतरोधात

$$H = P \times t = V_{AB} \times I \times t \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

इतकी उष्णता निर्माण होईल.

ओह्मच्या नियमानुसार $V_{AB} = I \times R$ .... (3)

$$H = V^2_{AB} \times \frac{t}{R} \;\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

तसेच $H = I \times I \times R \times t = I^2 \times R \times t$ ....(5)

$H = I^2 \times R \times t$ यालाच ज्यूलचा उष्णताविषयक नियम असे म्हणतात.

विद्युतशक्तीचे एकक : समीकरण (1) नुसार

$P = V_{AB} \times I$ = Volt x Amp .... (6)

$$1 \text{ Volt} \times 1 \text{ Amp} = \frac{1J}{1C} \times \frac{1C}{1s} \;\ldots\ldots (7)$$

$$\frac{1J}{s} = W \text{ (watt)} \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

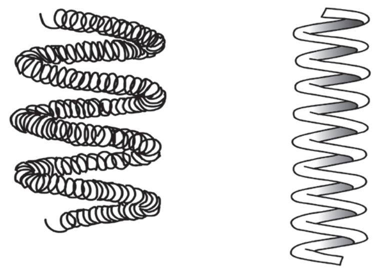
त्यामुळे विद्युतशक्तीचे एकक 1W (वॅट) हे आहे.

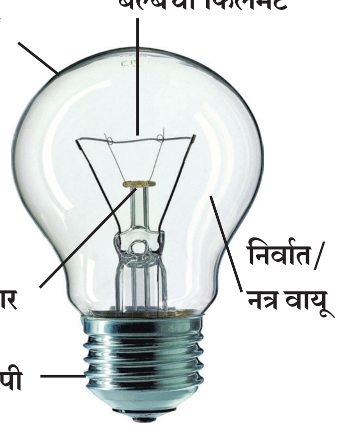
विचार करा.

विद्युतशक्ती ज्या प्रकारे लिहिता आली तशीच यांत्रिक शक्तीही कशी व्यक्त करता येईल?

विद्युतधारेचे औष्णिक परिणाम (Heating effects of electric current)

विद्युत परिपथामध्ये विद्युतरोध जोडल्यास विद्युतधारेने त्यात उष्णता निर्माण होते, यास विद्युतधारेचा औष्णिक परिणाम असे म्हणतात.





4.3 कुंतलाचा उपयोग

पाणी गरम करण्यासाठी बॉयलर, विजेवर चालणारी शेगडी, विजेचा बल्ब, अशी अनेक उपकरणे विद्युतधारेच्या औष्णिक परिणामाचा उपयोग करतात. ज्या वाहकपदार्थाची रोधकता जास्त आहे अशा वाहकपदार्थाचा उपयोग येथे केला जातो. उदाहरणार्थ, नायक्रोम या मिश्रधातूच्या कुंतलाचा उपयोग विजेच्या शेगडीत विद्युतरोध म्हणून करतात, तर विजेच्या बल्बमध्ये टंगस्टन तारेचा उपयोग करतात. विद्युतधारेमुळे ही तार तापते (सुमारे 3400^0C पर्यंत) व त्यातून प्रकाश बाहेर पडतो. तप्त तारेपासून उष्णतेचेही काही प्रमाणात प्रारण होते.

शोध घ्या

विद्युत मंडळाकडून दर महिन्याला येणारे वीज वापराचे देयक तपासा. त्यातील विविध बाबींची माहिती करून घ्या. वीज बीलात वीज वापर 'युनिट' मध्ये देतात. हे युनिट काय आहे? 1 kWh इतकी विद्युतऊर्जा वापरल्यास त्याला 1 युनिट असे म्हणतात.

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

विद्युतशक्तीचे 1W हे एकक खूपच लहान आहे, म्हणून 1000 W म्हणजेच 1kW हे एकक विद्युतशक्ती मोजण्यासाठी व्यवहारात वापरले जाते. एक तासभर जर 1kW एवढी विद्युतशक्ती वापरली, तर 1kWh एवढी विद्युतऊर्जा वापरली असे होईल. (पहा समीकरण 1)

1kWh= 1 kilowatt hour = 1000 W x 3600 s

$= 3.6 \times 10^6$ Ws $= 3.6 \times 10^6$ J

अनेक वेळा आपण एखाद्या इमारतीला लघुपरिपथनाने (शॉर्ट सर्किट मुळे) आग लागल्याचे ऐकतो, वाचतो. कधी कधी आपल्या घरात एखादे विद्युतउपकरण चालू केल्याबरोबर वितळतार (फ्यूज) वितळून खंडित होते व विद्युतपुरवठा बंद पडतो. याचे कारण थोडक्यात पाहू. घरातील वीज जोडणीत वीजयुक्त (Live) तार, तटस्थ (Neutral) तार व भूसंपर्कन (Earth) तार अशा तीन तारा असतात. वीजयुक्त व तटस्थ तारांमध्ये 220 V इतके विभवांतर असते. भूसंपर्कन तार जमिनीस जोडलेली असते. उपकरणातील दोषामुळे किंवा वीजयुक्त तार व तटस्थ तार यांवरील प्लॅस्टिक आवरण निघून गेल्यामुळे या दोन्ही तारा एकमेकांना चिकटल्यास त्यातून खूप मोठी विद्युतधारा वाहू लागते व त्याठिकाणी उष्णता निर्माण होऊन आजूबाजूला ज्वालाग्राही पदार्थ (उदा. लाकूड, कापड, प्लॅस्टिक इत्यादी) असल्यास आगीचा भडका उडू शकतो. यासाठीच खबरदारी म्हणून वितळतारेचा (fuse चा) उपयोग केलेला असतो. वितळतारे संबंधी आपण मागील इयत्तेत जाणून घेतले आहे. उच्च विद्युतधारा परिपथात वाहताच वितळतार वितळून परिपथ खंडित करते व अनर्थ टळतो.

अनेक वेळा विशेषतः उन्हाळ्याचे दिवसात सायंकाळी घरोघरचे दिवे, पंखे, वातानुकूलन यंत्रे, दुकानांमधील वीज वापर, या सर्वांमुळे मोठ्या प्रमाणात विद्युतशक्ती वापरली जाते, अतिप्रमाणात विद्युतधारा विद्युतपुरवठा करणाऱ्या ट्रान्सफॉर्मरकडून ओढली जाते व त्या ट्रान्सफॉर्मरची तेवढी क्षमता नसल्यास त्याची वितळतार वितळते व पुरवठा बंद होतो. ही घटना अतिभाराने (Overloading) घडते.

4.4 वापरात असलेल्या विविध वितळतारा

माहीत आहे का तुम्हांला ?

हल्ली घरामध्ये MCB (Miniature Circuit Breaker) नावाने ओळखली जाणारी एक कळ बसविली जाते. विद्युतधारा अचानक वाढल्यास ही कळ खुली होऊन विद्युतधारा बंद पाडते. यासाठी विविध प्रकारचे MCB वापरले जातात. संपूर्ण घरासाठी मात्र वितळतारच वापरली जाते.

सोडविलेली उदाहरणे

उदाहरण 1 : नायक्रोम या मिश्रधातूपासून तयार केलेली 6 मीटर लांबीची तार तिचे कुंतल करून उष्णता निर्माण करण्यासाठी दिली आहे. तिचा विद्युतरोध 24 Ω इतका आहे. ही तार निम्म्यावर तोडून कुंतल तयार केले तर मिळणारी उष्णता अधिक असेल का? शक्ती मिळविण्यासाठी तारेची/कुंतलाची टोके 220 V विभवांतर असणाऱ्या स्रोताला जोडली आहेत.

दिलेली माहिती : विद्युतरोध = 24 Ω ,
विभवांतर = 220 V

अ : अखंड तारेचे कुंडल

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(220)^2}{24} = 201 \text{ watts}$$

ब : निम्म्या तारेचे कुंडल

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(220)^2}{12} = 403 \text{ watts}$$

म्हणजेच तार निम्मी केली तर उष्णता जास्त मिळेल.

उदाहरण 2 : एका 9 Ω विद्युतरोधाला एक घट जोडला असून त्यामुळे त्यातून वाहणाऱ्या विद्युतधारेमुळे विद्युतरोधात प्रति सेकंदास 400 J इतकी उष्णता निर्माण होत आहे. विद्युतरोधास किती विभवांतर लावले आहे ते काढा.

दिलेली माहिती :
प्रतिसेकंद 400 J इतकी उष्णता म्हणजेच

$$P = \frac{400 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$400 = \frac{V^2}{9}$$

$$400 \times 9 = V^2$$

$$\therefore V = \sqrt{(400 \times 9)} = 20 \times 3 = 60 \text{ V}$$

उदाहरण 3 : विजेवर चालणारी इस्त्री उच्च तापमानास निर्धारित केली असताना 1100W विद्युतशक्ती वापरते. तर कमी तापमान निर्धारित केली असताना 330W विद्युतशक्ती वापरते. या दोन्ही निर्धारणांसाठी वाहणारी विद्युतधारा आणि त्यावेळचा विद्युतरोध काढा. इस्त्री 220 V विभवांतराला जोडली आहे.

दिलेली माहिती : विभवांतर = 220 V

विद्युतशक्ती, P = (अ) 1100W; (ब) 330W

अ. P = V x I; P = 1100 W

$$I_1 = \frac{P}{V} = \frac{1100}{220} = 5\ A$$

ब. P = 330W

$$I_2 = \frac{P}{V} = \frac{330}{220} = 1.5\ A$$

विद्युतरोध $R_1 = \frac{V}{I_1} = \frac{220}{5} = 44\ \Omega$

विद्युतरोध $R_2 = \frac{V}{I_2} = \frac{220}{1.5} = 146\ \Omega$

उदाहरण 4 : विजेचा एक टंगस्टन दिवा (Bulb) घरी परिपथात बसविला आहे. घरगुती विद्युतपुरवठा 220V इतक्या विद्युतविभवांतरावर चालतो. चालू केल्यावर जर 0.45 A इतकी विद्युतधारा दिव्यातून वाहात असेल तर दिवा किती W विद्युतशक्तीचा असला पाहिजे? हा दिवा 10 तास चालू ठेवला तर किती युनिट वीज खर्च होईल?

दिलेली माहिती : विभवांतर = 220 V

विद्युतधारा = 0.45 A

विद्युतशक्ती(W)= विभवातर (V) x विद्युतधारा (I)

= 220 x 0.45 W

= 99 W

∴ दिवा 99W चा असला पाहिजे.

10 तासात

99W x 10 h = 990 Wh

= 0.99 kWh

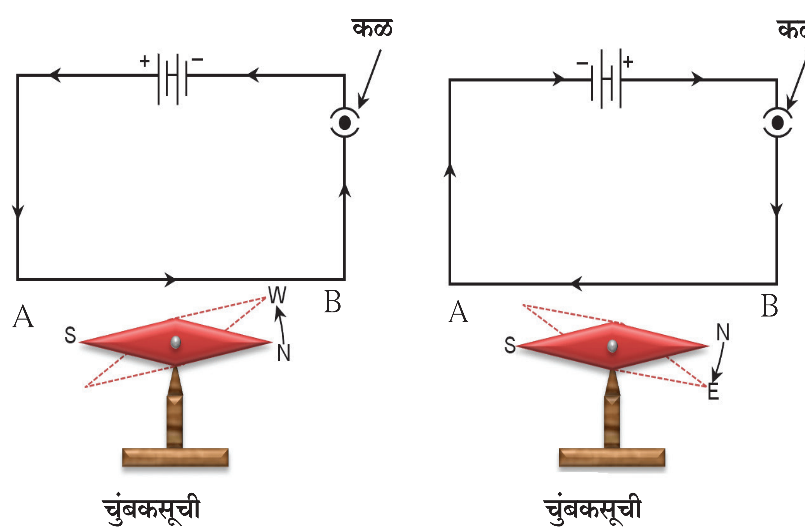
= 0.99 unit इतकी वीज खर्च होईल.

विद्युतधारेचे चुंबकीय परिणाम (Magnetic effect of electric current)

विद्युतधारेचा औष्णिक परिणाम आपण शिकलो. चुंबकाविषयी आपण मागील इयत्तांमध्ये अभ्यास केला. चुंबकीय बलरेषा म्हणजे काय, तेही समजून घेतले. परंतु विद्युतधारा आणि चुंबकीय क्षेत्र यांचा काही संबंध आहे का हे पाहणे सुरस ठरेल.

करून पहा.

आकृतीमध्ये दाखविल्याप्रमाणे एक विद्युतपरिपथ जोडा. A व B दरम्यान जोडणीच्या तारांपेक्षा जाड, सरळ तांब्याची तार जोडा. तिच्या शेजारी चुंबकसुची ठेवा. आता परिपथाची कळ उघडी ठेवून सूचीची दिशा पहा. नंतर कळ बंद करून सूचीची दिशा पहा. काय दिसले? आता घटाला जोडलेल्या जोडणीच्या तारा उलट जोडून चुंबकसूचीची दिशा पहा. विद्युतधारेची दिशा व चुंबकसूचीची स्थिती यांचा काही संबंध आढळतो का?



4.5 विद्युतधारेचा चुंबकीय परिणाम

या प्रयोगावरून आपण काय शिकलो? तारेमधील विद्युतधारेमुळे चुंबकीय परिणाम दिसून येतो. याचाच अर्थ विद्युत आणि चुंबकत्व यांचा निकटचा संबंध आहे! या उलट जर एखादा चुंबक हलता केला व हलत ठेवला तर त्याचा विद्युतपरिणाम आढळेल का? आहे की नाही रोचक? येथे आपण चुंबकीय क्षेत्रे आणि अशा 'विद्युतचुंबकीय' परिणामांचा अभ्यास करणार आहोत. शेवटी विद्युतचलित्र आणि विद्युतजनित्र यांचीही तत्वे, रचना व कार्य समजून घेणार आहोत.

परिचय शास्त्रज्ञांचा

हान्स ख्रिस्तियन ओरस्टेड
(1777-1851)

एकोणिसाव्या शतकातील एक अग्रगण्य वैज्ञानिक म्हणून हान्स ख्रिस्तियन ओरस्टेड यांनी 'विद्युतचुंबकत्व' समजून घेण्यात मोलाची कामगिरी बजावली. सन 1820 मध्ये त्यांना असे दिसून आले की एका धातूच्या तारेतून विद्युतधारा गेली तर तारेजवळची चुंबकसूची काही कोनातून वळते. विद्युत आणि चुंबकत्वाचा संबंध त्यांनीच नजरेस आणून दिला. मग त्यातूनच पुढे आजचे प्रगत तंत्रज्ञान विकसित झाले. त्यांच्या सन्मानार्थ चुंबकीय क्षेत्राच्या तीव्रतेच्या एककाला 'ओरस्टेड' (Oersted) संबोधले जाते.

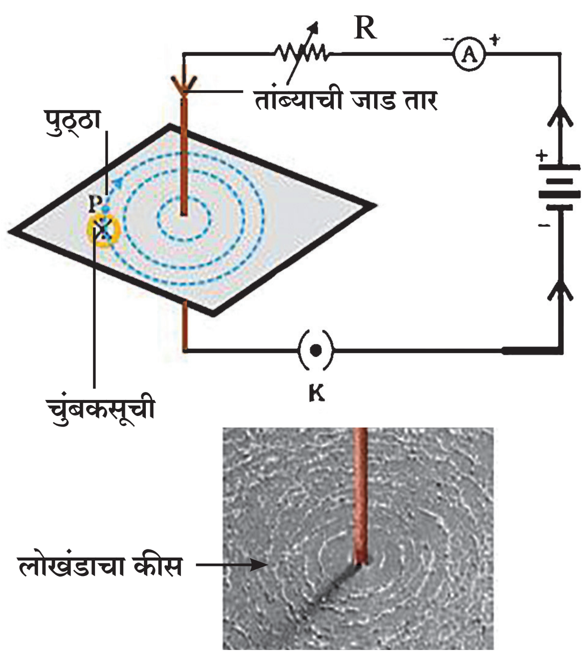
करून पहा.

आकृती 4.6 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे परिपथाची जोडणी करा. पुठ्ठ्यातून आरपार जाणाऱ्या तांब्याच्या जाड तारेतून जेव्हा मोठी (सुमारे 1 ॲम्पिअर किंवा अधिक) विद्युतधारा वाहते, तेव्हा पुठ्ठ्यावर प्रत्येक ठिकाणी तारेभोवती ठिकठिकाणी चुंबकसूची ठेवल्यास प्रत्येक ठिकाणी सूची विशिष्ठ दिशेत स्थिर राहते असे दिसून येते. पुठ्ठ्यावर पेन्सिलीने ती दिशा दर्शवा.

(या प्रयोगात किती विद्युतधारा लागेल, घट किती लागतील, किती विभवांतराचे लागतील, तांब्याची तार किती जाड घ्यावी इत्यादी बाबींवर आपसात व शिक्षकांशी चर्चा करा व त्यानंतर प्रयोग करा.) परिपथात विद्युतधारेची दर्शविलेली दिशा ही संकेतमान्य दिशा आहे.

विद्युतधारा कमी-अधिक करण्याने काय बदल दिसून येतो? चुंबकसूची तारेपासून थोडी दूर ठेवल्यास काय दिसते? आता चुंबकसूची ऐवजी लोखंडाचा कीस पुठ्ठ्यावर पसरवा व पहा. लोखंडाचा कीस तारेभोवती विशिष्ट वर्तुळाकार स्थितीत स्थिरावतो. असे का घडते?

चुंबकत्व आणि चुंबकीय क्षेत्राचा अभ्यास तुम्ही मागील इयत्तेमध्ये केला. लोखंडाचा कीस चुंबकीय बलरेषांना धरून पसरलेला दिसतो.

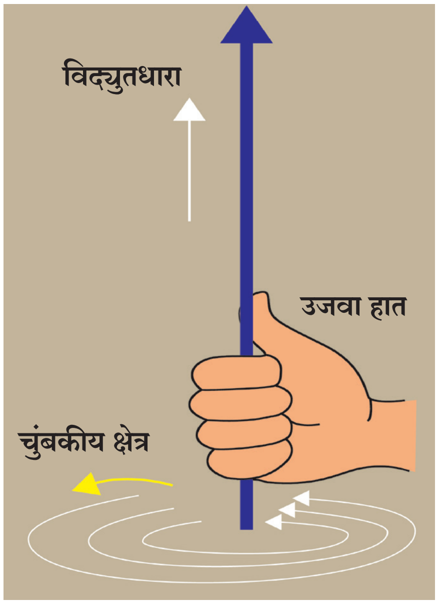


4.6 विद्युतधारेमुळे वाहकाभोवती निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्र

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

एका सरळ विद्युतवाहक तारेतून जाणाऱ्या विद्युतधारेमुळे तारेभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते. विद्युतधारेत बदल न केल्यास तारेपासून दूर जाताना हे चुंबकीय क्षेत्र कमी होत जाते. म्हणूनच चुंबकीय बलरेषा दर्शविणारी समकेंद्री वर्तुळे तारेपासून दूर जाताना मोठी व विरळ दर्शविली जातात. तारेतून जाणारी विद्युतधारा वाढविल्यास चुंबकीय क्षेत्राच्या तीव्रतेत वाढ होते.

उजव्या हाताच्या अंगठ्याचा नियम (Right hand thumb rule)



4.7 उजव्या हाताच्या अंगठ्याचा नियम

विद्युतवाहक तारेतील विद्युतधारेमुळे निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राची दिशा शोधण्यासाठी हा एक सोयीचा नियम आहे : अशी कल्पना करा की सरळ विद्युतवाहकाला तुम्ही उजव्या हातात पकडले आहे, ते अशा रीतीने की आंगठा विद्युतधारेच्या दिशेने तारेवर स्थिरावला आहे. तर मग तुमची बोटे विद्युतवाहकाभोवती गुंडाळा, बोटांची दिशा हीच चुंबकीय क्षेत्राच्या बलरेषांची दिशा होय (आकृती 4.7).

माहिती मिळवा.

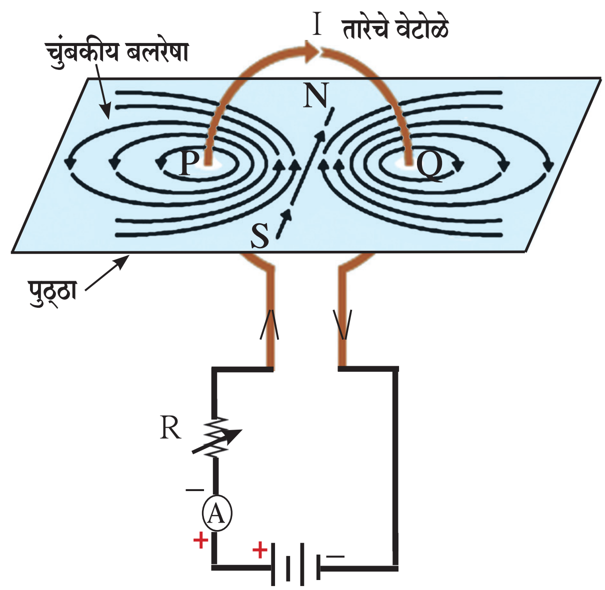
उजव्या हाताच्या अंगठ्याच्या नियमाला मॅक्सवेलचा बूच-स्क्रू नियम (Cork screw rule)असे म्हणतात. काय आहे बूच-स्क्रू नियम ?

विद्युतवाहक तारेच्या एका वेटोळ्यातून (कुंडलातून) विद्युतधारेमुळे निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्र

सरळ विद्युतवाहकातून जाणाऱ्या विद्युतधारेमुळे निर्माण झालेल्या चुंबकीय क्षेत्राच्या बलरेषांविषयी आपण पाहिले. हाच विद्युतवाहक एका वेटोळ्याच्या (कुंडलाच्या) आकारात वाकविल्यास विद्युतधारेमुळे निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राच्या चुंबकीय बलरेषा कशा असतील ?

आकृती 4.8 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे वेगवेगळे घटक घेऊन परिपथ पूर्ण करण्यात आला आहे. वेटोळ्यातून विद्युतधारा सुरू केल्यास वेटोळ्याच्या प्रत्येक बिंदूपाशी चुंबकीय बलरेषा निर्माण होऊन जसे आपण त्यापासून दूर जाऊ तशी चुंबकीय बलरेषांची समकेंद्री वर्तुळे मोठी होत जातील.

जसे आपण वेटोळ्याच्या मध्यभागी येऊ तसे वर्तुळ इतके मोठे झालेले असेल की त्याचा कंस सरळ रेषेने दाखविता येईल.



4.8 तारेच्या वेटोळ्यातून विद्युतधारेमुळे निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्र

चुंबकीय बलरेषा आकृती 4.8 मध्ये केवळ P आणि Q या बिंदूपाशी दाखविल्या आहेत, तशा त्या वेटोळ्याच्या प्रत्येक बिंदूशी निर्माण होतील याप्रमाणे प्रत्येक बिंदू वेटोळ्याच्या केंद्रस्थानी चुंबकीय क्षेत्र निर्माण करेल.

उजव्या हाताच्या अंगठ्याच्या नियमाचा वापर करून हे तपासा की तारेच्या वेटोळ्यावरील प्रत्येक बिंदू वेटोळ्याच्या मध्यभागी असलेल्या चुंबकीय बलरेषा निर्माण करण्यात सहभागी असतो आणि या बलरेषा वेटोळ्याच्या मध्यभागी एकाच दिशेने कार्यरत असतात.

तारेतून जाणाऱ्या विद्युतधारेमुळे कोणत्याही बिंदूवर निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राची तीव्रता ही त्या विद्युतधारेवरच अवलंबून असते हे आपण प्रयोगांती पाहिले (आकृती 4.6 : करून पहा). याचा अर्थ जर वेटोळ्यात तारेचे n इतके वेढे असतील तर एका वेटोळ्यामुळे जितके चुंबकीय क्षेत्र तयार होईल, त्याच्या n पट चुंबकीय क्षेत्र तयार होईल.

वरील प्रयोग (शिक्षकांच्या मार्गदर्शनाने) साहित्य जमवून करता येईल का याविषयी चर्चा करा. चुंबकसूचीचा वापर करून चुंबकीय बलरेषांची दिशा ठरविता येईल.

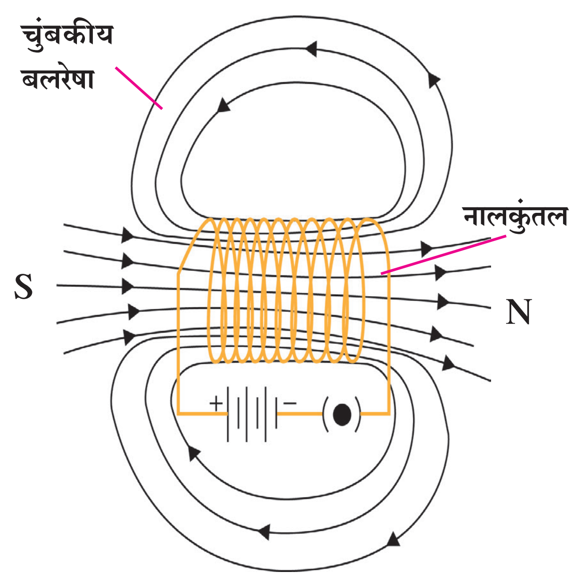
नालकुंतलातून जाणाऱ्या विद्युतधारेमुळे निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्र (Magnetic field due to a current in a solenoid)

विद्युतरोधक आवरण असलेली तांब्याची तार घेऊन कुंडलांची मालिका तयार केल्यास त्या रचनेस नालकुंतल (Solenoid) असे म्हणतात.

नालकुंतलातून विद्युतधारा गेल्यास निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय बलरेषांची संरचना आकृती 4.9 मध्ये दर्शविली आहे. चुंबकपट्टीच्या चुंबकीय बलरेषांशी तुम्ही परिचित आहात. नालकुंतलामुळे निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राचे सर्व गुणधर्म हे चुंबकपट्टीमुळे तयार होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राच्या गुणधर्माप्रमाणेच असतात.

नालकुंतलाचे एक उघडे टोक चुंबकीय उत्तर ध्रुव म्हणून तर दुसरे चुंबकीय दक्षिण ध्रुवाप्रमाणे कार्य करते. नालकुंतलातील चुंबकीय बलरेषा एकमेकांना समांतर रेषांच्या स्वरूपात असतात. याचा काय अर्थ होतो?

हेच, की चुंबकीय क्षेत्राची तीव्रता नालकुंतलाच्या आतील पोकळीत सर्वत्र सारखीच असते, म्हणजेच नालकुंतलातील चुंबकीय क्षेत्र एकसमान असते.



4.9 नालकुंतलातून विद्युतधारा गेल्यामुळे निर्माण झालेल्या चुंबकीय क्षेत्राच्या चुंबकीय बलरेषा

चुंबकीय क्षेत्रात विद्युतधारा वाहून नेणाऱ्या विद्युतवाहकावरील बल (Force acting on a current carrying conductor in a magnetic field)

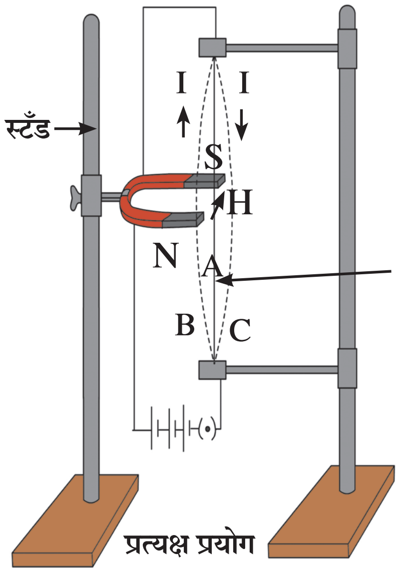
करून पहा.

साहित्य : तांब्याची लवचिक तार, स्टँड, विद्युतघट, प्रबळ चुंबकीय क्षेत्र असणारा नालचुंबक इत्यादी.

कृती : आकृती 4.10 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे स्टँडचा वापर करून लवचिक तार नालचुंबकाच्या ध्रुवांमधून जाईल अशा प्रकारची व्यवस्था करा. परिपथाचीही जोडणी करा. काय आढळते?

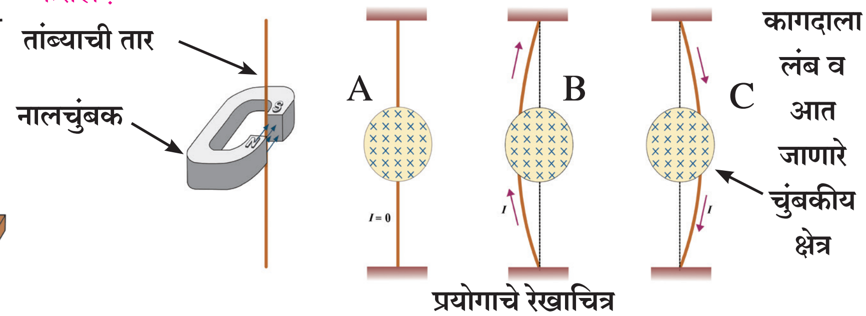
जेव्हा तारेतून विद्युतधारा वाहात नाही, तेव्हा तार सरळ राहते (स्थिती A). जेव्हा वरून खाली अशी विद्युतधारा वाहते तेव्हा तार वाकते आणि C या स्थितीत येते.

विद्युतधारेची दिशा उलट म्हणजे खालून वर अशी केली तर तार वाकते, पण B या स्थितीत येते. म्हणजेच तारेवीरल बलाची दिशा चुंबकीय क्षेत्राच्या आणि विद्युतधारेच्या दिशांच्या लंब दिशेने आहे. येथे चुंबकीय क्षेत्राची दिशा N कडून S कडे अशी आहे, (H). या प्रयोगात दिसून येते की जेव्हा चुंबकीय क्षेत्रामध्ये विद्युतधारा विद्युतवाहकातून जाते, तेव्हा त्या वाहकावर बल निर्माण होते. विद्युतधारेची दिशा उलट केली तर बलाची दिशाही उलट होते. चुंबक जर बरोबर उलट केला म्हणजे उत्तर ध्रुवाचे जागी दक्षिण ध्रुव आणला आणि दक्षिण ध्रुवाचे जागी उत्तर ध्रुव आणला, तर काय होईल?



वरील प्रयोगातून हे स्पष्ट होते की, चुंबकीय क्षेत्राच्या प्रभावाखाली, विद्युतधारा वाहणाऱ्या विद्युतवाहकावर बल निर्माण होते. या बलाची दिशा ही विद्युतधारेची दिशा आणि चुंबकीय क्षेत्राची दिशा या दोन्हींवर अवलंबून असते.

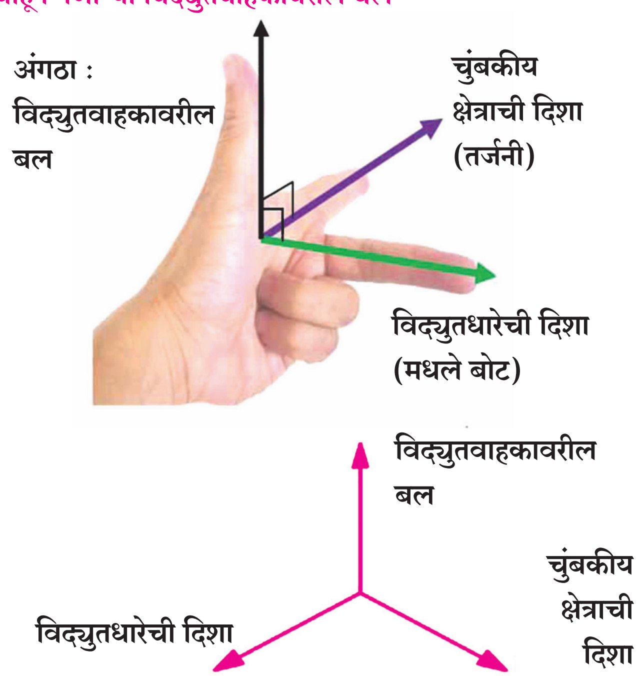
प्रयोगांती हेही स्पष्ट करता येते की जेव्हा विद्युतधारेची दिशा चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेला लंब दिशेत असते तेव्हा हे बल सर्वात जास्त असते. तुम्ही हे कसे कराल ?



4.10 चुंबकीय क्षेत्रात विद्युतधारा वाहून नेणाऱ्या विद्युतवाहकावरील बल

फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम (Fleming's left hand rule)

वरील प्रयोगात आपण विद्युतधारेची दिशा आणि चुंबकीय क्षेत्राची दिशा विचारात घेतली आणि असे आढळले की बलाची दिशा या दोन्हींच्या लंब दिशेस आहे. या तिन्हींच्या दिशा एका साध्या नियमात सुबद्ध करता येतात. त्या नियमालाच फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम असे म्हणतात. या नियमान्वये डाव्या हाताचा अंगठा, तर्जनी व मधले बोट एकमेकांना लंब राहतील अशी ताठ धरावीत. तर्जनी जर चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेत असेल व मधले बोट विद्युत धारेच्या दिशेत असेल तर आंगठ्याची दिशा ही विद्युतवाहकावरील बलाची दिशादर्शक असते.



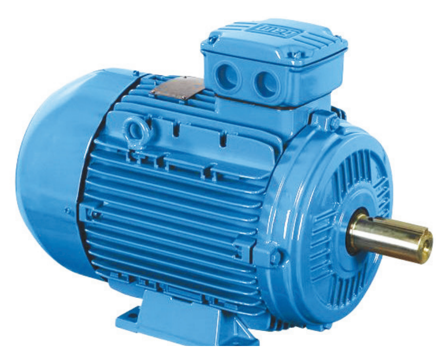
4.11 फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम

करून पहा.

फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम वापरून वरील प्रयोगात तारेवरील बलाची दिशा ठरवा व निष्कर्ष पडताळून पहा.

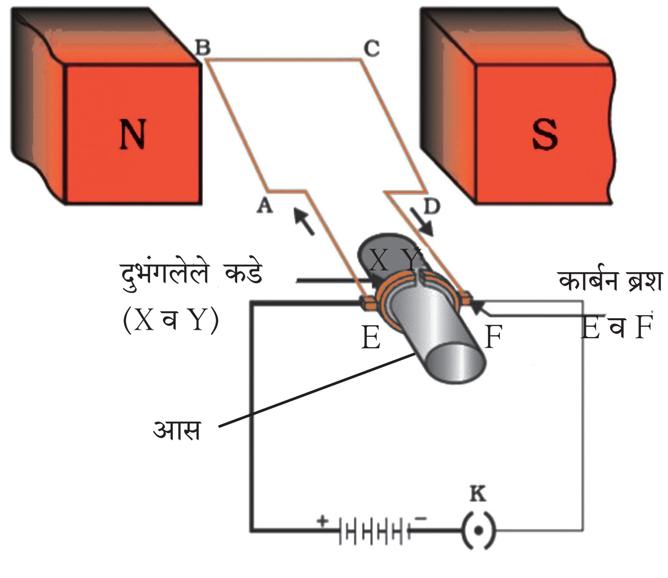
विद्युतचलित्र (Electric Motor)

ऊर्जेची विविध रूपे तुम्हाला माहित आहेत. ऊर्जेचे रूपांतर होऊ शकते हेही तुम्हाला ठाऊक आहे. विद्युतऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतर करणारे यंत्र म्हणजे विद्युतचलित्र. आपल्या अवतीभोवती दैनंदिन जीवनात हे विद्युतचलित्र म्हणजे वरदानच म्हटले पाहिजे. याचा वापर पंखे, शीतकपाटे, मिक्सर्स, धुलाई यंत्रे, संगणक, पंप, यामध्ये केलेला दिसतो. हे विद्युतचलित्र कसे कार्य करते ?



4.12 दैनंदिन वापरातील विद्युत चलित्र

विद्युतचलित्रामध्ये विद्युतरोधक आवरण असलेल्या तांब्याच्या तारेचे एक आयताकृती कुंडल असते. हे कुंडल चुंबकाच्या (उदा. नालाकृती चुंबकाच्या) उत्तर व दक्षिण ध्रुवाच्यामध्ये आकृतीत दर्शविल्याप्रमाणे अशा रीतीने ठेवलेले असते की त्याच्या AB आणि CD या शाखा चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेला लंब दिशेत असतील. कुंडलाची दोन टोके X व Y या दुभंगलेल्या कड्याला जोडलेली असतात. कड्याच्या या दोन अर्ध भागांच्या आतील पृष्ठभागावर विद्युतरोधक आवरण असते आणि ते चलित्राच्या आसाला पकडून बसविलेले असतात. X व Y अर्धकड्यांचा बाहेरील विद्युतवाहक पृष्ठभाग हा दोन स्थिर कार्बन ब्रशना (E व F) स्पर्श करतो.



4.13 विद्युतचलित्र : तत्व व कार्य

आकृतीमध्ये दाखविलेला विद्युत परिपथ पूर्ण केल्यानंतर विद्युतधारा E व F या कार्बन ब्रशमार्फत कुंडलातून वाहू लागते. कुंडलाच्या AB या शाखेमधून विद्युतधारा A पासून B कडे या दिशेने जाते. चुंबकीय क्षेत्राची दिशा N ध्रुवाकडून S ध्रुवाकडे असे असल्याने त्याचा परिणाम AB या शाखेवर होऊन फ्लेमिंगच्या डाव्या हाताच्या नियमानुसार AB या शाखेवर निर्माण झालेले बल त्याला खालील दिशेने ढकलते. CD या शाखेतील विद्युतधारा AB च्या उलट दिशेने असल्याने निर्माण झालेले बल त्या शाखेला वरील दिशेला ढकलते. अशा रीतीने कुंडल व आस घड्याळ्याच्या काट्यांच्या विरूद्ध दिशेने फिरू लागतात. अर्धे परिवलन होताच कड्याचे दुभंगलेले भाग X व Y अनुक्रमे F आणि E या कार्बनब्रशच्या संपर्कात येतात व विद्युतधारा DCBA अशी वाहू लागते. त्यामुळे DC या शाखेवर खालील दिशेने व BA या शाखेवर वरील दिशेने बल क्रिया करते आणि कुंडल पुढील अर्धे परिवलन आधीच्या दिशेनेच पूर्ण करते. अशा तऱ्हेने प्रत्येक अर्धपरिवलनानंतर कुंडलातील विद्युतधारेची दिशा उलट होते आणि कुंडल व आस एकाच म्हणजे घड्याळ्याच्या काट्यांच्या विरूद्ध् दिशेने फिरत राहतात.

व्यावसायिक चलित्रे याच तत्वावर चालतात, मात्र त्यांच्या रचनेत व्यावहारिक बदल केलेले असतात ते तुम्ही पुढे शिकाल.

कार्बन ब्रश का वापरले जातात? त्यांचे कार्य काय? या व अशा प्रश्नांचे उत्तर शोधण्यासाठी जवळच्या एखाद्या वर्कशॉपला भेट द्या व विद्युत चलित्राची रचना समजून घ्या.

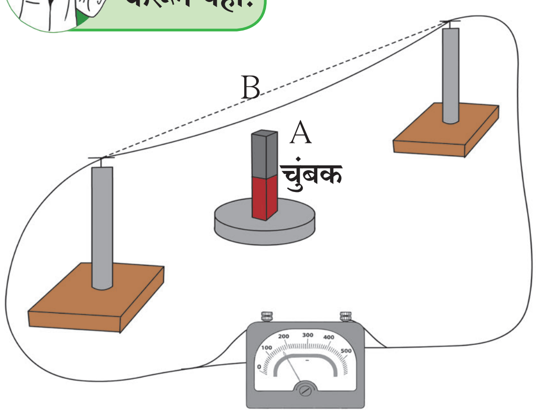
विद्युतचुंबकीय प्रवर्तन (Electromagnetic Induction)

आपण मागील भागात पाहिले की एखादा विद्युतवाहक चुंबकीय क्षेत्रात अशा तऱ्हेने ठेवला की त्यातून जाणाऱ्या विद्युतधारेची दिशा चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेला लंब असेल, तर त्या विद्युतवाहकावर बल कार्यरत होते. त्यामुळे विद्युतवाहकाची हालचाल घडून येते. परंतु जर असे झाले की एखादा विद्युतवाहक चुंबकीय क्षेत्रात हलत आहे किंवा स्थिर विद्युतवाहकाभोवतीचे चुंबकीय क्षेत्र बदलते आहे, तर मग काय होईल? या प्रश्नाचे उत्तर शोधण्यासाठी मायकेल फॅरेडे या महान शास्त्रज्ञाने संशोधन केले, अभ्यास केला. सन 1831 मध्ये फॅरेडेने दाखवून दिले की हलत्या चुंबकाच्या सहाय्याने विद्युतवाहकात विद्युतधारा निर्माण करता येते.

गॅल्व्हॅनोमीटर : आपण अभ्यासलेल्या विद्युतचलित्र (electrical motor) या यंत्राचे जे तत्व आहे, त्याच तत्वावर आधारित एक संवेदनशील उपकरण आहे, गॅल्व्हॅनोमीटर. याच्या मदतीने काही विद्युतीय मापन करता येते. चुंबकाच्या ध्रुवांमध्ये असलेले कुंडल अशा प्रकारे बसवितात की पुढे त्याला ग्रॅल्व्हॅनोमीटरच्या तबकडीवर असलेला काटा जोडला जाईल. जेव्हा अतिशय थोडी (उदा. 1 मिली अँपिअर किंवा त्याहून कमी) विद्युतधारा कुंडलातून वाहील तेव्हा कुंडलाचे परिवलन होईल व त्याचे परिवलन विद्युतधारेच्या प्रमाणात राहील. व्होल्टमीटर व ॲमीटरसुद्धा याच तत्वावर चालतात. गॅल्व्हॅनोमीटरवरील तबकडीवर शून्य विद्युतधारा मध्यावर दर्शवलेली असते. विद्युतधारेच्या दिशेनुसार काटा शून्याच्या दोन बाजूंकडे विचलित होतो.

4.14 गॅल्व्हॅनोमीटर

करून पहा.



4.15 चुंबकीय क्षेत्रात तार हलती ठेवल्यास विद्युतधारा निर्माण होते.

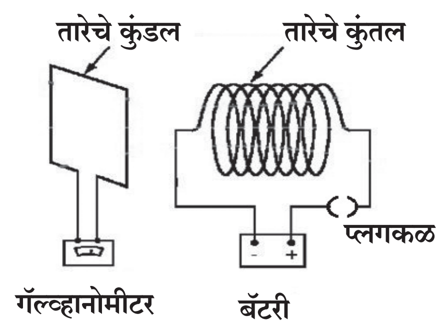
आकृती 4.15 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे साहित्य गोळा करा. गॅल्व्हॅनोमीटर लावून परिपथ पूर्ण करा. तांब्याच्या तारेजवळच खाली चुंबकपट्टीचा उत्तर किंवा दक्षिण ध्रुव असेल अशा प्रकारे चुंबकपट्टी उभी ठेवा. आता जर तार A⟶B अशी हलती ठेवली तर गॅल्व्हॅनोमीटरचा काटा विचलित झालेला दिसतो. हेच फॅरेडेचे विद्युतचुंबकीय प्रवर्तन.

आता तार स्थिर ठेवून चुंबक हलवून पहा. गॅल्व्हॅनोमीटरचा काटा आताही विचलित होतो.

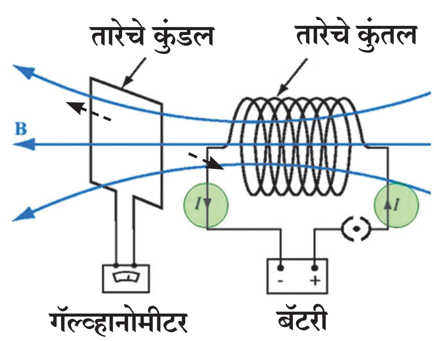
करून पहा.

आकृती 4.16 (अ) मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे परिपथ पूर्ण करा. त्यासाठी लागणारे घटक चर्चा करून ठरवा व घ्या. या प्रयोगात आपण जर कुंतलातील विद्युतधारा कळ खुली करून शून्य केली तर तत्क्षणी कुंडलाच्या परिपथातील गॅल्व्हॅनोमीटरचा काटा एका बाजूला झटकन विचलित होऊन पुन्हा शून्याकडे येतो. कुंतलातील विद्युतधारा पुन्हा सुरू केल्यास गॅल्व्हॅनोमीटरचा काटा दुसऱ्या बाजूला झटकन विचलित होऊन पुन्हा शून्यावर येतो.

आता जर विद्युतधारा वाहात असताना कुंडल कुंतलाच्या अक्षाला लंबरेषेत (आकृती 4.16 ब) तसेच अक्षावर कुंतलापासून जवळ व दूर हलविल्यास (आकृती 4.16 क) गॅल्व्हॅनोमीटरचा काटा विचलित होतो, म्हणजेच कुंडलात विद्युतधारा निर्माण होते.



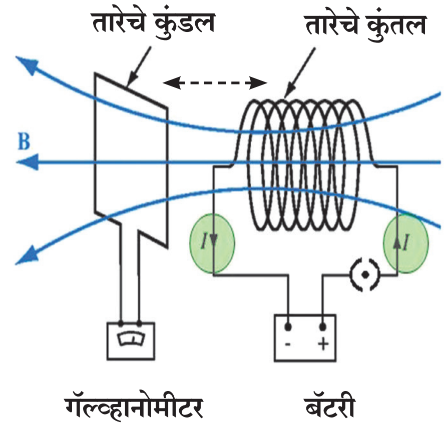
4.16 (अ) कुंतलातून विद्युतधारा प्रवाहित अथवा खंडीत केल्यास



4.16 (ब) कुंतलातून विद्युतधारा प्रवाहित होत असताना कुंडल कुंतलाच्या अक्षाला लंबरेषेत हलविल्यास

मागील प्रयोगांवरून काय दिसते?

कुंतल स्थिर ठेवूनही कुंतलातील विद्युतधारेत बदल केला तरीही कुंडलात विद्युतधारा निर्माण होते. तसेच जितक्या जलद कुंतल कुंडलासमोरून बाजूला नेले जाईल, तितके गॅल्व्हॅनोमीटरच्या काट्याचे विचलन जास्त होते. कुंतलातील विद्युतधारेमध्ये बदल केल्यास कुंडलात विद्युतधारा निर्माण होते किंवा कुंडलाकडे कुंतल सरकविले तरीही कुंडलात विद्युतधारा निर्माण होते.



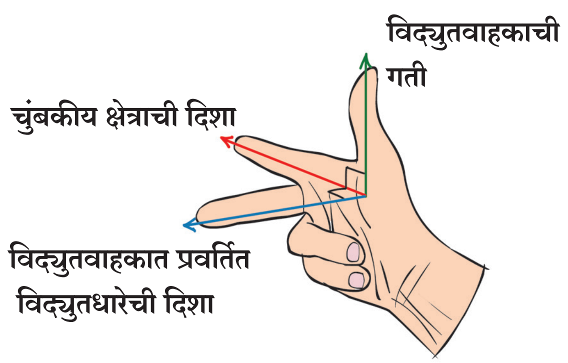
4.16 (क) कुंतलातून विद्युतधारा प्रवाहित होत असताना कुंडल कुंतलाच्या अक्षावर कुंतलापासून जवळ व दूर हलविल्यास

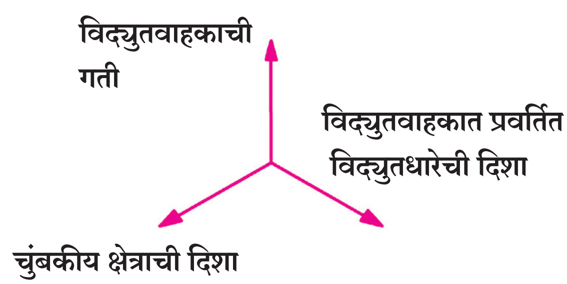
फॅरेडेचा विद्युत प्रवर्तनाचा नियम

कुंतलातून विद्युतधारा चालू करताच किंवा बंद करताच कुंडलात विद्युतधारा प्रवर्तित होते. विद्युतधारा कमी अधिक केल्यासही असे प्रवर्तन दिसून येते. कुंतल कुंडलासमोरून बाजूला सरकवितानाही कुंडलात विद्युतधारा प्रवर्तनाने निर्माण होते. वरील प्रयोगांवरून हे समजते की कुंडलातून जाणाऱ्या चुंबकीय बलरेषांच्या संख्येत बदल झाला की कुंडलामध्ये विद्युतधारा प्रवर्तित होते. ह्याला फॅरेडेचा प्रवर्तनाचा नियम असे म्हणतात. कुंडलामध्ये निर्माण झालेल्या विद्युतधारेला प्रवर्तित विद्युतधारा म्हणतात.

फ्लेमिंगच्या उजव्या हाताचा नियम (Fleming's right hand rule)

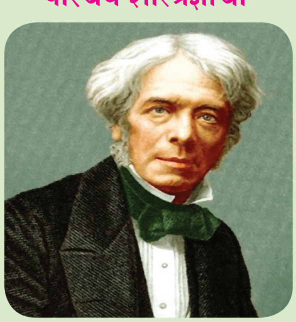
विद्युतवाहकामधील (कुंडलातील) प्रवर्तित विद्युतधारा जास्तीजास्त केव्हा असेल? तर जेव्हा विद्युतवाहकाच्या गतीची दिशा ही चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेला लंब असते तेव्हा. प्रवर्तित विद्युतधारेची दिशा दर्शविण्यासाठी फ्लेमिंगच्या उजव्या हाताच्या नियमाचा उपयोग होतो. उजव्या हाताचा अंगठा, तर्जनी आणि मधले बोट असे ताणा की ते एकमेकांना लंब दिशेत असतील (आकृती 4.17). अशा स्थितीत अंगठा विद्युतवाहकाच्या गतीची दिशा, तर्जनी चुंबकीय क्षेत्राची दिशा दर्शवितात तर मधले बोट प्रवर्तित विद्युतधारेची दिशा दर्शविते. या नियमाला फ्लेमिंगचा उजव्या हाताचा नियम असे म्हणतात.





4.17 फ्लेमिंगच्या उजव्या हाताचा नियम

परिचय शास्त्रज्ञांचा



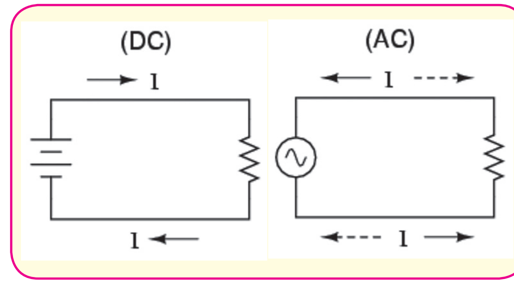
मायकेल फॅरेडे (1791-1867) प्रयोगशील वैज्ञानिक होते. त्यांचे अधिकृत शिक्षण झाले नव्हते. एका बुकबाईंडिंगच्या दुकानात लहानसा मायकेल कामाला लागला. तेथील पुस्तके वाचता वाचता त्याला विज्ञानाची गोडी लागली. लंडनच्या रॉयल इन्स्टिट्यूट मधील हंफ्रे डेव्ही यांनी त्याला प्रयोगशाळा सहाय्यक म्हणून नेमले. तेथेच त्यांनी विद्युतचुंबकीय प्रवर्तनाचे नियम शोधून काढले. तसेच विद्युतअपघटनाचेही नियम शोधून काढले. कित्येक विद्यापीठांनी त्यांना मानद पदवी देऊ केली, परंतु फॅरेडे यांनी असे सन्मान नाकारले.

प्रत्यावर्ती धारा व दिष्ट धारा (Alternating Current (AC) and Direct Current (DC))

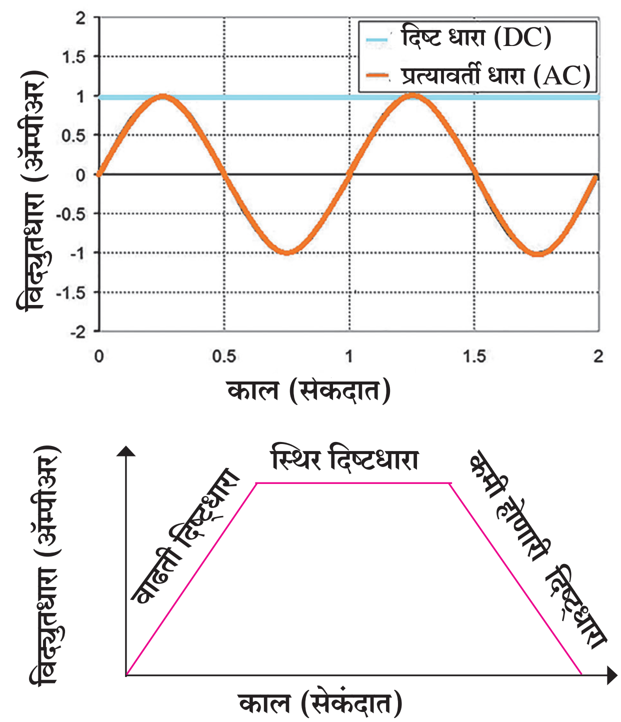
आतापर्यंत आपण विद्युतघटाकडून येणाऱ्या परिपथातून वाहणाऱ्या व पुन्हा घटाकडे जाणाऱ्या अशा एका दिशेने वाहणाऱ्या अदोलायमान विद्युतधारेशी परिचित झालो. अशा विद्युतधारेस दिष्ट धारा (Direct Current : DC) व याउलट ज्या विद्युतधारेचे परिमाण आणि दिशा ठराविक समान कालावधीनंतर बदलते त्यास प्रत्यावर्ती धारा (Alternating Current : AC) असे म्हणतात.

दिष्ट धारा ही वाढू शकते, स्थिर असू शकते किंवा कमीही होऊ शकते, परंतु ती दोलायमान (Oscillatory) नसते. आकृती 4.19 मध्ये आलेखाच्या स्वरूपात हे दर्शविले आहे.

प्रत्यावर्ती धारा ही दोलायमान धारा आहे. आलेखात दर्शविल्याप्रमाणे ती एका दिशेने कमाल मर्यादेपर्यंत वाढते, त्यानंतर कमी होत शून्य होते व पुन्हा उलट दिशेने कमाल मर्यादेपर्यंत वाढून पुन्हा शून्य होते. (आकृतीमध्ये उलट दिशा दर्शविण्यासाठी विद्युतधारेला −1, −2 असे परिमाण वापरले आहे.) प्रत्यावर्ती विद्युतधारेचे दोलन वेळेनुसार वक्रीय (Sinusoidal) पद्धतीने होत असते म्हणून ते ∼ या चिन्हाने दर्शवितात. दिष्ट धारा एकाच दिशेने वाहते, परंतु प्रत्यावर्ती धारा आवर्ती पद्धतीने एका चक्रात सुलट व उलट दिशेने वाहते.



4.18 दिष्ट धारा व प्रत्यावर्ती धारा परिपथ



4.19 प्रत्यावर्ती धारा व दिष्ट धारा यांचे आलेख

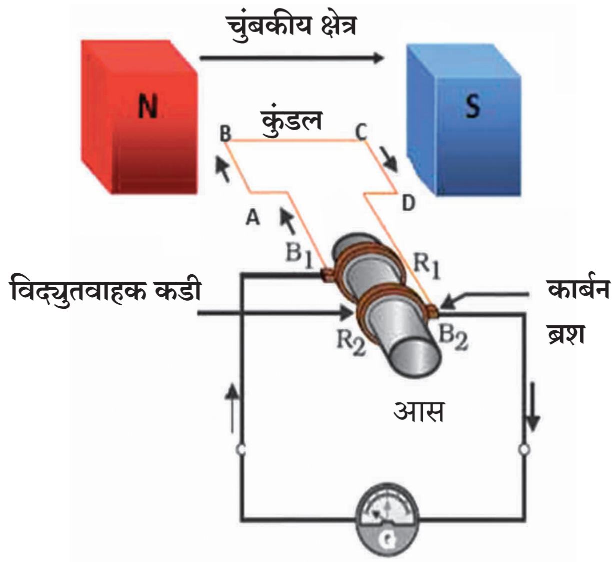
भारतात विद्युत केंद्रात होणा–या विजनिर्मितीमध्ये असे एक चक्र $\frac{1}{50}$ सेकंदात म्हणजेच 0.02 सेकंदात पूर्ण होते. या प्रत्यावर्ती धारेची वारंवारिता 50 Hz इतकी असते. विद्युतशक्ती लांबवर नेताना ती प्रत्यावर्ती रूपात वाहून नेणे फायदेशीर ठरते. याचे कारण म्हणजे दिष्ट विद्युतधारेपेक्षा प्रत्यावर्ती धारेमुळे शक्तीत कमीत कमी घट होऊन पारेषण (Transmision) करता येते. घरगुती वापरासाठीचा विद्युतपुरवठा हा प्रत्यावर्ती धारेचा (AC) असतो. वीज वापरताना घ्यावयाच्या खबरदारीविषयी आपण मागील इयत्तेत शिकलो आहोत.

विद्युत जनित्र (Electric Generator)

विद्युतचुंबकीय प्रवर्तनावर आधारित असे प्रयोग आपण पाहिले. त्यात निर्माण होणाऱ्या विद्युतधारेचे परिमाण अल्प होते. परंतु हेच तत्व मानवाच्या वापरासाठी मोठी विद्युतधारा निर्माण करण्यासाठी वापरता येते. येथे यांत्रिक ऊर्जेचा वापर विद्युतवाहक कुंडल त्याच्या आसाभोवती चुंबकीय क्षेत्रात फिरविण्यासाठी व त्याद्वारे वीजनिर्मितीसाठी केला जातो.

आकृती 4.20 मध्ये आसाभोवती फिरणारे तांब्याच्या तारेचे कुंडल ABCD दर्शविले आहे, ते चुंबकाच्या दोन ध्रुवांमध्ये ठेवलेले असते. कुंडलाची दोन टोके R_1 व R_2 या दोन विद्युतवाहक कड्यांना कार्बन ब्रशांमार्फत जोडलेली असतात. ही दोन्ही कडी अक्षाला धरून बसविलेली असतात, परंतु कडे व आसाच्यामध्ये विद्युतरोधी आवरण असते. आस बाहेरील यंत्राच्या मदतीने फिरवला जातो. त्यामुळे कुंडल ABCD ही फिरू लागते. B_1, B_2 या स्थिर कार्बन ब्रशांची टोके गॅल्व्हनोमीटरला जोडलेली असतात, त्यामुळे विद्युतधारेची परिपथातील वहन दिशा कळून येते.

आस फिरवल्यावर AB शाखा वर जाते व CD खाली येते (म्हणजेच ABCD हे कुंडल घड्याळाच्या काट्यांच्या दिशेत फिरू लागते). फ्लेमिंगच्या उजव्या हाताच्या नियमाप्रमाणे AB व CD या शाखांमध्ये प्रवर्तनाने विद्युतधारा निर्माण होते, ती A → B व C → D अशा दिशेने जाते. अशा रीतीने A→B→C→D अशी विद्युतधारा वाहू लागते. (आकृती 4.20 मध्ये बाणांच्या दिशेने). पुढील परिपथात B_2 कडून गॅल्व्हॅनोमीटरमधून B_1 कडे अशी विद्युतधारा वाहते. जर ABCD या एका कुंडलाऐवजी अनेक वेढे असलेले कुंडल वापरले तर अनेक पटींनी विद्युतधारा वाहते व मोठी विद्युतधारा निर्माण होते. अर्ध्या परिवलनानंतर AB ही शाखा CD च्या जागी व CD ही शाखा AB च्या जागी येते. त्यामुळे प्रवर्तित विद्युतधारा D→C→B→A अशी जाते. मात्र BA ही शाखा कड्यामार्फत सतत B_1 या ब्रशच्या संपर्कात असते, व DC ही शाखा B_2 या ब्रशच्या संपर्कात असते. त्यामुळे बाहेरील परिपथात विद्युतधारा B_1 कडून B_2 कडे म्हणजेच आधीच्या अर्धपरिवलनाच्या उलट दिशेने वाहते. प्रत्येक अर्धपरिवलनानंतर हे घडते व प्रत्यावर्ती धारा निर्माण होते. हेच प्रत्यावर्ती विद्युतधारा जनित्र (AC Generator) होय.



4.20 विद्युत जनित्र

दिष्ट जनित्र (DC Generator) तयार करण्यासाठी काय करावे लागेल? दिष्ट विद्युतधारा बाहेरील परिपथात दिशा बदलत नाही. त्यासाठी विद्युत चलित्रासाठी जसे दुभंगलेले कडे वापरले, तसेच एक दुभंगलेले कडे आसावर बसवलेले असते. त्या व्यवस्थेमुळे कुंडलाची वर जाणारी एक शाखा सतत एका ब्रशच्या संपर्कात तर खाली जाणारी शाखा सतत दुसऱ्या ब्रशच्या संपर्कात राहते. त्यामुळे बाहेरील परिपथात एकाच दिशेने विद्युतधारा वाहते. या जनित्राला म्हणूनच दिष्ट जनित्र (DC Generator) असे म्हणतात.

जरा डोके चालवा.

वर वर्णन केलेल्या दिष्ट जनित्राची आकृती काढा. त्यानंतर आस फिरवल्यावर दिष्ट धारा कशी मिळते ते स्पष्ट करा.

स्वाध्याय

1. **गटात न बसणारा शब्द ठरवा. त्याचे स्पष्टीकरण लिहा.**
   अ. वितळतार, विसंवाहक पदार्थ, रबरी मोजे, जनित्र
   आ. व्होल्ट्मीटर, ॲमीटर, गॅल्व्हानोमीटर, थर्मामीटर
   इ. ध्वनीवर्धक, सूक्ष्मश्रवणी, विद्युतचलित्र, चुंबक
2. **रचना व कार्य सांगा, व्यवस्थित आकृती काढून भागांना नावे द्या.**
   अ. विद्युतचलित्र ब. विद्युतजनित्र (प्रत्यावर्ती)
3. **विद्युतचुंबकीय प्रवर्तन म्हणजे –**
   अ. विद्युतवाहकाचे प्रभारित होणे.
   आ. कुंडलातून विद्युतप्रवाह गेल्यामुळे चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होणे.
   इ. चुंबक आणि कुंडल यांच्यातील सापेक्ष गतीमुळे कुंडलामध्ये विद्युतधारा निर्माण होणे.
   ई. विद्युतचलित्रातील कुंडलाचे आसाभोवती फिरणे.
4. **फरक लिहा – प्रत्यावर्ती जनित्र आणि दिष्ट जनित्र**
5. **विद्युतप्रवाह निर्माण करण्यासाठी कोणते उपकरण वापरतात? आकृतीसह वर्णन करा.**
   अ. विद्युतचलित्र ब. गॅल्व्हॅनोमीटर
   क. विद्युतजनित्र (दिष्ट) ड. व्होल्टमीटर
6. **लघुपरिपथ कशाने निर्माण होतो? त्याचा काय परिणाम होतो?**

7. **शास्त्रीय कारणे लिहा.**

अ. विजेच्या बल्बमध्ये कुंतल बनविण्यासाठी टंगस्टन धातूचा उपयोग करतात.

आ. उष्णता निर्माण करणाऱ्या विजेच्या उपकरणांमध्ये, उदा. इस्त्री, विजेची शेगडी, बॉयलरमध्ये नायक्रोम सारख्या मिश्रधातूचा उपयोग करतात, शुद्ध धातूंचा करत नाहीत.

इ. विद्युत पारेषणासाठी तांब्याच्या किंवा ॲल्युमिनिअमच्या तारांचा उपयोग करतात.

ई. व्यवहारात विद्युत ऊर्जा मोजण्यासाठी Joule ऐवजी kWh हे एकक वापरले जाते.

8. **खालील विधानांपैकी कोणते विधान लांब, सरळ विद्युतवाहक तारेजवळच्या चुंबकीय क्षेत्राचे बरोबर वर्णन करते? स्पष्टीकरण लिहा.**

अ. तारेला लंब सरळ रेषांमध्ये चुंबकीय बलरेषा एका प्रतलातून जातात.

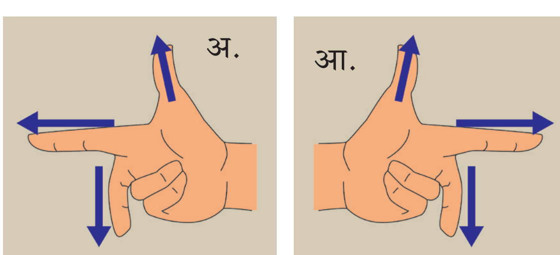
आ. तारेला समांतर, तारेच्या सर्व बाजूंनी चुंबकीय बलरेषा जातात.

इ. तारेला लंब व तारेपासून दूर (radially outward) अशा चुंबकीय बलरेषा जातात.

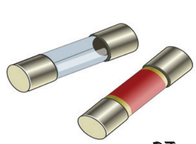
ई. समकेंद्री वर्तुळाकार, तारेला केंद्रस्थानी ठेवून तारेला लंब प्रतलात चुंबकीय बलरेषा जातात.

9. **नालकुंतल म्हणजे काय? त्याच्या चुंबकीय क्षेत्राची तुलना चुंबकपट्टीच्या चुंबकीय क्षेत्राशी करून आकृत्या काढा व भागांना नावे द्या.**

10. **आकृत्यांना नावे देऊन संकल्पना स्पष्ट करा.**

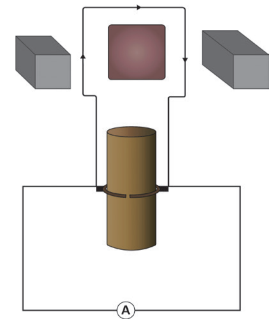


11. **आकृत्या ओळखून त्यांचे उपयोग स्पष्ट करा.**


अ.

आ.

इ.



12. **उदाहरणे सोडवा.**

अ. विद्युत परिपथातील एका विद्युतरोधामध्ये उष्णता ऊर्जा 100W इतक्या दराने निर्माण होत आहे. विद्युतधारा 3A इतकी वाहात आहे. विद्युतरोध किती Ω असेल?

उत्तर : 11 Ω

आ. दोन टंगस्टन बल्ब 220V इतक्या विभवांतरावर चालतात, ते प्रत्येकी 100W व 60W विद्युतशक्तीचे आहेत. जर ते समांतर जोडणीत जोडलेले असतील तर मुख्य विद्युतवाहकातील विद्युतधारा किती असेल?

उत्तर : 0.72A

इ. कोण अधिक विद्युतऊर्जा खर्च करील? 500W चा टीव्ही संच 30 मिनिटात, की 600W ची शेगडी 20 मिनिटात?

उत्तर : टीव्ही संच

ई. 1100W विद्युतशक्तीची इस्त्री रोज 2 तास वापरली गेल्यास एप्रिल महिन्यात त्यासाठी विजेचा खर्च किती येईल? (वीज कंपनी एका युनिट ऊर्जेसाठी 5/– रु. आकारते.)

उत्तर : रु. 330

उपक्रम :

शिक्षकांच्या मार्गदर्शनाखाली मुक्त ऊर्जा जनित्र तयार करा.

H79C3Y

5. उष्णता

- अप्रकट उष्मा
- पाण्याचे असंगत आचरण
- विशिष्ट उष्मा धारकता
- पुनर्हिमायन
- दवबिंदू तापमान आणि आर्द्रता

थोडे आठवा.

1. उष्णता व तापमान यांमध्ये काय फरक आहे ?
2. उष्णता संक्रमणाचे प्रकार किती व कोणते आहेत ?

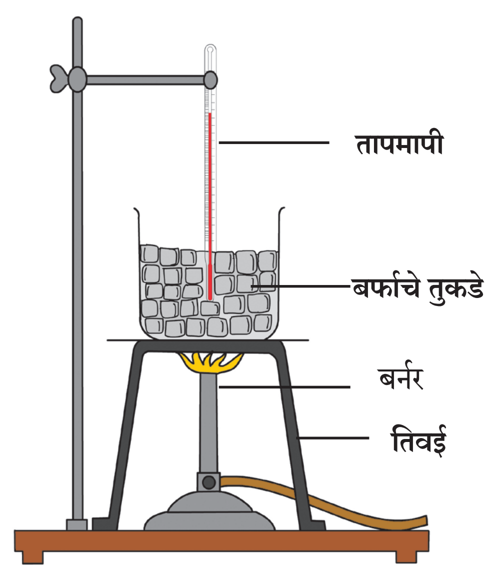
मागील इयत्तांमध्ये आपण उष्णता आणि उष्णता संक्रमणाच्या विविध प्रकारांची माहिती घेतली आहे. उष्णतेमुळे स्थायू पदार्थांचे, द्रव पदार्थांचे व वायुंचे आकुंचन व प्रसरण कसे होते याविषयी काही प्रयोगही आपण करून पाहिले आहेत. उष्णता व तापमान यांतील फरकही समजून घेतला आहे. तापमापीने तापमान कसे मोजतात हेही अभ्यासले आहे.

पदार्थांच्या अवस्थांतरणात आढळणारा अप्रकट उष्मा, पाण्याचे असंगत आचरण, दवबिंदू तापमान, आर्द्रता, विशिष्ट उष्माधारकता या सर्व संकल्पनांचा आपल्या दैनंदिन जीवनात वापर होत असतो. त्याविषयी अधिक माहिती घेऊ.

अप्रकट उष्मा (latent heat)

करून पाहूया.

1. आकृती 5.1 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एका काचेच्या भांड्यात बर्फाचे काही तुकडे घ्या.
2. तापमापीचा फुगा बर्फामध्ये पूर्णपणे बुडेल असा ठेवून तापमापीने बर्फाचे तापमान मोजा.
3. बर्फाचे भांडे तिवई वर ठेवून बर्फाला उष्णता द्या.
4. प्रत्येकी एक मिनिटाच्या अंतराने तापमानाची नोंद करा.
5. उष्णता देणे चालू असताना बर्फ हळूहळू वितळू लागेल, बर्फ वितळत असताना बर्फ व पाणी यांचे मिश्रण ढवळत रहा.
6. पाणी उकळायला लागल्यानंतरही काही काळ उष्णता देणे चालू ठेवा.
7. तापमानात होणारा बदल व वेळ (काल) यांचा संबंध दर्शविणारा आलेख काढा.



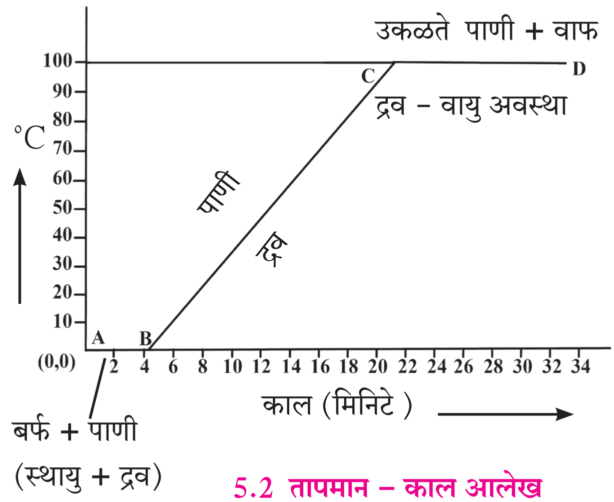
5.1 अप्रकट उष्मा

जोपर्यंत बर्फाच्या सर्व तुकड्यांचे पाणी होत नाही तोपर्यंत मिश्रणाचे तापमान 0 °C एवढेच राहील. पूर्ण बर्फाचे पाणी झाल्यानंतरही उष्णता देणे चालू ठेवले तर पाण्याचे तापमान वाढू लागेल व पाण्याचे तापमान 100 °C पर्यंत जाईल. या तापमानाला पाण्याचे रूपांतर मोठ्या प्रमाणात वाफेत होऊ लागते. सर्व पाण्याचे वाफेत रूपांतर होत असताना पाण्याचे तापमान 100 °C ला स्थिर राहते. तापमानात होणारा बदल व त्याला लागणारा वेळ यांचा संबंध दर्शविणारा आलेख आकृती 5.2 प्रमाणे असेल.

या आलेखात रेख AB स्थिर तापमानाला, बर्फाचे पाण्यात रूपांतर होण्याची क्रिया दर्शवितो. बर्फाला उष्णता दिली असता बर्फ एका विशिष्ट तापमानाला म्हणजे 0 °C ला वितळून त्याचे पाण्यात रूपांतर होऊ लागते. हा बदल होत असताना बर्फ उष्णतेचे शोषण करतो. हे उष्णतेचे शोषण बर्फाचे पूर्णपणे द्रवात रूपांतर होईपर्यंत चालू राहते.

यादरम्यान मिश्रणाचे तापमान स्थिर राहते. ज्या स्थिर तापमानाला बर्फाचे पाण्यात रूपांतर होते त्या तापमानाला बर्फाचा द्रवणांक म्हणतात.

पदार्थाचे स्थायू अवस्थेतून द्रवरूप अवस्थेत रूपांतरण होत असताना पदार्थ म्हणजेच येथे बर्फ हा उष्णतेचे शोषण करतो परंतु त्याच्या तापमानात वाढ होत नाही. या सर्व शोषलेल्या उष्णतेचा उपयोग अणू रेणूंमधील बंध कमकुवत करून स्थायूचे द्रवात रूपांतर करण्यासाठी होतो स्थायूचे द्रवात रूपांतर होत असताना स्थिर तापमानाला जी उष्णता शोषली जाते तिला वितळणाचा अप्रकट उष्मा (Latent heat of melting) असे म्हणतात.



5.2 तापमान – काल आलेख

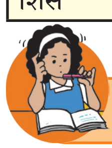
एकक वस्तुमानाच्या स्थायू पदार्थाचे द्रवामध्ये पूर्णपणे रूपांतर होत असताना स्थिर तापमानावर जी उष्णता स्थायूत शोषली जाते त्या उष्णतेला वितळणाचा विशिष्ट अप्रकट उष्मा (Specific latent heat of melting) म्हणतात.

बर्फाचे पाण्यामध्ये पूर्ण रूपांतर झाल्यानंतर पाण्याचे तापमान वाढू लागते, ते 100°C पर्यंत वाढते. रेख BC ही पाण्याच्या तापमानातील 0 °C ते 100 °C अशी वाढ दर्शिविते. त्यानंतर मात्र उष्णता देऊनही पाण्याचे तापमान वाढत नाही. या तापमानाला शोषलेली सर्व उष्णता या द्रवामधील रेणूंचे बंध तोडण्यासाठी आणि द्रवाचे वायुरूप स्थितीत रूपांतर करण्यासाठी वापरली जाते. द्रवाचे रूपांतर वायूमध्ये होत असताना उष्णता शोषली जाते परंतु त्याच्या तापमानात वाढ होत नाही. ज्या स्थिर तापमानाला द्रवाचे रूपांतर वायूमध्ये होते त्या तापमानाला द्रवाचा उत्कलनांक म्हणतात. स्थिर तापमानास द्रवाचे रूपांतर वायूमध्ये होत असताना शोषल्या गेलेल्या उष्णतेस बाष्पनाचा अप्रकट ऊष्मा (Latent heat of vaporisation) म्हणतात.

एकक वस्तुमानाच्या द्रव पदार्थाचे वायूमध्ये पूर्ण रूपांतर होत असताना स्थिर तापमानावर जी उष्णता द्रवात शोषली जाते त्या उष्णतेला बाष्पनाचा विशिष्ट अप्रकट उष्मा (Specific latent heat of vaporisation) असे म्हणतात.

वेगवेगळ्या पदार्थांचे द्रवणांक वेगवेगळे असतात, त्याचप्रमाणे वेगवेगळ्या पदार्थांचे उत्कलनांकही वेगवेगळे असतात. हवेचा दाब समुद्रसपाटीवरील हवेच्या दाबापेक्षा कमी किंवा अधिक असेल तर द्रवणांक, उत्कलनांक व अप्रकट उष्मा बदलतात. खालील सारणीमध्ये ते समुद्रसपाटीवरील हवेच्या दाबास मोजले आहेत.

पदार्थ	द्रवणांक ^{0}C	उत्कलनांक ^{0}C	वितळणाचा विशिष्ट अप्रकट उष्मा		बाष्पनाचा विशिष्ट अप्रकट उष्मा	
			kJ/kg	cal/g	kJ/kg	cal/g
पाणी/बर्फ	0	100	333	80	2256	540
तांबे	1083	2562	134	49	5060	1212
इथील अकोल्होल	–117	78	104	26	8540	200
सोने	1063	2700	144	15.3	1580	392
चांदी	962	2162	88.2	25	2330	564
शिसे	327.5	1749	26.2	5.9	859	207



जरा डोके चालवा.

1. अप्रकट उष्मा ही संकल्पना वायुचे द्रवात किंवा द्रवाचे स्थायूत रूपांतर होताना सुद्‌धा लागू होईल का?
2. द्रवाचे स्थायूत रूपांतर होत असताना किंवा वायूचे द्रवात रूपांतर होत असताना अप्रकट उष्म्याचे काय होत असेल?

पुनर्हिमायन (Regelation)

बर्फाचा गोळा तयार करताना तुम्ही पाहिले असेल. बर्फ किसून काडीच्या टोकाशी हाताने दाबून गोळा बनविला जातो. हा किसलेला बर्फ पुन्हा घट्ट गोळा कसा बनतो? बर्फाचे दोन खडे घेऊन एकमेकांवर दाबून धरल्यास काही वेळाने ते खडे एकमेकांना घट्ट चिकटतात. हे कशामुळे घडते?

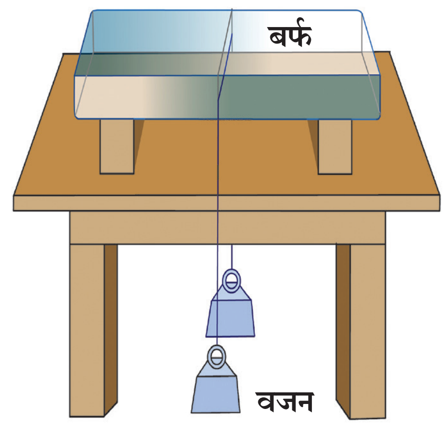
करून पाहूया.

साहित्य : बर्फाची एक लहान लादी, बारीक तार, दोन समान वजने, इत्यादी.

कृती :

1. आकृती 5.3 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे बर्फाची लादी स्टॅण्डवर ठेवा.
2. एका तारेच्या दोन्ही टोकास दोन समान वजने बांधून तार बर्फाच्या लादीवर ठेवा. निरीक्षण करा. काय घडते?

तारेच्या दोन्ही टोकास समान वजने बांधून बर्फाच्या लादीवर ठेवल्यास तार हळूहळू बर्फाच्या लादीत रुतत खोलवर जाते. काही वेळाने बर्फाच्या लादीतून बाहेर पडते. तरीही बर्फ तुटत नाही. दाबामुळे बर्फाचे वितळणे व दाब काढून घेतल्यास त्याचा पुन्हा बर्फ होणे या प्रक्रियेला **पुनर्हिमायन** असे म्हणतात. दाबामुळे बर्फाचा द्रवणांक शून्यापेक्षा कमी होतो.म्हणजेच 0 ^{0}C तापमानास बर्फ पाण्यात रुपांतरित होतो. दाब काढून घेताच द्रवणांक पूर्ववत होतो, म्हणजे 0 ^{0}C होतो व पाण्याचे पुन्हा बर्फात रुपांतरण होते.



5.3 पुनर्हिमायन

जरा डोके चालवा.

1. वरील कृतीत बर्फाच्या लादीतून तार बाहेर पडते. तरीही बर्फ तुटत नाही, असे का होते?
2. अप्रकट उष्म्याचा पुनर्हिमायनाशी काय संबंध आहे?
3. समुद्रसपाटीपासून उंच ठिकाणी गेल्यास पाण्याचा उत्कलनांक कमी होतो हे तुम्हाला माहीत आहे. या स्थितीत पदार्थाच्या द्रवणांकात काय बदल होईल?

सांगा पाहू !

पदार्थ थंड आहे की उष्ण, या संवेदनेचा आपल्या शरीर तापमानाशी काय संबंध आहे?

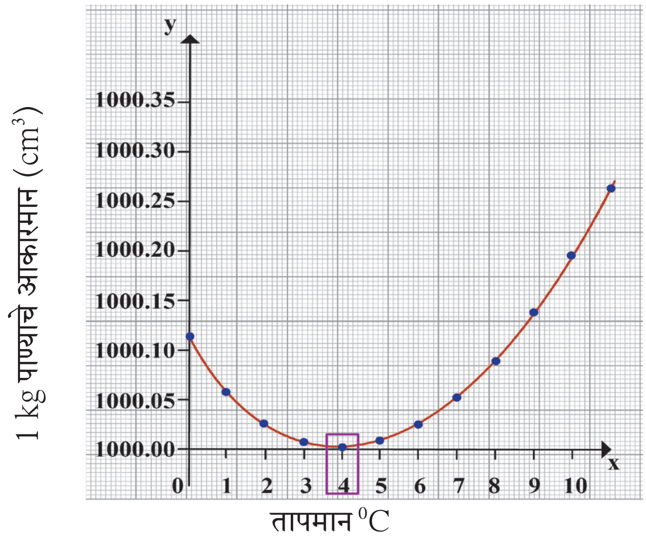
पाण्याचे असंगत आचरण (Anomalous behaviour of water)

सर्वसाधारणपणे द्रव मर्यादित तापमानापर्यंत तापविल्यास त्याचे प्रसरण होते व थंड केल्यास त्याचे आकुंचन होते. परंतु पाणी वैशिष्ट्यपूर्ण व अपवादात्मक आचरण दाखविते. 0 °C तापमानाचे पाणी तापविले असता, 4 °C तापमान होईपर्यंत त्याचे प्रसरणाऐवजी आकुंचन होते. 4 °C ला पाण्याचे आकारमान सर्वात कमी असते आणि 4 °C च्या पुढे तापमान वाढविल्यास पाण्याचे आकारमान वाढत जाते. 0 °C ते 4 °C या तापमानादरम्यान असणाऱ्या पाण्याच्या आचरणास 'पाण्याचे असंगत आचरण' असे म्हणतात.

1 kg वस्तुमानाच्या पाण्यास 0 °C पासून उष्णता देत तापमान व आकारमान यांच्या नोंदी घेऊन त्यांचा आलेख काढल्यास, आकृती 5.4 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे तो वक्र असेल. या वक्र आलेखावरून स्पष्ट होते की 0 °C पासून 4 °C पर्यंत पाण्याचे तापमान वाढविल्यास त्याचे आकारमान वाढण्याऐवजी कमी होते. 4 °C ला पाण्याचे आकारमान सर्वात कमी असते, म्हणजेच पाण्याची घनता 4 °C ला सर्वात जास्त असते. (पहा 5.4)

होपच्या उपकरणाच्या साहाय्याने पाण्याच्या असंगत आचरणाचा अभ्यास करणे.

पाण्याच्या असंगत आचरणाचा अभ्यास होप च्या उपकरणाच्या साहाय्याने करता येतो. होपच्या उपकरणात धातूच्या उभट नळकांड्यास मध्यभागी एक पसरट गोलाकार भांडे जोडलेले असते. उभट नळकांड्यास पसरट भांड्याच्या वर (T_2) आणि खाली (T_1) तापमापी जोडण्याची सुविधा असते. उभट नळकांड्यात पाणी भरले जाते तर पसरट भांड्यात बर्फ व मीठ यांचे गोठण मिश्रण भरतात. (पहा आकृती 5.5)



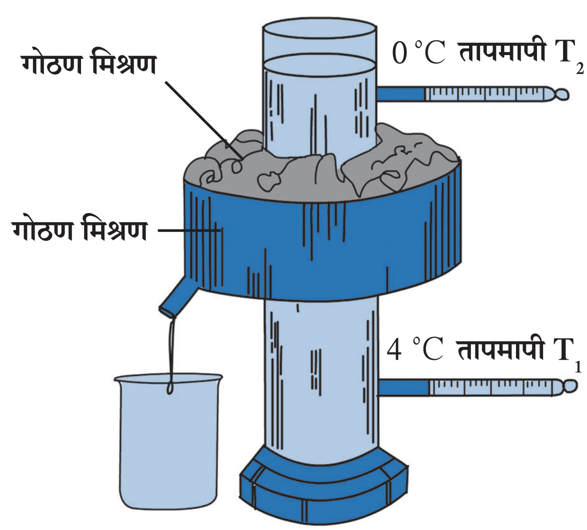
5.4 पाण्याचे तापमान आणि आकारमान यांचा आलेख

होपच्या उपकरणाच्या साहाय्याने पाण्याच्या असंगत आचरणाचा अभ्यास करत असताना प्रत्येकी 30 सेकंदानंतर T_1 व T_2 तापमापीने दाखविलेल्या तापमानांची नोंद केली जाते.

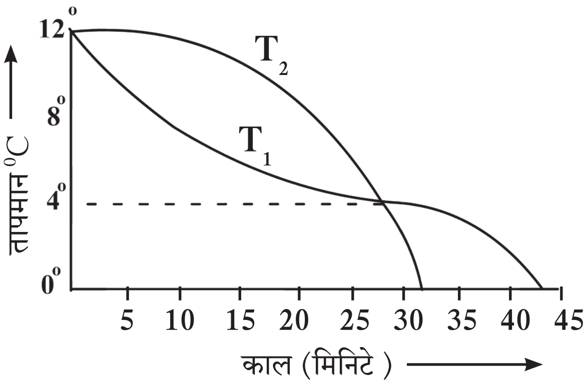
तापमान Y–अक्षावर आणि वेळ X – अक्षावर घेऊन आलेख काढतात. आकृती 5.6 मधील आलेखावरून स्पष्ट होते की, प्रारंभी दोन्ही तापमापी समान तापमान दाखवितात. नळकांड्याच्या खालच्या भागातील पाण्याचे तापमान (T_1) जलद गतीने कमी होते तर वरच्या भागातील पाण्याचे तापमान (T_2) तुलनेने हळूहळू कमी होते.

नळकांड्याच्या खालच्या भागातील पाण्याचे तापमान (T_1) 4 °C पर्यंत पोहोचताच ते काही काळ जवळजवळ स्थिर राहते व वरच्या भागातील पाण्याचे तापमान (T_2) हळूहळू 4 °C पर्यंत कमी होते. यामुळे एकाच वेळेला T_1 आणि T_2 4 °C तापमान दाखवितात. यानंतर मात्र वरच्या भागातील पाण्याचे तापमान (T_2) जलद गतीने कमी होत असल्याने वरची तापमापी T_2 प्रथम 0 °C तापमानाची नोंद करते आणि त्यानंतर खालची तापमापी T_1, 0 °C तापमानाची नोंद करते. आलेखावरील दोन्ही वक्रांचा छेदन बिंदू कमाल घनतेचे तापमान दर्शवितो.

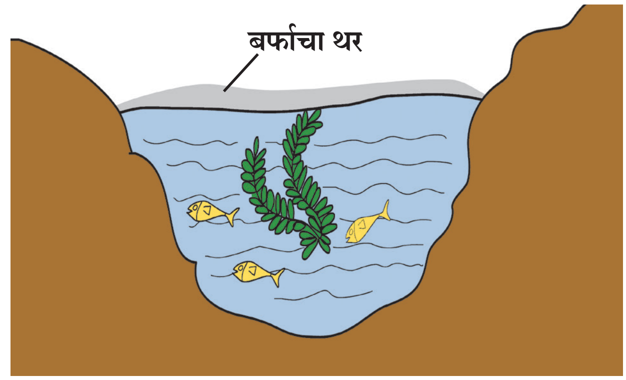
सुरूवातीस नळकांड्याच्या मध्यभागातील पाण्याचे तापमान सभोवतालच्या गोठण मिश्रणामुळे कमी होते. नळकांड्याच्या मध्यभागातील पाण्याचे तापमान कमी झाल्याने त्याचे आकारमान कमी होते त्यामुळे त्याची घनता वाढते. परिणामी जास्त घनतेचे पाणी खाली जाते. या कारणामुळे खालच्या भागातील पाण्याचे तापमान (T_1) सुरूवातीस जलद गतीने कमी होते. नळकांड्याच्या खालच्या भागातील तापमान जेव्हा 4 °C होते, तेंव्हा त्या पाण्याची घनता उच्चतम होते, नळकांड्याच्या मध्यभागातील पाण्याचे तापमान 4 °C पेक्षा कमी होते तेव्हा ते प्रसरण पावू लागते, आता त्याची घनता कमी होते व ते तळाकडे न जाता वरील भागाकडे जाऊ लागते. म्हणून वरच्या भागातील पाण्याचे तापमान (T_2) जलद गतीने 0 °C पर्यंत कमी होते परंतु तळाशी असणाऱ्या पाण्याचे तापमान 4 °C वर काही काळ स्थिर राहते, व नंतर तेही 0 °C पर्यंत कमी होते.



5.5 होपचे उपकरण



5.6 वेळ व तापमान यांचा आलेख



5.7 थंड प्रदेशातील पाण्यातील सजीव

जरा डोके चालवा. **पाण्याच्या असंगत आचरणाच्या आधारे खालील विधाने कशी स्पष्ट कराल?**

1. थंड प्रदेशात वातावरणाचे तापमान 0 °C किंवा त्यापेक्षा कमी होऊनसुद्धा तेथील जलीय सजीव जिवंत राहतात.
2. थंड प्रदेशात हिवाळ्याच्या कालावधीत पाणी वाहून नेणारे नळ फुटतात व खडकांना भेगा पडतात.

दवबिंदू तापमान आणि आर्द्रता (Due point and Humidity)

पृथ्वीचा 71% पृष्ठभाग पाण्याने व्यापलेला आहे. पाण्याचे सतत बाष्पीभवन होत असते. त्यामुळे वातावरणात नेहमीच काही प्रमाणात बाष्प असते. वातावरणामध्ये असणाऱ्या बाष्पाच्या प्रमाणावरून दैनंदिन हवामानाचे स्वरूप समजण्यास मदत होते. हवेतील पाण्याच्या वाफेमुळे हवेत निर्माण होणारा ओलावा किंवा दमटपणा म्हणजे आर्द्रता होय.

एका दिलेल्या तापमानास दिलेल्या हवेच्या आकारमानात एका कमाल मर्यादेपर्यंत बाष्प सामावले जाते. या मर्यादेपेक्षा जास्त बाष्प असल्यास त्या अतिरिक्त बाष्पाचे पाण्यात रुपांतर होईल. हवेमध्ये जेव्हा पाण्याची कमाल वाफ सामावलेली असते तेव्हा ती हवा त्या विशिष्ट तापमानास बाष्पाने संपृक्त आहे असे म्हणतात. हवा संपृक्त होण्यासाठी लागणाऱ्या बाष्पाचे प्रमाण तापमानावर अवलंबून असते. तापमान कमी असल्यास हवा संपृक्त होण्यास कमी बाष्प लागते. उदा. 40 °C तापमानाच्या 1 किलोग्रॅम कोरड्या हवेत जास्तीत जास्त 49 ग्रॅम पाण्याचे बाष्प सामावू शकते व ती हवा बाष्पाने संपृक्त होते म्हणजेच अशा हवेत बाष्पाचे प्रमाण अधिक झाल्यास अतिरिक्त बाष्पाचे संघनन होते. परंतु कोरड्या हवेचे तापमान 20 °C असल्यास ती हवा 14.7 ग्रॅम एवढ्या बाष्प पातळीलाच संपृक्त होते. हवा सामावून घेत असलेल्या बाष्पाच्या कमाल मर्यादेपेक्षा हवेमध्ये कमी बाष्प सामावलेले असल्यास ती हवा असंपृक्त हवा आहे असे म्हणतात.

एका विशिष्ट तापमानाची असंपृक्त हवा घेतली व तिचे तापमान कमी करत नेले तर तापमान कमी होताना ज्या तापमानास हवा बाष्पाने संपृक्त होते, त्या तापमानास दवबिंदू तापमान म्हणतात.

हवेतील पाण्याच्या वाफेचे प्रमाण निरपेक्ष आर्द्रता (Absolute humidity) या राशीच्या साहाय्याने मोजले जाते. एकक आकारमानाच्या हवेमध्ये असलेल्या पाण्याच्या वाफेच्या वस्तुमानास निरपेक्ष आर्द्रता असे म्हणतात. सर्वसाधारणपणे निरपेक्ष आर्द्रता ही kg/m^3 मध्ये मोजतात.

हवेच्या दमटपणाची किंवा कोरडेपणाची जाणीव ही फक्त हवेमध्ये असणाऱ्या बाष्पाच्या प्रमाणावर अवलंबून नसते तर बाष्पाचे प्रमाण हवा संपृक्त करण्यासाठी लागणाऱ्या प्रमाणाच्या किती जवळ आहे यावरही अवलंबून असते, म्हणजेच ती हवेच्या तापमानावरही अवलंबून असते. दमटपणाचे प्रमाण सापेक्ष आर्द्रतेच्या स्वरूपात मोजतात. हवेच्या ठराविक आकारमानात व तापमानास प्रत्यक्ष समाविष्ट बाष्पाचे वस्तुमान व हवा संपृक्त करण्यासाठी आवश्यक असणाऱ्या बाष्पाचे वस्तुमान यांच्या गुणोत्तरास सापेक्ष आर्द्रता (Relative humidity)म्हणतात.

$$\text{शेकडा सापेक्ष आर्द्रता} = \frac{\text{दिलेल्या आकारमानात प्रत्यक्ष समाविष्ट बाष्पाचे वस्तुमान}}{\text{दिलेल्या आकारमानाची हवा संपृक्त करण्यासाठी आवश्यक असणाऱ्या बाष्पाचे वस्तुमान}} \times 100$$

दवबिंदू तापमानास सापेक्ष आर्द्रता 100 % असते. जर सापेक्ष आर्द्रता 60 % पेक्षा जास्त असेल तर हवा दमट असल्याचे जाणवते. जर सापेक्ष आर्द्रता 60 % पेक्षा कमी असेल तर हवा कोरडी असल्याचे जाणवते.

हिवाळ्याच्या कालावधीत निरभ्र आकाशात उंचीवरून उडणाऱ्या विमानाच्या मागे पांढरा पट्टा (trail) निर्माण झालेला तुम्ही पहिला असेल. विमान उडत असताना इंजिनापासून निघणाऱ्या वाफेचे संघनन (Condensation)होऊन ढग तयार होतात. जर सभोवतालच्या वातावरणातील हवा ही अधिक सापेक्ष आर्द्रतेची असेल तर पांढरा पट्टा लांबच लांब दिसतो व तो नाहीसा होण्यासही अधिक वेळ लागतो. जर सापेक्ष आर्द्रता कमी असेल तर लहान पांढरा पट्टा कधी तयार होतो तर कधी तयार होतही नाही.

करून पाहूया.

1. थंड पाण्याची बाटली फ्रीजमधून काढून टेबलावर ठेवा व थोडा वेळ बाटलीच्या बाह्य पृष्ठभागाचे निरीक्षण करा.
2. हिवाळ्यात पहाटेच्या वेळी गवताच्या पानाचे / झाडाच्या पानाचे निरीक्षण करा, गाडीच्या काचांचे निरीक्षण करा.

थंड पाण्याची बाटली फ्रीज मधून काढून टेबलवर ठेवली असता बाटलीच्या बाह्य पृष्ठभागावर पाण्याचे थेंब जमा झालेले दिसतात, तसेच पहाटेच्या वेळी गवताच्या/झाडाच्या पानाचे, किंवा गाडीच्या काचेचे निरीक्षण केल्यास पानांवरती तसेच गाडीच्या काचेवरती पाण्याचे थेंब जमा झालेले दिसतात. वरील दोन्ही निरीक्षणांतून आपणास हवेमध्ये असलेल्या बाष्पाचे अस्तित्व जाणवते.

जेव्हा हवा खूप थंड होते, तेव्हा तापमान कमी झाल्याने हवा वाफेने संपृक्त होत जाते. त्यामुळे अतिरिक्त बाष्पाचे लहान लहान थेंब बनतात. हवेत असणाऱ्या बाष्पाच्या प्रमाणावर दवबिंदू तापमान अवलंबून असते.

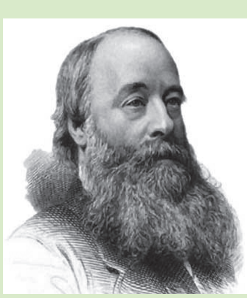
उष्णतेचे एकक (Unit of heat)

उष्णता SI मापन पद्धतीत ज्यूल (J) व CGS मापन पद्धतीत कॅलरी (cal) या एककात मोजतात.

एक किलोग्रॅम पाण्याचे तापमान 14.5 °C ते 15.5 °C पर्यंत 1°C ने वाढविण्यासाठी लागणाऱ्या उष्णतेस एक किलोकॅलरी उष्णता असे म्हणतात, तर एक ग्रॅम पाण्याचे तापमान 14.5 °C ते 15.5 °C पर्यंत 1°C ने वाढविण्यासाठी लागणाऱ्या उष्णतेस एक कॅलरी उष्णता असे म्हणतात. मोठ्या प्रमाणातील उष्णता मोजण्यासाठी किलोकॅलरी (kcal) हे एकक वापरतात (1 किलोकॅलरी = 10^3 कॅलरी).

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

एक किलोग्रॅम पाण्याचे तापमान 14.5 °C ते 15.5 °C तापमानापेक्षा वेगळ्या तापमानास तापविले तर 1°C तापमान वाढविण्यासाठी द्यावी लागणारी उष्णता 1 किलोकॅलरी पेक्षा थोडी भिन्न राहील म्हणून उष्मा एकक ठरविताना आपण 14.5 °C ते 15.5 °C हाच विशिष्ट तापमान खंड निवडतो. कॅलरी व ज्यूल यांचा परस्पर संबंध पुढील सूत्राने दाखविता येतो. 1 कॅलरी = 4.18 ज्यूल



परिचय शास्त्रज्ञांचा

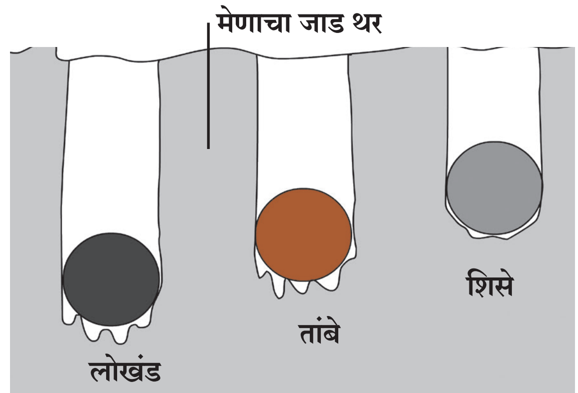
जेम्स प्रेस्कॉट ज्यूल,(1818-1889): 'पदार्थाच्या सूक्ष्म कणांची गतिज ऊर्जा उष्णतेच्या स्वरूपात बाहेर पडते, तसेच निरनिराळ्या ऊर्जेचे एका स्वरूपातून दुसऱ्या स्वरूपात रुपांतरण होते हे त्यांनी प्रथम दाखवून दिले. उष्णता स्वरूपातील ऊर्जेच्या रुपांतरणातूनच पुढे थर्मोडायनॅमिक्स या विज्ञानशाखेचा पहिला सिद्धांत प्राप्त होतो. ऊर्जेच्या मोजमापासाठीच्या एककाला ज्यूल (J) ही संज्ञा देण्यात आली आहे.

विशिष्ट उष्मा धारकता (Specific Heat Capacity)

करून पाहूया. **साहित्य :** मेणाचा जाड थर असलेला ट्रे, लोखंड, तांबे व शिसे यांचे समान वस्तुमानाचे भरीव गोल, बर्नर अथवा स्पिरीटचा दिवा , मोठे चंचुपात्र इत्यादी.

कृती :

1. समान वस्तुमान असलेले लोखंड, तांबे व शिसे यांचे भरीव गोल घ्या. (आकृती 5.8)
2. तीनही गोल उकळत्या पाण्यात काही काळ ठेवा.
3. काही वेळानंतर त्यांना उकळत्या पाण्यातून बाहेर काढा. तीनही गोळ्यांचे तापमान उकळत्या पाण्याच्या तापमानाएवढे म्हणजेच 100 °C एवढे असेल. त्यांना लगेच मेणाच्या जाड थरावर ठेवा.
4. प्रत्येक गोळा मेणामध्ये किती खोलीपर्यंत गेला ? नोंद करा.



5.8 धातुंची विशिष्ट उष्माधारकता

जो गोळा जास्त उष्णता शोषून घेईल तो गोळा मेणालाही जास्त उष्णता देईल त्यामुळे मेण जास्त प्रमाणात वितळेल व गोळा मेणामध्ये खोलवर जाईल. वरील कृतीत लोखंडाचा गोळा मेणामध्ये जास्त खोलवर जातो. शिशाचा गोळा मेणामध्ये सर्वात कमी खोल जातो .तांब्याचा गोळा दोहोंच्या दरम्यान त्या मेणामध्ये बुडालेला दिसतो. यावरून असे दिसून येते की तापमान सारख्या प्रमाणात वाढण्यासाठी तीनही गोळ्यांनी उकळत्या पाण्यापासून शोषलेली उष्णता ही भिन्न आहे. म्हणजेच उष्णता शोषून घेण्याचा प्रत्येक गोळ्याचा गुणधर्म वेगळा आहे. या गुणधर्मास विशिष्ट उष्माधारकता (Specific heat capacity) म्हणतात. **एकक वस्तुमानाच्या पदार्थाचे तापमान 1 °C ने वाढविण्यासाठी लागणारी उष्णता म्हणजे त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्माधारकता होय.**

विशिष्ट उष्माधारकता 'c' या चिन्हाने दर्शवितात. विशिष्ट उष्माधारकतेचे SI मापन पद्धतीतील एकक J/kg °C हे आहे. तर CGS मापन पद्धतीतील एकक cal/g °C हे आहे.

अ.नं.	पदार्थ	विशिष्ट उष्माधारकता (cal/g °C)	अ.नं.	पदार्थ	विशिष्ट उष्माधारकता (cal/g °C)
1.	पाणी	1.0	5.	लोखंड	0.110
2.	पॅरॅफिन	0.54	6.	तांबे	0.095
3.	रॉकेल	0.52	7.	चांदी	0.056
4.	ॲल्युमिनियम	0.215	8.	पारा	0.033

5.9 काही पदार्थांच्या विशिष्ट उष्माधारकता

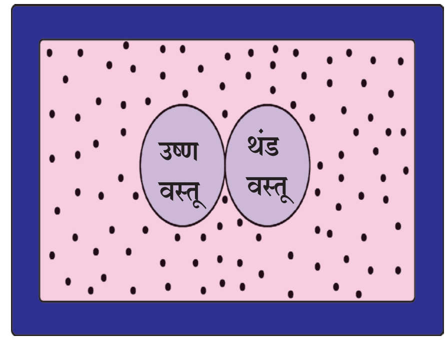
पदार्थाची विशिष्ट उष्माधारकता 'c' व पदार्थाचे वस्तुमान 'm' असल्यास व पदार्थाचे तापमान ΔT °C ने वाढविल्यास त्या पदार्थाने शोषून घेतलेली उष्णता पुढील सूत्राने मिळते.

पदार्थाने शोषून घेतलेली उष्णता = $m \times c \times \Delta T$ .... येथे ΔT ही तापमानातील वाढ आहे.

तसेच पदार्थाची विशिष्ट उष्माधारकता 'c'; पदार्थाचे वस्तुमान 'm'असल्यास व पदार्थाचे तापमान ΔT °C ने कमी केल्यास त्या पदार्थाने गमावलेली उष्णता पुढील सूत्राने मिळते.

पदार्थाने गमावलेली उष्णता=$m \times c \times \Delta T$ ....येथे ΔT ही तापमानातील घट आहे.

उष्णतेची देवाण घेवाण : उष्ण व थंड वस्तूंमध्ये उष्णतेची देवाणघेवाण झाल्यास उष्ण वस्तूचे तापमान कमी होत जाते व थंड वस्तूचे तापमान वाढत जाते. जोपर्यंत दोन्ही वस्तूंचे तापमान सारखे होत नाही तोपर्यंत तापमानातील हा बदल होत राहतो. या क्रियेत गरम वस्तू उष्णता गमावते तर थंड वस्तू उष्णता ग्रहण करते. दोन्ही वस्तू फक्त एकमेकांमध्ये ऊर्जेची देवाणघेवाण करू शकतात अशा स्थितीत असल्यास म्हणजेच जर दोनही वस्तूंची प्रणाली (System) वातावरणापासून वेगळी केल्यास म्हणजे उष्णतारोधक पेटीत ठेवल्यास (आकृती 5.10) पेटीत बाहेरुन उष्णता आतही येणार नाही किंवा बाहेरही जाणार नाही अशा स्थितीत आपणांस खालील तत्व मिळते.



5.10 उष्णतारोधक पदार्थाची पेटी

उष्ण वस्तूने गमावलेली उष्णता = थंड वस्तूने ग्रहण केलेली उष्णता. या तत्वास उष्णता विनिमयाचे तत्व म्हणतात.

विशिष्ट उष्माधारकतेचे मापन (मिश्रण पद्धती) व कॅलरीमापी

पदार्थाच्या विशिष्ट उष्माधारकतेचे मापन मिश्रण पद्धतीने करता येते. यासाठी कॅलरीमापी या उपकरणाचा उपयोग केला जातो. कॅलरीमापी या उपकरणाविषयी तुम्ही मागील इयत्तेत अभ्यास केला आहे. उष्णता दिलेला स्थायू पदार्थ कॅलरीमापीतील पाण्यात टाकला असता उष्ण स्थायू पदार्थाकडून कॅलरीमापीतील पाणी व कॅलरीमापी यांच्यात उष्णता स्थानांतरणाची क्रिया चालू होते. स्थायू पदार्थ, पाणी व कॅलरीमापी यांचे तापमान समान होईपर्यंत उष्णता स्थानांतरणाची क्रिया चालू राहते, म्हणून

उष्ण स्थायूने गमवलेली उष्णता = कॅलरीमापीने ग्रहण केलेली उष्णता + कॅलरीमापीतील पाण्याने ग्रहण केलेली उष्णता

येथे,

स्थायूने गमावलेली उष्णता (Q) = स्थायूचे वस्तुमान × स्थायूची विशिष्ट उष्माधारकता × तापमानातील घट

पाण्याने ग्रहण केलेली उष्णता (Q_1) = पाण्याचे वस्तुमान × पाण्याची विशिष्ट उष्माधारकता × तापमानातील वाढ

कॅलरीमापीने ग्रहण केलेली उष्णता (Q_2),

= कॅलरीमापीचे वस्तुमान × कॅलरीमापीच्या द्रव्याची विशिष्ट उष्माधारकता × तापमानातील वाढ

$Q = Q_2 + Q_1$ या सूत्राच्या सहाय्याने पदार्थाची विशिष्ट उष्माधारकता किती ते काढता येते.

जोड माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञानाची :

माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञानाच्या सहाय्याने पाठातील विविध संकल्पना स्पष्ट करण्यासाठी व्हिडीओ, चित्रे, ऑडीओ, आलेख या सर्वांचा वापर करून एक सादरीकरण तयार करून वर्गात सादर करा.

सोडवलेली उदाहरणे

उदाहरण 1. 5 kg वस्तुमान असलेल्या पाण्याचे तापमान 20 °C पासून 100 °C पर्यंत वाढविण्यासाठी किती उष्णता लागेल?

दिलेली माहिती : m = 5 kg ; c = 1 kcal /kg °C

तापमानातील बदल, $\Delta T = 100 - 20 = 80$ °C

द्यावी लागणारी उष्णता = वस्तुमान × विशिष्ट उष्माधारकता × तापमानातील बदल

$= m \times c \times \Delta T$

$= 5 \times 1 \times 80$

= 400 kcal

तापमान वाढवण्यासाठी द्यावी लागणारी उष्णता = 400 kcal.

उदाहरण 2. 100 g वस्तुमान असलेल्या तांब्याच्या गोळ्याला 100 °C पर्यंत उष्णता देऊन 195 g वस्तुमान व 20 °C तापमान असलेल्या तांब्याच्या कॅलरीमापीतील पाण्यात सोडला. कॅलरीमापीचे वस्तुमान 50 g असल्यास मिश्रणाचे जास्तीत जास्त तापमान किती होईल?(तांब्याची विशिष्ट उष्माधारकता = 0.1 cal/g °C)

दिलेली माहिती : समजा मिश्रणाचे जास्तीत जास्त तापमान T °C आहे.

तांब्याच्या गोळ्याने गमावलेली उष्णता

(Q) = गोळ्याचे वस्तुमान × गोळ्याची विशिष्ट उष्माधारकता × तापमानातील घट

$= 100 \times 0.1 \times (100 - T)$

पाण्याला मिळालेली उष्णता

(Q_1) = पाण्याचे वस्तुमान × पाण्याची विशिष्ट उष्माधारकता × तापमानातील वाढ

$= 195 \times 1 \times (T - 20)$

कॅलरीमापीला मिळालेली उष्णता

(Q_2) = कॅलरीमापीचे वस्तुमान × कॅलरीमापीच्या द्रव्याची विशिष्ट उष्माधारकता × तापमानातील वाढ

$= 50 \times 0.1 \times (T - 20)$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$100 \times 0.1 \times (100 - T) = 195 \times 1 \times (T - 20) + 50 \times 0.1 \times (T - 20)$$

$$10\,(100 - T) = 195(T - 20) + 5\,(T - 20)$$

$$1000 - 10\,T = 200\,(T - 20)$$

$$210\,T = 5000$$

$$T = 23.80\ ^\circ C$$

मिश्रणाचे तापमान 23.80 °C असेल.

उदाहरण 3 . 0 ^{0}C तापमानाच्या बर्फाच्या मोठ्या लादीवर 97 ^{0}C तापमानाची 80 g इतकी पाण्याची वाफ सोडली तर 0 ^{0}C तापमानाचा किती बर्फ वितळेल? वाफेचे पाण्यात रुपांतरण होताना किती उष्णता बर्फाला दिली जाईल?

बर्फ वितळण्याचा अप्रकट उष्मा = $L_{\text{वितळणाचा}}$ = 80 cal/g

बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा = $L_{\text{बाष्पनाचा}}$ = 540 cal/g

दिलेली माहिती :

वाफेचे तापमान = 97 ^{0}C

वाफेचे वस्तुमान = $m_{\text{वाफ}}$ = 80 g

बर्फाचे तापमान = $T_{\text{बर्फ}}$ = 0 ^{0}C

97 ^{0}C तापमानाच्या वाफेचे 97 ^{0}C तापमानाच्या पाण्यात रुपांतरण होतानाची बाहेर निघालेली उष्णता

$= m_{\text{वाफ}} \times L_{\text{बाष्पनाचा}}$

$= 80 \times 540$ ....(1)

97 ^{0}C तापमानाच्या पाण्याचे 0 ^{0}C तापमानाच्या पाण्यात रुपांतरण होतानाची उष्णता

$= m_{\text{वाफ}} \times \Delta T \times c$

$= 80 \times (97-0) \times 1$ ....(2)

बर्फाला मिळालेली उष्णता = $(80 \times 540) + (80 \times (97-0) \times 1)$, ... समीकरण 1 व 2 वरून

$= 80\,(540 + 97)$

$= 80 \times 637 = 50960$ cal.

$m_{बर्फ}$ इतक्या वस्तुमानाच्या बर्फाचे वरील उष्णतेने 0 ^{0}C तापमानाच्या पाण्यात रुपांतर झाल्यास,
बर्फाला मिळालेली उष्णता = वाफेने गमावलेली उष्णता

$m_{बर्फ} \times 80 = 80 \times 637$

$m_{बर्फ}$ = 637 g. 0 ^{0}C तापमानाचा 637 g बर्फ वितळेल व वाफेचे पाण्यात रुपांतरण होताना 50960 cal. उष्णता बर्फाला दिली जाईल.

पुस्तक माझे मित्र : अधिक माहितीसाठी वाचन करा.

1. A Textbook of heat – J.B. Rajam 2. Heat – V.N Kelkar
3. A Treatise on Heat – Saha and Srivastava

स्वाध्याय

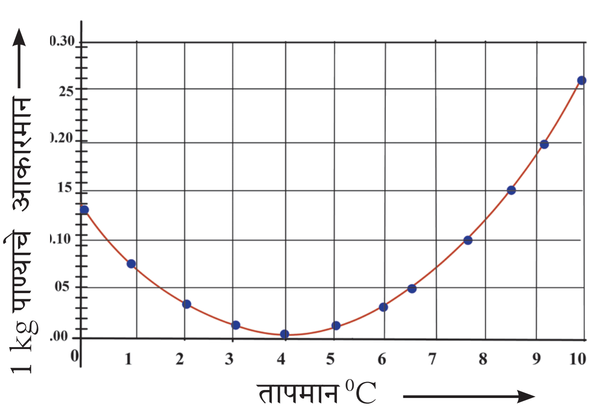
1. खालील रिकाम्या जागी योग्य शब्द लिहून वाक्य पुन्हा लिहा.

अ. हवेतील पाण्याचे प्रमाण ज्या राशीच्या साहाय्याने मोजले जाते तिला .... म्हणतात.

आ. समान वस्तुमान असलेल्या वेगवेगळ्या पदार्थांस समान उष्णता दिली असता त्यांचे वाढणारे तापमान त्यांच्या .... गुणधर्मामुळे समान नसते.

इ. पदार्थाचे द्रवातून स्थायूत रुपांतर होत असताना पदार्थातील अप्रकट उष्मा ....

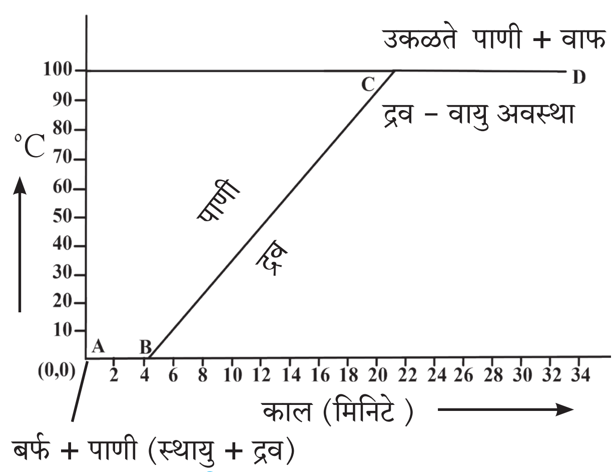
2. खालील आलेखाचे निरीक्षण करा. पाण्याचे तापमान 0 °C पासून वाढवत नेल्यास त्याच्या आकारमानात होणारा बदल विचारात घेऊन पाणी व इतर पदार्थ यांच्या आचरणात नक्की काय फरक आहे ते स्पष्ट करा. पाण्याच्या या प्रकारच्या आचरणास काय म्हणतात?



3. विशिष्ट उष्माधारकता म्हणजे काय? प्रत्येक पदार्थाची विशिष्ट उष्माधारकता वेगवेगळी असते हे प्रयोगाच्या साहाय्याने कसे सिद्ध कराल?

4. उष्णतेचे एकक ठरवताना कोणता तापमान खंड निवडतात? का?

5. खालील तापमान–काल आलेख स्पष्ट करा.



6. स्पष्टीकरण लिहा.

अ. थंड प्रदेशात जलीय वनस्पती व जलचर यांना जिवंत ठेवण्यात पाण्याच्या असंगत आचरणाची भूमिका स्पष्ट करा.

आ. शीतपेयाची बाटली फ्रीजमधून काढून ठेवल्यास बाटलीच्या बाह्य पृष्ठभागावर पाण्याचे थेंब जमा झालेले दिसतात. याचे स्पष्टीकरण दवबिंदूच्या साहाय्याने करा.

इ. 'पाण्याच्या असंगत आचरणामुळे खडक फुटून त्याचे तुकडे होतात' हे वाक्य स्पष्ट करा.

7. **खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.**

अ. अप्रकट उष्मा म्हणजे काय? पदार्थातील अप्रकट उष्मा पदार्थातून बाहेर टाकला गेल्यास पदार्थाच्या अवस्था कशा बदलतील?

आ. पदार्थाच्या विशिष्ट उष्माधारकतेच्या मापनासाठी कोणत्या तत्वाचा वापर करतात?

इ. पदार्थाच्या अवस्था बदलातील अप्रकट उष्म्याची भूमिका स्पष्ट करा.

ई. हवा संपृक्त आहे की असंपृक्त आहे हे कशाच्या आधारे व कसे ठरवाल?

8. **खालील उताऱ्याचे वाचन करा व विचारलेल्या प्रश्नांची उत्तरे लिहा.**

उष्ण व थंड वस्तूंमध्ये उष्णतेची देवाणघेवाण झाल्यास उष्ण वस्तूचे तापमान कमी होत जाते व थंड वस्तूचे तापमान वाढत जाते. जोपर्यंत दोन्ही वस्तूंचे तापमान सारखे होत नाही तोपर्यंत तापमानातील हा बदल होत राहतो. या क्रियेत गरम वस्तू उष्णता गमावते तर थंड वस्तू उष्णता ग्रहण करते. दोन्ही वस्तू फक्त एकमेकांमध्ये ऊर्जेची देवाणघेवाण करू शकतात अशा स्थितीत असल्यास म्हणजेच जर दोनही वस्तूंची प्रणाली (System) वातावरणापासून वेगळी केल्यास प्रणाली मधून उष्णता आतही येणार नाही किंवा बाहेरही जाणार नाही अशा स्थितीत आपणांस खालील तत्व मिळते.

उष्ण वस्तूने गमावलेली उष्णता = थंड वस्तूने ग्रहण केलेली उष्णता. या तत्वास उष्णता विनिमयाचे तत्व म्हणतात.

अ. उष्णता स्थानांतरण कोठून कोठे होते?

आ. अशा स्थितीत आपणास उष्णतेच्या कोणत्या तत्वाचा बोध होतो?

इ. ते तत्व थोडक्यात कसे सांगता येईल?

ई. या तत्वाचा उपयोग पदार्थाच्या कोणत्या गुणधर्माच्या मापनासाठी केला जातो?

9. **उदाहरणे सोडवा.**

अ. 1 g वस्तुमानाचे दोन पदार्थ अ आणि ब यांना एकसारखी उष्णता दिल्यावर **अ** चे तापमान 3 ^{0}C ने तर **ब** चे तापमान 5 ^{0}C ने वाढवले यावरून अ व ब पैकी कोणाची विशिष्ट उष्माधारकता जास्त आहे? किती पटीने?

उत्तर : अ, $\frac{5}{3}$

आ. बर्फ बनविण्याच्या कारखान्यात पाण्याचे तापमान कमी करून बर्फ बनविण्यासाठी द्रवरूप अमोनियाचा वापर करतात. जर 20 ^{0}C तापमानाचे पाणी 0 ^{0}C तापमानाच्या 2 kg बर्फात रुपांतरीत करायचे असेल तर किती ग्रॅम अमोनियाचे बाष्पन करावे लागेल? (द्रवरूप अमोनियाच्या बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा = 341 cal/g) **उत्तर : 586.4 g**

इ. एका उष्णतारोधक भांड्यामध्ये 150 g वस्तुमानाचा 0 ^{0}C तापमानाचा बर्फ ठेवला आहे. 100 ^{0}C तापमानाची किती ग्रॅम पाण्याची वाफ त्यात मिसळावी म्हणजे 50 ^{0}C तापमानाचे पाणी तयार होईल? (बर्फ वितळण्याचा अप्रकट उष्मा= 80 cal/g, पाण्याच्या बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा = 540 cal/g, पाण्याची विशिष्ट उष्माधारकता = 1 cal/g) **उत्तर : 33 g**

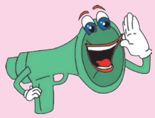
ई. एका कॅलरीमापीचे वस्तुमान 100 g असून विशिष्ट उष्माधारकता 0.1 kcal/kg ^{0}C आहे. त्यामध्ये 250 g वस्तुमानाचा, 0.4 kcal/kg ^{0}C विशिष्ट उष्माधारकतेचा, व 30 ^{0}C तापमानाचा द्रव पदार्थ आहे. त्यामध्ये जर 10 g वस्तुमानाचा, 0 ^{0}C तापमानाचा बर्फाचा खडा टाकला तर मिश्रणाचे तापमान किती होईल? **उत्तर : 20.8 ^{0}C**

उपक्रम :

शिक्षकांच्या मदतीने गटात होपच्या उपकरणाचे कार्यरत प्रारूप तयार करून त्याआधारे प्रायोगिक चाचणी घेऊन निष्कर्ष पडताळून पहा.

H7I85L

6. प्रकाशाचे अपवर्तन



- प्रकाशाचे अपवर्तन
- अपवर्तनाचे नियम
- अपवर्तनांक
- प्रकाशाचे अपस्करण

थोडे आठवा.

1. प्रकाशाचे परावर्तन म्हणजे काय?
2. प्रकाश परावर्तनाचे नियम कोणते?

साधारणपणे प्रकाश हा सरळ रेषेत प्रवास करतो हे आपण पाहिले आहे. यामुळेच प्रकाशाच्या मार्गात जर एखादी अपारदर्शक वस्तू आली तर त्या वस्तूची छाया निर्माण होते. निर्माण झालेल्या छाया, स्रोताच्या सापेक्ष असलेल्या वस्तूच्या स्थानामुळे कशा बदलतात याचाही आपण मागील इयत्तांमध्ये अभ्यास केलेला आहे. परंतु काही विशिष्ट परिस्थितीत प्रकाश किरण वाकूही शकतात हे आपण पाहणार आहोत.

प्रकाशाचे अपवर्तन (Refraction of light)

करून पहा. **साहित्य :** काचेचा ग्लास, 5 रुपयांचे नाणे, पेन्सिल, धातूचे भांडे इत्यादी.

कृती 1 :

1. पाण्याने भरलेला एक काचेचा ग्लास घ्या .
2. त्यात पेन्सिल उभी धरून अर्धवट बुडवा व पाण्यात बुडलेल्या भागाच्या जाडीचे निरीक्षण करा.
3. आता पेन्सिल तिरकी ठेवून निरीक्षण करा.

वरील दोन्ही कृतीत पाण्यातील पेन्सिलची जाडी वाढलेली दिसेल तर दुसऱ्या कृतीत पाण्याच्या पृष्ठभागालगत पेन्सिल तुटली असल्याचा आभास निर्माण होईल. असे का होते?

कृती 2 :

1. एका धातूच्या भांड्यात 5 रुपयांचे नाणे ठेवा.
2. भांड्यापासून हळूहळू दूर जा.
3. ज्या ठिकाणी ते नाणे दिसेनासे होईल त्या ठिकाणी थांबा.
4. तुम्ही नाण्याच्या दिशेने पहात रहा.
5. एका मित्राला त्या भांड्यात नाण्याला धक्का न पोहोचेल अशा रितीने हळूहळू पाणी ओतायला सांगा. पाण्याची पातळी एका विशिष्ट स्तरापर्यंत आल्यावर तुम्हाला नाणे परत दिसू लागेल. असे का होते?

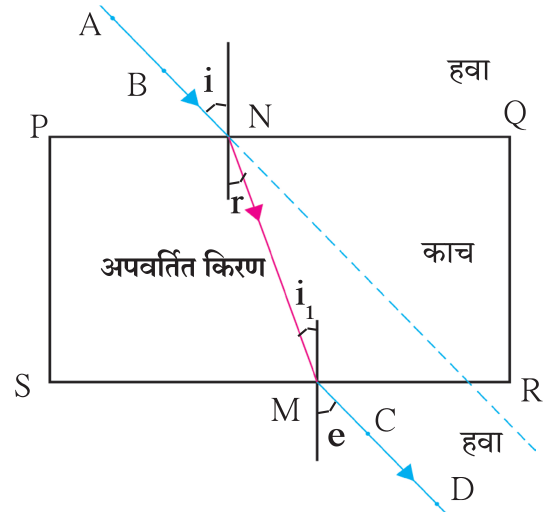
वरील दोन्ही कृतीत दिसून आलेले परिणाम पाण्याच्या पृष्ठभागाजवळ पाण्यातून बाहेर येताना प्रकाशाची दिशा बदलण्याने घडून येतात. **प्रकाश एका पारदर्शक माध्यमातून दुसऱ्या पारदर्शक माध्यमात जाताना त्याची मार्गक्रमणाची दिशा बदलते, यालाच प्रकाशाचे अपवर्तन म्हणतात.**

कृती 3 :

1. काचेची लादी कागदावर ठेवून पेन्सिलच्या साहाय्याने बाह्य कडा PQRS आखून घ्या.(आकृती 6.1 पहा)
2. काचेच्या लादीच्या PQ या बाजूला छेदणारी तिरकस रेषा काढा ती PQ ला N बिंदूत छेदते व त्यावर A व B अशा दोन टाचण्या टोचून उभ्या करा.
3. ज्या बाजूला टाचण्या लावल्या आहेत त्याच्या विरूद्‌ध बाजूने काचेच्या लादीतून A व B टाचण्यांच्या प्रतिमा पहा. त्या प्रतिमा सरळ रेषेत येतील अशा रीतीने C व D अशा दोन टाचण्या टोचा.
4. टाचण्या व काचेची लादी बाजूला काढा व टाचण्या C व D टोचल्याच्या खुणा जोडणारी रेषा बाजू SR पर्यंत वाढवा. ती SR ला M बिंदूत छेदते.
5. बिंदू M आणि N जोडा. आपाती किरण AN व निर्गत किरण MD यांचे निरीक्षण करा.

वरील कृतीमध्ये काचेच्या लादीतून प्रकाशाचे दोन वेळा अपवर्तन होते. प्रकाश किरण हवा माध्यमातून काच माध्यमात प्रवेश करताना बाजू PQ वर N बिंदूपाशी पहिले अपवर्तन होते तर दुसरे अपवर्तन प्रकाश किरण काच माध्यमातून हवा माध्यमात प्रवेश करताना बाजू SR वर M बिंदूपाशी होते. पहिल्या वेळेस आपाती कोन i तर दुसऱ्या वेळेस i_1 असतो.

लक्षात घ्या $i_1 = r$. येथे r हा पहिल्या अपवर्तनातील अपवर्ती कोन आहे. तसेच दुसऱ्या अपवर्तनात e अपवर्ती कोन असून e = i . काचेच्या लादीच्या दोन्ही समांतर बाजू PQ व SR जवळ प्रकाश किरणांचे दिशा बदलण्याचे प्रमाण समान पण विरूद्ध दिशेत असते. त्यामुळे लादीतून निघणारा निर्गत किरण MD लादीवर पडणाऱ्या आपाती किरण AN च्या दिशेला समांतर असतो, परंतु निर्गत किरण आपाती किरणाच्या मूळ मार्गापासून काहीसा विस्थापीत झालेला दिसतो.



6.1 काचेच्या लादीतून होणारे प्रकाशाचे अपवर्तन

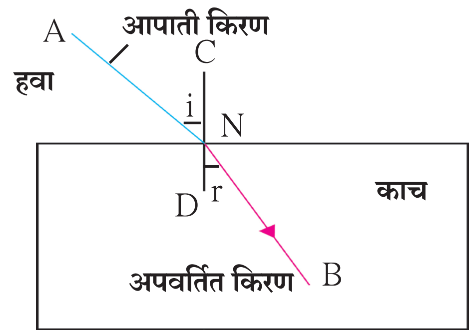
जरा डोके चालवा.

1. प्रकाश ज्या वेगाने हवेतून जाऊ शकेल त्याच वेगाने काचेच्या लादी तून जाऊ शकेल का?
2. सर्वच माध्यमांसाठी प्रकाशाचा वेग सारखाच असेल का ?

अपवर्तनाचे नियम (Laws of Refraction)

आपण आकृती 6.2 मध्ये दाखविलेल्या, हवेतून काचेत जाणाऱ्या किरणाचा अभ्यास करूया. येथे AN हा आपाती किरण असून NB हा अपवर्तित किरण आहे.

1. आपाती किरण व अपवर्तित किरण आपात बिंदूपाशी (N) असलेल्या स्तंभिकेच्या म्हणजे CD च्या विरूद्ध बाजूस असतात व ते तीनही म्हणजे आपाती किरण, अपवर्ती किरण व स्तंभिका एकाच प्रतलात असतात.
2. दिलेल्या माध्यमांच्या जोडीकरता, येथे हवा व काच, sin i व sin r यांचे गुणोत्तर स्थिर असते. येथे i हा आपाती कोन असून r हा अपवर्ती कोन आहे.



6.2 हवेतून काचेत जाणारा किरण

अपवर्तनांक (Refractive index)

प्रकाश किरण वेगवेगळ्या माध्यमात शिरतांना प्रकाशाच्या दिशेतील बदलाचे प्रमाण वेगवेगळे असते. ते माध्यमाच्या अपवर्तनांकाशी संबंधित असते. वेगवेगळ्या माध्यमांकरीता तसेच एकाच माध्यमासाठीही वेगवेगळ्या रंगांच्या प्रकाश किरणांसाठीही अपवर्तनांक वेगवेगळा असतो. काही माध्यमांचे निर्वाताच्या संदर्भातील अपवर्तनांक पुढील सारणीत दिले आहेत. निर्वाताच्या संदर्भात असलेल्या अपवर्तनांकाला निरपेक्ष अपवर्तनांक म्हणतात.

माध्यमातील प्रकाशाच्या वेगावर अपवर्तनांक अवलंबून असतो.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{स्थिरांक} = n$$

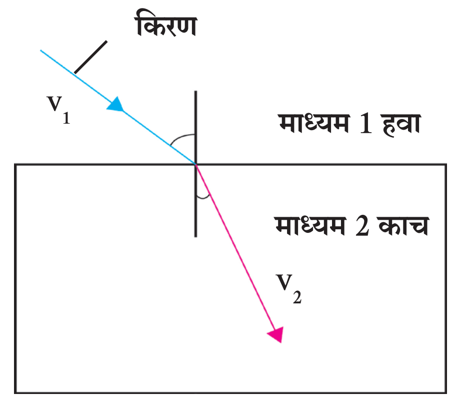
n या स्थिरांकास पहिल्या माध्यमाच्या संदर्भातील दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक म्हणतात. या नियमाला स्नेलचा नियम असेही म्हणतात. दोन माध्यमांच्या सीमेला लंब रेषेत आपाती असलेला किरण (i = 0) त्याच रेषेत पुढे जातो. (r = 0)

माध्यम	अपवर्तनांक	माध्यम	अपवर्तनांक	माध्यम	अपवर्तनांक
हवा	1.0003	फ्यूज्ड क्वार्टझ	1.46	कार्बन डायसल्फाइड	1.63
बर्फ	1.31	टर्पेंटाईन तेल	1.47	घन फ्लिंट काच	1.66
पाणी	1.33	बेंझिन	1.50	माणिक (लाल रत्न)	1.76
अल्कोहोल	1.36	क्राऊन काच	1.52	नीलम रत्न	1.76
केरोसीन	1.39	खनिज मीठ	1.54	हिरा	2.42

काही माध्यमांचे निरपेक्ष अपवर्तनांक

समजा, आकृती 6.3 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे माध्यम 1 मध्ये प्रकाशाचा वेग v_1 असून माध्यम 2 मधील वेग v_2 आहे. पहिल्या माध्यमाच्या संदर्भात दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक $_2n_1$ म्हणजे पहिल्या माध्यमातील प्रकाशाच्या वेगाचे दुसऱ्या माध्यमातील वेगाशी असणारे गुणोत्तर होय.

$$\text{अपवर्तनांक } {}_2n_1 = \frac{\text{पहिल्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग } (v_1)}{\text{दुसऱ्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग } (v_2)}$$



6.3 माध्यम 1 मधून माध्यम 2 मध्ये जाणारा प्रकाश किरण

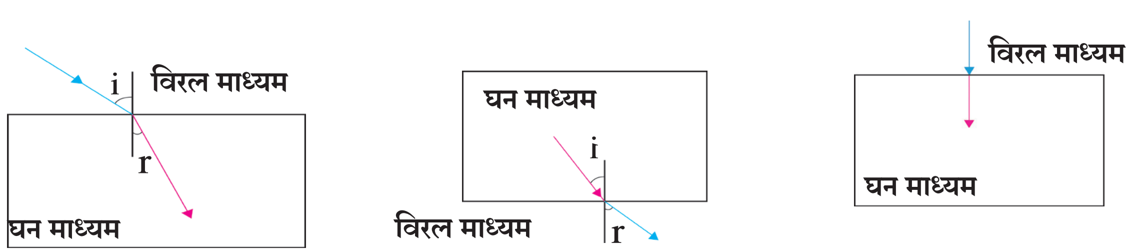
याच प्रमाणे दुसऱ्या माध्यमाच्या संदर्भात पहिल्या माध्यमाचा अपवर्तनांक म्हणजे..

$$_1n_2 = \frac{v_2}{v_1}$$

जर पहिले माध्यम निर्वात पोकळी असेल तर दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक हा निरपेक्ष अपवर्तनांक असतो. त्यास केवळ n संबोधतात.

सांगा पाहू !

जर दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक पहिल्या माध्यमाच्या संदर्भात $_2n_1$ असेल व तिसऱ्या माध्यमाचा दुसऱ्याच्या संदर्भात $_3n_2$ असेल तर $_3n_1$ याचा अर्थ काय? ह्याचे मूल्य किती असेल?



6.4 वेगवेगळ्या माध्यमांत प्रकाशाचे अपवर्तन

जेव्हा प्रकाश किरण विरल माध्यमातून घन माध्यमात जातो तेव्हा तो स्तंभिकेकडे झुकतो.

जेव्हा प्रकाश किरण घन माध्यमातून विरल माध्यमात जातो तेव्हा तो स्तंभिकेपासून दूर जातो.

प्रकाश किरण एका माध्यमातून दुसऱ्या माध्यमात प्रवेश करत असताना माध्यमाच्या सीमेवर लंबरूप आपात होत असल्यास त्याची दिशा बदलत नाही, अर्थात त्याचे अपवर्तन होत नाही.

ताऱ्यांचे लुकलुकणे (Twinkling of stars)

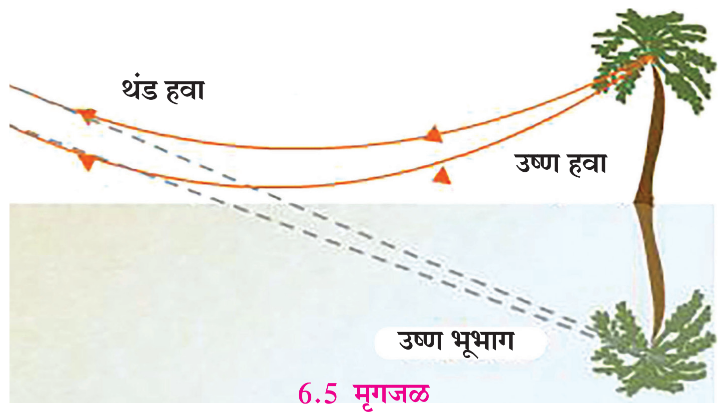
सांगा पाहू !

1. उन्हाळ्यात रस्त्यावर किंवा वाळवंटात पाणी साचल्याचा आभास (मृगजळ) तुम्हाला झाला आहे का?
2. होळीच्या वेळी होळीच्या ज्वालांच्या पलीकडील काही वस्तू हलताना तुम्ही पाहिल्या आहेत का ? असे का घडत असेल?

स्थानिक वातावरणाचा प्रकाशाच्या अपवर्तनावर थोड्या प्रमाणात परिणाम होत असतो. वरील दोन्ही उदाहरणांत रस्त्याजवळील किंवा वाळवंटाच्या पृष्ठभागावरील तसेच ज्वालांवरील हवा गरम असल्याने विरल असते व तिचा अपवर्तनांक कमी असतो. उंचीप्रमाणे विरलता कमी कमी होत जाते व अपवर्तनांक वाढत जातो. पहिल्या उदाहरणात ह्या बदलत्या अपवर्तनामुळे, अपवर्तनाच्या नियमाप्रमाणे प्रकाशाची दिशा सतत बदलत जाते.

आकृती 6.5 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे दूरवरील वस्तूकडून येणारे प्रकाश किरण त्या वस्तूच्या जमिनीत असलेल्या प्रतिमेकडून आल्यासारखे भासतात. यालाच मृगजळ असे म्हणतात.

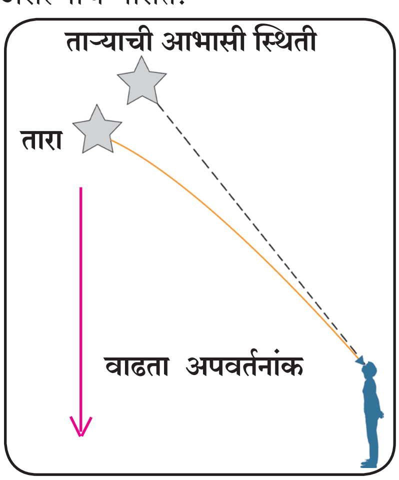
दुसऱ्या उदाहरणात बदलत्या अपवर्तनांकामुळे बदलणाऱ्या प्रकाश किरणांच्या दिशेमुळे होळीच्या ज्वालांपलीकडील वस्तूची स्थिती बदलल्याचा म्हणजे वस्तू हालल्याचा भास होतो.



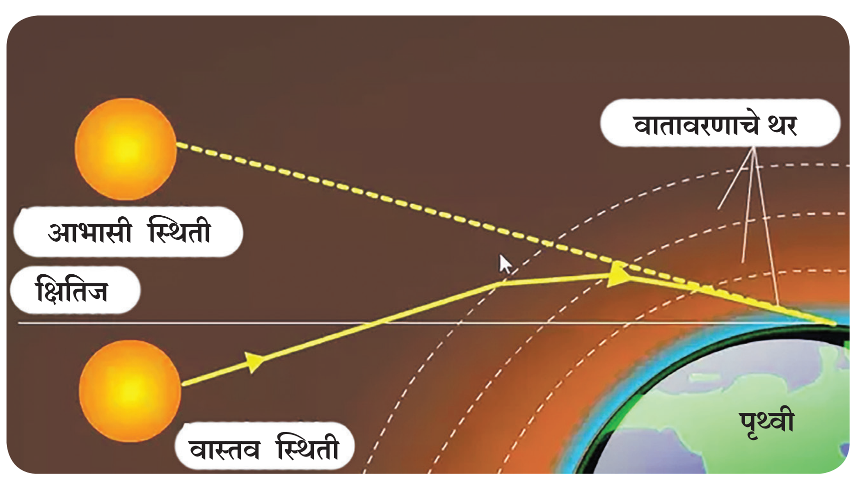
6.5 मृगजळ

वातावरणाचा प्रकाशाच्या अपवर्तनावर होणारा एक परिणाम म्हणजे ताऱ्यांचे लुकलुकणे होय.

तारे स्वयंप्रकाशित असल्याने चमकतात व सूर्यप्रकाश नसल्याने रात्री आपल्याला दिसतात. तारे आपल्यापासून खूप जास्त अंतरावर असल्याने ते प्रकाशाचे बिंदूरूप स्रोत असल्याचे जाणवतात. वातावरणातील हवेचा अपवर्तनांक जमिनीकडे येतांना वाढत जातो. कारण हवेची घनता वाढत जाते. वातावरणातून तारका-प्रकाशाचे अपवर्तन होताना तारका-प्रकाश स्तंभिकेकडे झुकल्यामुळे आकृती 6.6 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे तारा त्याच्या आहे त्या स्थितीपेक्षा थोडासा उंचावर असल्याचे भासते.



6.6 ताऱ्याची आभासी स्थिती



6.7 वातावरणीय अपवर्तनाचा परिणाम

ताऱ्याची ही आभासी स्थिती स्थिर नसून किंचितशी बदलत राहते. याचे कारण म्हणजे हवेची सतत होणारी हालचाल तसेच घनता व तापमानातील बदलामुळे वातावरण स्थिर नसते. त्यामुळे एखाद्या भागातील हवेचा अपवर्तनांक सतत बदलतो. अशा प्रकारे अपवर्तनांकात होणाऱ्या बदलामुळे ताऱ्यांची आभासी स्थिती व प्रखरता सतत बदलत असते व त्यामुळे ते लुकलुकताना दिसतात.

ग्रह आपल्याला लुकलुकताना दिसत नाही ह्याचे कारण ते आपल्यापासून ताऱ्यांच्या तुलनेत बरेच जवळ असतात. त्यामुळे ते एक बिंदूस्रोत नसून बिंदूस्रोतांचा समूह असतात. वातावरणातील बदलत्या स्थितीमुळे यांतील काही बिंदू अधिक तेजस्वी तर काही कमी तेजस्वी दिसतात व त्यांचे स्थानही बदलते, पण त्यांची एकूण सरासरी प्रखरता स्थिर रहाते तसेच त्यांचे सरासरी स्थानही स्थिर राहते म्हणून ते लुकलुकत नाहीत.

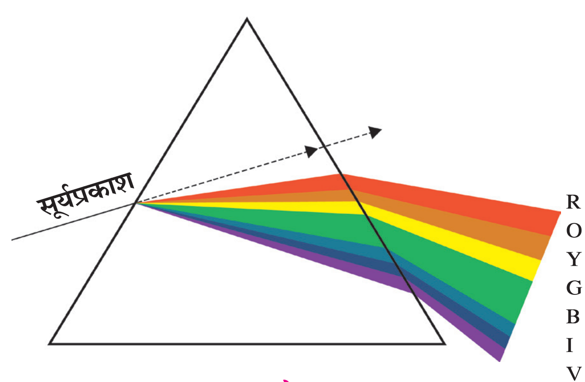
सूर्योदय होणे म्हणजे सूर्याचे क्षितीजाच्या वर येणे असे आपण म्हणतो परंतु, आकृती 6.7 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे सूर्य क्षितिजाच्या थोड्या खाली असताना त्यापासून येणाऱ्या प्रकाशाचे पृथ्वीच्या वायुमंडळातून येताना अपवर्तन झाल्यामुळे प्रकाश वक्र मार्गाने आपल्यापर्यंत येतो. यामुळे आपल्याला सूर्य क्षितीजावर येण्यापूर्वीच दिसू लागतो. असेच सूर्यास्ताच्या वेळेसही घडते व आपल्याला सूर्य क्षितीजाखाली गेल्यावरही काही काळ दिसत राहतो.

प्रकाशाचे अपस्करण (Dispersion of light)

कंपासमधील प्लास्टिकची पट्टी प्रकाशात डोळ्यासमोर धरून हळूहळू तिरकी करून पहा. तुम्हांला प्रकाशाचे वेगवगळ्या रंगात विभक्तीकरण झाल्याचे दिसून येते. प्रकाश विभक्त झाल्यानंतर मिळणाऱ्या वेगवेगळ्या रंगाचा क्रम तांबडा, नारंगी, पिवळा, हिरवा, निळा, पारवा, जांभळा असा असतो. प्रकाश हा विद्युत चुंबकीय प्रारण आहे हे तुम्हाला माहीतच आहे. तरंगलांबी हा प्रारणांचा महत्त्वाचा गुणधर्म आहे. आपले डोळे ज्या प्रारणांना संवेदनशील आहेत त्या प्रकाशाची तरंग लांबी 400 nm ते 700 nm च्या दरम्यान असते. या दरम्यान वेगवेगळ्या तरंग लांबीची प्रारणे आपल्याला वर लिहिलेल्या वेगवेगळ्या रंगात दिसतात. यात तांबड्या किरणांची तरंगलांबी सगळ्यात अधिक म्हणजे 700 nm च्या जवळ तर जांभळ्या किरणांची सगळ्यात कमी म्हणजे 400 nm च्या जवळ असते.($1nm = 10^{-9}$ m).

निर्वात पोकळीत सर्व वारंवारतेच्या प्रकाश लहरींचा वेग सारखाच असतो. परंतु पदार्थ माध्यमात या प्रकाश लहरींचा वेग सारखाच असत नाही व त्या निरनिराळ्या वेगाने मार्गक्रमण करतात. यामुळे माध्यमाचा अपवर्तनांक वेगवेगळ्या रंगासाठी वेगवेगळा असतो. जरी पांढरा प्रकाश काचेसारख्या एकाच माध्यमावर आपाती असेल तरीसुद्धा निरनिराळ्या रंगाच्या प्रकाशासाठी अपवर्तन कोनाचे माप निरनिराळे असते. म्हणूनच सूर्यापासून येणारा पांढरा प्रकाशसुदधा जेव्हा हवेतून कोणत्याही अपवर्तनी माध्यमात आपतन करतो (शिरतो) तेव्हा तो सात रंगाच्या वर्णपंक्तीच्या स्वरुपात निर्गत होतो (बाहेर पडतो). **पदार्थ माध्यमात प्रकाशाचे आपल्या घटक रंगात पृथक्करण होण्याच्या प्रक्रियेस प्रकाशाचे अपस्करण म्हणतात.**

सर आयझॅक न्यूटन यांनी सर्वप्रथम सूर्यप्रकाशापासून वर्णपंक्ती मिळविण्यासाठी काचेच्या लोलकाचा (Prism) उपयोग केला. जेव्हा शुभ्र प्रकाश लोलकावर आपाती असतो तेव्हा वेगवेगळे रंग वेगवेगळ्या कोनातून वळतात. या सात रंगापैकी लाल रंग सर्वात कमी वळतो. तर जांभळा रंग सर्वाधिक वळतो. त्यामुळे प्रत्येक रंगाचे किरण वेगवेगळ्या मार्गाने बाहेर पडतात आणि विभक्त होतात. अशा रितीने आकृती 6.8 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे आपल्याला सात रंगात वर्णपंक्ती मिळते.



6.8 प्रकाशाचे अपस्करण

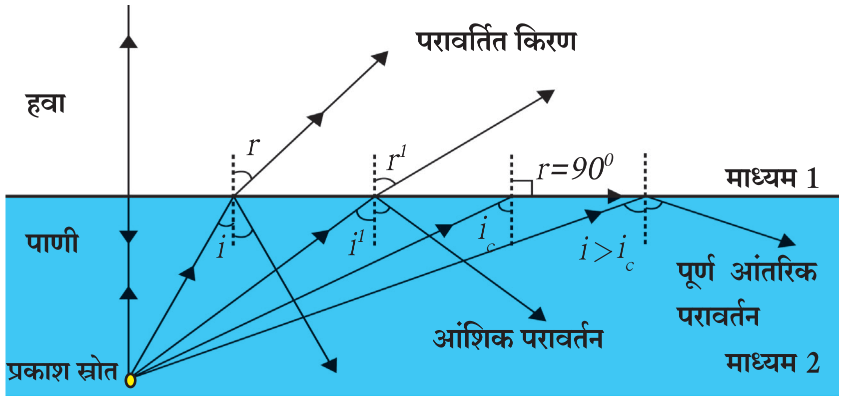
जरा डोके चालवा.

1. दोन लोलकांच्या साहाय्याने पांढऱ्या आपाती प्रकाशापासून पांढरा निर्गत प्रकाश कसा मिळवता येईल ?
2. काचेचे लोलक असलेली झुंबरे तुम्ही पाहिली असतील. त्यात लावलेल्या टंगस्टन बल्बचा प्रकाश लोलकातून जाताना त्याचे अपस्करण होते व आपल्याला रंगीबेरंगी रंगपंक्ती दिसते. टंगस्टन बल्बऐवजी एल ई डी बल्ब लावला तर या पद्धतीने रंगपंक्ती दिसतील का ?

आंशिक व पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Partial and total internal reflection)

जेव्हा प्रकाश घन माध्यमातून विरल माध्यमात मार्गक्रमण करतो तेव्हा त्याचे आंशिक रूपात परावर्तन होते म्हणजे परावर्तनाच्या नियमाप्रमाणे प्रकाशाचा काही भाग पहिल्या माध्यमात परततो. ह्यास आंशिक परावर्तन असे म्हणतात. प्रकाशाच्या उरलेल्या भागाचे अपवर्तन होते.

ह्यात प्रकाश घन माध्यमातून विरल माध्यमात जात असल्याने तो स्तंभिकेपासून दूर जातो अर्थात आपाती कोन i हा अपवर्तन कोन r हून कमी असतो. हे पुढील आकृती 6.9 च्या डाव्या बाजूस दाखवले आहे. जर आपण i चे परिमाण वाढवत गेलो तर स्नेलच्या नियमाप्रमाणे r चे परिमाण पण वाढत जाईल.कारण अपवर्तनांक स्थिर आहे.



6.9 आंशिक व पूर्ण आंतरिक परावर्तन

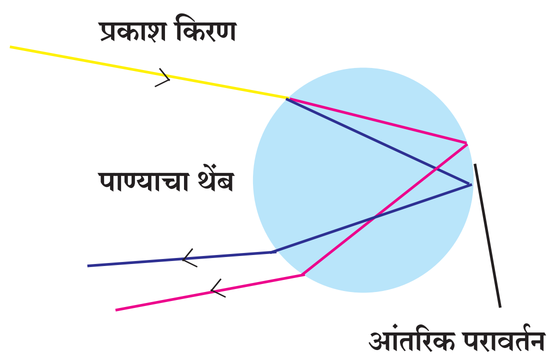
i च्या एका विशिष्ट मूल्यासाठी r चे मूल्य 90^0 होते ह्या विशिष्ट मूल्यास क्रांतिक कोन (Critical angle) असे म्हणतात. त्यापेक्षा अधिक आपाती कोन असलेल्या किरणांसाठी r चे मूल्य 90^0 पेक्षा अधिक होते व ती किरणे घन माध्यमात परत येतात. अशा स्थितीत सर्वच प्रकाशाचे परावर्तन होते. हया प्रक्रियेस पूर्ण आंतरिक परावर्तन म्हटले जाते. हे आकृतीत उजव्या बाजूस दाखवले आहे. क्रांतिक कोनाचे मूल्य आपण पुढील सूत्राने काढू शकतो.

$${}_1n_2 = \frac{\sin i}{\sin r}$$

पूर्ण आंतरिक परिवर्तनासाठी i = क्रांतिक कोन, $r = 90^0$

$${}_1n_2 = \frac{\sin i}{\sin 90^0} = \sin i \quad (\because \sin 90^0 = 1)$$

इंद्रधनुष्य ही निसर्गातील सुंदर घटना असून ती विविध नैसर्गिक घटनांचे एकत्रिकरण आहे. इंद्रधनुष्य हे प्रकाशाचे अपस्करण, अपवर्तन आणि आंतरिक परावर्तन या तीनही घटनांचा एकत्रित परिणाम आहे. प्रामुख्याने पाऊस पडून गेल्यानंतर आकाशात इंद्रधनुष्य दिसते. पाण्याचे अगदी लहान थेंब छोट्या लोलकाप्रमाणे कार्य करतात. जेव्हा वातावरणातील पाण्याच्या लहान थेंबामध्ये प्रकाशकिरण प्रवेश करतो तेव्हा पाण्याचे थेंब सूर्यप्रकाशाचे अपवर्तन व अपस्करण घडवून आणतात. नंतर थेंबाच्या आतमध्ये आंतरिक परावर्तन होते आणि शेवटी थेंबाबाहेर येताना आकृती 6.10 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे त्याचे पुन्हा अपवर्तन होते. या सर्व नैसर्गिक घटनांचा एकत्रित परिणाम सप्तरंगी इंद्रधनुष्याच्या स्वरूपात पाहावयास मिळतो.



6.10 इंद्रधनुष्य निर्मिती

पुस्तक माझे मित्र

1. Why the Sky is Blue – Dr. C.V. Raman talks about science: C.V. Raman and Chandralekha
2. Optics :Principles and Applications : K.K. Sharma
3. Theoretical concepts in Physics : M.S. Longair

थोडी गंमत

प्लास्टिकचा डबा, आरसा आणि पाणी वापरून प्रकाशाचे अपस्करण होते का ते पहा .

उदाहरण 1. पाण्याचा निरपेक्ष अपवर्तनांक 1.36 असल्यास प्रकाशाचा पाण्यातील वेग किती ?
(प्रकाशाचा निर्वातातील वेग 3×10^8 m/s)

दिलेली माहिती :

$V_1 = 3 \times 10^8$ m/s

n = 1.36

$$n = \frac{V_1}{V_2} \qquad 1.36 = \frac{3 \times 10^8}{V_2}$$

$$V_2 = \frac{3 \times 10^8}{1.36} = 2.21 \times 10^8 \text{ m/s}$$

उदाहरण 2. जर एका माध्यमातून 1.5×10^8 m/s वेगाने जाणारा प्रकाश दुसऱ्या माध्यमात गेल्यास व त्याचा वेग 0.75×10^8 m/s होत असल्यास पहिल्या माध्यमाच्या संदर्भातील दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक किती असेल ?

दिलेली माहिती :

$V_1 = 1.5 \times 10^8$ m/s, $V_2 = 0.75 \times 10^8$ m/s

$$_2n_1 = ? \qquad _2n_1 = \frac{1.5 \times 10^8}{0.75 \times 10^8} = 2$$

स्वाध्याय

1. खालील विधानांमधील रिक्त जागा भरा. पूर्ण झालेल्या विधानाचे स्पष्टीकरण लिहा.

अ. प्रकाशाच्या पुढे जाण्याच्या........ वर अपवर्तनांक अवलंबून असतो.

आ. प्रकाश एका पारदर्शक माध्यमातून दुसऱ्या पारदर्शक माध्यमात जाताना ...... बदलण्याच्या नैसर्गिक घटनेस अपवर्तन म्हणतात.

2. खालील विधानांची सिद्धता लिहा.

अ. जर एका काचेच्या चीपेवर पडणाऱ्या प्रकाश किरणाचा आपाती कोन i असेल व चीपेतून बाहेर पडतांना त्याचा निर्गत कोन e असेल तर i = e.

आ. इंद्रधनुष्य हे प्रकाशाचे अपस्करण, अपवर्तन आणि आंतरिक परावर्तन ह्या तीनही नैसर्गिक घटनांचे एकत्रीकरण आहे.

3. खालील प्रश्नांत दिलेल्या उत्तरांपैकी बरोबर उत्तर कोणते हे लिहा.

अ. ताऱ्यांच्या लुकलुकण्याचे कारण काय ?

1. ताऱ्यांमध्ये वेळोवेळी होणारे विस्फोट
2. ताऱ्यांच्या प्रकाशाचे वायुमंडलातील अवशोषण
3. ताऱ्यांची गती
4. वायुमंडळातील वायूचा बदलता अपवर्तनांक

आ. सूर्य क्षितिजाच्या थोड्या खाली असतांनादेखील आपल्याला दिसतो याचे कारण

1. प्रकाशाचे परावर्तन 2. प्रकाशाचे अपवर्तन
3. प्रकाशाचे अपस्करण 4. प्रकाशाचे अवशोषण

इ. काचेचा हवेच्या संदर्भात असलेला अपवर्तनांक 3/2 असेल तर हवेचा काचेच्या संदर्भातील अपवर्तनांक किती असेल ?

(1) $\frac{1}{2}$ (2) 3 (3) $\frac{1}{3}$ (4) $\frac{2}{3}$

4. खालील उदाहरणे सोडवा.

अ. एका माध्यमात प्रकाशाचा वेग जर 1.5×10^8 m/s असल्यास त्या माध्यमाचा निरपेक्ष अपवर्तनांक किती असेल ? **उत्तर : 2**

आ. जर काचेचा निरपेक्ष अपवर्तनांक 3/2 असला व पाण्याचा 4/3 असला तर काचेचा पाण्याच्या संदर्भातील अपवर्तानांक किती ?

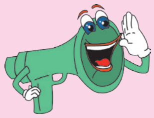
उत्तर : $\frac{9}{8}$

उपक्रम :

तुमच्या शिक्षकांच्या मार्गदर्शनाखाली लेझरचे उपकरण व साबणाचे पाणी वापरून प्रकाशाचे अपवर्तन अभ्यासा.

H7S479

7. भिंगे व त्यांचे उपयोग



- भिंग
- चिन्ह संकेत
- दृष्टिदोष व उपाय
- अपवर्तित किरणांचे रेखन
- मानवी डोळा व भिंगाचे कार्य
- भिंगांचे उपयोग

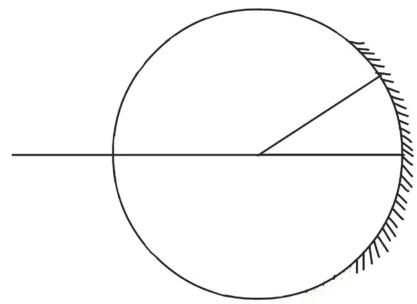
थोडे आठवा.

1. ध्रुव, वक्रताकेंद्र, वक्रता त्रिज्या, मुख्यनाभी या गोलीय आरशाशी संबंधित संज्ञा खालील आकृतीत (आकृती 7.1) लिहा.
2. अंतर्गोल व बहिर्गोल आरशांची निर्मिती कशी होते ?

भिंगे (Lenses)

दैनंदिन जीवनातील उपयोगात येणारी भिंगे तुम्ही पाहिलीच असतील. वृद्ध माणसे वाचनासाठी वापरणारी भिंगे, घराच्या प्रवेशद्वाराला असलेले नेत्रगोल, घड्याळाच्या दुरूस्तीसाठी कारागीर डोळ्याला लावत असलेले उपकरण इत्यादी अशी उदाहरणे आहेत.

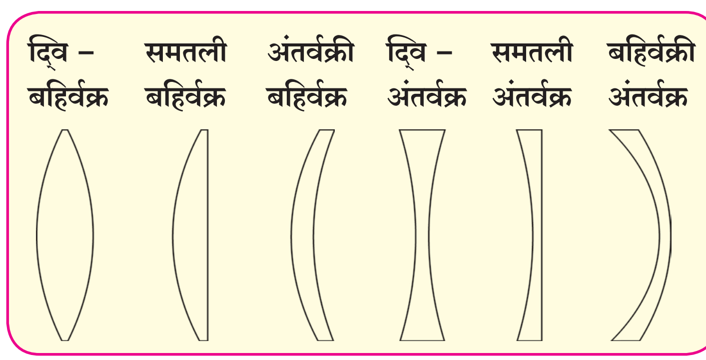
चष्म्यामध्येही भिंग असतात. याशिवाय भिंग वापरून दुर्बिणी तयार केल्या जातात. हे तुम्ही अभ्यासले आहे.



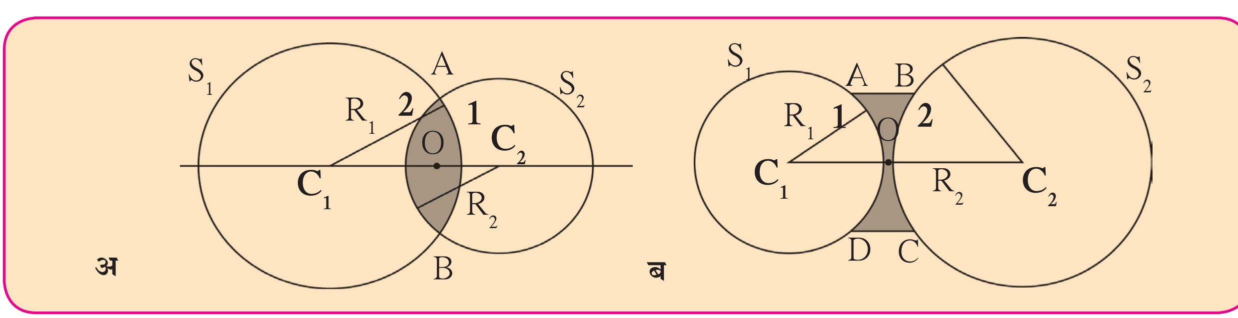
7.1 गोलीय आरसा

भिंग हे दोन पृष्ठभागांनी युक्त असे पारदर्शक माध्यम आहे. ज्या भिंगाचे दोन्ही पृष्ठभाग गोलीय व बाहेरच्या बाजूने फुगीर असतात त्यांना द्विबहिर्वक्र भिंग किवा दुहेरी बहिर्गोल भिंग म्हणतात. हे भिंग त्याच्या कडेपेक्षा मध्यभागी जाड असते. ज्या भिंगाचे दोन्ही पृष्ठभाग आतल्या बाजूने गोलीय असतात त्यांना द्विअंतर्वक्र भिंग किंवा दुहेरी अंतर्गोल भिंग म्हणतात. हे भिंग त्यांच्या मध्यभागांपेक्षा कडेला जाड असते.

भिंगाचे प्रकार आकृती 7.2 मध्ये दाखवले आहेत. भिंगातून जाताना प्रकाश किरणाचे दोनदा अपवर्तन होते. प्रथम आत जाताना व दुसऱ्यांदा भिंगातून बाहेर पडताना. त्यामुळे किरणांची दिशा बदलते बहुतेक भिंगांना दोन गोलीय पृष्ठभाग असतात. त्यापैकी प्रत्येक पृष्ठभाग एक संपूर्ण गोलाचा भाग असतो.



7.2 भिंगाचे प्रकार



7.3 बहिर्गोल व अंतर्गोल भिंगाचे काटछेद

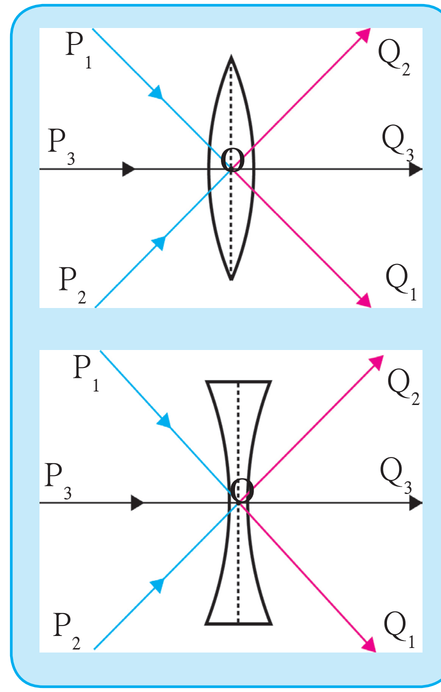
आकृती 7.3 अ आणि 7.3 ब मध्ये बहिर्गोल व अंतर्गोल भिंगाचे काटछेद दाखविले आहेत. यात पृष्ठभाग 1 हा S_1 या गोलाचा तर पृष्ठभाग 2 हा S_2 गोलाचा आहे.

वक्रता केंद्र (Centre of curvature : C) – भिंगाचा पृष्ठभाग ज्या गोलाचा भाग आहे, त्या गोलाच्या केंद्रास वक्रता केंद्र म्हणतात. प्रत्येक भिंगास C_1 व C_2 अशी दोन वक्रता केंद्र असतात.

वक्रता त्रिज्या (Radius of curvature : R) – भिंगाचे पृष्ठभाग ज्या गोलाचे भाग असतात त्या गोलांच्या त्रिज्यांना (R_1 व R_2) भिंगाच्या वक्रता त्रिज्या म्हणतात.

मुख्य अक्ष (Principal axis) – भिंगाच्या दोन्ही वक्रता केंद्रातून जाणारी काल्पनिक रेषा म्हणजे मुख्य अक्ष होय.

प्रकाशिय केंद्र (Optical centre : O) – प्रकाश किरण भिंगाच्या ज्या बिंदूतून जाताना विचलित होत नाही अशा मुख्य अक्षावरील बिंदूला भिंगाचे प्रकाशीय केंद्र म्हणतात. आकृतीत O मधून जाणारे किरण P_1Q_1, P_2Q_2 इत्यादी सरळ रेषेत जात असल्याने O हा प्रकाशीय केंद्र आहे. (पहा 7.4)



7.4 भिंगाचा प्रकाशीय केंद्र

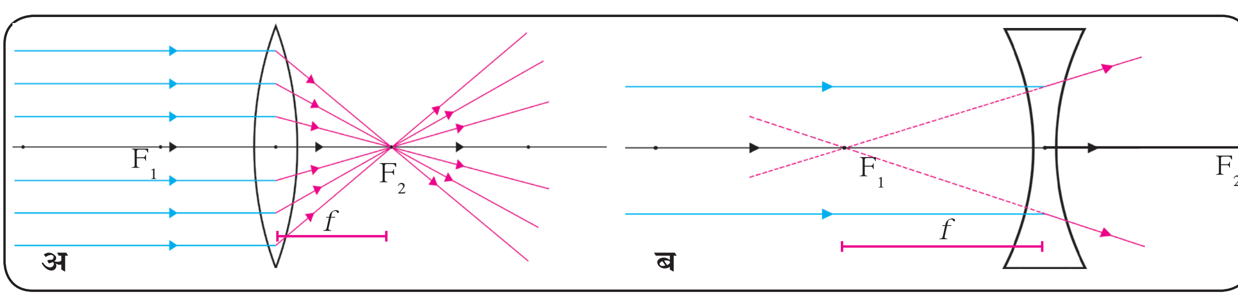
मुख्य नाभी (Principal focus : F) – बहिर्गोल भिंगात जेव्हा मुख्य अक्षाला समांतर असणारे प्रकाश किरण भिंगावर पडतात तेव्हा अपवर्तनानंतर ते मुख्य अक्षावरील एका बिंदूत अभिसारित होतात. त्या बिंदूस बहिर्गोल भिंगाची मुख्य नाभी म्हणतात. येथे F_1 व F_2 हे मुख्य नाभी आहेत.

आकृती 7.5 अ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे बहिर्गोल भिंगामध्ये मुख्य अक्षाला समांतर असणारे प्रकाश किरण अपवर्तनानंतर मुख्य अक्षावर एकत्र येतात (अभिसारित होतात) म्हणून याला अभिसारी भिंग (Converging lense) म्हणतात.

अंतर्गोल भिंगात मुख्य अक्षाला समांतर असणारे प्रकाश किरण भिंगावर पडल्यानंतर अपवर्तनामुळे अशा प्रकारे अपसारित होतात की जणू काही ते मुख्य अक्षावरील एका बिंदूपासून बाहेर पडत आहेत आकृती . 7.5 ब या बिंदूला अंतर्गोल भिंगाची मुख्य नाभी म्हणतात. येथे F_1 व F_2 हे मुख्य नाभी आहेत.

आकृती 7.5 ब मध्ये दाखविल्याप्रमाणे अंतर्गोल भिंगामध्ये मुख्य अक्षाला समांतर असणारे प्रकाश किरण अपवर्तनानंतर एकमेकांपासून दूर जातात (अपसारित होतात), म्हणून या भिंगाना अपसारी भिंग (Diverging lense) म्हणतात.

नाभीय अंतर (Focal length : *f*) – भिंगाची मुख्य नाभी व प्रकाशीय मध्य यामधील अंतर नाभीय अंतर होय.



7. 5 भिंगाची नाभी

साहित्य : बहिर्गोल भिंग, पडदा / मोठा कागद , मीटर पट्टी, भिंग ठेवण्यासाठीचे स्टँड इत्यादी.

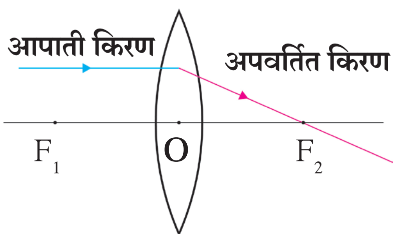
कृती : पडदा स्थिर ठेवून भिंगाच्या साहाय्याने दूरवरच्या वस्तू उदा. झाड किंवा इमारत यांची सुस्पष्ट प्रतिमा पडद्यावरती मिळवा.पट्टीच्या सहायाने पडदा व भिंग यामधील अंतर मोजा. आता भिंगाचा दुसरा पृष्ठभाग पडद्याकडे करा. पुन्हा भिंग पुढे मागे सरकून दूरवरच्या वस्तूची सुस्पष्ट प्रतिमा पडद्यावर मिळवा. पट्टीच्या साहाय्याने पडदा व भिंग यामधील अंतर मोजा.

पडदा व भिंग यामधील अंतरास काय म्हणतात? या अंतरावरून बहिर्गोल भिंगाच्या वक्रता त्रिज्येबाबत शिक्षकांशी चर्चा करा. दूरवरच्या वस्तूची प्रतिमा भिंगाच्या नाभीच्या जवळपास मिळते. म्हणून वरील कृतीत पडदा आणि भिंग यांच्यातील अंतर हे नाभीय अंतर असते. वरील कृतीत अंतर्गोल भिंग वापरल्यास काय होईल?

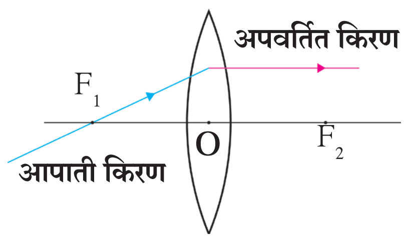
अपवर्तित किरणांचे रेखन : गोलीय आरशाद्वारे मिळणाऱ्या प्रतिमांचा अभ्यास करण्यासाठी किरणाकृती काढण्याचे नियम तुम्ही शिकला आहात. त्याचप्रमाणे भिंगाद्वारे मिळणाऱ्या प्रतिमांचा अभ्यासही किरणाकृतीच्या साहाय्याने करता येतो. किरणाकृतीच्या आधारे भिंगाद्वारे मिळणाऱ्या प्रतिमांचे स्थान, आकार व स्वरूप यांचा अभ्यास करता येतो.

बहिर्गोल भिंगाद्वारे मिळणाऱ्या प्रतिमा

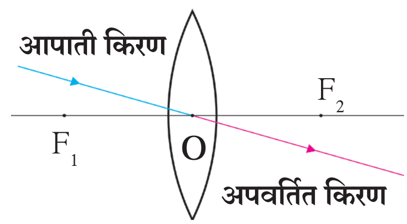
खालील तीन नियमांचा वापर करून भिंगाद्वारे मिळणाऱ्या प्रतिमांची किरणाकृती काढता येते.



नियम 1 : जर आपाती किरण मुख्य अक्षाला समांतर असेल तर अपवर्तित किरण मुख्य नाभीतून जातो.



नियम 2 : जर आपाती किरण मुख्य नाभीतून जात असेल तर अपवर्तित किरण मुख्य अक्षाला समांतर जातो.



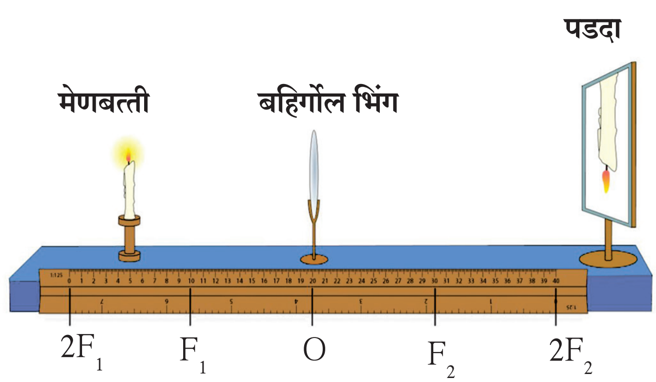
नियम 3 : जर आपाती किरण भिंगाच्या प्रकाशिय केंद्रातून जात असेल तर त्याची दिशा बदलत नाही.

करून पहा.

साहित्य : एक बहिर्गोल भिंग, पडदा, मीटरपट्टी, भिंगाचे स्टँड, खडू , मेणबत्ती इ.

कृती :

1. एका लांब टेबलावर मधोमध एक मोठी सरळ रेषा खडूच्या साहाय्याने ओढा.
2. त्या रेषेवर साधारणतः रेषेच्या मध्ये (O बिंदूवर) बहिर्गोल भिंग स्टँडला अडकवून ठेवा.
3. भिंगाच्या एका बाजूला पडदा ठेवा व पडदा पुढे मागे सरकवून दूरवरच्या वस्तूची सुस्पष्ट प्रतिमा पडद्यावर मिळवा. पडद्याच्या ठिकाणी खडूच्या साहायाने खूण करून F_1 मिळवा.



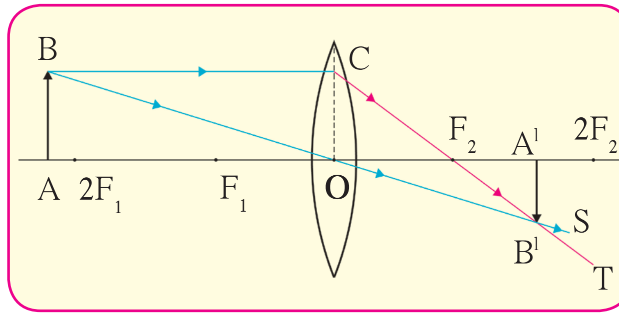
7. 6 प्रयोगाची मांडणी

4. ‘O’ व F_1 मधील अंतर मोजा व ‘O’ पासून $2F_1$ अंतरावर F_1 च्याच बाजूला $2F_1$ लिहा.
5. कृती 3 व 4 भिंगाच्या दुसऱ्या बाजूस करून F_2 व $2F_2$ शोधा व रेषेवर लिहा.
6. आता जळती मेणबत्ती $2F_1$ च्या पलिकडे खूप अंतरावर ठेवा. पडदा भिंगाच्या दुसऱ्या बाजूला रेषेवर ठेवून पुढे मागे सरकवून मेणबत्तीची सुस्पष्ट प्रतिमा मिळवा व प्रतिमेचे स्थान, आकार व स्वरूप यांचे निरीक्षण करून नोंदवा.
7. कृती 6 ही मेणबत्ती $2F_1$ च्या मागे, $2F_1$ वर, F_1 व $2F_1$ यांच्या दरम्यान, F_1 वर व F_1 व O या दरम्यान ठेवून निरीक्षणाच्या नोंदी करा.

थोडे आठवा.

आभासी व वास्तव प्रतिमा म्हणजे काय? एखादी प्रतिमा कशी वास्तव आहे हे तुम्ही कसे निश्चित कराल.आभासी प्रतिमा पडद्यावर मिळविता येते का ?

आकृती 7.7 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे AB ही वस्तू $2F_1$ च्या पाठीमागे ठेवली आहे. B पासून निघणारा व मुख्य अक्षाला समांतर असणारा आपाती किरण BC अपवर्तनानंतर मुख्य नाभी F_2 मधून CT या मार्गाने जातो B पासून निघणारा व प्रकाशीय केंद्रातून जाणारा आपाती किरण BO हा अपवर्तनानंतर विचलित न होता OS मार्गाने जातो तो CT या किरणाला B^1 बिंदूत छेदतो म्हणजे B^1 येथे B या बिंदूची प्रतिमा निर्माण होते.

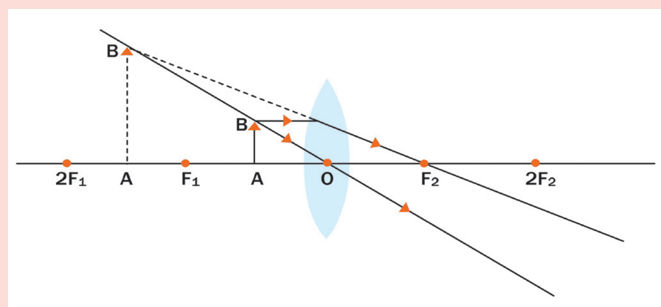


7.7 बहिर्गोल भिंगाद्‌वारे मिळणारी वास्तव प्रतिमा

A हा बिंदू मुख्य अक्षावर असल्याने त्याची प्रतिमादेखील मुख्य अक्षावर तयार होईल. B^1 च्या सरळ वर मुख्य अक्षावर A^1 येथे A बिंदूची प्रतिमा तयार होईल. म्हणजेच $A^1 B^1$ ही AB वस्तूची भिंगाच्या साहाय्याने निर्माण झालेली प्रतिमा होय. यावरून वस्तू $2F_1$ च्या पलीकडे ठेवली असता वस्तूची प्रतिमा F_2 आणि $2F_2$ च्या दरम्यान मिळते तिचा आकार लहान असतो तसेच ती वास्तव व उलट असते हे सिद्‌ध होते.

निरीक्षण करा.

चौकटीमधील आकृती 7.8 चे निरीक्षण करा. वस्तूच्या वेगवेगळ्या स्थानांसाठी तयार होणाऱ्या प्रतिमांचे स्थान , आकार व स्वरूप किरणाकृतीद्‌वारे स्पष्ट करा.तुमचे निष्कर्ष व मागील कृतीमध्ये केलेली निरीक्षणे खालील तक्त्यात दिलेल्या नोंदींप्रमाणे आहेत का ते पडताळून पहा.



7.8 वस्तूच्या स्थानावरून प्रतिमेची निर्मिती

बहिर्गोल भिंगाद्‌वारे मिळणाऱ्या विविध प्रतिमा

अ.क्र	वस्तूचे स्थान	प्रतिमेचे स्थान	प्रतिमेचा आकार	प्रतिमेचे स्वरूप
1	अनंत अंतरावर	नाभी F_2 पाशी	खूप लहान (बिंदू स्वरूप)	वास्तव व उलट
2	$2F_1$ च्या पलीकडे	F_2 आणि $2F_2$ या दरम्यान	लहान	वास्तव व उलट
3	$2F_1$ येथे	$2F_2$ येथे	समान आकाराची	वास्तव व उलट
4	F_1 आणि $2F_1$ यांच्या दरम्यान	$2F_2$ च्या पलीकडे	मोठी	वास्तव व उलट
5	नाभी F_1 वर	अनंत अंतरावर	खूप मोठी(विशाल)	वास्तव व उलट
6	नाभी F_1 व प्रकाशीय मध्य O यांच्या दरम्यान	वस्तू भिंगाच्या ज्या बाजूस आहे त्याच बाजूस	खूप मोठी(विशाल)	आभासी व सुलट

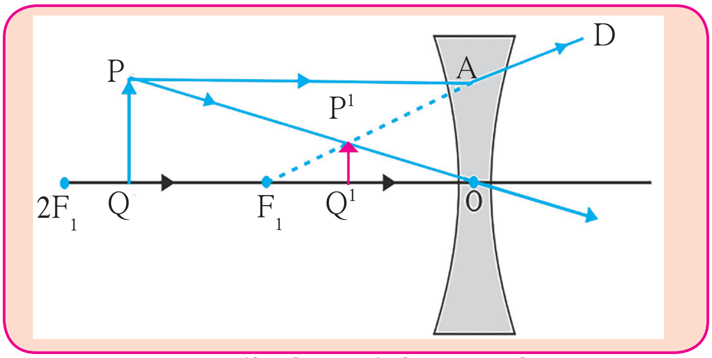
अंतर्गोल भिंगाद्‌वारे मिळणाऱ्या प्रतिमा

अंतर्गोल भिंगाद्‌वारे तयार होणारी प्रतिमा आपण किरणाकृतीद्‌वारे समजू शकतो. यासाठी नियम दिले आहेत.

1. जर आपाती किरण मुख्य अक्षाला समांतर असेल तर अपवर्तित किरण पाठीमागे वाढविल्यास नाभीतून जातो.
2. जर आपाती किरण नाभीतून जात असेल तर अपवर्तित किरण मुख्य अक्षाला समांतर जातो.

आकृती 7.9 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे PQ ही वस्तू F_1 व $2F_1$ या दरम्यान ठेवलेली आहे. P बिंदूपासून निघणारा व मुख्य अक्षाला समांतर असणारा PA आपाती किरण अपवर्तनानंतर AD या मार्गाने जातो. AD हा मार्ग मुख्य अक्षाकडे वाढविल्यास तो F_1 पासून आल्याचा आभास होतो.

P बिंदूतून निघणारा व प्रकाशीय केंद्र O मधून जाणारा किरण PO हा अपवर्तनानंतर विचलित न होता त्याच मार्गाने सरळ जातो. PO हा किरण AF_1 या पाठीमागे वाढविलेल्या किरणास P^1 बिंदूत छेदतो म्हणजे P या बिंदूची प्रतिमा P^1 येथे निर्माण होते.



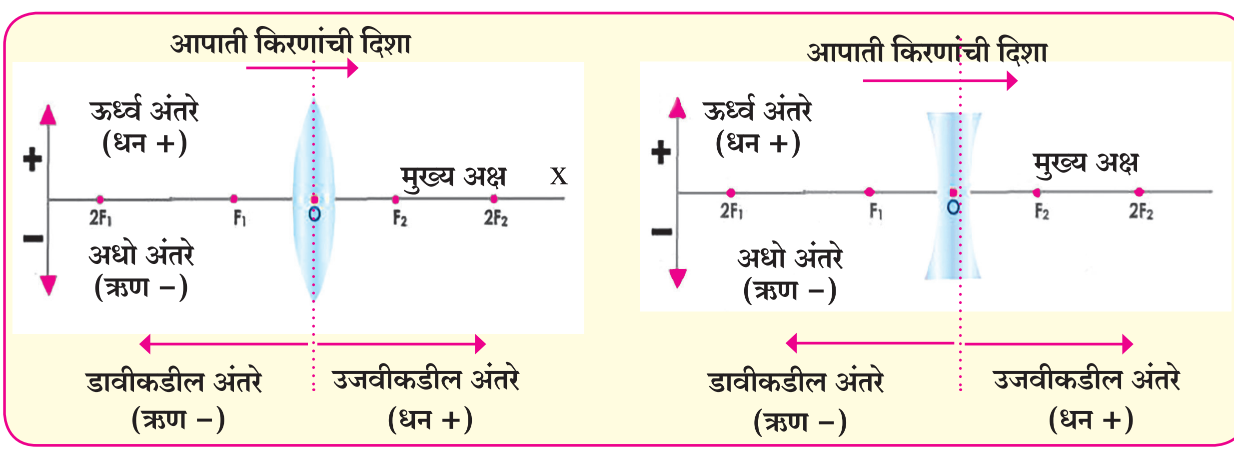
7.9 अंतर्गोल भिंगाद्वारे मिळणारी प्रतिमा

Q हा बिंदू मुख्य अक्षावर असल्याने त्याची प्रतिमा P च्या सरळ खाली मुख्य अक्षावर Q^1 येथे निर्माण होईल. म्हणजेच PQ या वस्तूची प्रतिमा P^1Q^1 निर्माण होईल. अंतर्गोल भिंगाने कोणत्याही वस्तुची तयार झालेली प्रतिमा नेहमी आभासी, सुलट आणि वस्तूपेक्षा लहान आकाराची असते.

अ.क्र	वस्तूचे स्थान	प्रतिमेचे स्थान	प्रतिमेचा आकार	प्रतिमेचे स्वरूप
1	अनंत अंतरावर	नाभी F_1 वर	खूप लहान (बिंदू स्वरूप)	आभासी व सुलट
2	प्रकाशीय केंद्र O व अनंत अंतर यामध्ये कोठेही	प्रकाशीय केंद्र O व नाभी F_1 च्या मध्ये	लहान	आभासी व सुलट

थोडे आठवा. गोलीय आरशासाठी वापरले जाणारे कार्टेशिअन चिन्ह संकेत कोणते ?

भिंगांसाठी चिन्ह संकेत



7.10 कार्टेशिअन चिन्ह संकेत

भिंगाचे सूत्र (Lens formula)

वस्तूचे अंतर (u) प्रतिमेचे अंतर (v) आणि भिंगाचे नाभीय अंतर (f) यांचा परस्परसंबंध दाखविणारे सूत्र म्हणजे भिंगाचे सूत्र होय. ते खालील प्रमाणे आहे.

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

कोणत्याही गोलीय भिंगासाठी वस्तूच्या भिंगापासूनच्या सर्व अंतरासाठी हे सूत्र सारखेच असते. मात्र सर्व अंतरासाठी चिन्ह संकेत योग्यरित्या वापरणे आवश्यक असते.

कार्टेशिअन चिन्ह संकेतानुसार, प्रकाशीय मध्य (O) हा आरंभ बिंदू मानतात. मुख्य अक्ष हा संदर्भ चौकटीचा (Frame of Referance) X अक्ष घेतात. चिन्ह संकेत पुढीलप्रमाणे आहेत.

1. वस्तू नेहमी भिंगाच्या डावीकडे ठेवतात. मुख्य अक्षाला समांतर असणारी सर्व अंतरे प्रकाशीय मध्यापासून मोजतात.
2. प्रकाशीय मध्याच्या उजवीकडे मोजलेली सर्व अंतरे धन मानतात तर डावीकडे मोजलेली अंतरे ऋण मानतात.
3. मुख्य अक्षाला लंब आणि वरच्या दिशेने मोजलेली अंतरे (ऊर्ध्व अंतरे) धन असतात.
4. मुख्य अक्षाला लंब आणि खालच्या दिशेने मोजलेली अंतरे (अधो अंतरे) ऋण असतात.
5. बहिर्गोल भिंगाचे नाभीय अंतर धन आणि अंतर्गोल भिंगाचे नाभीय अंतर ऋण असते.

विशालन (Magnification – M)

भिंगामुळे होणारे विशालन हे प्रतिमेच्या उंचीचे (h_2) वस्तूच्या उंचीशी (h_1)असणारे गुणोत्तर होय.

$$\text{विशालन} = \frac{\text{प्रतिमेची उंची}}{\text{वस्तूची उंची}} \qquad \text{म्हणजेच} \qquad M = \frac{h_2}{h_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

भिंगामुळे होणारे विशालन हे वस्तूचे अंतर(u) आणि प्रतिमेचे अंतर (v) यांच्याशी देखील संबंधित आहे.

$$\text{विशालन} = \frac{\text{प्रतिमेचे अंतर}}{\text{वस्तूचे अंतर}} \qquad \text{म्हणजेच} \qquad M = \frac{v}{u} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

जरा डोके चालवा. 1 व 2 वरून h_1, h_2, v व u यांचा संबंध कसा स्पष्ट करता येईल?

दोन वेगवेगळ्या आकाराची बहिर्गोल भिंगे घ्या. बहिर्गोल भिंगाच्या साहाय्याने कागदावर सूर्यप्रकाश केंद्रित करा व प्रकाश केंद्रीत केल्यापासून कागद जळण्यास सुरूवात होईपर्यंतचा कालावधी नोंदवा. हीच कृती दुसऱ्या भिंगाच्या साहायाने करा.दोन्ही वेळेस कागद जळण्यास लागणारा कालावधी सारखाच आहे का? यावरून काय सांगता येईल?

भिंगाची शक्ती (Power of a lens)

आपाती प्रकाश किरणाचे अभिसरण किंवा अपसरण करण्याच्या भिंगाच्या क्षमतेस भिंगाची शक्ती (P) असे म्हणतात. भिंगाची शक्ती ही भिंगाच्या नाभीय अंतरावर असलंबून असते. भिंगाची शक्ती म्हणजे त्याच्या मीटर या एककात व्यक्त केलेल्या नाभीय अंतराचा व्यस्तांक होय. भिंगाच्या शक्तीचे एकक डायॉप्टर (D) आहे.

$$P = \frac{1}{f\,(m)} \qquad\qquad 1 \text{ डायॉप्टर} = \frac{1}{1\,m}$$

भिंगांचा संयोग (Combination of lenses)

नाभीय अंतरे f_1 आणि f_2 असलेली दोन भिंगे परस्परांना स्पर्श करून ठेवल्यास संयोगामुळे त्यांचे परिणामी नाभीय अंतर f होते ते पुढील सूत्राने दाखवितात.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

P_1 आणि P_2 ही दोन भिंगाची शक्ती असल्यास त्या भिंगांची परिणामी शक्ती (P) म्हणजे दोन भिंगे परस्परांना स्पर्श करून ठेवल्यास त्यांच्या संयोगी भिंगाची शक्ती ही दोन्ही भिंगाच्या शक्तीच्या बेरजेइतकी असते.

$$P = P_1 + P_2$$

सोडवलेली उदाहरणे

उदाहरण 1. एक वस्तू बहिर्गोल भिंगापासून 20 cm अंतरावर मुख्य अक्षावर लंब ठेवली आहे. जर वस्तूची उंची 5 cm व भिंगाचे नाभीय अंतर 10 cm असल्यास प्रतिमेचे स्वरूप, स्थान व आकार सांगा तसेच वस्तूची प्रतिमा वस्तूपेक्षा किती मोठी असेल?

दिलेली माहिती : वस्तूची उंची (h_1)= 5 cm , नाभीय अंतर (f) = 10 cm, वस्तूचे अंतर (u)= −20 cm
प्रतिमेचे अंतर (v)= ? , प्रतिमेची उंची (h_2) = ?, विशालन M = ?

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{-20} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-1+2}{20} \qquad \frac{1}{v} = \frac{1}{20} \quad , \quad v = 20 \text{ cm}$$

प्रतिमेच्या अंतराचे धन चिन्ह असे दर्शविते की, प्रतिमा 20 cm अंतरावर भिंगाच्या दुसऱ्या बाजूस तयार झाली आहे.

$$\text{विशालन } M = \frac{h_2}{h_1} = \frac{v}{u}$$

$$h_2 = \frac{v}{u} \times h_1$$

$$h_2 = \frac{20}{-20} \times 5$$

$$h_2 = (-1) \times 5$$

$$h_2 = -5 \text{ cm}$$

$$M = \frac{v}{u} = \frac{20}{-20} = -1$$

प्रतिमेची उंची आणि विशालन यांचे ऋण चिन्ह असे दर्शवते की, प्रतिमा उलट आणि वास्तव आहे. ती मुख्य अक्षाच्या खाली तयार झाली असून तिची उंची वस्तू एवढीच आहे.

उदाहरण 2. एका बहिर्गोल भिंगाचे नाभीय अंतर 20 cm आहे.तर त्या भिंगाची शक्ती किती असेल?

दिलेली माहिती : नाभीय अंतर =f= 20 cm = 0.2 m, भिंगाची शक्ती = P = ?

$$P = \frac{1}{f\,(m)} = \frac{1}{0.2} = 5\text{ D}$$

भिंगाची शक्ती 5 D आहे.

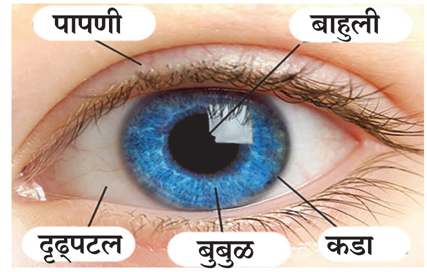
निरीक्षण करा मानवी डोळ्याची रचना दर्शविणारी प्रतिकृती शिक्षकांच्या मदतीने अभ्यासा.

मानवी डोळा व त्यातील भिंगाचे कार्य (Human eye and working of its lens)

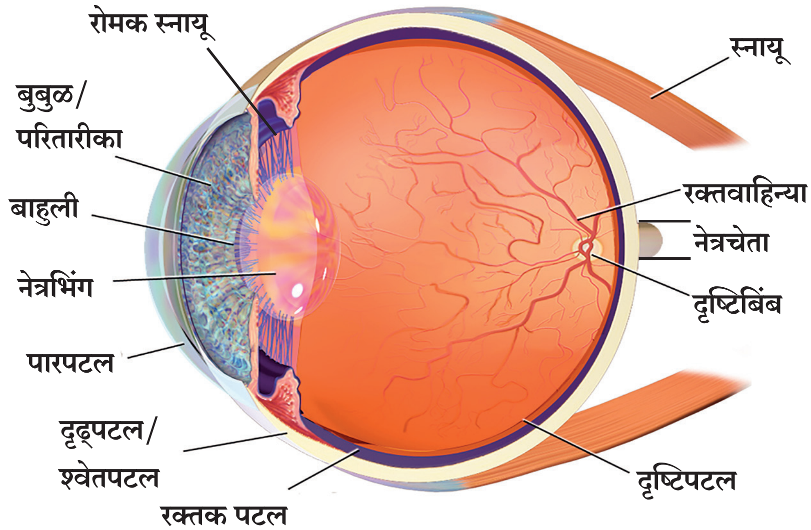
मानवी डोळ्यावर अत्यंत पातळ पारदर्शक पटल असते. त्याला पारपटल म्हणतात (आकृती 7.11 पहा). या पटलातूनच प्रकाश डोळ्यात प्रवेश करतो. डोळ्यात प्रवेश करणाऱ्या प्रकाशाचे जास्तीत जास्त अपवर्तन पारदर्शक पटलाद्वारे होते. या पटलाच्या मागे गडद मांसल पडदा असतो. त्यालाच बुबुळ म्हणतात. वेगवेगळ्या लोकांच्या बुबुळाचे रंग वेगवेगळे असतात. बुबुळाच्या मध्यभागी बदलत्या व्यासाचे एक छोटेसे छिद्र असते त्यालाच डोळ्याची बाहुली म्हणतात. डोळ्यात प्रवेश करणाऱ्या प्रकाशाचे प्रमाण नियंत्रित ठेवण्यासाठी 'डोळ्याची बाहुली' उपयुक्त असते.जर प्रकाश जास्त असेल तर बाहुलीचे आकुंचन होते तसेच कमी प्रकाशात बाहुली रूंदावते.बुबुळाच्या पृष्ठभागावर पारदर्शक पटलांचा फुगवटा असतो. डोळ्याच्या बाहुलीच्या लगतच मागे पारदर्शक द्विबहिर्गोल स्फटिकमय भाग असतो. ते भिंग होय. स्फटिकमय भिंग त्याच्या नाभीय अंतराची सूक्ष्म अदलाबदल करते. या भिंगामुळे डोळ्याच्या आतील पडदयावर वास्तव आणि उलट प्रतिमा तयार होते.

डोळ्याचा पडदा (दृष्टीपटल) हे एक संवेदनशील पटल असते. यामध्ये प्रकाश संवेदनशील पेशी असतात या पेशी प्रकाशित झाल्यावर उत्तेजित होऊन विद्युत संकेत निर्माण करतात. हे विद्युत संकेत डोळ्यासंबंधीच्या मज्जातंतूंद्वारे मेंदूकडे पाठविले जातात. नंतर मेंदू या संकेतांचा अर्थ व्यक्त करतो आणि माहितीवर अशा प्रकारे प्रक्रिया करतो की, वस्तू जशा आहेत तसे आपणास आकलन होते.

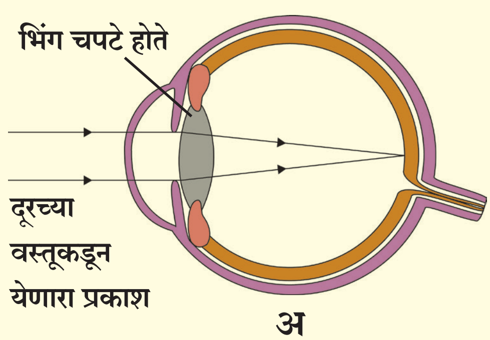
दूरवरच्या (अनंत अंतरावरच्या) वस्तू बघताना डोळ्याचे भिंग चपटे होते आणि भिंगाचे नाभीय अंतर वाढते. (आकृती 7.12 अ पहा) तर जवळच्या वस्तू बघताना डोळ्याचे भिंग फुगीर होते आणि भिंगाचे नाभीय अंतर कमी होते. (आकृती 7.12 ब पहा) त्यामुळेच दोन्ही वेळेस डोळ्याच्या आतील पटलावर वस्तूची सुस्पष्ट प्रतिमा मिळते.

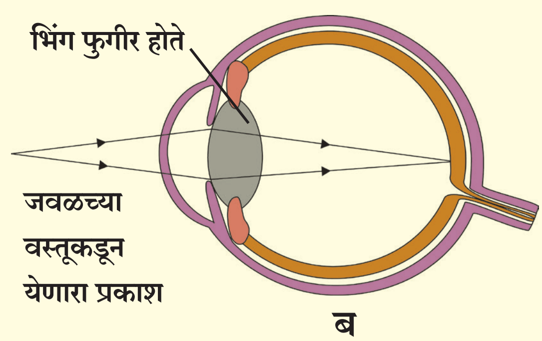


नाभीय अंतरात आवश्यकतेनुसार बदल करण्याच्या भिंगाच्या क्षमतेला समायोजन शक्ती म्हणतात. लवचिक भिंग कमी अधिक फुगीर करून त्याची वक्रता बदलून समायोजन साधता येत असले तरी डोळ्यातील भिंगाचे नाभीय अंतर विशिष्ट अंतरापेक्षा कमी करता येत नाही.



7.11 मानवी डोळा व मानवी डोळ्याची रचना





7.12 दूरवरच्या व जवळच्या वस्तू पाहताना भिंगाचा बदलणारा आकार

निरोगी डोळ्यापासून ज्या कमीत कमी अंतरावर वस्तू असताना ती सुस्पष्टपणे व डोळ्यावर ताण न येता दिसू शकते त्या अंतराला सुस्पष्ट दृष्टिचे लघुत्तम अंतर म्हणतात व वस्तूच्या त्या स्थानाला डोळ्याचा निकटबिंदू म्हणतात. निरोगी मानवी डोळ्यासाठी निकटबिंदू डोळ्यापासून 25 cm अंतरावर असतो. डोळ्यापासून ज्या जास्तीत जास्त अंतरावर वस्तू असताना ती सुस्पष्टपणे दिसू शकते त्या अंतराला सुस्पष्ट दृष्टीचे अधिकतम अंतर म्हणतात व वस्तूच्या त्या स्थानाला डोळ्याचा दूरबिंदू म्हणतात. निरोगी मानवी डोळ्यासाठी दूरबिंदू अनंत अंतरावर असतो.

माहीत आहे का तुम्हांला?

नेत्रगोलाचा व्यास सुमारे 2.4 cm असतो. मानवी डोळ्यामध्ये भिंगाचे कार्य अत्यंत महत्त्वाचे असते. भिंगाचे नाभीय अंतर बदलून वेगवेगळ्या अंतरावरील वस्तूंशी डोळा समायोजन करतो. निरोगी डोळ्याकरिता डोळ्यातील स्नायू शिथिल असताना डोळ्याच्या भिंगाचे नाभीय अंतर 2 cm असते. डोळ्याच्या भिंगाचा दुसरा नाभीय बिंदू डोळ्याच्या आतील पडद्यावर असतो.

1. पुस्तक डोळ्यांपासून खूप दूर ठेवून वाचण्याचा प्रयत्न करा.
2. पुस्तक डोळ्यांच्या अगदी जवळ ठेवून वाचण्याचा प्रयत्न करा.
3. पुस्तक डोळ्यांपासून सुमारे 25 cm अंतरावर धरून वाचण्याचा प्रयत्न करा. कोणत्या वेळी पुस्तकातील अक्षरे सुस्पष्ट दिसतील? का?

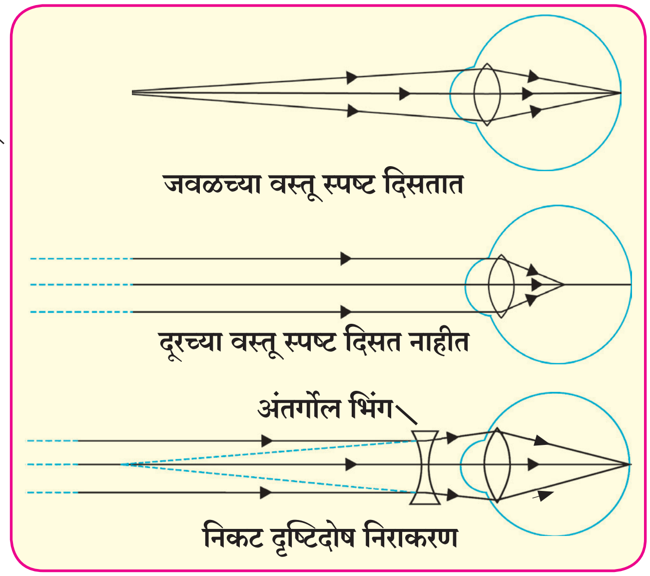
दृष्टिदोष व त्यावरील उपाय (Defects of vision and their corrections)

काही लोकांना डोळ्यातील समायोजन शक्ती कमी झाल्याने वस्तू सुस्पष्ट दिसत नाहीत. डोळ्यातील अपवर्तन दोषामुळे दृष्टी अंधूक व अस्पष्ट होते. सामान्यत: दृष्टीचे तीन अपवर्तन दोष आहेत.

1. लघुदृष्टी किंवा निकट दृष्टिता (Nearsightedness/ Myopia)

या दोषामध्ये मानवी डोळा जवळपासच्या वस्तू व्यवस्थित पाहू शकतो पण दूरच्या वस्तू स्पष्टपणे दिसत नाहीत, म्हणजे डोळ्याचा दूरबिंदू अनंत अंतरावर नसून तो जवळ असतो. निकट दृष्टिता दोषात, दूरच्या वस्तूची प्रतिमा डोळ्यातील दृष्टिपटलाच्या अलिकडेच तयार होते(आकृती 7.13 पहा). निकट दृष्टिता दोषाची दोन संभाव्य कारणे आहेत.

1. डोळ्यातील पारपटल व नेत्रभिंग यांची वक्रता वाढल्यामुळे भिंगाची अभिसारी शक्ती जास्त असते.
2. नेत्रगोल लांबट झाल्याने डोळ्याचे भिंग व डोळ्यातील दृष्टिपटल यांच्यामधील अंतर वाढते.



7.13 निकट दृष्टिता

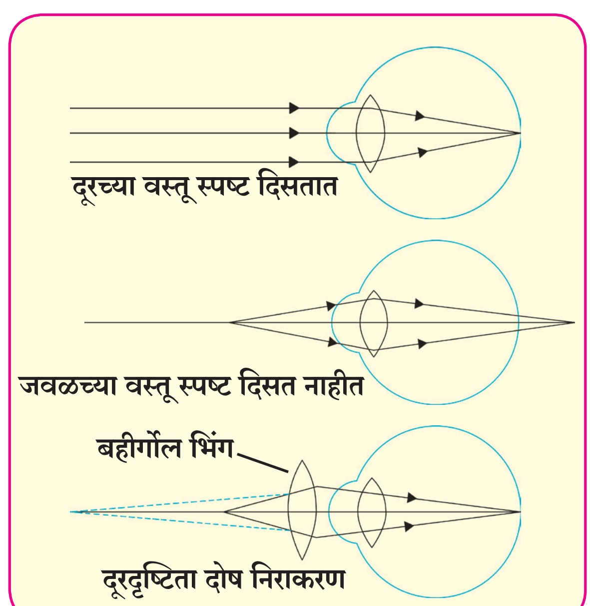
योग्य नाभीय अंतर असलेल्या अंतर्गोल भिंगाचा चष्मा वापरून या दोषाचे निराकरण करता येते. या भिंगामुळे प्रकाश किरणांचे अपसरण होऊन मग ते डोळ्यातील भिंगापर्यंत पोहचतात. नंतर डोळ्यांच्या भिंगामुळे अभिसरण होऊन प्रतिमा डोळ्यातील पडद्यावर तयार होते. अंतर्गोल भिंगाचे नाभीय अंतर ऋण असते. त्यामुळे निकटदृष्टि दोषाच्या डोळ्यासाठी ऋण शक्तीचा चष्मा असतो. दोषाच्या प्रमाणानुसार वेगवेगळ्या डोळ्यांसाठी अंतर्गोल भिंगाची शक्ती वेगवेगळी असते.

2. दूरदृष्टिता (Farsightedness/Hypermetropia)

या दोषामध्ये मानवी डोळा दूरच्या वस्तू व्यवस्थित पाहू शकतो पण जवळच्या वस्तू स्पष्टपणे पाहू शकत नाही, म्हणजे डोळ्याचा निकटबिंदू 25cm अंतरावर न राहता दूर असतो. जवळच्या वस्तूची प्रतिमा डोळ्यातील दृष्टीपटलाच्या पाठीमागे तयार होते. (आकृती 7.14 पहा) दूरदृष्टिता दोषाची दोन संभाव्य कारणे आहेत.

1. डोळ्यातील पारपटल व नेत्रभिंग यांची वक्रता कमी झाल्यामुळे भिंगाची अभिसारी शक्ती कमी असते.

2. नेत्रगोल उभट झाल्याने डोळ्याचे भिंग व डोळ्यातील दृष्टिपटल यांच्यामधील अंतर कमी होते.



7.14 दूरदृष्टिता

योग्य नाभीय अंतर असलेला बहिर्गोल भिंगाचा चष्मा वापरून हा दोष घालवता येतो. या भिंगामुळे प्रकाश किरणांचे अभिसरण होऊन मग ते डोळ्यातील भिंगापर्यंत पोहोचतात नंतर डोळ्याच्या भिंगामुळे अभिसरण होऊन प्रतिमा डोळ्यातील पडदयावर तयार होते.

बहिर्गोल भिंगाचे नाभीय अंतर धन असते, त्यामुळे दूर दृष्टिता दोषाच्या डोळ्यासाठी धन शक्तीचा चष्मा असतो. दोषाच्या प्रमाणानुसार वेगवेगळ्या डोळ्यासाठी बहिर्गोल भिंगाची शक्ती वेगवेगळी असते.

3. वृद्‌ध दृष्टिता (Presbyopia)

वाढत्या वयानुसार डोळ्याची समायोजन शक्ती सामान्यत: कमी होते. म्हणजेच डोळ्याजवळील भिंगाचे स्नायू भिंगाचे नाभीय अंतर बदलण्याची क्षमता गमावतात. वयस्कर माणसांचा निकटबिंदू डोळ्यापासून मागे सरतो त्यामुळे त्यांना चष्म्याशिवाय जवळपासच्या वस्तू सहजपणे व सुस्पष्ट दिसणे कठीण होते.

काही वेळा लोकांना दूरदृष्टिता व निकटदृष्टिता असे दोन्ही दोष जाणवतात. हा दोष दूर करण्यासाठी त्यांना द्वि-नाभीय भिंगाची आवश्यकता असते द्‌वि-नाभीय भिंगामध्ये वरचा भाग अंतर्गोल भिंगाचा असून निकट दृष्टिता दोष दूर करतो आणि खालचा भाग बहिर्गोल भिंग असून दूर दृष्टिता दोष दूर करतो.

करून पहा.

1. तुमच्या वर्गातील चष्मा वापरणाऱ्या विद्यार्थ्यांची यादी करा.
2. त्यांच्या चष्म्याचे नंबर (शक्ती) नोंदवा.

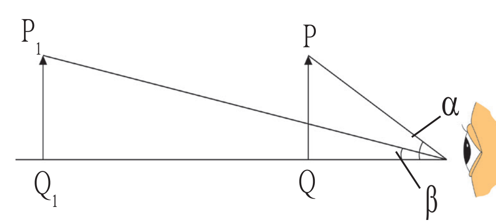
यावरून त्यांच्या डोळ्यातील दोष कोणता हे ओळखा व नोंदवा. बऱ्याचशा विद्यार्थ्यांमध्ये कोणत्या प्रकारचा दोष आढळतो?

इंटरनेट माझा मित्र

खालील संकेतस्थळांवरून अधिक माहिती घ्या.
www.physics.org
www.britannica.com

वस्तूचा आभासी आकार (Apparant size of object)

आकृतीमध्ये दाखविल्याप्रमाणे डोळ्यापासून भिन्न अंतरावर असलेल्या समान आकाराच्या दोन वस्तू PQ व P_1Q_1 विचारात घ्या. PQ या वस्तूने डोळ्याशी धारण केलेला कोन (α) हा $P_1 Q_1$ या वस्तूने डोळ्याशी धारण केलेल्या (β) कोनापेक्षा मोठा असल्याने डोळ्याजवळ असलेली वस्तू PQ ही $P_1 Q_1$ पेक्षा मोठी दिसते. म्हणजेच डोळ्याला दिसलेला वस्तूचा आभासी आकार हा वस्तूने डोळ्याशी धारण केलेल्या कोनावर अवलंबून असतो.



7.15 वस्तूचा आभासी आकार

जरा डोके चालवा.

1. छोटी वस्तू स्पष्टपणे दिसण्यासाठी आपण ती डोळ्याजवळ का आणतो. ?
2. एखादी वस्तू डोळ्याजवळ 25 cm अंतरा पेक्षा कमी अंतरावर आणल्यास वस्तूने डोळ्याशी केलेला कोन वाढूनसुद्‌धा वस्तू आपणास अस्पष्ट का दिसतात?

अंतर्गोल भिंगांचे उपयोग (Use of concave lenses)

अ. वैद्यकिय उपकरणे, स्कॅनर व सी.डी. प्लेअर : या उपकरणांमध्ये लेझर किरणांचा वापर केला जातो. या उपकरणांचे कार्य योग्य रीतीने चालण्यासाठी त्यांमध्ये अंतर्गोल भिंगाचा वापर केला जातो.

ब. दरवाजावरील नेत्रदर्शिका हे छोटे संरक्षक उपकरण आहे, ज्याच्या साहाय्याने दरवाज्याच्या बाहेरील परिसराचे अधिकाधिक विस्तीर्ण दृश्य पहाणे शक्य होते. या उपकरणामध्ये एक किंवा अधिक अंतर्गोल भिंगाचा वापर करतात.

क. चष्मे : निकटदृष्टिता दोषाचे निराकरण करण्यासाठी चष्म्यामध्ये अंतर्गोल भिंगाचा उपयोग केला जातो

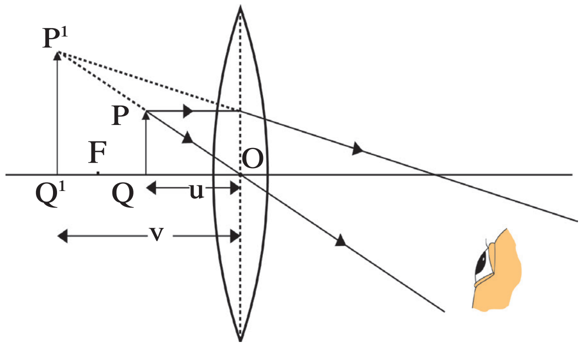
ड. विजेरी : बल्बद्‌वारा निर्माण झालेल्या प्रकाशाला विस्तृतपणे विखुरण्यासाठी अंतर्गोल भिंगाचा उपयोग केला जातो.

इ. कॅमेरा, दुर्बीण व दुरदर्शी : या उपकरणांमध्ये प्रामुख्याने बहिर्गोल भिंगाचा वापर केला जातो. मिळणाऱ्या प्रतिमांचा दर्जा उत्तम मिळण्यासाठी या उपकरणात नेत्रभिंगाच्या पुढे किंवा नेत्रभिंगामध्ये अंतर्गोल भिंगाचाही उपयोग करतात.

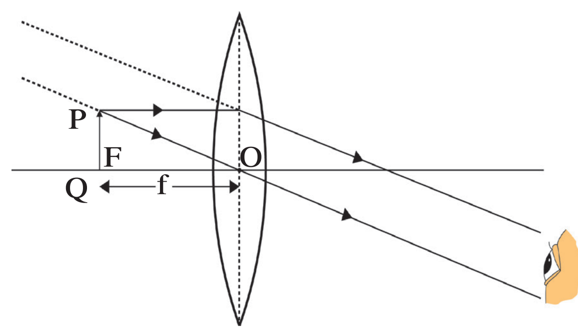
बहिर्गोल भिंगांचे उपयोग (Use of convex lenses)

अ. साधा सूक्ष्मदर्शक (Simple Microscope)

कमी नाभीय अंतराच्या बहिर्गोल भिंगाने एखाद्या सूक्ष्म वस्तूची तिच्यापेक्षा मोठी, आभासी आणि सुलट प्रतिमा तयार होते. त्याला साधा सूक्ष्मदर्शक म्हणतात. साध्या सूक्ष्मदर्शकाला विशालक (magnifying glass) असेही म्हणतात. साध्या सूक्ष्मदर्शकाच्या साहाय्याने वस्तूची 20 पट मोठी प्रतिमा मिळवता येते. घड्याळ दुरूस्त करण्यासाठी, रत्नांची पारख करण्यासाठी व त्यातील दोष शोधण्यासाठी यांचा उपयोग करतात.



अ. वस्तू भिंगाजवळ असताना

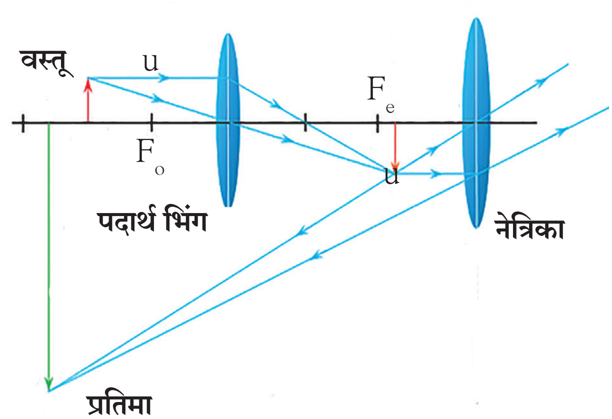


ब. वस्तू भिंगाच्या नाभीवर असताना

7.16 साधा सूक्ष्मदर्शक

ब. संयुक्त सूक्ष्मदर्शक (Compound Microscope)

लहान आकाराच्या वस्तू पाहण्यासाठी साधा सूक्ष्मदर्शक वापरतात. परंतू रक्तकणिका, प्राणी व वनस्पतींच्या पेशी, बॅक्टेरियासारखे सूक्ष्मजीव यांसारख्या अतिसूक्ष्म वस्तू साध्या सूक्ष्मदर्शकाने पुरेशा विशालीत होत नाहीत. अशा वस्तू पाहण्यासाठी संयुक्त सूक्ष्मदर्शीचा वापर करतात. संयुक्त सुक्ष्मदर्शक हा नेत्रिका व पदार्थ भिंग अशा दोन बहिर्गोल भिंगाचा बनलेला असतो. पदार्थ भिंगाचा छेद लहान असतो व त्याचे नाभीय अंतरही कमी असते. नेत्रिकेचा आकार मोठा असून तिचे नाभीय अंतरही पदार्थ भिंगाशी तुलना करता जास्त असते. दोन भिंगाच्या एकत्रित परिणामाने अधिक विशालन मिळवता येते.



7.17 संयुक्त सूक्ष्मदर्शक

आकृती 7.17 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे वस्तूच्या प्रतिमेचे विशालन दोन टप्प्यात होते. एका भिंगाने तयार झालेली प्रतिमा दुसऱ्या भिंगासाठी वस्तू असते. दोन्ही भिंगाचे अक्ष एकाच सरळ रेषेत असतात. ही भिंगे एका धातूच्या नलिकेमध्ये अशा रीतीने बसविलेली असतात की त्यांच्यामधील अंतर बदलता येईल.

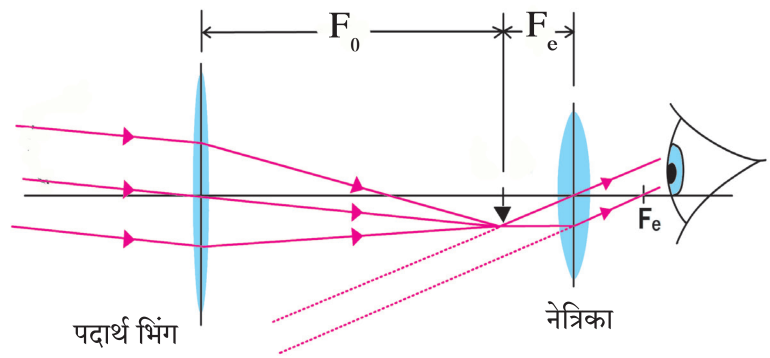
क. दूरदर्शी किंवा दुर्बीण (Telescope)

अतिदूरची वस्तू स्पष्टपणे व विशालित स्वरूपात त्याच्या बारकाव्यासह पाहण्यासाठी दूरदर्शी या प्रकाशीय उपकरणाचा उपयोग करतात. तारे, ग्रह यांसारख्या खगोलीय वस्तू पाहण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या दूरदर्शकास खगोलीय दूरदर्शक म्हणतात. दूरदर्शकाचे दोन प्रकार असतात.

1. अपवर्तनी दूरदर्शक – भिंगांचा वापर केला जातो.
2. परावर्ती दूरदर्शक – आरसे व भिंग या दोन्हींचा वापर केला जातो.

दोन्ही उपकरणांमध्ये पदार्थ भिंगाने तयार केलेली प्रतिमा नेत्रिकेसाठी वस्तूचे कार्य करते आणि अंतिम प्रतिमा तयार होते. पदार्थ भिंग हे मोठ्या आकाराचे व जास्त नाभीय अंतर असणारे असते, जेणेकरून दूरच्या वस्तूकडून येणारा जास्तीत जास्त प्रकाश एकवटला जाईल.

याउलट नेत्रिका भिंगाचा आकार लहान असतो व नाभीय अंतरही कमी असते. ही दोन्ही भिंगे धातूच्या नलिकेमध्ये अशा रीतीने बसवलेली असतात, की त्यांच्यामधील अंतर बदलता येते. दोन्ही भिंगांचे अक्ष एका सरळ रेषेत असतात. सामान्यपणे समान पदार्थ भिंग परंतु वेगवेगळ्या नाभीय अंतराच्या नेत्रिका वापरून दूरदर्शकाच्या साहाय्याने विभिन्न विशालन मिळवता येते.



7.18 अपवर्तनी दूरदर्शक

ड. प्रकाशीय उपकरणे

बहिर्गोल भिंगाचा उपयोग कॅमेरा, प्रोजेक्टर, वर्णपटदर्शक वगैरे विविध प्रकाशीय उपकरणामध्ये होतो.

इ. चष्मे

बहिर्गोल भिंगाचा उपयोग दूरदृष्टिता दोष निराकरणासाठी वापरण्यात येणाऱ्या चष्म्यामध्ये होतो.

करून पहा.

1. जळती उदबत्ती हातात धरून ती वेगाने वर्तुळकार फिरवा.

2. एका पुठ्ठ्यावर एका बाजूस रिकामा पिंजरा व दुसऱ्या बाजूस कोणत्याही पक्ष्याचे चित्र काढून पुठ्ठा दोऱ्याच्या साहाय्याने अडकवा. दोऱ्याला पिळ देऊन सोडून द्या.काय आढळून आले? कशामुळे?

दृष्टिसातत्य (Persistance of vision)

वस्तूची प्रतिमा नेत्रभिंगाद्वारे दृष्टिपटलावर तयार केली जाते म्हणून वस्तू आपणास दिसते. वस्तू जोपर्यंत डोळ्यासमोर असते तोपर्यंत तिची प्रतिमा दृष्टिपटलावर असते. वस्तू दूर केल्याबरोबर प्रतिमासुद्‌धा नाहीशी होते. आपल्या डोळ्याच्या बाबतीत, वस्तू दूर केल्यानंतरही $\frac{1}{16}$ सेकंदापर्यंत प्रतिमेचा दृष्टिपटलावर परिणाम तसाच राहतो. काही काळ दृष्टिपटलावरील संवेदना टिकते, या परिणामाला दृष्टिसातत्य म्हणतात. असे अनुभव देणारी दैनंदिन जीवनातील विविध उदाहरणे कोणती आहेत?

सांगा पाहू ! रंगांची जाण आपल्याला कशी होते?

मानवी डोळ्यातील दृष्टिपटल अनेक प्रकाशसंवेदी पेशींचे बनलेले असते. या पेशी दंडाकार आणि शंक्वाकार असतात. दंडाकार पेशी प्रकाशाच्या तीव्रतेस प्रतिसाद देतात आणि मेंदूस प्रकाशाच्या तेजस्वितेची किंवा अंधुकतेची माहिती पुरवतात, तर शंक्वाकार पेशी प्रकाशाच्या रंगाला प्रतिसाद देतात आणि दृष्टिपटलावरील प्रतिमेच्या रंगाची माहिती मेंदूस पुरवितात. प्राप्त माहितीचे मेंदूद्वारे विश्लेषण केले जाते आणि आपणास वस्तूचे वास्तव चित्र दिसते. दंडाकार पेशी अंधूक प्रकाशासुद्‌धा प्रतिसाद देतात, परंतु शंक्वाकार पेशींना अंधूक प्रकाशात संवेदना नसतात. या पेशी फक्त तेजस्वी प्रकाशातच प्रतिसाद देतात. यामुळे रंगाची संवेदना किंवा जाण फक्त तेजस्वी प्रकाशातच होते. शंक्वाकार पेशींना तांबड्या, हिरव्या व निळ्या रंगाच्या वेगवेगळ्या संवेदना असतात. जेव्हा तांबडा रंग डोळ्यावर पडतो तेव्हा तांबड्या रंगाला प्रतिसाद देणाऱ्या पेशींना इतर पेशींच्या मानाने जास्त उद्‌दीपित करतो. त्यामुळे तांबड्या रंगाची जाण होते. काही व्यक्तींमध्ये विशिष्ट रंगांना प्रतिसाद देणाऱ्या शंक्वाकार पेशींचा अभाव असतो. अशा व्यक्ती ते रंग ओळखू शकत नाहीत किंवा निरनिराळ्या रंगात भेद करू शकत नाहीत. या व्यक्तींना रंगांध (Colour blind) म्हणतात. रंगभेद न जाणण्याचा अपवाद वगळता त्यांची दृष्टी सामान्य असते.

स्वाध्याय

1. **खालील तक्त्यातील स्तंभ एकमेकांशी जुळवा व त्याविषयी थोडक्यात स्पष्टीकरण लिहा.**

स्तंभ 1	स्तंभ 2	स्तंभ 3
दूरदृष्टिता	जवळच्या वस्तू स्पष्ट दिसतात.	द्विनाभीय भिंग
वृद्धदृष्टिता	दूरच्या वस्तू स्पष्ट दिसतत	अंतर्वक्र भिंग
निकटदृष्टिता	वृद्धावस्थेतील समस्या	बहिर्वक्र भिंग

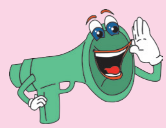
2. **भिंगाविषयीच्या संज्ञा स्पष्ट करणारी आकृती काढा.**
3. **एका बहिर्गोल भिंगाच्या समोर कोणत्या स्थानावर वस्तू ठेवल्यास आपल्याला वास्तव आणि वस्तूच्या आकाराचीच प्रतिमा मिळेल? आकृती काढा.**
4. **शास्त्रीय कारणे लिहा.**
   अ. घड्याळ दुरुस्तीमध्ये साधी सूक्ष्मदर्शी वापरतात.
   आ. रंगांची संवेदना व जाण फक्त प्रकाशातच होते.
   इ. डोळ्यापासून 25cm पेक्षा कमी अंतरावर ठेवलेली वस्तू निरोगी डोळा सुस्पष्टपणे पाहू शकत नाही.
5. **खगोलीय दूरदर्शकाचे कार्य प्रकाशाच्या अपवर्तनावरून कसे स्पष्ट कराल?**
6. **फरक स्पष्ट करा.**
   अ. दूरदृष्टिता आणि निकटदृष्टिता
   आ. अंतर्गोल भिंग आणि बहिर्गोल भिंग
7. **मानवी डोळ्यातील बुबुळाचे आणि भिंगाला जोडलेल्या स्नायूचे कार्य काय आहे?**
8. **उदाहरणे सोडवा.**
   अ. डॉक्टरांनी दृष्टिदोषाच्या निराकरणासाठी +1.5 D शक्तीचे भिंग वापरण्याचा सल्ला दिला. त्या भिंगाचे नाभीय अंतर किती असेल? भिंगाचा प्रकार ओळखून नेत्रदोष कोणता असेल?
   उत्तर : + 0.67 m, दूरदृष्टिता
   आ. 5cm उंचीची वस्तू 10 cm नाभीय अंतर असलेल्या अभिसारी भिंगासमोर 25 cm अंतरावर ठेवली आहे. तर प्रतिमेचे स्थान, आकार आणि स्वरूप शोधा.
   उत्तर : 16.7 cm, 3.3 cm, वास्तव
   इ. 2, 2.5 व 1.7 D शक्ती असलेली भिंगे जवळ जवळ ठेवली तर त्यांची एकूण शक्ती किती होईल? **उत्तर : 6.2 D**
   ई. एक वस्तू भिंगापासून 60 cm अंतरावर ठेवली असता तिची प्रतिमा भिंगाच्या समोरच 20 cm अंतरावर मिळते. भिंगाचे नाभिय अंतर किती असेल? भिंग अपसारी आहे की अभिसारी आहे?
   उत्तर : −30 cm, भिंग अपसारी आहे.

उपक्रम :

द्विनेत्रीची रचना व कार्य याबद्दल संगणकीय सादरीकरण तयार करा.

H81Z8W

8. धातुविज्ञान



- धातूंचे भौतिक गुणधर्म
- धातूंचे रासायनिक गुणधर्म
- अधातूंचे रासायनिक गुणधर्म
- धातुविज्ञान : विविध संकल्पना
- अधातूंचे भौतिक गुणधर्म
- धातूंची अभिक्रियाशीलता श्रेणी
- आयनिक संयुगे

आपली पृथ्वी अंदाजे 4.5 अब्ज वर्षांपूर्वी निर्माण झाली. निर्मितीपासून आजपर्यंत सतत विविध जडणघडण प्रक्रिया पृथ्वीच्या गर्भात आणि सभोवती होतच आहेत. त्यांचाच परिणाम म्हणजे विविध खनिजांची, द्रवांची आणि वायूंची उत्पत्ती!

विचार करा.

जेव्हा आपणास अनेक गोष्टींचा अभ्यास एकत्रितपणे अथवा एकाच वेळी करावयाचा असतो तेव्हा आपण कोणत्या पद्धतीचा वापर करतो?

आपल्या सभोवताली असणारे अनेक पदार्थ हे कोणत्या ना कोणत्या मूलद्रव्याच्या रूपात असतात किंवा त्यांच्या संयोगांनी तयार झालेले असतात. मूलद्रव्यांचे वर्गीकरण प्रारंभीच्या काळात त्यांच्या रासायनिक आणि भौतिक गुणधर्मांनुसार धातू, अधातू आणि धातुसदृश ह्या प्रकारांमध्ये करण्यात आले होते आणि आजही ते उपयोगात आहे. मागील इयत्तेत तुम्ही त्यांच्या वैशिष्ट्यांचा अभ्यास केलेला आहे. ह्या पाठामध्ये त्यांच्याबद्दल आपण अधिक माहिती मिळविणार आहोत.

सांगा पाहू !

धातू व अधातूंचे भौतिक गुणधर्म कोणकोणते आहेत?

धातूंचे भौतिक गुणधर्म (Physical Properties of metals)

धातू हे मुख्यत्वे स्थायू अवस्थेत असतात. केवळ पारा आणि गॅलिअम हे धातू कक्ष तापमानाला द्रव अवस्थेत असतात. धातूंना चकाकी असते. वातावरणातील ऑक्सिजन आणि आर्द्रता तसेच काही क्रियाशील वायूंच्या सोबत धातूंच्या पृष्ठभागाची अभिक्रिया होऊन त्यांची चकाकी कमी होत जाते.

आपल्याला माहीत आहेच कि धातूंमध्ये तन्यता आणि वर्धनीयता हे गुणधर्म आहेत. तसेच सर्व धातू हे उष्णतेचे आणि विद्युतचे सुवाहक असतात. सर्वच धातू साधारणपणे कठीण असतात. परंतु, गण 1 मधील अल्क धातू उदाहरणार्थ; लिथिअम, सोडिअम तसेच पोटॅशिअम हे मात्र यास अपवाद आहेत. हे धातू खूप मऊ असल्याने ते सुरीने सहज कापता येतात. धातूंचा द्रवणांक आणि उत्कलनांक उच्च असतो. उदाहरणार्थ, टंगस्टन धातूचा द्रवणांक सर्वात उच्च ($3422\ ^0C$) आहे तर त्या उलट सोडिअम, पोटॅशिअम, पारा, गॅलिअम या धातूंचे द्रवणांक आणि उत्कलनांक हे खूपच कमी आहेत. काही धातूंवर आघात केला की त्यांच्यापासून ध्वनी निर्माण होतो. याला आपण नादमयता असे म्हणतो. असे धातू नादमय धातू म्हणून ओळखले जातात.

अधातूंचे भौतिक गुणधर्म (Physical properties of non-metals)

अधातूंच्या गुणधर्मांचा विचार करता, काही अधातू हे स्थायू तर काही अधातू हे वायू अवस्थेत असतात. यास अपवाद हा ब्रोमीन या अधातूचा आहे कारण तो द्रव अवस्थेत आढळतो. अधातूंना चकाकी नसते परंतु आयोडीन यास अपवाद आहे कारण त्याचे स्फटिक हे चमकदार असतात. अधातूंना कठीणपणा नसतो अपवाद हिरा आहे, जो कार्बनचे एक अपरूप आहे. हिरा हा सर्वात कठीण नैसर्गिक पदार्थ आहे. अधातूंचे द्रवणांक आणि उत्कलनांक कमी असतात. अधातू विद्युतचे व उष्णतेचे दुर्वाहक असतात. ग्रॅफाइट हे कार्बनचे अपरूप विद्युत सुवाहक असल्याने अपवाद ठरते.

धातूंचे रासायनिक गुणधर्म (Chemical properties of metals)

धातू हे क्रियाशील असतात. ते सहजपणे इलेक्ट्रॉन गमावतात व त्यांचे धनभारित आयन होतात. म्हणूनच त्यांना विद्युतधन मूलद्रव्यही म्हटले जाते.

माहीत आहे का तुम्हांला?

जे पदार्थ उष्णतेचे सुवाहक असतात ते बहुधा विद्युत सुवाहकही असतात. याचप्रमाणे उष्णतेचे दुर्वाहक हे विद्युत दुर्वाहक असतात. यास अपवाद हिरा आहे जो विद्युत दुर्वाहक असतो पण उष्णतेचा सुवाहक असतो.

करून पहा.

साहित्य : चिमटा, सुरी, बर्नर, इत्यादी.
रासायनिक पदार्थ : ॲल्युमिनिअम, तांबे, लोखंड, शिसे, मॅग्नेशिअम, जस्त आणि सोडीअम इत्यादींचे नमुने.
टीप: सोडीअमचा वापर शिक्षकांच्या उपस्थितीत काळजीपूर्वक करावा.
कृती: वरीलपैकी प्रत्येक धातूचा नमुना चिमट्यामध्ये धरून त्यास बर्नरच्या ज्योतीवर धरा.

1. कोणता धातू सहजपणे पेट घेतो?
2. पेटल्यावर धातूचा पृष्ठभाग कसा दिसतो?
3. धातू ज्योतीवर जळत असताना ज्योतीचा रंग कोणता असतो?

8.1 धातूचे ज्वलन

धातूंच्या अभिक्रिया

अ. धातूंची ऑक्सिजनबरोबर होणारी अभिक्रिया

धातूंना हवेमध्ये तापविले असता हवेतील ऑक्सिजनशी ते संयोग पावतात व धातूंच्या ऑक्साइडची निर्मिती होते. सोडीअम आणि पोटॅशिअम हे अतिशय क्रियाशील धातू आहेत. कक्ष तपमानाला सोडीअम धातू हा हवेतील ऑक्सिजनसोबत संयोग पावतो आणि सोडीअम ऑक्साइड तयार होते.

$$4Na(s) + O_2 \longrightarrow 2Na_2O(s)$$

हवेत उघडा ठेवल्यावर सोडीअम धातू सहज पेट घेतो त्यामुळे प्रयोगशाळेत तसेच इतर ठिकाणी होणारा अपघात टाळण्यासाठी तो केरोसिनमध्ये ठेवतात. काही धातूंचे ऑक्साइड हे पाण्यात द्रावणीय आहेत. त्यांची पाण्याबरोबर अभिक्रिया होऊन अल्क (Alkali) तयार होते.

$$Na_2O + H_2O \longrightarrow 2NaOH$$

मॅग्नेशिअमची फित हवेत जाळली असता मॅग्नेशिअम ऑक्साइड मिळते हे आपणाला माहीत आहेच. हे मॅग्नेशिअम ऑक्साइड पाण्याबरोबर अभिक्रिया पावते व मॅग्नेशिअम हायड्रॉक्साइड हा अल्क तयार होतो.

$$2Mg(s) + O_2 \longrightarrow 2\,MgO(s)$$

$$MgO + H_2O \longrightarrow Mg(OH)_2$$

आ. धातूंची पाण्याबरोबर होणारी अभिक्रिया

साहित्य : चंचूपात्र, चिमटा, इत्यादी.
रासायनिक पदार्थ : विविध धातूंचे नमुने (महत्त्वाची सूचना - सोडीअम धातू घेऊ नये.), पाणी.
कृती : प्रत्येक धातूचा तुकडा घेऊन थंड पाण्याने भरलेल्या वेगवेगळ्या चंचूपात्रात टाका.

1. कोणत्या धातूची पाण्याबरोबर अभिक्रिया झाली?
2. कोणता धातू पाण्यावर तरंगला? का? वरील कृतीसंदर्भात एक सारणी तयार करा. त्यामध्ये तुमची निरीक्षणे नोंदवा.

सोडीअम आणि पोटॅशिअम या धातूंची पाण्यासोबत अतिशय जलद व जोमाने अभिक्रिया होते व त्यातून हायड्रोजन वायू बाहेर पडतो.

$$2Na(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g) + \text{उष्णता}$$

$$2K(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2KOH(aq) + H_2(g) + \text{उष्णता}$$

याउलट कॅल्शिअमची पाण्यासोबत अभिक्रिया मंद गतीने व कमी जोमाने होते. यामध्ये हायड्रोजन वायू बाहेर पडून धातूच्या पृष्ठभागावर बुडबुड्याच्या स्वरूपात जमा होतो व धातू पाण्यावर तरंगतो.

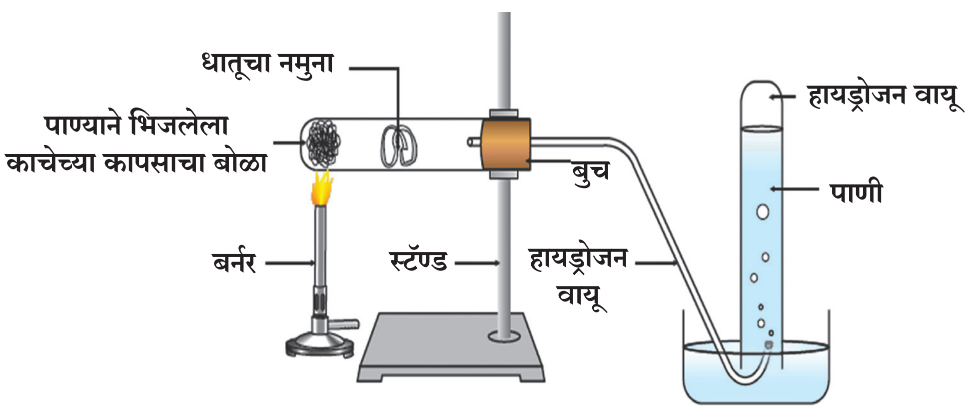
$$2Ca(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2Ca(OH)_2(aq) + H_2(g)$$

ॲल्युमिनिअम, लोखंड आणि जस्त या धातूंची थंड किंवा गरम पाण्याबरोबर अभिक्रिया होत नाही. परंतु वाफेशी मात्र त्यांची अभिक्रिया होते आणि ऑक्साइड तयार होतात. यामध्ये हायड्रोजन वायू मुक्त होतो.

$$2Al(s) + 3H_2O(g) \longrightarrow Al_2O_3(s) + 3H_2(g)$$

$$3Fe(s) + 4H_2O(g) \longrightarrow Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$$

$$Zn(s) + H_2O(g) \longrightarrow ZnO(s) + H_2(g)$$



8.2 धातूंची पाण्याबरोबर अभिक्रिया

करून पहा व विचार करा

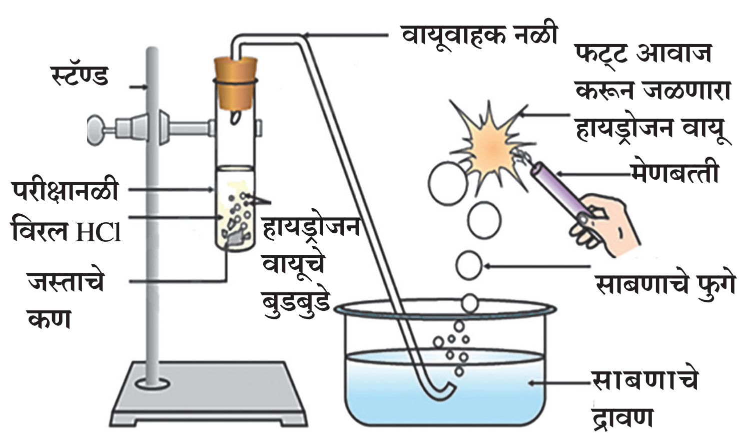
सोने, चांदी, तांबे या धातूंची पाण्याबरोबर अभिक्रिया होते का ते प्रत्यक्ष प्रयोग करून तपासा व विचार करा.

इ. धातूंची आम्लाबरोबर होणारी अभिक्रिया

आपण मागील प्रकरणामध्ये धातूंची आम्लाबरोबर होणारी अभिक्रिया पाहिली आहे. सर्व धातू समान अभिक्रियाशील असतात का ?

ॲल्युमिनिअम, मॅग्नेशिअम, लोखंड व जस्त यांच्या नमुन्यांची अभिक्रिया विरल सल्फ्युरीक किंवा हायड्रोक्लोरीक आम्लाबरोबर घडवून आणली तर धातूंचे सल्फेट किंवा क्लोराइड क्षार मिळतात. या अभिक्रियेमध्ये हायड्रोजन वायू मुक्त होतो. ह्या धातूंची क्रियाशीलता पुढील क्रमाने दर्शवता येते.

$$Mg > Al > Zn > Fe$$



8.3 धातूंची विरल आम्लाबरोबर होणारी अभिक्रिया

$Mg(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$

$2Al(s) + 6HCl(aq) \longrightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2(g)$

$Fe(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow FeCl_2(aq) + H_2(g)$

$Zn(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$

ई. धातूंची नायट्रिक आम्लाबरोबर होणारी अभिक्रिया

धातूंची नायट्रिक आम्लाबरोबर अभिक्रिया होऊन धातूंचे नायट्रेट क्षार तयार होतात तसेच नायट्रीक आम्लाच्या संहतीनुसार नायट्रोजनची विविध ऑक्साइड्स (N_2O, NO, NO_2) तयार होतात.

$Cu(s) + 4\,HNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$
(संहत)

$3Cu(s) + 8\,HNO_3(aq) \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO(g) + 4H_2O(l)$
(विरल)

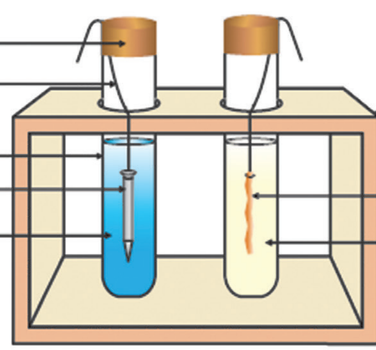
> **आम्लराज :** आम्लराज हा अतिशय क्षरणकारी (Corrosive) तसेच वाफाळणारा (Fuming) द्रव आहे. सोने आणि प्लॅटिनम या राजधातूंना विरघळवू शकणाऱ्या काही थोड्या अभिक्रियाकारकांपैकी हा एक आहे. संहत हायड्रोक्लोरीक आम्ल आणि संहत नायट्रिक आम्ल 3:1 प्रमाणात घेऊन त्यापासून आम्लराज हे ताजे मिश्रण तयार करण्यात येते.

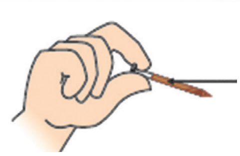
उ. धातूंची इतर धातूंच्या क्षारांच्या द्रावणाबरोबर होणारी अभिक्रिया

करून पहा.

साहित्य : तांब्याची तार, लोखंडी खिळा, चंचूपात्र किंवा मोठी परीक्षानळी इत्यादी.
रसायने : फेरस सल्फेट आणि कॉपर सल्फेट यांची जलीय द्रावणे.

कृती :
1. तांब्याची स्वच्छ तार आणि लोखंडी खिळा घ्या.
2. तांब्याची तार फेरस सल्फेटच्या द्रावणात आणि लोखंडी खिळा कॉपर सल्फेट्च्या द्रावणात बुडवून ठेवा.
3. साधारणपणे 20 मिनिटे एका ठराविक काळाच्या अंतराने सतत निरीक्षण करत रहा.





अ. कोणत्या परीक्षानळीत अभिक्रिया झालेली दिसते?
आ. अभिक्रिया झाली हे तुम्ही कसे ओळखले?
इ. अभिक्रिया कोणत्या प्रकारची आहे?

8.4 धातूंची इतर धातूंच्या क्षारांच्या द्रावणाबरोबर होणारी अभिक्रिया

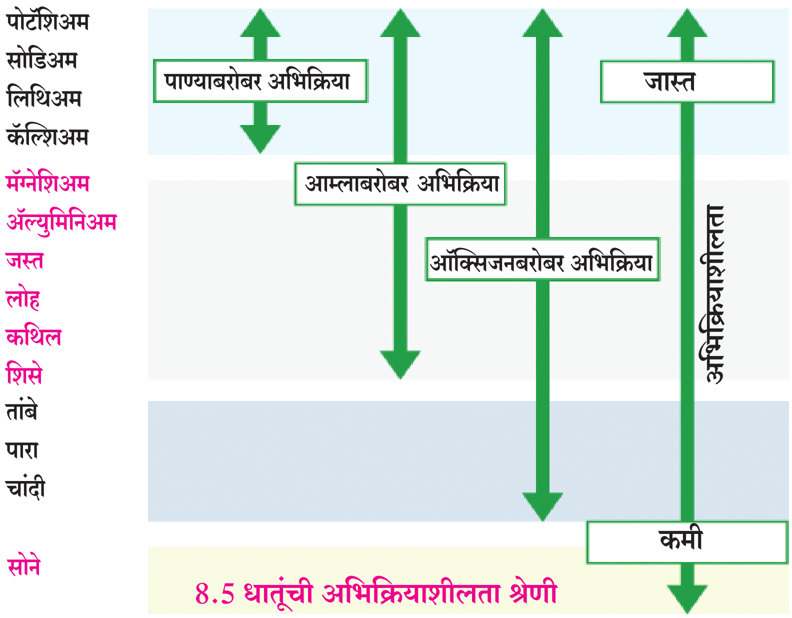
धातूंची अभिक्रियाशीलता श्रेणी (Reactivity series of metals)

सर्व धातूंची अभिक्रियाशीलता सारखी नसते हे आपण पाहिले आहे. परंतु ऑक्सिजन, पाणी व आम्ल ह्या अभिकर्षितांबरोबर (Reagents) सर्व धातू अभिक्रिया पावत नसल्यामुळे धातूंची सापेक्ष अभिक्रियाशीलता ठरवण्यासाठी ह्या अभिकर्षितांचा उपयोग होत नाही. यासाठी धातूंची इतर धातुक्षारांच्या द्रावणाबरोबर होणारी विस्थापन अभिक्रिया उपयोगी पडते. जर A ह्या धातूने B ह्या धातूला त्याच्या क्षाराच्या द्रावणातून विस्थापित केले तर त्याचा अर्थ A हा धातू B ह्या धातूपेक्षा जास्त अभिक्रियाशील आहे.

धातू A + B धातुक्षाराचे द्रावण $\longrightarrow$ A धातुक्षाराचे द्रावण + धातू B

मागील कृती (8.4) मध्ये तुमच्या निरीक्षणांवरून सांगा की अधिक अभिक्रियाशील कोण आहे. तांबे की लोह?

मागील कृतीमध्ये कॉपर सल्फेटमधून लोहाने तांब्याला विस्थापित केलेले आहे. म्हणजेच लोह हा धातू तांबे ह्या धातूपेक्षा अधिक अभिक्रियाशील आहे.



8.5 धातूंची अभिक्रियाशीलता श्रेणी

विस्थापन अभिक्रियांचे अनेक प्रयोग करून वैज्ञानिकांनी अभिक्रियाशीलता श्रेणी विकसित केली आहे. धातूंची त्यांच्या अभिक्रियाशीलतेच्या चढत्या किंवा उतरत्या क्रमाने केलेल्या मांडणीला धातूंची अभिक्रियाशीलता श्रेणी म्हणतात. अभिक्रियाशीलतेच्या आधारे धातूंचे खालीलप्रमाणे गट पाडले जातात.

1. जास्त अभिक्रियाशील धातू
2. मध्यम अभिक्रियाशील धातू
3. कमी अभिक्रियाशील धातू

ऊ. धातूंची अधातूंबरोबर होणारी अभिक्रिया

राजवायू (उदाहरणार्थ; हेलिअम,निऑन,अरगॉन) हे अधातू रासायनिक अभिक्रियेत भाग घेत नाहीत. आपण धातूंच्या अभिक्रियांमधून आतापर्यंत असे पाहिले आहे की, धातूंचे ऑक्सिडीकरण होऊन धन आयन तयार होतात. जर आपण काही धातू आणि अधातूंचे इलेक्ट्रॉन संरूपण पाहिले तर, आपल्या लक्षात येईल की, इलेक्ट्रॉन अष्टक स्थिती पूर्ण करणे ह्या प्रेरक शक्तीने (Driving force) धातू इलेक्ट्रॉन गमावून तर अधातू इलेक्ट्रॉन स्वीकारून अभिक्रियेमध्ये भाग घेतात व नजीकच्या राजवायूचे इलेक्ट्रॉन संरूपण प्राप्त करतात. राजवायूंचे बाह्यतम कवच पूर्ण असल्यामुळे राजवायू रासायनिकदृष्ट्या निष्क्रीय असतात. मागील इयत्तेमध्ये आपण सोडीअम या धातूने एक इलेक्ट्रॉन दिल्याने व क्लोरीन या अधातूने तो घेतल्याने सोडीअम क्लोराइड हे संयुग तयार होते हे पाहिले आहे.

$2\,Na + Cl_2 \longrightarrow 2\,NaCl$

धातू अधातू — आयनिक संयुग

अशाच प्रकारे मॅग्नेशिअम व पोटॅशिअम यांची $MgCl_2$, KCl अशी आयनिक संयुगे तयार होतात.

अधातूंचे रासायनिक गुणधर्म (Chemical properties of non– metals)

अधातू म्हणजे भौतिक व रासायनिक गुणधर्मामध्ये साधर्म्य कमी असलेल्या मूलद्रव्यांचा गट आहे. अधातूंना विद्युतऋण मूलद्रव्येही म्हणतात, कारण अधातू इलेक्ट्रॉन प्राप्त करून ऋणप्रभारित आयन होतात. अधातूंच्या रासायनिक अभिक्रियांची काही उदाहरणे पुढीलप्रमाणे आहेत.

1. अधातूंची ऑक्सिजनबरोबर होणारी अभिक्रिया : सामान्यत: अधातू ऑक्सिजनबरोबर संयोग पावून आम्लधर्मी ऑक्साइड तयार होते. काही बाबतीत उदासीन ऑक्साइड तयार होते.

$C + O_2 \xrightarrow[\text{पूर्ण ज्वलन}]{} CO_2$ (आम्लधर्मी)

$2C + O_2 \xrightarrow[\text{अपूर्ण ज्वलन}]{} 2CO$ (उदासीन)

$S + O_2 \xrightarrow[\text{ज्वलन}]{} SO_2$ (आम्लधर्मी)

2. अधातूंची पाण्याबरोबर होणारी अभिक्रिया : सामान्यत: अधातूंची पाण्याबरोबर कोणतीही अभिक्रिया होत नाही. याला अपवाद हॅलोजन आहेत. उदाहरणार्थ, क्लोरीन पाण्यात विरघळल्यानंतर पुढील अभिक्रिया होते.

$$Cl_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow HOCl(aq) + HCl(aq)$$

3. अधातूंची विरल आम्लाबरोबर होणारी अभिक्रिया : सामान्यत: अधातूंची विरल आम्लाबरोबर कोणतीही अभिक्रिया होत नाही. याला अपवाद हॅलोजन आहेत. उदाहरणार्थ क्लोरीनची विरल हायड्रोब्रोमिक आम्लाबरोबर पुढील अभिक्रिया होते.

$$Cl_2(g) + 2HBr(aq) \longrightarrow 2HCl(aq) + Br_2(aq)$$

4. अधातूंची हायड्रोजनबरोबर होणारी अभिक्रिया : विशिष्ट परिस्थितीमध्ये (योग्य तापमान, दाब, उत्प्रेरकाचा वापर, इत्यादी.) अधातूंची हायड्रोजनबरोबर अभिक्रिया होते.

$$S + H_2 \longrightarrow H_2S$$
$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

क्लोरीन आणि हायड्रोजन ब्रोमाइड यांच्यामधील अभिक्रियेत हायड्रोजन ब्रोमाइडचे रूपांतर Br_2 मध्ये होते. ह्या रूपांतराला ऑक्सिडन म्हणता येईल का? हे ऑक्सिडन घडवून आणणारा ऑक्सिडक कोण?

आयनिक संयुगे (Ionic compounds)

धन आयन व ऋण आयन ह्या दोन घटकांपासून बनणाऱ्या संयुगांना आयनिक संयुगे म्हणतात. धन आयन व ऋण आयन हे विरुद्ध प्रभारी आयन असल्याने त्यांच्यात विद्युत स्थितिक आकर्षण बल असते. हे आकर्षण बल म्हणजेच धन आयन व ऋण आयन यांच्यातील आयनिक बंध होय. हे तुम्हांला माहित आहेच. आयनिक संयुगामधील धन आयन आणि ऋण आयन ह्यांची संख्या व त्यांच्यावरील विद्युत प्रभाराचे मूल्य असे असते की, धन आणि ऋण प्रभार एकमेकांना संतुलित करतात त्यामुळे आयनिक संयुग विद्युतदृष्ट्या उदासीन असते.

आयनिक संयुगे ही स्फटिकरूप असतात. स्फटिकरूप पदार्थांच्या सर्व कणांचे पृष्ठभाग विशिष्ट आकाराचे तसेच गुळगुळीत व चकचकीत असतात. आयनांची नियमित पद्धतीची मांडणी स्फटिकरूपाला कारणीभूत असते.वेगवेगळ्या आयनिक संयुगांमधील आयनांची रचना/मांडणी वेगवेगळी असते. त्यामुळे त्यांच्या स्फटिकांचा आकार वेगवेगळा असतो. स्फटिकाच्या आतील आयनांची विशिष्ट मांडणी ज्यामुळे ठरते तो मुख्य घटक म्हणजे विजातीय आयनांमध्ये असणारे आकर्षण बल व सजातीय आयनांमध्ये असणारे प्रतिकर्षण बल होय. यामुळे स्फटिक संरचनेमध्ये धन आयनांभोवती ऋण आयन व ऋण आयनांभोवती धन आयन अशी सर्वसाधारण मांडणी असते. विशिष्ट अशा स्फटिक संरचनेसाठी कारणीभूत असलेल्या घटकांपैकी दोन महत्त्वाचे घटक पुढीलप्रमाणे आहेत. 1. धनप्रभारित व ऋणप्रभारित आयनांचे आकारमान 2. आयनांवरील विद्युतप्रभाराचे परिमाण

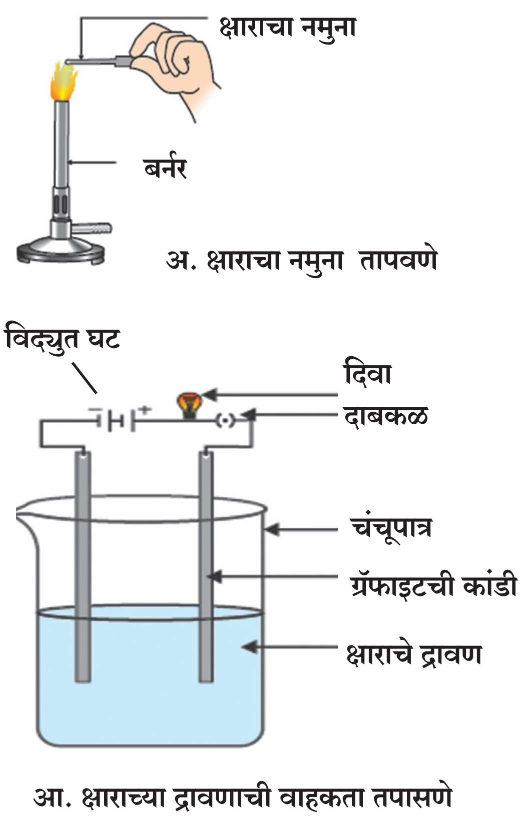
लगतच्या विजातीय आयनांमधील विद्युतस्थितिक आकर्षण बल हे खूप प्रबळ असते. त्यामुळे आयनिक संयुगांचे द्रवणांक उच्च असतात तसेच आयनिक संयुगे कठीण व ठिसूळ असतात.

आयनिक संयुगे आणि त्यांचे गुणधर्म (Ionic compounds and their properties)

साहित्य : धातूचा पसरट चमचा, बर्नर, कार्बन विद्युत अग्रे, चंचुपात्र, विद्युत घट, दिवा, दाबकळ इत्यादी.

रासायनिक पदार्थ : सोडिअम क्लोराइड, पोटॅशिअम आयोडाइड आणि बेरिअम क्लोराइड यांचे नमुने, पाणी.

कृती : वरील नमुने घ्या आणि त्यांचे निरीक्षण करा. धातूच्या छोट्या पसरट चमच्यात (Spatula) वरीलपैकी एका क्षाराचा थोडासा नमुना घेऊन बर्नरच्या पेटत्या ज्योतीवर तापवा. इतर क्षार घेऊन वरीलप्रमाणेच कृती करून पहा. आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे घटाच्या धन आणि ऋण टोकांना कार्बन विद्युतअग्र (Electrode) जोडून व चंचूपात्र वापरून विद्युत अपघटनी घट तयार करा. कोणत्याही एका क्षाराच्या द्रावणात विद्युतअग्रे बुडवा. तुम्हाला दिवा लागलेला दिसला का? इतर सर्व क्षारांच्या बाबतीत सुद्धा हे तपासून पहा.



8.6 आयनिक संयुगांचे गुणधर्म पडताळून पाहणे.

आयनिक संयुगांचे सामान्य गुणधर्म खालीलप्रमाणे आहेत.

1. धन आणि ऋण प्रभारित आयनांमध्ये तीव्र आकर्षणाचे बल असल्यामुळे आयनिक संयुगे ही स्थायुरूपात असून कठीण असतात.
2. आयनिक संयुगे ठिसूळ असून त्यांवर दाब प्रयुक्त केल्यास त्यांचे तुकडे करता येतात.
3. आयनिक संयुगांमध्ये आंतररेण्वीय आकर्षणबल (Intermolecular Attraction) जास्त असल्यामुळे त्यावर मात करण्यासाठी बरीच ऊर्जा लागते. म्हणून आयनिक संयुगांचे द्रवणांक आणि उत्कलनांक उच्च असतात.
4. आयनिक संयुगे पाण्यात द्रावणीय असतात कारण विचरण होऊन सुट्या झालेल्या आयनांभोवती पाण्याचे रेणू विशिष्ट प्रकारे अभिमुख होऊन (विशिष्ट दिशेने वळून) रचले जातात. त्यामुळे मूळच्या आंतररेण्वीय बलाच्या जागी आयन व त्याभोवतालचे पाण्याचे रेणू यांच्यामधील नवे आकर्षणबल प्रस्थापित होते, व आयनिक संयुगांची जलीय द्रावणे तयार होतात. परंतु, आयनिक संयुगे केरोसिन, पेट्रोल यांसारख्या द्रावकात अद्रावणीय असतात, कारण पाण्यात होते त्याप्रमाणे ह्या द्रावकांमध्ये नवे आकर्षण बल प्रस्थापित होत नाही.
5. स्थायुरूपातील आयनिक संयुगे विद्युतवहन करू शकत नाहीत. या अवस्थेत आयन आपली जागा सोडू शकत नाहीत, परंतु वितळलेल्या अवस्थेत मात्र आयन चल असल्याने ती विद्युतवहन करु शकतात. आयनिक संयुगांची जलीय द्रावणे विद्युतवाहक असतात कारण पाण्यातील द्रावणात विचरण झालेले आयन असतात. द्रावणातून विद्युतधारा प्रवाहित केल्यास आयन हे विरुद्ध प्रभाराच्या विद्युतअग्राकडे जातात. वितळलेल्या व जलीय द्रावणाच्या स्थितीतील विद्युतवाहकतेमुळे आयनिक संयुगांना विद्युत अपघटनी पदार्थ असे म्हणतात.

संयुग	आयनिक आहे/नाही	द्रवणांक ^0C	उत्कलनांक ^0C
H_2O	नाही	0	100
$ZnCl_2$	आहे	290	732
$MgCl_2$	आहे	714	1412
NaCl	आहे	801	1465
NaBr	आहे	747	1390
KCl	आहे	772	1407
MgO	आहे	2852	3600

8.7 आयनिक संयुगांचे द्रवणांक व उत्कलनांक

धातुविज्ञान (Metallurgy)

खनिजांपासून धातूंचे निष्कर्षण व उपयोगासाठी शुद्धीकरण यासंबंधीचे विज्ञान आणि तंत्रज्ञान म्हणजे धातुविज्ञान.

धातूंचा आढळ (Occurrence of metals)

बरेचसे धातू क्रियाशील असल्यामुळे निसर्गात मुक्त अवस्थेत सापडत नाहीत तर ते त्यांच्या ऑक्साइड, कार्बोनेट, सल्फाइड, नायट्रेट अशा क्षारांच्या रूपात संयुक्तावस्थेत आढळतात. मात्र सर्वात अक्रियाशील धातू की ज्यांच्यावर हवा, पाणी आणि इतर नैसर्गिक घटकांचा परिणाम होत नाही. उदाहरणार्थ; चांदी, सोने, प्लॅटीनम हे धातू साधारणपणे मुक्तावस्थेत आढळून येतात. धातूंची जी संयुगे अशुद्धीसह निसर्गात आढळतात त्यांना खनिजे असे म्हणतात.

ज्या खनिजांपासून सोयीस्करपणे आणि फायदेशीररीत्या धातू वेगळा करता येतो त्यांना धातुके म्हणतात. धातुकांमध्ये धातूच्या संयुगाबरोबर माती, वाळू आणि खडकीय पदार्थ अशा अनेक प्रकारच्या अशुद्धी असतात. या अशुद्धींना मृदा अशुद्धी असे म्हणतात. विलगीकरणाच्या विविध पद्धती वापरून धातूंचे त्यांच्या धातुकांपासून निष्कर्षण करता येते. धातुकांपासून धातूंचे शुद्ध स्वरूपात निष्कर्षण करण्याच्या क्रियेचा धातुविज्ञानात समावेश होतो.

बहुधा धातुकांच्या खाणींमधून खनिजे बाहेर काढून तेथेच त्यांच्यातील मृदा अशुद्धी, वेगवेगळ्या पद्धती वापरून, धातुकांपासून वेगळ्या केल्या जातात. त्यानंतर ती धातुके, धातू निर्माण करतात त्या ठिकाणी वाहून नेऊन, तेथे धातूचे शुद्ध स्वरूपात निष्कर्षण करतात. त्यानंतर धातूला शुद्धीकरणाच्या वेगवेगळ्या पद्धती वापरून जास्तीत जास्त शुद्ध करतात. या सर्व प्रक्रियेला धातुविज्ञान असे म्हटले जाते.

धातुविज्ञानाची मूलतत्त्वे

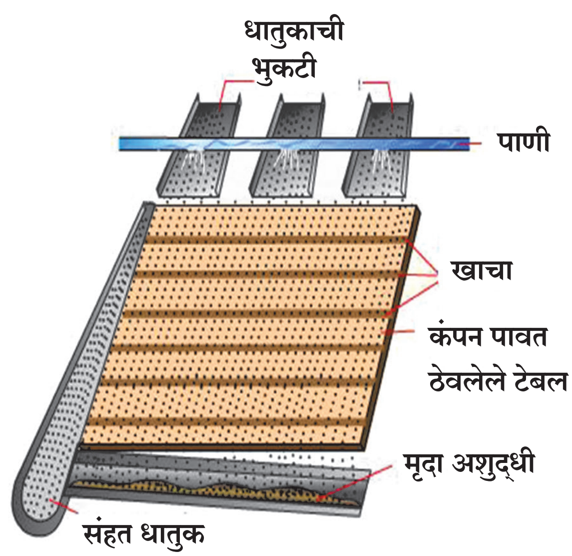
धातुकांपासून शुद्ध स्वरूपात धातू मिळवण्याचे टप्पे पुढीलप्रमाणे आहेत.

1. धातुकांचे संहतीकरण (Concentration of ores) : धातुकांपासून मृदा अशुद्धी वेगळ्या करण्याच्या प्रक्रियेस धातुकांचे संहतीकरण म्हणतात. या प्रक्रियेत धातुकांमधील इच्छित धातूंच्या संयुगांची संहती वाढवण्यात येते. यासाठी विविध मार्ग वापरतात. पण नेमका कोणता मार्ग वापरायचा हे मात्र धातुकांमधील इच्छित धातूंच्या भौतिक गुणधर्मांवर आणि धातुकातील मृदा अशुद्धीवर अवलंबून असते. तसेच हे धातूंच्या अभिक्रियाशीलतेवर आणि शुद्धीकरण्याच्या उपलब्ध सुविधांवर अवलंबून असते. संहतीकरण करताना पर्यावरणाच्या प्रदूषणास कारणीभूत अशा विविध बाबींचा विचार प्रामुख्याने केला जातो. धातुकांचे संहतीकरण करण्याच्या काही सामान्य पद्धती पुढीलप्रमाणे आहेत.

अ. गुरुत्वीय विलगीकरण पद्धत (Separation based on gravitation) : गुरूत्वीय पद्धतीचा वापर करून जड धातुकांचे कण हलक्या मृदा अशुद्धीच्या कणांपासून सहजतेने वेगळे करता येतात. हे विलगीकरण करण्याच्या प्रक्रिया पुढीलप्रमाणे आहेत.

i. विल्फ्ली टेबल पद्धत (Wilfley table method)

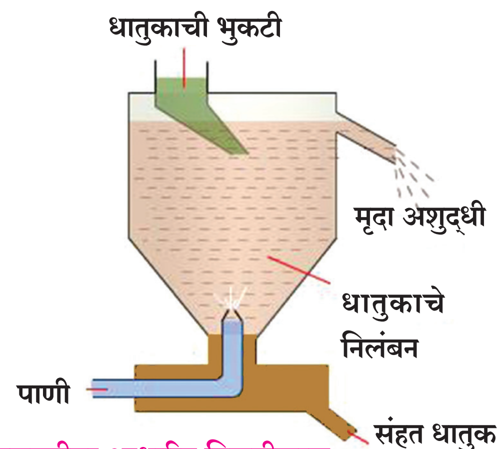
विलगीकरणाच्या या पद्धतीत लाकडाचे अरुंद पातळ असे तुकडे कमी उताराच्या पृष्ठभागावर लावून हे विल्फ्ली टेबल तयार केले जाते. हे टेबल सतत कंपन पावत ठेवलेले असते. या टेबलवर धातुकांची भुकटी टाकली जाते. ही धातूकांची भुकटी धातुकांचे लहान तुकड्यांपासून बॉल मिल (Ball mill) वापरून तयार केली जाते. पाण्याचा प्रवाह टेबलाच्या वरच्या बाजूने सोडला जातो. यामुळे हलक्या मृदा अशुद्धी पाण्याच्या प्रवाहाबरोबर दूर वाहून जातात तर, ज्यामध्ये धातुकांचे प्रमाण जास्त असते आणि मृदा अशुद्धीचे प्रमाण कमी असते असे सर्व जड कण छोट्या लाकडी तुकड्यांच्या मागे आडून राहतात व त्यांच्यामधील खाचांमधून पुढे गोळा होतात.



8.8 विल्फ्ली टेबल पद्धत

ii. जलशक्तीवर आधारित विलगीकरण पद्धत (Hydraulic separation method) : जलशक्तीवर आधारित विलगीकरण पद्धतीमध्ये गिरणीवर आधारित कार्य चालते. गिरणीत दळताना वापरतात त्या प्रकारचे एक निमुळते भांडे असते, जे खालच्या बाजूने निमुळत्या हौदासारख्या भांड्यात उघडलेले असते. हौदाला वरच्या बाजूस पाणी बाहेर जाण्यासाठी एक तोटी असते तसेच खालून पाणी सोडण्यासाठी एक नळी बसवण्यात आलेली असते.

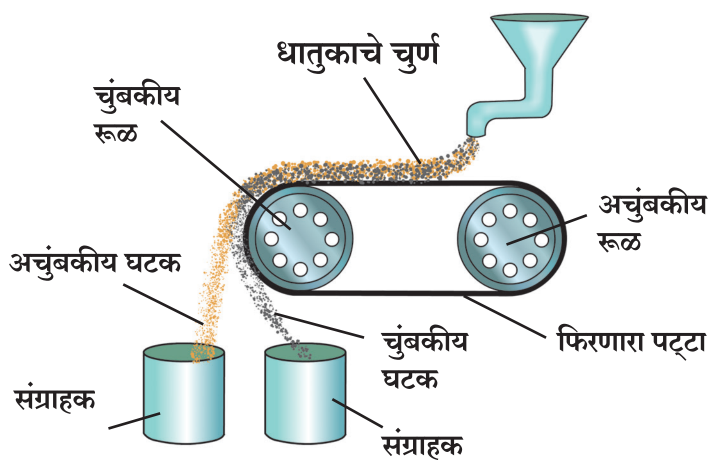
बारीक दळलेले धातुक वरून हौदात टाकले जाते. हौदाच्या खालच्या बाजूने पाण्याचा प्रवाह अतिशय वेगाने वरील दिशेने सोडला जातो. मृदा अशुद्धी हलक्या असतात. हलक्या असल्याने त्या हौदाच्या वरच्या तोटीतून पाण्याच्या प्रवाहाबरोबर बाहेर वाहत जाऊन वेगळ्या जमा होतात. त्याचबरोबर जड धातुकांचे कण हौदाच्या खालच्या बाजूने तळात गोळा केले जातात. थोडक्यात सांगायचे झाले तर ही पद्धत गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमावर आधारित असते ज्यामुळे समान आकाराचे कण त्यांच्या विशिष्ट वजनामुळे पाण्याच्या मदतीने वेगळे केले जातात.



8.9 जलशक्तीवर आधारित विलगीकरण

आ. चुंबकीय विलगीकरण पद्धत (Magnetic separation method) : या पद्धतीत विद्युत चुंबकत्व असलेल्या यंत्राची आवश्यकता असते. या यंत्राचा महत्त्वाचा भाग म्हणजे दोन प्रकारचे लोखंडी रूळ (Roller) व त्यांच्यावरून सतत गोल फिरणारा पट्टा (Conveyer belt). यापैकी एक रूळ अचुंबकीय असतो तर दुसरा विद्युत चुंबकीय असतो. रुळावरून फिरणारा पट्टा हा चामड्याचा अथवा पितळेचा (अचुंबकीय) असतो. ह्या फिरत असलेल्या पट्ट्यावर अचुंबकीय रुळाच्या बाजूला बारीक केलेले धातुक टाकले जाते. चुंबकीय रुळाखाली दोन संग्राहक भांडी ठेवतात.

धातुकामधील अचुंबकीय भागाचे कण चुंबकीय रुळाकडे आकर्षिले जात नाहीत आणि त्यामुळे ते फिरत असलेल्या पटट्यावरून वाहत वाहत पुढे जातात आणि चुंबकीय रुळापासून लांब असलेल्या संग्राहकात पडतात. त्याच वेळी धातुकातील चुंबकीय भागाचे कण चुंबकीय रुळावर चिकटून असल्यामुळे पट्ट्याच्या जवळच्या संग्राहकात पडतात.



8.10 चुंबकीय विलगीकरण

अशा प्रकारे धातुकांमधील चुंबकीय आणि अचुंबकीय कण त्यामधील चुंबकत्वामुळे विलग करता येतात. उदाहरणार्थ, कॅसिटराइट हे कथिल ह्या धातूचे धातुक आहे. या धातुकात मुख्यत्वे स्टनिक ऑक्साइड (SnO_2) हा अचुंबकीय घटक आणि फेरस टंगस्टेट ($FeWO_4$) हा चुंबकीय घटक असतो. त्यांचे विद्युतचुंबकीय पद्धतीने विलगीकरण केले जाते.

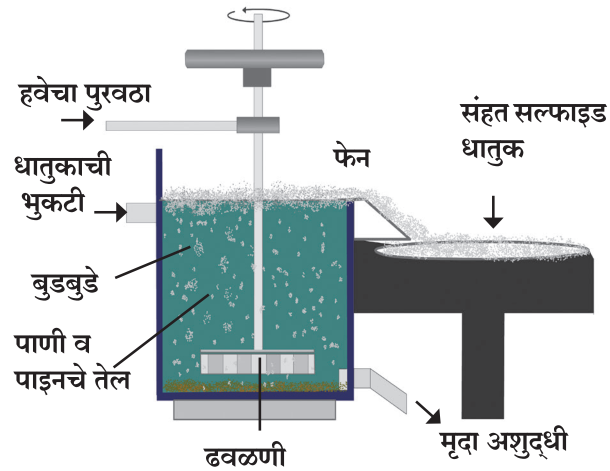
इ. फेनतरण पद्धत (Froth floatation method)

फेनतरण पद्धत ही धातुकांमधील कणांच्या परस्परविरोधी जलस्नेही (Hydrophilic) आणि जलविरोधी (Hydrophobic) या दोन गुणधर्मांवर आधारित असते. यामध्ये धातूंच्या सल्फाइडचे कण त्यांच्या जलविरोधी गुणधर्मामुळे प्राधान्याने तेलाने भिजतात, तर मृदा अशुद्धी ह्या त्यांच्या जलस्नेही गुणधर्मामुळे पाण्यानेच भिजतात. या गुणधर्मांचा उपयोग करून फेनतरण पद्धतीने काही विशिष्ट धातुकांचे संहतीकरण करण्यात येते.

इंटरनेट माझा मित्र

धातू निष्कर्षणाच्या व विविध टप्प्यांची माहिती शोधून वर्गात सर्वांना सांगा तसेच त्यावर आधारीत व्हिडीओंचा संग्रह करा.

या पद्धतीमध्ये बारीक दळलेले धातुक भरपूर पाणी साठवलेल्या एका मोठ्या टाकीत टाकतात. ठराविक वनस्पतींचे तेल उदाहरणार्थ, पाईन तेल, निलगीरीचे तेल, इत्यादी, फेन निर्माण करण्याकरता पाण्यात टाकतात. उच्च दाबाच्या हवेचा झोत पाण्यातून फिरवला जातो. तरण टाकीच्या मध्यभागी स्वत:च्या अक्षाभोवती फिरणारी एक ढवळणी असते. ढवळणीचा वापर आवश्यकतेनुसार केला जातो. हवेच्या झोतामुळे बुडबुडे तयार होतात. ढवळणीमुळे तेल, पाणी व हवेचे बुडबुडे यांचा मिळून फेस तयार होतो. फेस पाण्याच्या पृष्ठभागावर येऊन तरंगायला लागतो म्हणूनच या पद्धतीला फेन तरण पद्धती असे म्हणतात.



8.11 फेनतरण पद्धत

विशिष्ट सल्फाइड धातुकांचे कण प्राधान्याने तेलाने भिजल्याने फेसासोबत पाण्यावर तरंगतात. उदहरणार्थ, झिंक ब्लेंड (ZnS) आणि कॉपर पायराइट ($CuFeS_2$) च्या संहतीकारणासाठी या पद्धतीचा वापर करतात.

ई. अपक्षालन (Leaching)

ॲल्युमिनिअम, सोने, चांदी या धातूंचे त्यांच्या धातुकांपासून निष्कर्षण करण्याची पहिली पायरी म्हणजे ही अपक्षालन पद्धत आहे. यामध्ये धातुक एका निवडक द्रावणात बराच वेळ भिजत ठेवतात. द्रावणाबरोबर विशिष्ट रासायनिक अभिक्रिया होऊन धातुक त्यात विरघळते मात्र मृदा अशुद्धीची अभिक्रिया न झाल्याने ती विरघळत नाही व त्यामुळे ती वेगळी करता येते. उदाहरणार्थ, बॉक्साइट ह्या ॲल्युमिनिअमच्या धातुकाचे संहतीकरण अपक्षालन पद्धतीने करतात व यामध्ये जलीय NaOH किंवा जलीय Na_2CO_3 ह्या द्रावणामध्ये बॉक्साइट भिजत ठेवल्याने त्यांतील ॲल्युमिना हा मुख्य घटक विरघळतो.

माहीत आहे का तुम्हांला?

अळूच्या पानांवर पाणी चिकटत नाही तसेच मेणावर देखील पाणी चिकटत नाही. या उलट मीठ किंवा साबणास पाणी चिकटते म्हणजेच पाण्याने ते भिजतात.

थोडे आठवा. इलेक्ट्रॉनच्या परिभाषेत ऑक्सिडीकरण व क्षपण म्हणजे काय?

धातुकापासून धातूंचे निष्कर्षण करताना धातूच्या धनायनांपासून धातू मिळवतात. ह्या प्रक्रियेमध्ये धातूच्या धनायनाचे क्षपण करावे लागते. क्षपण कसे करायचे हे धातूच्या अभिक्रियाशीलतेवर अवलंबून असते. आपण अभिक्रियाशीलता श्रेणी यापूर्वीच माहित करून घेतली आहे.

2. धातूंचे निष्कर्षण (Extraction of metals)

अ. अभिक्रियाशील धातूंचे निष्कर्षण : अभिक्रियाशीलता श्रेणीच्या सर्वात वर असलेले धातू खूप अभिक्रियाशील असतात. श्रेणीतील उतरत्या क्रमाने त्यांची अभिक्रियाशीलता कमी होत जाते. उदाहरणार्थ, पोटॅशिअम, सोडिअम, ॲल्युमिनिअम हे अभिक्रियाशील धातू आहेत. जास्त अभिक्रियाशील धातूंमध्ये त्यांच्या बाह्यतम कवचातील इलेक्ट्रॉन गमावून त्यांचे धन आयन होण्याची क्षमता जास्त असते. उदाहरणार्थ, जास्त अभिक्रियाशील धातूंची विरल आम्लाबरोबर जोमाने अभिक्रिया होऊन हायड्रोजन वायू निर्माण होतो. अति अभिक्रियाशील धातू हे कक्ष तापमानाला हवेतील ऑक्सिजन बरोबर अभिक्रिया होऊन जळतात. त्यांच्या निष्कर्षणासाठी विद्युत अपघटनी क्षपण पद्धत वापरावी लागते. उदहरणार्थ; सोडिअम, कॅल्शिअम व मॅग्नेशिअम हे धातू त्यांच्या वितळलेल्या क्लोराइड क्षारांच्या अपघटनाने मिळवतात. या प्रक्रियेमध्ये धातू हा ऋणाग्रावर (कॅथोडवर) जमा होतो तर क्लोरीन वायू हा धनाग्रावर (ॲनोडवर) मुक्त होतो. वितळलेल्या सोडिअम क्लोराइडचे विद्युत अपघटन करून सोडीअम धातू मिळवताना विद्युत अग्रांवरील अभिक्रिया पुढीलप्रमाणे आहेत.

ऋणाग्र अभिक्रिया $Na^{+} + e^{-} \longrightarrow Na$ (क्षपण)

धनाग्र अभिक्रिया $2Cl^{-} \longrightarrow Cl_2 + 2e^{-}$ (ऑक्सिडीकरण)

जरा डोके चालवा.

मॅग्नेशिअम क्लोराइड आणि कॅल्शिअम क्लोराइड यांच्या वितळलेल्या अवस्थेतील विद्युत अपघटनासाठी विद्युतअग्र अभिक्रिया लिहा.

याचप्रकारे बॉक्साइट ह्या धातुकामधील ॲल्युमिनिअम ऑक्साइडपासून विद्युत अपघटनी क्षपणाद्वारे ॲल्युमिनिअम कसे मिळवतात ते आपण पुढे पाहणार आहोत.

ॲल्युमिनिअमचे निष्कर्षण

ॲल्युमिनिअम संज्ञा : Al	**रंग :** **रुपेरी पांढरा**	
अणुअंक : 13	**इलेक्ट्रॉन संरूपण :** 2, 8, 3	**संयुजा :** 3

ॲल्युमिनिअम अभिक्रियाशील धातू असल्यामुळे निसर्गात मुक्त अवस्थेत आढळत नाही. ऑक्सिजन आणि सिलिकॉन नंतर ॲल्युमिनिअम हे तिसरे मूलद्रव्य आहे जे भूपृष्ठामध्ये मुबलक प्रमाणात आढळते. ॲल्युमिनिअमचे त्याच्या मुख्य धातुक बॉक्साइट ($Al_2O_3.nH_2O$) पासून निष्कर्षण केले जाते. बॉक्साइटमध्ये 30% ते 70% इतके Al_2O_3 आणि उरलेला भाग मृदा अशुद्धीचा असतो. तो वाळू, सिलिका, आयर्न ऑक्साइड इत्यादींचा बनलेला असतो. ॲल्युमिनिअम निष्कर्षणाच्या दोन पायऱ्या आहेत.

i. बॉक्साइट ह्या धातुकाचे संहतीकरण (Concentration of bauxite ore) : ॲल्युमिनिअमचे मुख्य धातुक बॉक्साइट आहे. बॉक्साइटमध्ये सिलिका (SiO_2), फेरिक ऑक्साइड (Fe_2O_3) आणि टिटॅनिअम ऑक्साइड (TiO_2) या अशुद्धी असतात. बेअरच्या पद्धतीने अथवा हॉलच्या पद्धतीने अपक्षालन करून या अशुद्धी वेगळ्या करण्यात येतात. या दोन्ही प्रक्रियांमध्ये शेवटी निस्तापन क्रियेने संहत ॲल्युमिना मिळवतात.

बेअरच्या प्रक्रियेत सर्वात आधी धातुक गोलाकार चक्कीतून भरडले जाते. त्यानंतर सारसंग्रहकामध्ये (Digester) उच्च दाबाखाली 2 ते 8 तास कॉस्टिक सोड्याच्या (NaOH) द्रावणाबरोबर 140 ^{0}C ते 150 ^{0}C तापमानावर तापवून त्याचे अपक्षालन केले जाते.

ॲल्युमिनिअम ऑक्साइड उभयधर्मी असल्यामुळे सोडीअम हायड्रॉक्साइडच्या जलीय द्रावणात विरघळते आणि पाण्यात द्रावणीय असे सोडीअम ॲल्युमिनेट तयार होते. म्हणजेच बॉक्साइटचे सोडीअम हायड्रॉक्साइडच्या द्रावणाने अपक्षालन होते.

$$Al_2O_3.2H_2O\,(s) + 2NaOH\,(aq) \longrightarrow 2\,NaAlO_2\,(aq) + 3\,H_2O\,(l)$$

मृदा अशुद्धीमधील आयर्न ऑक्साइड हे जलीय सोडीअम हायड्रॉक्साइडमध्ये विरघळत नाही. ते गाळून वेगळे करण्यात येते, परंतु जलीय सोडीअम हायड्रॉक्साइडमध्ये मृदा अशुद्धीमधील सिलिका विरघळून पाण्यात द्रावणीय असे सोडीअम सिलिकेट तयार होते.

जलीय सोडीअम ॲल्युमिनेट पाण्यात टाकून विरल केले जाते आणि नंतर 50 ^{0}C पर्यंत थंड केले जाते. यामुळे ॲल्युमिनिअम हायड्रॉक्साइडचे अवक्षेपण घडून येते.

$$NaAlO_2 + 2H_2O \longrightarrow NaOH + Al(OH)_3\downarrow$$

हॉलच्या प्रक्रियेत धातुकाची भुकटी करून घेतात आणि नंतर जलीय सोडीअम कार्बोनेटसोबत सारसंग्राहकात तापवून पाण्यात विद्राव्य असे सोडीअम ॲल्युमिनेट तयार होते. त्यानंतर अविद्राव्य अशुद्धी गाळून या गलितास गरम करून त्यामधून कार्बन डायऑक्साइड वायू प्रवाहित करून त्याचे उदासिनीकरण करण्यात येते. यामुळे ॲल्युमिनिअम हायड्रॉक्साइडचे अवक्षेपण घडून येते.

$Al_2O_3.2H_2O(s) + Na_2CO_3(aq) \longrightarrow 2\,NaAlO_2\,(aq) + CO_2\uparrow + 2\,H_2O\,(l)$

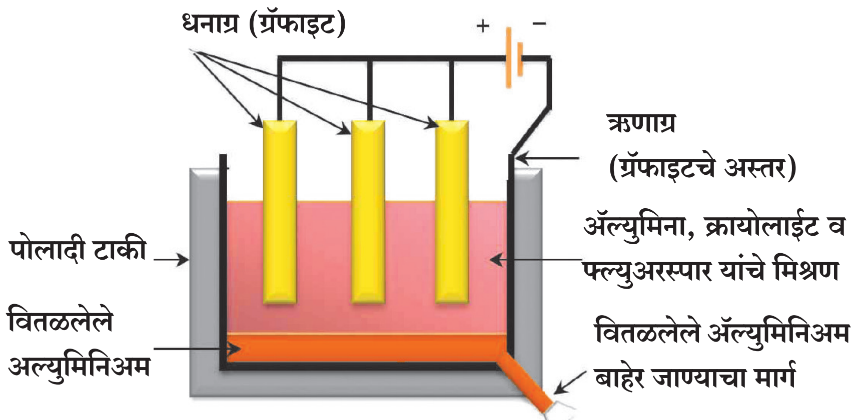
$2NaAlO_2(aq) + 3H_2O + CO_2 \longrightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + Na_2CO_3$

दोन्ही प्रक्रियेत मिळालेला $Al(OH)_3$ चा अवक्षेपित गाळून, धुवून कोरडा करतात आणि नंतर 1000^0C तापमानाला तापवून निस्तापन करून ॲल्युमिना मिळवतात.

$2Al(OH)_3 \longrightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$

ii. ॲल्युमिनाचे विद्युत अपघटनी क्षपण (Electrolytic reduction of alumina)

अ. या पद्धतीमध्ये ॲल्युमिनाच्या वितळलेल्या मिश्रणाचे (द्रवणांक > 2000 ^0C) स्टीलच्या टाकीमध्ये विद्युत अपघटन केले जाते. या टाकीच्या आतील बाजूला ग्रॅफाइटचे अस्तर असते. हे अस्तर ऋणाग्राचे काम करते. वितळलेल्या विद्युत अपघटनी पदार्थात बुडवलेल्या कार्बन (ग्रॅफाइट) च्या कांड्यांचा संच धनाग्र म्हणून काम करतो. द्रावणांक 1000 ^0C पर्यंत कमी करण्यासाठी मिश्रणामध्ये क्रायोलाइट (Na_3AlF_6) आणि फ्ल्युअरस्पार (CaF_2) मिसळले जाते.



8.12 ॲल्युमिनिअमचे निष्कर्षण

विद्युतप्रवाह जाऊ दिल्यावर ऋणाग्रावर ॲल्युमिनिअम जमा होते. वितळलेले ॲल्युमिनिअम विद्युत अपघटनीपेक्षा जड असल्याने टाकीच्या तळाशी जमा होते. येथूनच ते वेळोवेळी काढून घेतले जाते. ऑक्सिजन वायू धनाग्रापाशी मुक्त होतो.

इलेक्ट्रोडवरील अभिक्रिया खालीलप्रमाणे होतात.

धनाग्र अभिक्रिया $2O^- \longrightarrow O_2 + 4e^-$ (ऑक्सिडीकरण)

ऋणाग्र अभिक्रिया $Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al(l)$ (क्षपण)

मुक्त झालेल्या ऑक्सिजन वायूची कार्बन ऋणाग्राशी अभिक्रिया झाल्यावर कार्बन डायऑक्साइड वायू तयार होतो. ॲल्युमिनाचे विद्युत अपघटन होताना धनाग्राचे ऑक्सिडीकरण होत असल्याने वेळोवेळी ते बदलण्यात येतात.

आ. मध्यम अभिक्रियाशील धातूंचे निष्कर्षण

1. मध्यम अभिक्रियाशीलतेचे धातू कोणते ?
2. मध्यम अभिक्रियाशीलतेचे धातू निसर्गत: कोणत्या स्वरूपात आढळतात ?

अभिक्रियाशीलता श्रेणीच्या मध्यभागी असलेले धातू जसे लोखंड, जस्त, शिसे, तांबे हे मध्यम क्रियाशील असतात. हे धातू निसर्गत: साधारणपणे सल्फाइड क्षारांच्या किंवा कार्बोनेट क्षारांच्या रूपात आढळतात.

धातूच्या सल्फाइड किंवा कार्बोनेटपेक्षा त्यांच्या ऑक्साइडपासून धातू मिळवणे सोपे असते म्हणून सल्फाइड धातुके अतिरिक्त हवेमध्ये तीव्रपणे तापवून त्यांचे ऑक्साइडमध्ये रूपांतर केले जाते. या प्रक्रियेस **भाजणे** (Roasting) असे म्हणतात. कार्बोनेट धातुके मर्यादित हवेत तीव्रपणे तापवून ऑक्साइडमध्ये रूपांतरित करतात. ह्या प्रक्रियेस **निस्तापन** (Calcination) म्हणतात.जस्ताच्या धातुकाचे भाजणे आणि निस्तापन होताना खालील रासायनिक अभिक्रिया होतात.

भाजणे $2ZnS + 3O_2 \longrightarrow 2ZnO + 2SO_2\uparrow$

निस्तापन $ZnCO_3 \longrightarrow ZnO + CO_2\uparrow$

यानंतर मिळालेल्या झिंक ऑक्साइडचे कार्बनसारख्या योग्य क्षपणकाचा वापर करून झिंक (जस्त) मिळवतात.

$$ZnO + C \longrightarrow Zn + CO \uparrow$$

धातूच्या ऑक्साइडचे क्षपण करून धातू मिळवण्यासाठी कार्बन व्यतिरिक्त सोडीअम, कॅल्शिअम, ॲल्युमिनिअम यांसारख्या अभिक्रियाशील धातूंचासुद्‌धा क्षपणक म्हणून वापर करतात. कारण हे धातू मध्यम अभिक्रियाशील धातूला त्याच्या संयुगांपासून विस्थापित करतात. उदाहरणार्थ, जेव्हा मँगेनिज डायऑक्साइड हे ॲल्युमिनिअमच्या भुकटीबरोबर प्रज्वलित केल्यावर तेव्हा खालील अभिक्रिया घडते.

$$3\ MnO_2 + 4\ Al \longrightarrow 3Mn + 2\ Al_2O_3 + \text{उष्णता}$$

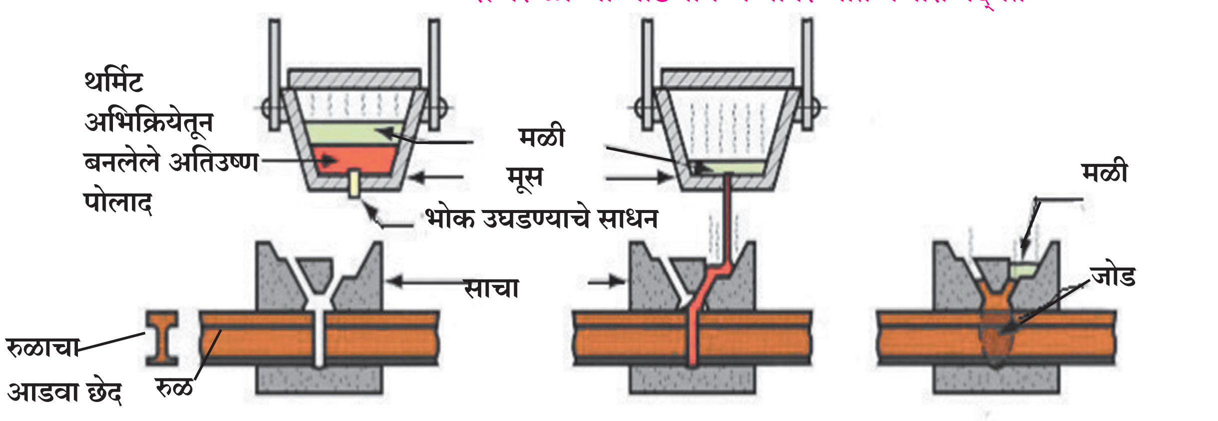
वरील अभिक्रियेत ज्यांचे ऑक्सिडीकरण आणि क्षपण झाले आहे असे पदार्थ ओळखा.

वरील अभिक्रियेच्या दरम्यान बाहेर पडलेली उष्णता इतक्या जास्त प्रमाणात असते की, धातू वितळलेल्या स्थितीत तयार होतो. असेच दुसरे उदाहरण म्हणजे थर्मिट अभिक्रिया होय. यामध्ये आयर्न ऑक्साइडची ॲल्युमिनिअमबरोबर अभिक्रिया होऊन लोह आणि ॲल्युमिनिअम ऑक्साइड तयार होते.

$$Fe_2O_3 + 2Al \longrightarrow 2Fe + Al_2O_3 + \text{उष्णता}$$

माहीत आहे का तुम्हांला ?

रेल्वेरूळांच्या जोडणीमध्ये वापरण्यात येणारी पद्‌धत



8.13 थर्मिट जोडकाम (वेल्डींग)

इ. कमी अभिक्रियाशील धातूंचे निष्कर्षण

अभिक्रियाशीलता श्रेणीच्या तळाशी असणारे धातू अतिशय कमी अभिक्रियाशील असतात. म्हणूनच ते निसर्गात बहुधा मुक्तावस्थेत आढळतात. उदाहरणार्थ; सोने, चांदी, प्लॅटीनम. मुक्तावस्थेतील तांब्याचे साठे आता फारसे उरलेले नाहीत. आता तांबे हे प्रामुख्याने Cu_2S च्या स्वरूपात आढळते. Cu_2S या धातुकाला केवळ हवेत उष्णता दिल्यास तांबे मिळवता येते.

$$2Cu_2S + 3O_2 \longrightarrow 2\ Cu_2O + 2SO_2 \uparrow$$

$$2\ Cu_2O + Cu_2S \longrightarrow 6Cu + SO_2 \uparrow$$

माहिती मिळवा. सिनाबार (HgS) या पाऱ्याच्या धातुकापासून पारा कसा मिळवतात याची माहिती मिळवा आणि संबंधित रासायनिक अभिक्रिया लिहा.

3. धातूंचे शुद्‌धीकरण

वरील विविध क्षपण पद्‌धतीने मिळालेले धातू फार शुद्‌ध नसतात. त्यांच्यामध्ये अशुद्‌धी असते. शुद्‌ध धातू मिळवण्यासाठी ही अशुद्‌धी वेगळी करावी लागते. अशुद्‌ध धातूंपासून शुद्‌ध धातू मिळवण्यासाठी विद्‌युत अपघटनाची पद्‌धत वापरतात.

धातूंचे क्षरण (Corrossion of metals)

थोडे आठवा.

1. क्षरण म्हणजे काय ?
2. तुम्ही कधी खालील गोष्टींचे निरीक्षण केले आहे का ?

इमारतीचे जुने लोखंडी गज, बराच काळ स्वच्छ न केलेली तांब्याची भांडी, बराच काळ हवेच्या संपर्कात असलेले चांदीचे दागिने अथवा मूर्ती, जुनी टाकाऊ वाहने.

विचार करा.

1. हवेत ठेवल्यावर कालांतराने चांदीच्या वस्तू काळपट तर तांब्याची भांडी हिरवट का होतात ?
2. शुद्ध सोने व प्लॅटिनम नेहमीच चकाकत का असतात ?

लोखंडी वस्तू गंजण्यामुळे मोठ्या प्रमाणावर आर्थिक नुकसान होते. त्यामुळे लोखंडाचे क्षरण म्हणजे गंजणे ही प्रमुख समस्या आहे.

1. लोखंडाची दमट हवेबरोबर अभिक्रिया होऊन त्यावर व एक तांबूस पदार्थाचा थर ($Fe_2O_3.H_2O$) जमा होतो. या पदार्थास गंज (Rust) म्हणतात.
2. तांब्याच्या भांड्याच्या पृष्ठभागावर दमट हवेतील कार्बन डायऑक्साइडची अभिक्रिया होते.या अभिक्रियेत तांब्यावर कॉपर कार्बोनेटचा ($CuCO_3$) हिरवा थर जमा झाल्यामुळे तांब्याची चकाकी जाते. यालाच तांब्याचे कळकणे (Patination) म्हणतात.
3. चांदीच्या वस्तूंचा हवेशी संपर्क आल्यास कालांतराने त्या वस्तू काळ्या पडतात, कारण हवेतील हायड्रोजन सल्फाईडशी चांदीची अभिक्रिया होऊन सिल्व्हर सल्फाइडचा(Ag_2S) थर तयार होतो.
4. ॲल्युमिनिअमचे ऑक्सिडीकरण होऊन त्याच्यावर ॲल्युमिनिअम ऑक्साइडचा पातळ थर तयार होतो.

काळे पडलेले भांडे

गंजलेला साखळदंड

३०० वर्षापूर्वी तांब्यापासून बनविलेला स्वातंत्र्यदेवीचा पुतळा हिरवट रंगाचा झाला आहे.

8.14 क्षरणाचे परिणाम

क्षरण प्रतिबंध (Prevention of corrosion)

सांगा पाहू !

1. धातूंपासून बनविलेल्या वस्तूंचे क्षरण थांबविण्यासाठी अथवा क्षरण प्रक्रिया पूर्णपणे सुरु होऊ न देण्यासाठी तुम्ही कोणते उपाय सुचवाल ?

2. तुमच्या घरातील लोखंडी खिडक्या, लोखंडी दरवाजा यांच्यासारख्या अन्य साहित्यावर गंज चढू नये यासाठी काय केले जाते ?

धातूंचे गंजण्यापासून संरक्षण करण्यासाठी विविध पद्धती वापरल्या जातात. जवळपास सर्वच पद्धतींमध्ये लोखंड गंजू नये याकडे विशेष लक्ष देण्यात येते. लोखंड गंजण्याच्या प्रक्रियेचा दर आपण कमी करू शकतो. धातूंचा हवेशी संपर्क तोडल्यास धातूंचे क्षरण रोखता येते. हा क्षरण प्रतिबंध विविध मार्गांनी करता येतो त्यापैकी काही पद्धती पुढीलप्रमाणे आहेत.

1. धातूंच्या पृष्ठभागावर अशा एखाद्या पदार्थाचा थर बसवणे की, ज्यामुळे हवेतील बाष्प आणि ऑक्सिजन यांचा धातूंशी संपर्क रोखला जाऊन त्यांच्यामध्ये अभिक्रिया होणार नाही.
2. धातूंच्या पृष्ठभागावर रंग, तेल, ग्रीस किंवा वॉर्निश यांचा थर लावून धातूंचे क्षरण रोखणे. उदाहरणार्थ लोखंडाचे क्षरण या पद्धतीने रोखता येते.

जरा डोके चालवा.

आपण लोखंडाच्या वस्तूच्या पृष्ठभागावर रंगाचा थर देऊन त्या वस्तूच्या गंजण्याला कायमस्वरूपी प्रतिबंध करू शकतो का?

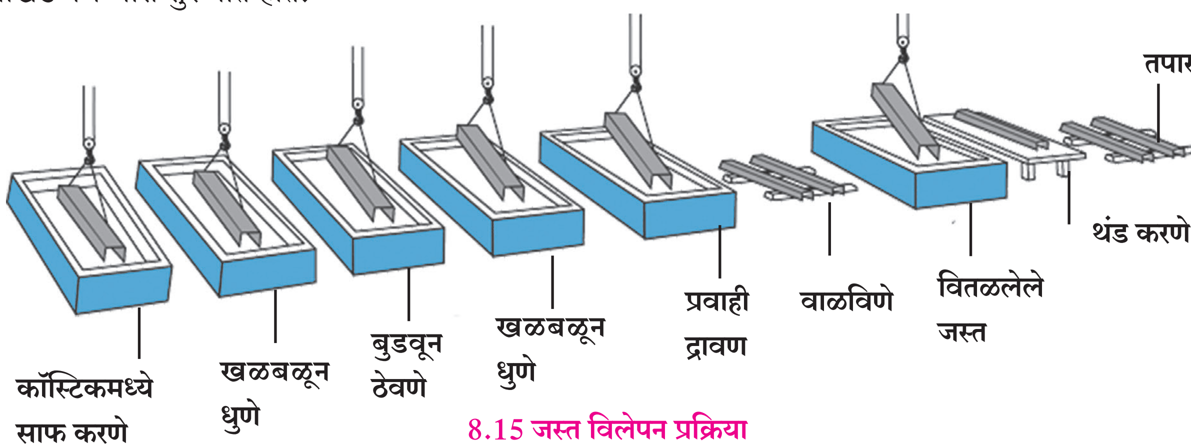
आपण रंग देऊन वस्तूंचे गंजण्यापासून कायमस्वरूपी संरक्षण करू शकत नाही. रंग देण्याची पद्धत काही कालावधीसाठी ठीक आहे. वस्तूच्या पृष्ठभागाला दिलेल्या रंगाला जर एखादा ओरखडा पडला आणि थोडा देखील धातूचा पृष्ठभाग हवेच्या संपर्कात आला तर गंज निर्माण होण्याची प्रक्रिया त्या रंगाच्या थराखाली सुरू होते.

लोखंडाचे नवीन पत्रे चमकताना का दिसतात?

क्षरणक्षम धातूवर अक्षरणक्षम धातूंचा थर चढवल्यामुळे क्षरण रोखता येते. हे अनेक प्रकारे करता येते.

1. जस्त विलेपन (Galvanizing)

या पद्धतीत लोखंड किंवा पोलादाचे क्षरण रोखण्यासाठी त्यावर जस्ताचा पातळ थर देण्यात येतो. उदाहरणार्थ, चकाकणारे लोखंडी खिळे, टाचण्या इत्यादी. या पद्धतीत जस्त लोखंडापेक्षा जास्त विद्युतधन आहे त्यामुळे त्याचे क्षरण आधी होते. काही पावसाळ्यांच्या कालावधीनंतर जस्ताचा थर निघून जातो आणि आतील लोखंड उघडे पडते. यावेळी लोखंड गंजण्यास सुरूवात होते.



8.15 जस्त विलेपन प्रक्रिया

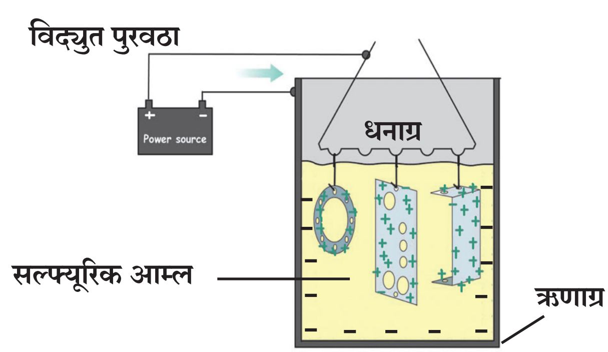
2. कथिलीकरण (Tinning)

या पद्धतीत वितळलेल्या कथिलाचा थर धातूंवर चढविण्यात येतो. यालाच आपण कल्हई करणे असे म्हणतो. तांब्याच्या आणि पितळेच्या भांड्यावर क्षरणामुळे हिरवट रंगाचा थर जमा होतो. हा हिरवट रंगाचा थर विषारी असतो. अशा भांड्यांमध्ये ताक, कढी किंवा आमटी ठेवल्यास ती कळकते.हे सर्व टाळण्यासाठीच कथिलीकरण केले जाते.

3. धनाग्रीकरण (Anodization)

या पद्धतीत तांबे, ॲल्युमिनिअम यांसारख्या धातूंवर विद्युत अपघटनाद्वारे त्यांच्या ऑक्साइडचा पातळ, मजबूत असा लेप देतात. यासाठी तांबे किंवा ॲल्युमिनिअमची वस्तू धनाग्र म्हणून वापरतात. हा ऑक्साइडचा लेप पृष्ठभागावर सर्वत्र एकसारखा असल्याने धातूंचे क्षरण रोखण्यासाठी उपयोगी पडतो.

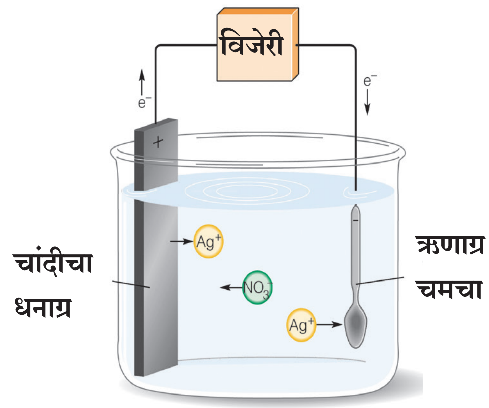
उदाहरणार्थ; जेव्हा ॲल्युमिनिअमचे धनाग्रीकरण करतात तेव्हा त्यावर तयार झालेल्या ॲल्युमिनिअम ऑक्साइडच्या पातळ थरामुळे त्याच्या खालील ॲल्युमिनिअमचा ऑक्सिजन आणि पाणी यांच्याशी संपर्क रोखला जातो. यामुळे पुढील ऑक्सिडीकरण रोखले जाते. धनाग्रीकरण करताना ऑक्साइडचा थर अधिक जाड करून हे संरक्षण अधिक वाढविता येते.



8.16 धनाग्रीकरण

4. **विद्युत विलेपन (Electeroplating)**

या पद्धतीमध्ये विद्युत अपघटनाद्वारे कमी अभिक्रियाशील धातूचा जास्त अभिक्रियाशील धातूवर थर देण्यात येतो. चांदी विलेपित चमचे, सोने विलेपित दागिने ही विद्युत विलेपनाची उदाहरणे आहेत.



8.17 विद्युत विलेपन

5. **संमिश्रीकरण (Alloying)**

सध्या वापरात असलेले बहुसंख्य धातुरूप पदार्थ हे संमिश्र स्वरूपात असतात. यामागचा महत्त्वाचा हेतू म्हणजे धातूंची क्षरण पावण्याची तीव्रता कमी करणे. एका धातूमध्ये ठराविक प्रमाणात इतर धातू किंवा अधातू मिसळून तयार होणाऱ्या एकजिनसी मिश्रणास संमिश्र म्हणतात. उदाहरणार्थ, ब्रॉन्झ हे 90 % तांबे व 10 % कथील यांच्यापासून तयार केलेले संमिश्र आहे. ब्रॉन्झचे पुतळे उन्हा पावसातही चांगले राहतात, हवा-पाण्याने डाग न पडणारे व न गंजणारे स्टील हे 74 % लोह, 18% क्रोमिअम व 8 % कार्बन यांच्यापासून तयार केलेले संमिश्र आहे. याप्रमाणेच आजकाल नाणी बनविण्यासाठी विशिष्ट प्रकारची संमिश्रे तयार केली जातात.

8.18 विविध नाणी

माहीत आहे का तुम्हांला ?

संमिश्रामध्ये एक धातू जेव्हा पारा हा असतो तेव्हा त्यास पारदसंमिश्र (Amalgam) असे म्हणतात. सोडीअम अमाल्गम, झिंक अमाल्गम इत्यादी. रजत पारद संमिश्राचा उपयोग बहुतकरून दंतवैद्य करतात. सुवर्ण पारद्संमिश्राचा उपयोग सोन्याच्या निष्कर्षणासाठी केला जातो.

माहिती मिळवा.

1. दैनंदिन वापरातील विविध संमिश्रे कोणती आहेत ? त्यांचा कोठे वापर केला जातो ?
2. नाणी बनवण्यासाठी वापरावयाच्या संमिश्राला कोणते गुणधर्म असणे आवश्यक आहे ?

स्वाध्याय

1. **नावे लिहा.**

अ. सोडीअमचे पाऱ्यासोबतचे संमिश्र

आ. ॲल्युमिनिअमच्या सामान्य धातुकाचे रेणूसूत्र

इ. आम्ल आणि आम्लारी या दोन्हींबरोबर अभिक्रिया करून क्षार आणि पाणी तयार करणारे ऑक्साईड

ई. धातुक भरडण्यासाठी वापरण्यात येणारे साधन

उ. विद्युत सुवाहक अधातू

ऊ. राजधातूंना विरघळवणारे अभिक्रियाकारक

2. **पदार्थ व गुणधर्म यांच्या जोड्या लावा.**

पदार्थ	गुणधर्म
अ. KBr	1. ज्वलनशील
आ. सोने	2. पाण्यात विद्राव्य
इ. गंधक	3. रासायनिक अभिक्रिया नाही
इ. निऑन	4. उच्च तन्यता

3. **खाली दिलेल्या धातूंच्या धातुकांची जोडी ओळखा.**

अ गट	**ब गट**
अ. बॉक्साईट	1. पारा
आ. कॅसिटराईट	2. ॲल्युमिनिअम
इ. सिनाबार	3. कथिल

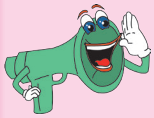
4. **संज्ञा स्पष्ट करा.**
   अ. धातुविज्ञान आ. धातुके
   इ. खनिजे ई. मृदा अशुद्धी
5. **शास्त्रीय कारणे लिहा.**
   अ. हिरवी पडलेली तांब्याची भांडी स्वच्छ करण्यासाठी लिंबू किंवा चिंच वापरतात.
   आ. साधारणपणे आयनिक संयुगाचे द्रवणांक उच्च असतात.
   इ. सोडीअम हा कायम रॉकेलमध्ये ठेवतात.
   ई. फेनतरणात पाईन वृक्षाचे तेल वापरले जाते.
   उ. ॲल्युमिनाच्या विद्युत अपघटनामध्ये वेळोवेळी धनाग्र बदलण्याची आवश्यकता असते.
6. **तांब्याचे नाणे सिल्व्हर नायट्रेटच्या द्रावणात बुडविले असता, थोड्या वेळाने त्या नाण्यावर चकाकी दिसते. असे का घडते? रासायनिक समीकरण लिहा.**
7. **'अ' या धातूचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2,8,1 आहे आणि 'ब' या धातूचे इलेक्ट्रॉन संरुपण 2, 8, 8, 2 आहे. या दोन धातूंपैकी कोणता धातू हा अधिक अभिक्रियाशील आहे. त्यांची विरल HCl आम्लासोबत होणारी अभिक्रिया लिहा.**
8. **नामनिर्देशित आकृती काढा.**
   अ. चुंबकीय विलगीकरण
   आ. फेनतरण पद्धत
   इ. ॲल्युमिनाचे विद्युत अपघटन
   ई. जलशक्तीवर आधारीत विलगीकरण
9. **खालील घटनांसाठी रासायनिक समीकरणे लिहा.**
   अ. ॲल्युमिनिअमचा हवेशी संपर्क आला
   आ. लोखंडाचा चुरा/भुकटी कॉपर सल्फेटच्या जलीय द्रावणात टाकली
   इ. फेरीक ऑक्साइडची ॲल्युमिनिअमबरोबर अभिक्रिया घडवून आणली.
   ई. ॲल्युमिनाचे विद्युत अपघटन केले
   उ. झिंक ऑक्साइड हे विरल हायड्रोक्लोरीक आम्लामध्ये विरघळविले
10. **खालील विधान प्रत्येक पर्यायानुसार पूर्ण करा.**
   ॲल्युमिनिअमच्या निष्कर्षणात.....
   अ. बॉक्साईटमध्ये असलेले घटक, मृदा अशुद्धी
   आ. धातुकाच्या संहतीकरणात अपक्षालणाचा उपयोग
   इ. बॉक्साइटचे हॉलच्या पद्धतीने ॲल्युमिनामध्ये रूपांतर करण्याची रासायनिक अभिक्रिया
   ई. ॲल्युमिनिअमच्या धातुकास संहत कॉस्टिक सोड्याबरोबर उष्णता देणे
11. **Cu, Zn, Ca, Mg, Fe, Na, Li या धातूंची विभागणी क्रियाशील, मध्यम क्रियाशील व कमी क्रियाशील अशा तीन गटांमध्ये करा.**

उपक्रम :

धातूंची भांडी आणि धातूच्या विविध वस्तू यांचा संग्रह करा. प्रयोगशाळेत शिक्षकांच्या मार्गदर्शनाखाली त्यांना चकाकी कशी देता येईल यासंदर्भात कृती लिहा.

H8AVAJ

9. कार्बनी संयुगे



- कार्बनी संयुगांमधील बंध
- हायड्रोकार्बन, क्रियात्मक गट व समजातीय श्रेणी
- कार्बनी संयुगांचे रासायनिक गुणधर्म
- कार्बन : एक आगळेवेगळे मूलद्रव्य
- कार्बनी संयुगांचे नामकरण
- महारेणू व बहुवारिके

थोडे आठवा.

1. संयुगांचे प्रकार कोणते ?
2. अन्नपदार्थ, धागे, कागद, औषधे, लाकूड, इंधने या नेहमीच्या वापरातील वस्तू अनेकविध संयुगांच्या बनलेल्या आहेत. या संयुगांमध्ये सामाईक असलेली घटकमूलद्रव्ये कोणती ?
3. कार्बन हे मूलद्रव्य आवर्तसारणीत कोणत्या गणात आहे ? कार्बनचे इलेक्ट्रॉन संरूपण लिहा. कार्बनची संयुजा किती ?

आपण मागील इयत्तांमध्ये पाहिले की सेंद्रिय संयुगे व असेंद्रिय संयुगे हे संयुगांचे दोन महत्वाचे प्रकार आहेत. धातू व काच/माती यांच्यापासून बनलेल्या वस्तू सोडल्या तर अन्नपदार्थांपासून ते इंधनांपर्यंत अनेकविध वस्तू या सेंद्रिय संयुगांपासून बनलेल्या असतात. सर्व सेंद्रिय संयुगांमधील अत्यावश्यक मूलद्रव्य म्हणजे कार्बन होय. सुमारे 200 वर्षांपूर्वी असे मानत की सेंद्रिय संयुगे प्रत्यक्ष किंवा अप्रत्यक्षपणे सजीवांपासूनच मिळतात. परंतु प्रयोगशाळेत असेंद्रिय संयुगापासून युरिआ या सेंद्रिय संयुगाची निर्मिती झाल्यानंतर कार्बनी संयुगे अशी सेंद्रिय संयुगांची नवी ओळख तयार झाली. कार्बन हे घटकमूलद्रव्य असलेल्या सर्व संयुगांना कार्बनी संयुगे म्हणतात. मात्र त्याला अपवाद असलेली कार्बन डायऑक्साइड, कार्बन मोनॉक्साइड, कार्बाइड क्षार, कार्बोनेट क्षार व बायकार्बोनेट क्षार ही कार्बनची असेंद्रिय संयुगे आहेत.

कार्बनी संयुगांमधील बंध (Bonds in Carbon compounds)

मागील प्रकरणात तुम्ही आयनिक संयुगांचे गुणधर्म समजून घेतले. तुम्ही पाहिले की आयनिक संयुगांचे द्रवणांक व उत्कलनांक उच्च असतात आणि वितळलेल्या व द्रावण स्थितीत आयनिक संयुगे विद्युतवाहक असतात. तसेच आयनिक संयुगांचे हे गुणधर्म त्यांच्यातील आयनिक बंधांच्या आधारे स्पष्ट होतात हेही तुम्ही पाहिले. तक्ता क्र.9.1 मध्ये काही कार्बनी संयुगांचे द्रवणांक व उत्कलनांक दिले आहेत. आयनिक संयुगांच्या तुलनेत ही मूल्ये जास्त आहेत की कमी ?

सामान्यतः कार्बनी संयुगांचे उत्कलनांक 300 ^{0}C पेक्षा कमी असल्याचे आढळते. यावरून लक्षात येते की कार्बनी संयुगांमध्ये आंतररेण्वीय आकर्षण बल क्षीण आहे.

मागील इयत्तेत तुम्ही विविध द्रावणांचा विद्युतवाहकतेचे परीक्षण केले तेव्हा ग्लूकोज व युरिआ या कार्बनी संयुगांना विद्युतवाहकता नाही हे दिसले. सर्वसाधारणपणे बरीच कार्बनी संयुगे विद्युतची दुर्वाहक असल्याचे दिसून येते. यावरून लक्षात येते की बहुतांश कार्बनी संयुगांच्या संरचनेमध्ये आयनिक बंधाचा अभाव आहे. याचा अर्थ असा होतो की कार्बनी संयुगांमधील रासायनिक बंधांमुळे आयनांची निर्मिती होत नाही.

संयुग	द्रवणांक ^{0}C	उत्कलनांक ^{0}C
मीथेन (CH_4)	- 183	- 162
इथेनॉल (C_2H_5OH)	- 117	78
क्लोरोफॉर्म ($CHCl_3$)	- 64	61
असेटिक आम्ल (CH_3COOH)	17	118

9.1 काही कार्बनी संयुगांचे द्रवणांक व उत्कलनांक

सांगा पाहू !

1. रासायनिक बंध म्हणजे काय ?
2. मूलद्रव्याचा एक अणू जितके रासायनिक बंध तयार करतो त्या संख्येला काय म्हणतात ?
3. रासायनिक बंधांचे दोन महत्वाचे प्रकार कोणते ?

मागील इयत्तांमध्ये तुम्ही मूलद्रव्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण व संयुजा यांच्यातील सहसंबंध तसेच आयनिक व सहसंयुज बंध यांच्याविषयी अभ्यास केला आहे. कार्बन अणूचे इलेक्ट्रॉन संरूपण व तयार होणारे सहसंयुज बंध यांच्या संदर्भातील पार्श्वभूमी पाहू. (तक्ता 9.2 पहा.)

कार्बन अणू	इलेक्ट्रॉन संरूपण	संयुजा कवचातील इलेक्ट्रॉन संख्या	नजिकचा राजवायू व इलेक्ट्रॉन संरूपण	
			He	Ne
$_6C$	2, 4	4	2	2,8

9.2 कार्बनचे बंध तयार होण्याची पार्श्वभूमी

तुम्ही हे पाहिले आहे की एखाद्या अणूला बंध तयार करण्यासाठी जी प्रेरक शक्ती असते ती म्हणजे नजिकच्या राजवायूचे स्थायी असे इलेक्ट्रॉन संरूपण गाठून स्थैर्य प्राप्त करणे. कार्बनच्या संयुजा कवचात 4 इलेक्ट्रॉन असल्याने राजवायू संरूपण गाठण्याकरिता कार्बनसाठी अनेक पर्यायी मार्ग असू शकतात.

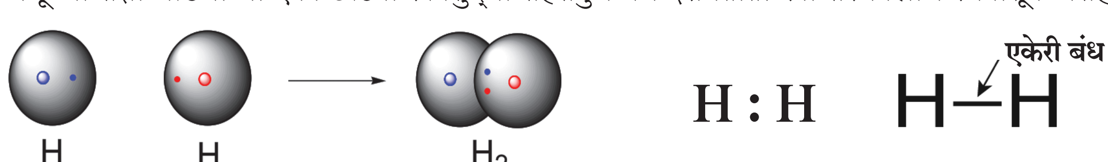
(i) संयुजा कवचातील एका मागून एक असे चारही इलेक्ट्रॉन गमावून हेलिअम (He) या राजवायूचे संरूपण गाठणे : या पद्धतीमध्ये प्रत्येक इलेक्ट्रॉन गमावताना अणूवरील निव्वळ धनप्रभार वाढत जातो. त्यामुळे पुढचा इलेक्ट्रॉन गमावताना आधीपेक्षा जास्त ऊर्जा लागून ते काम आणखी आणखी अवघड होत जाते. शिवाय या प्रक्रियेत अंतिमतः तयार होणाऱ्या C^{4+} या धन आयनाला राजवायू संरूपण असून सुद्धा त्याच्या लहान आकारमानावर असलेल्या निव्वळ उच्च प्रभारामुळे तो अस्थायी ठरतो. त्यामुळे कार्बन अणू राजवायू संरूपण गाठण्यासाठी हा मार्ग घेत नाही.

(ii) संयुजा कवचामध्ये एका मागून एक याप्रमाणे चार इलेक्ट्रॉन स्वीकारून निऑन (Ne) ह्या राजवायूचे स्थायी संरूपण गाठणे : या पद्धतीमध्ये प्रत्येक नवा इलेक्ट्रॉन स्वीकारताना कार्बन अणूवरील निव्वळ ऋणप्रभार वाढत जातो. यामुळे पुढचा इलेक्ट्रॉन स्वीकारताना वाढीव प्रतिकर्षण बलावर मात करण्यासाठी जास्त ऊर्जा लागून ते काम आणखी आणखी अवघड होत जाते. शिवाय या प्रक्रियेत अंतिमतः तयार होणारा C^{4-} हा ऋण आयन हा त्याला राजवायू संरूपण असून सुद्धा अस्थायी असतो कारण यात केंद्रकावरील +6 या धनप्रभारासाठी भोवतालच्या10 इलेक्ट्रॉनांना धरून ठेवणे अवघड जाते तसेच C^{4-} हा ऋण आयन लहान आकारमानावरील निव्वळ उच्च प्रभारामुळे अस्थायी ठरतो. त्यामुळे राजवायू संरूपण गाठण्यासाठी कार्बन अणू हा मार्ग घेत नाही.

(iii) संयुजा कवचातील चार इलेक्ट्रॉनांचे इतर अणूंच्या चार संयुजा इलेक्ट्रॉनांबरोबर संदान (sharing) करून निऑनचे संरूपण गाठणे : या पद्धतीमध्ये दोन अणू एकमेकांबरोबर संयुजा इलेक्ट्रॉनांचे संदान करतात. दोन्ही अणूंच्या संयुजा कवचांचे परस्परव्यापन होऊन त्यामध्ये कवचांचे संदान झालेले इलेक्ट्रॉन सामावतात. त्यामुळे प्रत्येक अणू राजवायू संरूपण गाठतो व कोणत्याच अणूवर निव्वळ विद्युतप्रभार निर्माण होत नाही, म्हणजेच अणू विद्युतदृष्ट्या उदासीन राहतात या सर्व बाबींमुळे अणू स्थायित्व प्राप्त करतात. त्यामुळे राजवायू संरूपण गाठण्यासाठी कार्बन अणू हा मार्ग घेतो.

दोन अणूंमध्ये दोन संयुजा इलेक्ट्रॉनांच्या संदानाने जो रासायनिक बंध तयार होतो त्याला सहसंयुज बंध म्हणतात.

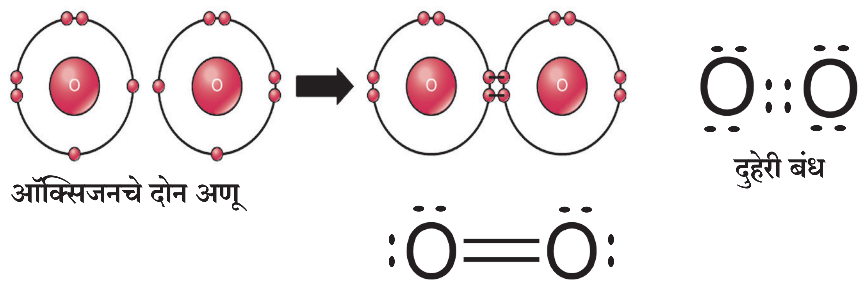
सहसंयुज बंधाचे रेखाटन स्पष्टपणे करण्यासाठी इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना काढतात. या पद्धतीत अणूच्या संज्ञेभोवती वर्तुळ काढून त्यात प्रत्येक संयुजा इलेक्ट्रॉन ठिपक्याने किंवा फुलीने दर्शवतात. एका अणूने दुसऱ्या अणूबरोबर केलेला सहसंयुज बंध दर्शवण्यासाठी दोन्ही अणूंच्या संज्ञांभोवतीची वर्तुळे एकमेकांना छेदतात असे दर्शवतात. छेदणाऱ्या वर्तुळांच्या परस्परव्यापन झालेल्या भागात संदान केलेले इलेक्ट्रॉन ठिपका किंवा फुलीच्या सहाय्याने दर्शवतात. संदान केलेल्या इलेक्ट्रॉनांची एक जोडी म्हणजे एक सहसंयुज बंध होय. वर्तुळ न रेखाटता सुद्धा ठिपका संरचना काढतात. तसेच दोन अणूंच्या संज्ञा जोडणाऱ्या एका छोट्या रेषेनेसुद्धा सहसंयुज बंध दर्शवतात. रेषा संरचनेलाच रचनासूत्र असेही म्हणतात.



9.3 हायड्रोजन रेणूची इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना व रेषा संरचना व एकेरी बंध

सहसंयुज बंधाने तयार होणाऱ्या रेणूचे सर्वात साधे उदाहरण म्हणजे हायड्रोजन रेणू प्रथम पाहू. तुम्ही आधीच पाहिले आहे की हायड्रोजनचा अणुअंक 1 असल्याने त्याच्या अणूमध्ये K कवचात 1 इलेक्ट्रॉन असतो. K कवच पूर्ण भरून हेलिअम (He) चे संरूपण गाठण्यासाठी त्याला आणखी एका इलेक्ट्रॉनची गरज असते. ती भागवण्यासाठी दोन हायड्रोजन अणू त्यांचे इलेक्ट्रॉन एकमेकांमध्ये संदान करतात व H_2 हा हायड्रोजनचा रेणू तयार होतो. दोन हायड्रोजन अणूंमध्ये दोन इलेक्ट्रॉनांच्या संदानाने एक सहसंयुज बंध म्हणजे एकेरी बंध तयार होतो. (पहा आकृती 9.3)

दोन ऑक्सीजन अणूंच्या रासायनिक संयोगाने O_2 हा रेणू तयार होतो तर दोन नायट्रोजन अणूंच्या रासायनिक संयोगाने N_2 हा रेणू तयार होतो. या दोन्ही रेणूंच्या संरचनांचे इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना पद्धतीने रेखाटन केल्यावर स्पष्ट होते की O_2 रेणूमध्ये दोन ऑक्सीजन अणू एकमेकांना दोन सहसंयुज बंधांनी म्हणजेच दुहेरी बंधाने जोडलेले आहेत, तर N_2 मध्ये दोन नायट्रोजन अणू एकमेकांना तीन सहसंयुज बंधांनी म्हणजेच तिहेरी बंधाने जोडलेले आहेत. (पहा आकृती 9.4)



9.4 दुहेरी बंध व तिहेरी बंध

जरा डोके चालवा.

1. क्लोरीनचा अणुअंक 17 आहे. क्लोरीन अणूच्या संयुजा कवचातील इलेक्ट्रॉनांची संख्या किती असेल ?
2. क्लोरीनचे रेणुसूत्र Cl_2 असे आहे. क्लोरीनच्या रेणूची इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना व रेषा संरचना यांचे रेखाटन करा.
3. पाण्याचे रेणुसूत्र H_2O आहे. या त्रिअणु-रेणूची इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना व रेषा संरचना काढा. (ऑक्सीजन अणूच्या इलेक्ट्रॉनसाठी ठिपका व हायड्रोजनच्या अणूंमधील इलेक्ट्रॉनसाठी फुली वापरा.)
4. अमोनिआचे रेणुसूत्र NH_3 आहे. अमोनिआसाठी इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना व रेषा संरचना काढा.

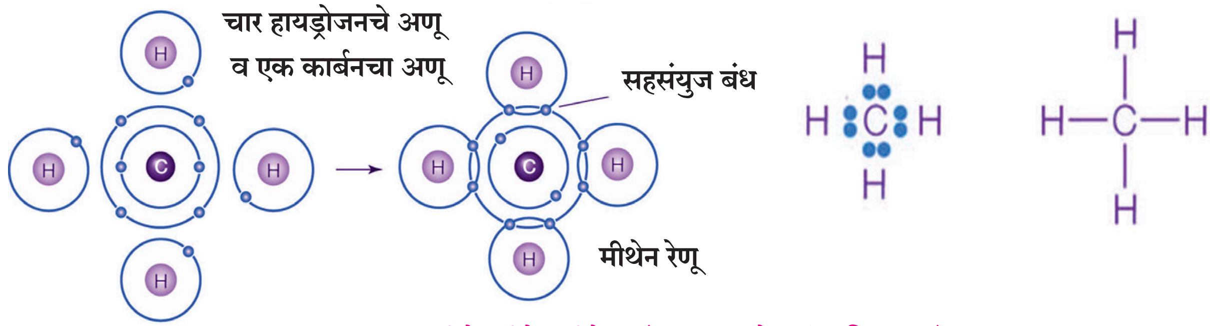
आता मीथेन (CH_4) या कार्बनी संयुगाचा विचार करू. मागील इयत्तेत तुम्ही मीथेनचा आढळ, गुणधर्म व उपयोग यांच्याविषयी थोडी माहिती घेतली आहे. आता मीथेन रेणूच्या संरचनेकडे पाहू. आपण आता पाहिले की चार संयुजा इलेक्ट्रॉनांच्या सहाय्याने कार्बन अणू चार सहसंयुज बंध तयार करून नजिकच्या निऑन (Ne) या राजवायूचे संरूपण गाठतो व स्थायित्व प्राप्त करतो. मीथेन इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना तसेच रेषा संरचना आकृती 9.5 मध्ये दाखविली आहे.

माहीत आहे का तुम्हांला ?

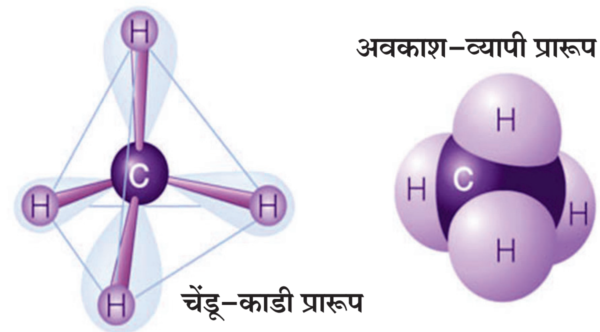
कार्बनी संयुगांच्या संरचना समजून घेण्यासाठी विविध प्रकारच्या प्रारूपांचा उपयोग करतात. आकृती 9.6 मध्ये मीथेन रेणूची 'चेंडू-काडी' व 'अवकाश-व्यापी' अशी दोन प्रारूपे दाखविली आहेत.

जरा डोके चालवा.

1. कार्बन डाय ऑक्साइडचे रेणुसूत्र CO_2 आहे. यावरून त्याच्या इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना (वर्तुळ विरहित) व रेषा संरचना यांचे रेखाटन करा.
2. CO_2 मध्ये C अणू प्रत्येक O अणूशी कोणत्या बंधाने जोडलेला आहे ?
3. गंधकाचे रेणुसूत्र S_8 असून यात गंधकाचे आठ अणू एकमेकांना जोडून एक वलय तयार होते. S_8 साठी इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना (वर्तुळ विरहित) रेखाटा.



9.5 मीथेनची रेणूची रेषा संरचना व इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना



9.6 मीथेन रेणूची प्रारूपे

कार्बन : एक आगळेवेगळे मूलद्रव्य
(Carbon : A Versatile Element)

इतर काही मूलद्रव्यांप्रमाणे कार्बनचे अणू संयुजा इलेक्ट्रॉन संदान करून सहसंयुज बंध तयार करतात हे आपण पाहिले. तसेच आपण मिथेन या साध्या कार्बनी संयुगाची संरचना सुद्धा पाहिली. परंतु इतर मूलद्रव्यांपेक्षा कार्बनचे वेगळेपण असे आहे की कार्बनपासून बनणाऱ्या संयुगांची संख्या प्रचंड मोठी आहे. सुरुवातीस आपण पाहिले की धातू व काच/माती यांच्यापासून बनवलेल्या वस्तू वगळता इतर सर्व वस्तू कार्बनपासून बनलेल्या असतात. किंबहुना सर्व सजीव सृष्टी कार्बनच्या संयुगांची बनलेली आहे. आपले शरीरही कार्बनपासून बनलेले आहे. कार्बनपासून मिथेनसारख्या लहान साध्या रेणूपासून ते डी.एन्.ए. सारख्या महाप्रचंड रेणूपर्यंत लक्षावधी प्रकारचे रेणू बनतात. कार्बनी संयुगांच्या रेणुवस्तुमानांची व्याप्ती 10^{12} पर्यंत पसरलेली आहे. याचा अर्थ असा की कार्बनचे अणू मोठ्या संख्येने एकत्र येऊन प्रचंड मोठे रेणू तयार होतात. कार्बनला हा आगळावेगळा गुणधर्म कशामुळे प्राप्त होतो? कार्बनच्या सहसंयुज बंधाच्या वैशिष्ट्यपूर्ण स्वरूपामुळे कार्बन मोठ्या संख्येने संयुगे तयार करू शकतो. यामधून **कार्बनची वैशिष्ट्ये** लक्षात येतात ती अशी -

अ. कार्बनमध्ये दुसऱ्या कार्बन अणूंबरोबर प्रबळ सहसंयुज बंध तयार करण्याची अद्‌वितीय अशी क्षमता आहे ; त्यातून मोठे रेणू तयार होतात. कार्बन अणूच्या या गुणधर्माला शृंखलाबंधन शक्ती (Catenation power) म्हणतात. कार्बनी संयुगांमध्ये कार्बन अणूंच्या मुक्त शृंखला किंवा बद्‌ध शृंखला असतात. मुक्त शृंखला ही सरल शृंखला किंवा शाखीय शृंखला असू शकते. बद्‌ध शृंखला म्हणजे वलयाकार रचना. दोन कार्बन अणूंमधील सहसंयुज बंध प्रबळ असल्यामुळे स्थायी असतो व या स्थायी प्रबळ सहसंयुज बंधामुळे कार्बनला शृंखलाबंधन शक्ती प्राप्त होते.

आजमितीस ज्ञात कार्बन संयुगांची संख्या सुमारे 10 दशलक्ष आहे. ही संख्या इतर सर्व मूलद्रव्यांपासून बनणाऱ्या संयुगांच्या एकत्रित संख्येपेक्षा जास्त आहे. कार्बनी संयुगांच्या रेणुवस्तुमानांच्या व्याप्तीचे मान 10^{1} -10^{12} आहे. (पहा तक्ता 9.7)

जरा डोके चालवा.

1. हायड्रोजन पेरॉक्साइडचे पुढे दिलेल्या अभिक्रियेप्रमाणे आपोआप अपघटन होते.
   $$H-O-O-H \rightarrow 2\,H-O-H + O_2$$
   यावरून O-O या सहसंयुज बंधाच्या प्रबळतेविषयी काय अनुमान बांधाल?
2. वरील उदाहरणावरून ऑक्सीजनला मालिकाबंधन शक्ती आहे किंवा कसे ते सांगा.

कार्बनी संयुग	रेणुवस्तुमान
मीथेन CH_4 (सर्वात लहान कार्बनी संयुग)	16
स्वयंपाकाचा गॅस ($C_3H_8 + C_4H_{10}$)	44/58
बेंझीन (C_6H_6)	78
कापूर $C_{10}H_{16}O$	152
पेनिसिलीन $C_{16}H_{18}N_2O_4S$	334
साखर $C_{12}H_{22}O_{11}$	342
सोडिअम डोडेसाइल बेंझीन सल्फॉनेट (एक अपमार्जक)	347
मेद	~ 700
स्टार्च	~ 10^3
सेल्युलोज	~ 10^5
प्रथिन	~ 10^5
पॉलीएथिलीन	~ 10^6
डी.एन्.ए.	~ 10^{12}

9.7 कार्बनी संयुग आणि रेणुवस्तुमान

आ. दोन कार्बन अणूंमध्ये एक, दोन किंवा तीन सहसंयुज बंध तयार होऊ शकतात. यांनाच अनुक्रमे एकेरी बंध, दुहेरी बंध व तिहेरी बंध म्हणतात. एकेरी बंधाबरोबरच बहुबंध तयार करण्याच्या कार्बन अणूच्या क्षमतेमुळे कार्बन संयुगांची संख्या वाढली.

उदा. कार्बनचे दोन अणू असलेली ईथेन (CH_3 – CH_3), एथीन ($CH_2 = CH_2$) व ईथाइन ($CH \equiv CH$) अशी तीन संयुगे आहेत.

इ. चतु:संयुजी असल्याने एक कार्बन अणू इतर चार अणूंशी (कार्बन किंवा इतर) बंध तयार करू शकतो. यातून अनेक संयुगे निर्माण होतात. कार्बनचे ज्यांच्याशी बंध तयार झाले आहेत त्या अणूंप्रमाणे वेगवेगळे गुणधर्म त्या संयुगांना प्राप्त होतात. उदा. हायड्रोजन व क्लोरीन या दोन एकसंयुजी मूलद्रव्यांबरोबर कार्बनच्या एका अणूच्या वापराने पाच वेगवेगळी संयुगे तयार होतात : CH_4, CH_3Cl, CH_2Cl_2 , $CHCl_3$, CCl_4. अशाच प्रकारे कार्बन अणूंचे O, N, S, halogen, P इत्यादी मूलद्रव्यांच्या अणूंबरोबर सहसंयुज बंध तयार होऊन अनेक प्रकारची कार्बनी संयुगे मोठ्या संख्येने तयार होतात.

ई. कार्बनी संयुगांच्या संख्यावाढीला कारणीभूत असलेले आणखी एक वैशिष्ट्य कार्बनमध्ये आहे. ते म्हणजे 'समघटकता'. त्याविषयी लवकरच पाहू.

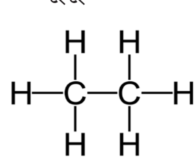
हायड्रोकार्बन : संपृक्त व असंपृक्त (Hydrocarbons: Saturated and Unsaturated)

कार्बनी संयुगांमध्ये अनेक मूलद्रव्यांचा समावेश असतो. बहुसंख्य कार्बनी संयुगांमध्ये हायड्रोजन या मूलद्रव्याचा समावेश कमी अधिक प्रमाणात असतो. ज्या संयुगांमध्ये केवळ कार्बन व हायड्रोजन ही दोनच मूलद्रव्ये असतात त्यांना हायड्रोकार्बन म्हणतात. हायड्रोकार्बन ही सर्वात साधी व मूलभूत कार्बनी संयुगे आहेत. सर्वात लहान हायड्रोकार्बन म्हणजे एक कार्बन अणू व चार हायड्रोजन अणू यांच्या संयोगाने झालेला मीथेन (CH_4). आपण मीथेनची संरचना आधीच पाहिली आहे. ईथेन हा आणखी एक हायड्रोकार्बन असून त्याचे रेणुसूत्र C_2H_6 आहे. हायड्रोकार्बनांची रेषा संरचना (रचनासूत्र) लिहिण्यातील पहिली पायरी म्हणजे रेणूमधील कार्बन अणू एकमेकांना एकेरी बंधांनी जोडणे व त्यानंतरच्या दुसऱ्या पायरीत चतु:संयुजी कार्बनच्या उरलेल्या संयुजांची पूर्तता करण्यासाठी रेणुसूत्रातील हायड्रोजन अणू वापरणे (आकृती 9.8 पहा). आकृती 9.9 मध्ये ईथेनची इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना दोन पद्धतींनी दर्शवली आहे.

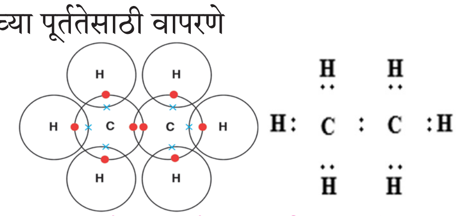
ईथेन : रेणुसूत्र C_2H_6

पायरी 1 : दोन कार्बन अणू एकेरी बंधाने जोडणे C – C

पायरी 2 : रेणूसूत्रातील 6 हायड्रोजन अणू दोन्ही कार्बन अणूंच्या चतु:संयुजेच्या पूर्ततेसाठी वापरणे



9.8 . ईथेनची रेषा संरचना/रचनासूत्र



9.9. इथेनची इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना

प्रोपेनचे रेणूसुत्र C_3H_8 आहे. त्यावरून प्रोपेनचे रचनासूत्र काढा.

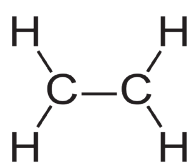
इथेन, प्रोपेन यांच्या रचनासूत्रांवरून दिसते की सर्व अणूंच्या संयुजांची पूर्तता एकेरी बंधांनी झालेली आहे. अशा संयुगांना संपृक्त संयुगे म्हणतात. इथेन, प्रोपेन हे संपृक्त हायड्रोकार्बन आहेत. संपृक्त हायड्रोकार्बनला 'अल्केन' असेही म्हणतात.

कार्बनचे दोन अणू असलेले आणखी दोन हायड्रोकार्बन आहेत, ते म्हणजे एथिन (C_2H_4) आणि ईथाइन (C_2H_2). एथिनचे रचनासूत्र (रेषा संरचना) लिहिण्याची पद्धती पाहू. (आकृती 9.10)

एथिन : रेणुसूत्र C_2H_4

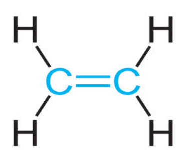
पायरी 1 : कार्बन अणू एकेरी बंधाने जोडणे $C - C$

पायरी 2 : रेणूमधील 4 हायड्रोजन कार्बन अणूंच्या चतु:संयुजेच्या पूर्ततेसाठी वापरणे

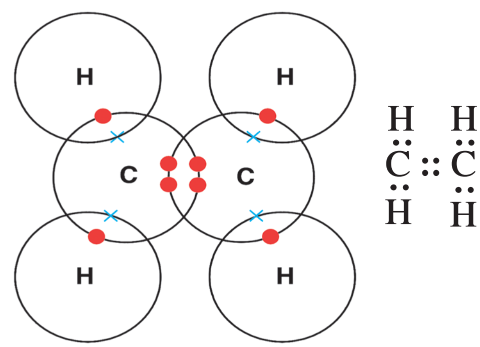


दोन्ही कार्बन अणूंच्या प्रत्येकी एका संयुजेची पूर्तता झालेली दिसत नाही.

पायरी 3 : दोन कार्बन अणूंमध्ये एकेरी बंधाऐवजी दुहेरी बंध काढून चतु:संयुजेची पूर्तता करणे.



9.10 एथिनची रेषा संरचना/रचना सूत्र



9.11 एथिनची इलेक्ट्रॉन ठिपका संरचना

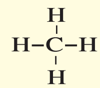
1. ईथाइनचे रेणुसूत्र C_2H_2 आहे. त्यावरून ईथाइनचे रचनासूत्र व इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना यांचे रेखाटन करा.
2. ईथाइनमधील दोन्ही कार्बन अणूंच्या चतु:संयुजेची पूर्तता करण्यासाठी त्यांच्यामध्ये किती बंध असणे आवश्यक आहे ?

ज्या कार्बनी संयुगांतील दोन कार्बन अणूंमध्ये दुहेरी किंवा तिहेरी बंध असतो त्यांना असंपृक्त संयुग म्हणतात. एथीन व ईथाइन हे असंपृक्त हायड्रोकार्बन आहेत. कार्बन-कार्बन दुहेरी बंध असलेल्या असंपृक्त हायड्रोकार्बनांना 'अल्कीन' म्हणतात. ज्यांच्या संरचनेमध्ये कार्बन-कार्बन तिहेरी बंध असतो अशा असंपृक्त हायड्रोकार्बनांना 'अल्काइन' असे म्हणतात. साधारणपणे असंपृक्त संयुगे ही संपृक्त संयुगांपेक्षा जास्त अभिक्रियाशील असतात.

कार्बन अणूंच्या सरलशृंखला, शाखीय शृंखला व वलये

मीथेन, ईथेन, प्रोपेन या संपृक्त हायड्रोकार्बनांच्या रचनासूत्रांची तुलना करून पाहू. या रचनासूत्रांवरून असे दिसते की रेणूच्या अंतर्भागात कार्बन अणू (एक किंवा एकमेकांना जोडलेले अनेक कार्बन अणू) आहेत व प्रत्येक कार्बन अणूला जोडलेले हायड्रोजन अणू हे रेणूच्या परिघाच्या भागात आहेत. अंतर्भागातील एकमेकांना जोडलेले कार्बन अणू म्हणजे जणू रेणूचा सांगाडाच होय. कार्बन अणूंच्या सांगाड्याने कार्बनी संयुगाच्या रेणूचा आकार निश्चित होतो.

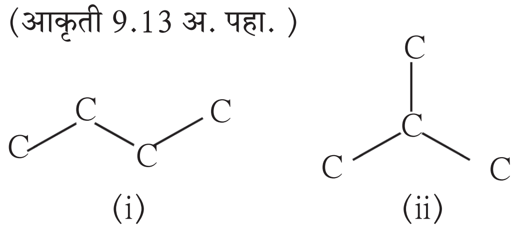
एका पुढे एक कार्बन अणू जोडत गेल्यास कार्बन अणूंची सरलशृंखला तयार होते. तक्ता 9.12 मध्ये पहिल्या स्तंभात कार्बन अणूंच्या सरलशृंखला दर्शविल्या आहेत. त्यांच्यातील कार्बन अणूंच्या चतु:संयुजांची पूर्ती होईल अशा प्रकारे त्यांना हायड्रोजन अणू जोडून संबंधित सरलशृंखला हायड्रोकार्बनचे रचनासूत्र पूर्ण करून ते दुसऱ्या स्तंभात लिहा व त्यावरून मिळालेले रेणुसूत्र तिसऱ्या स्तंभात लिहा. चौथ्या स्तंभात त्या हायड्रोकार्बनचे नाव आहे.

कार्बन अणूंची सरलशृंखला	रचनासूत्र	रेणुसूत्र	नाव
C		CH_4	मीथेन
C-C			ईथेन
C-C-C			प्रोपेन
C-C-C-C			ब्यूटेन
C-C-C-C-C			पेंटेन
C-C-C-C-C-C			हेक्झेन
C-C-C-C-C-C-C			हेप्टेन
C-C-C-C-C-C-C-C			ऑक्टेन
C-C-C-C-C-C-C-C-C			नोनेन
C-C-C-C-C-C-C-C-C-C			डीकेन

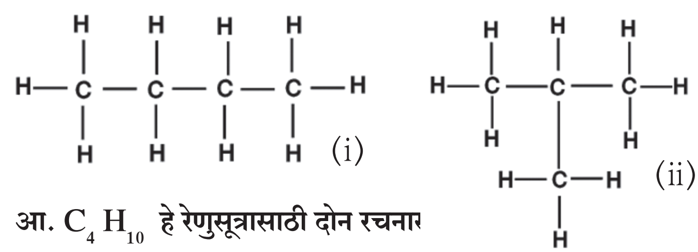
9.12 सरलशृंखला हायड्रोकार्बन

आता ब्यूटेनमधील कार्बन शृंखलेकडे अधिक लक्ष देऊ. चार कार्बन अणू एकमेकांना जोडून आणखी एका प्रकारे कार्बन शृंखला बनू शकते. (आकृती 9.13 अ. पहा.)

लक्षावधी वर्षांपूर्वी समुद्रतळाखाली गाडल्या गेलेल्या मृत जीवांपासून काळाच्या ओघात कच्च्या तेलाचे साठे निर्माण झाले. आता तेलाच्या विहिरींमधून हे कच्चे तेल (Crude oil) व नैसर्गिक वायू मिळवतात. नैसर्गिक वायू हा प्रामुख्याने मीथेन असतो. कच्चे तेल हे हजारहून अधिक वेगवेगळ्या संयुगांचे जटिल मिश्रण आहे. त्यात प्रामुख्याने वेगवेगळे हायड्रोकार्बन असतात. प्रभाजी ऊर्ध्वपातन पद्धतीने कच्च्या तेलाचे विलगीकरण करून वापरावयास उपयुक्त असे विविध घटक मिळवतात. उदा. CNG, LPG, पेट्रोल (गॅसोलीन), रॉकेल (केरोसीन), डिझेल, इंजिन ऑइल, वंगण.



अ. दोन संभाव्य कार्बन शृंखला



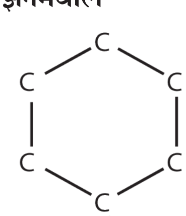
आ. C_4H_{10} हे रेणुसूत्रासाठी दोन रचना

9.13 C_4H_{10} हे रेणुसूत्र असलेली दोन समघटक संयुगे

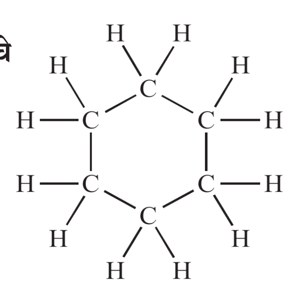
या दोन कार्बन शृंखलांना कार्बन अणूंच्या चतु:संयुजेची पूर्तता होईल एवढे हायड्रोजन अणू जोडल्यावर दोन भिन्न रचनासूत्रे मिळतात. या दोन्ही रचनासूत्रांसाठी रेणुसूत्र C_4H_{10} असे एकच आहे. रचनासूत्रे विभिन्न असल्यामुळे ही वेगवेगळी संयुगे आहेत. भिन्न रचनासूत्रे असणाऱ्या संयुगांचे रेणुसूत्र जेव्हा एकच असते तेव्हा या घटनेला 'रचना समघटकता' म्हणतात. कार्बनी संयुगामध्ये दिसून येणाऱ्या समघटकतेमुळे कार्बनी संयुगांच्या संख्येत भर पडते. आकृती 9.13 आ. मधील कार्बन शृंखला (i) म्हणजे कार्बन अणूंची सरलशृंखला आहे तर कार्बन शृंखला (ii) म्हणजे कार्बन अणूंची शाखीय शृंखला आहे.

सरलशृंखला व शाखीय शृंखलांच्या व्यतिरिक्त काही कार्बनी संयुगांमध्ये कार्बन अणूंच्या बद्ध शृंखला असतात व तेथे कार्बन अणूंची वलये तयार झालेली दिसतात. उदा. सायक्लोहेक्झेन या संयुगाचे रेणुसूत्र C_6H_{12} असे असून त्याच्या रचनासूत्रात सहा कार्बन अणूंचे वलय आहे. (आकृती क्र 9.14 पहा)

अ.सायक्लोहेक्झेनमधील कार्बन वलय



आ. सायक्लोहेक्झेनचे रचनासूत्र

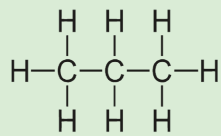
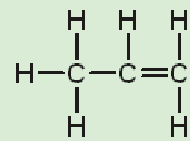
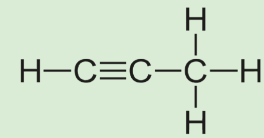
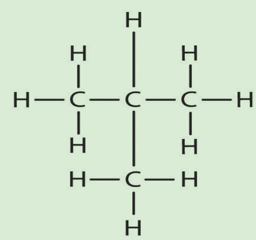
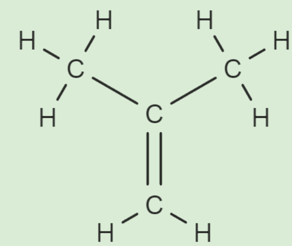
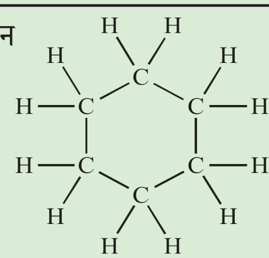
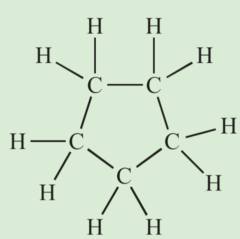
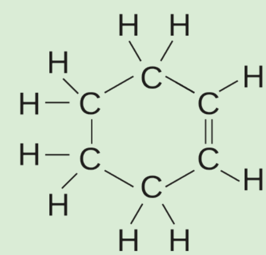
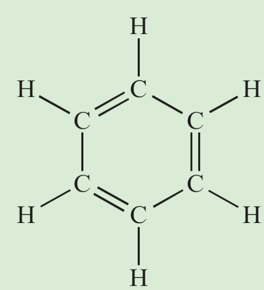


9.14 सायक्लोहेक्झेनची वलय संरचना

जरा डोके चालवा.

सायक्लोहेक्झेनची इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचना काढा.

सरलशृंखला, शाखीय शृंखला आणि वलयांकित, सर्व प्रकारची कार्बनी संयुगे ही संपृक्त किंवा असंपृक्त असू शकतात. तक्ता 9.15 मधील हायड्रोकार्बनांच्या विविध उदाहरणावरून हे स्पष्ट होते.

	संपृक्त होयड्रोकार्बन	असंपृक्त हायड्रोकार्बन
सरळ शृंखला हायड्रोकार्बन	प्रोपेन C_3H_8 	 प्रोपीन C_3H_6  प्रोपाइन C_3H_4
शाखीय शृंखला हायड्रोकार्बन	आयसोब्यूटेन C_4H_{10} 	आयसोब्यूटिलीन C_4H_8 
वलयांकित हायड्रोकार्बन	सायक्लोहेक्झेन C_6H_{12}   सायक्लोपेंटेन C_5H_{10}	सायक्लोहेक्झीन C_6H_{10}   बेंझीन C_6H_6

9.15 हायड्रोकार्बनांचे विविध प्रकार

बेंझीनच्या रचनासूत्रावरून समजते की तो वलयांकित असंपृक्त हायड्रोकार्बन आहे. बेंझीनच्या संरचनेत सहा कार्बन अणूंच्या वलयात एका आड एक असे तीन दुहेरी बंध आहेत. हा वैशिष्ठ्यपूर्ण घटक ज्यांच्या संरचनेत असतो त्यांना ॲरोमॅटिक संयुग म्हणतात.

कार्बनी संयुगांमधील क्रियात्मक गट (Functional groups in carbon compounds)

आतापर्यंत तुम्ही कार्बन व हायड्रोजन या मूलद्रव्यांच्या संयोगाने तयार झालेली हायड्रोकार्बन संयुगे पाहिली. विविध हॅलोजन, ऑक्सीजन, नायट्रोजन, गंधक अशा मूलद्रव्यांबरोबर कार्बनचे बंध तयार होऊन आणखी अनेक प्रकारची कार्बनी संयुगे तयार होतात. हायड्रोकार्बन साखळीमधील एक किंवा अधिक हायड्रोजन अणूंच्या जागी या मूलद्रव्यांच्या अणूंचे प्रतियोजन होते व त्यामुळे कार्बनच्या चतु:संयुजेची पूर्तता होते. हायड्रोजनला प्रतियोजी अशा मूलद्रव्याच्या अणूचा उल्लेख विषम अणू असा करतात. काही वेळा हे विषम अणू एकटे नसतात तर विशिष्ठ अशा अणुगटांच्या रूपात असतात. (तक्ता क्र. 9.16 पहा) या विषम अणूंमुळे व विषम अणूंनी युक्त अशा अणुगटांमुळे त्या संयुगाला विशिष्ठ रासायनिक गुणधर्म प्राप्त होतात, मग त्या संयुगातील कार्बन साखळीची लांबी व स्वरूप काहीही असो. म्हणून या विषम अणू किंवा विषम अणूंनी युक्त अशा अणुगटांना क्रियात्मक गट म्हणतात. तक्ता क्र. 9.16 मध्ये कार्बनी संयुगांमध्ये आढळणारे काही क्रियात्मक गट दाखविले आहेत.

येथे क्रियात्मक गटाची मुक्त संयुजा लहान रेषेने दर्शविली आहे. हायड्रोजनची जागा घेणारा क्रियात्मक गट या संयुजेच्या सहाय्याने कार्बन साखळीला जोडला जातो. कार्बन-कार्बन दुहेरी व तिहेरी बंध हे सुद्धा क्रियात्मक गट म्हणून ओळखले जातात कारण त्यांच्यामुळे त्या त्या संयुगाला विशिष्ठ रासायनिक गुणधर्म प्राप्त होतात.

विषम अणू	क्रियात्मक गट		
	नाव	रचनासूत्र	संक्षिप्त रचनासूत्र
हॅलोजन (क्लोरीन, ब्रोमीन,आयोडीन)	हॅलो (क्लोरो/ब्रोमो/आयोडो)	-X (-Cl, -Br, -I)	- X(-Cl, -Br, -I)
ऑक्सीजन	1. अल्कोहोल	-O-H	-OH
	2. अल्डिहाइड	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	-CHO
	3. कीटोन	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$	-CO-
	4. कार्बॉक्सिलिक आम्ल	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-H$	-COOH
	5. ईथर	- O-	-O-
	6. ईस्टर	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-$	-COO-
नायट्रोजन	अमीन	$-\underset{\underset{H}{\|}}{N}-H$	- NH_2

9.16 कार्बनी संयुगांमधील काही क्रियात्मक गट

समजातीय श्रेणी (Homologous series)

तुम्ही पाहिले की कार्बन अणू एकमेकांना जोडले जाऊन वेगवेगळ्या लांबीच्या शृंखला होतात. तसेच या शृंखलांवरील हायड्रोजन अणूची जागा एखादा क्रियात्मक गट घेऊ शकतो हेही तुम्ही पाहिले. त्यामुळे क्रियात्मक गट तोच परंतु कार्बन शृंखला वेगवेगळ्या लांबीच्या अशी संयुगे मोठ्या संख्येने तयार होतात. उदा. अल्कोहोल हा क्रियात्मक गट असलेली CH_3-OH, CH_3-CH_2-OH, $CH_3-CH_2-CH_2-OH$, $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ अशी अनेक संयुगे तयार होतात. या सर्वांमधील कार्बन शृंखलांची लांबी वेगवेगळी असली तरी त्यांच्यातील क्रियात्मक गट एकच असल्याने त्यांच्या रासायनिक गुणधर्मांमध्ये खूप साधर्म्य असते. क्रमाक्रमाने वाढत जाणारी लांबी असणाऱ्या शृंखलांवर विशिष्ट हायड्रोजनच्या जागी समान क्रियात्मक गट जोडल्यामुळे संयुगांची जी श्रेणी तयार होते तिला समजातीय श्रेणी म्हणतात. क्रियात्मक गट कोणता आहे त्याप्रमाणे वेगवेगळ्या समजातीय श्रेणी असतात. उदा. अल्कोहोलांची समजातीय श्रेणी, कार्बॉक्सिलिक आम्लांची समजातीय श्रेणी, अल्डिहाइडांची समजातीय श्रेणी इत्यादी. एका समजातीय श्रेणीचे सर्व सदस्य हे एकमेकांचे समजातक असतात. यापूर्वी तक्ता क्र.9.12 मध्ये तुम्ही रचनासूत्रे व रेणुसूत्रे भरलीत. त्यातून अल्केनांच्या समजातीय श्रेणीचा सुरुवातीचा अंश तयार झाला.

समजातीय श्रेणींची वैशिष्ट्ये जाणून घेण्यासाठी अल्केन, अल्कीन व अल्कोहोल यांच्या समजातीय श्रेणींचे सुरूवातीचे अंश पाहू. (तक्ता क्र.9.17)

समजातीय श्रेणी तक्ता क्र.9.17 अ,आ व इ मधील रिकाम्या जागा भरा.

अ. अल्केनांची समजातीय श्रेणी

नाव	रेणुसूत्र	संक्षिप्त रचनासूत्र	कार्बन अणूंची संख्या	$-CH_2-$ घटकांची संख्या	उत्कलनांक °C
मीथेन	CH_4	CH_4	1	1	-162
ईथेन	C_2H_6	CH_3-CH_3	2	2	-88.5
प्रोपेन	C_3H_8	$CH_3-CH_2-CH_3$	3	3	-42
ब्यूटेन	C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	...	...	0
पेंटेन	C_5H_{12}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	...	...	36
हेक्झेन	C_6H_{14}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	...	...	69

आ. अल्कोहोलांची समजातीय श्रेणी

नाव	रेणुसूत्र	संक्षिप्त रचनासूत्र	कार्बन अणूंची संख्या	$-CH_2-$ घटकांची संख्या	उत्कलनांक °C
मीथेनॉल	CH_4O	CH_3-OH	1	1	63
ईथेनॉल	C_2H_6O	CH_3-CH_2-OH	2	2	78
प्रोपेनॉल	C_3H_8O	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	...	...	97
ब्यूटेनॉल	$C_4H_{10}O$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	...	...	118

इ. अल्कीनांची समजातीय श्रेणी

नाव	रेणुसूत्र	संक्षिप्त रचनासूत्र	कार्बन अणूंची संख्या	$-CH_2-$ घटकांची संख्या	उत्कलनांक °C
एथीन	C_2H_4	$CH_2=CH_2$	2	0	-102
प्रोपीन	C_3H_6	$CH_3-CH=CH_2$	3	1	-48
1-ब्यूटीन	C_4H_8	$CH_3-CH_2-CH=CH_2$	...	...	-6.5
1-पेंटीन	C_5H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH=CH_2$	...	...	30

9.17 काही समजातीय श्रेणी

जरा डोके चालवा.

1. अल्केन समजातीय श्रेणीचे पहिले दोन सदस्य मीथेन (CH_4) व ईथेन (C_2H_6) यांच्या सूत्रांमध्ये किती $-CH_2-$ (मेथिलिन) घटकांचा फरक आहे? तसेच ईथेन (C_2H_6) व प्रोपेन (C_3H_8) या लागून असलेल्या सदस्यांच्या सूत्रांमध्ये किती $-CH_2-$ घटकांचा फरक आहे?
2. अल्कोहोल समजातीय श्रेणीच्या तिसऱ्या सदस्यापेक्षा चौथ्या सदस्याच्या सूत्रामध्ये किती मेथिलिन घटक जास्त आहेत?
3. अल्कीन समजातीय श्रेणीमधील तिसऱ्या सदस्यापेक्षा दुसऱ्या सदस्याच्या सूत्रामध्ये किती मेथिलिन घटक कमी आहेत?

तुम्हाला दिसून आले आहे की कोणत्याही समजातीय श्रेणीमध्ये कार्बन शृंखलेच्या लांबीच्या चढत्या क्रमाने जाताना दर वेळी एक मेथिलिन घटक ($-CH_2-$) वाढत जातो. त्यामुळेच कोणत्याही समजातीय श्रेणीमध्ये लांबीच्या चढत्या क्रमाने जाताना सदस्यांचा रेणुवस्तुमानात 14 u इतकी वाढ होत असते.

तक्ता क्र. 9.17 (अ), (आ) व (इ) च्या अवलोकनातून आणखी एक बाब तुमच्या लक्षात येईल ती म्हणजे उत्कलन बिंदूमधील प्रवणता. उत्कलन बिंदू हा संयुगाचा एक भौतिक गुणधर्म आहे. सामान्यतः असे दिसून येते की कोणत्याही समजातीय श्रेणीमध्ये चढत्या क्रमाने जाताना भौतिक गुणधर्मांमध्ये एका दिशेने बदल होत जातो, म्हणजेच भौतिक गुणधर्मांमध्ये प्रवणता दिसून येते.

1. तक्ता क्र.9.17 (इ) मध्ये अल्कीनांची समजातीय श्रेणी दिली आहे. या श्रेणीतील सदस्यांच्या रेणुसूत्रांचे अवलोकन करा. रेणुसूत्रांमधील कार्बन अणूंची संख्या व हायड्रोजन अणूंची संख्या यांच्यात काही संबंध आहे असे दिसते का?
2. जर अल्कीनांच्या रेणुसूत्रातील कार्बन अणूंच्या संख्येला 'n' मानले तर हायड्रोजन अणूंची संख्या काय असेल?

अल्कीनांच्या समजातीय श्रेणीतील सदस्यांची रेणुसूत्रे C_nH_{2n} या सामान्य सूत्राने दर्शवता येतात. जेव्हा 'n' चे मूल्य '2' असते तेव्हा C_2H_{2x2} म्हणजेच C_2H_4 असे ह्या श्रेणीच्या पहिल्या सदस्याचे रेणुसूत्र मिळते. जेव्हा 'n' चे मूल्य '3' असते तेव्हा C_3H_{2x3} म्हणजेच C_3H_6 असे अल्कीन श्रेणीच्या दुसऱ्या सदस्याचे रेणुसूत्र मिळते.

1. अल्केनच्या समजातीय श्रेणीतील सदस्यांच्या रेणुसूत्रांसाठी सामान्य सूत्र काय असेल? या श्रेणीच्या पहिल्या सदस्यांसाठी 'n' चे मूल्य काय आहे?
2. अल्काइनांच्या समजातीय श्रेणीसाठी सामान्य रेणुसूत्र C_nH_{2n-2} असे आहे. या सूत्रात 'n' साठी 2, 3 व 4 या किंमती वापरून अनुक्रमे पहिल्या, दुसऱ्या व तिसऱ्या सदस्यांसाठी वैयक्तिक रेणुसूत्र लिहा.

वरील उदाहरणांमधून समजातीय श्रेणींची काही वैशिष्ट्ये आपल्या लक्षात येतात ती अशी –

(i) समजातीय श्रेणीमध्ये एका सदस्याकडून पुढच्या सदस्याकडे जाताना (अ) एका मेथिलिन (CH_2) घटकाची भर पडते. (आ) रेणुवस्तुमान 14 u ने वाढते. (इ) कार्बन अणूंची संख्या 1 ने वाढते.

(ii) समजातीय श्रेणीच्या सदस्यांच्या रासायनिक गुणधर्मांमध्ये साधर्म्य असते.

(iii) समजातीय श्रेणीच्या सर्व सदस्यांसाठी एकच सामान्य रेणुसूत्र असते.

1. तक्ता क्र. 9.16 मधील क्रियात्मक गटांचा उपयोग करून तयार होणाऱ्या विविध समजातीय श्रेणीतील पहिल्या चार सदस्यांची रचनासूत्रे लिहा.
2. अल्केनच्या समजातीय श्रेणीचे सामान्य सूत्र C_2H_{2n+2} असे आहे. यावरून श्रेणीमधील 8 व्या व 12 व्या सदस्याचे रेणुसूत्र लिहा.

कार्बनी संयुगांच्या नामकरण पद्धती

अ. सामान्य नामकरण पद्धती : आपण पाहिले की आजमितीस लक्षावधी कार्बनी संयुगे ज्ञात आहेत. सुरुवातीच्या काळात माहित असलेल्या कार्बनी संयुगांची संख्या कमी होती, त्या वेळी वैज्ञानिकांनी त्यांचे नामकरण विविध प्रकारांनी केले होते. त्या नावांना आता सामान्य नावे असे म्हणतात. उदाहरणार्थ मीथेन, ईथेन, प्रोपेन व ब्यूटेन या पहिल्या चार अल्केनांच्या नावांचे उगम वेगवेगळे आहेत. त्यानंतरच्या अल्केनांची नावे त्यांच्यातील कार्बन संख्येवरून दिली गेली. C_4H_{10} या रेणुसूत्रासाठी सरल शृंखला किंवा शाखीय शृंखला अशी रचनासूत्रे असलेली दोन समघटक संयुगे संभवतात. त्यांना एन्-ब्यूटेन (n-butane, normal-butane) व आय्-ब्यूटेन (i-butane, iso-butane) अशी दोन नावे देऊन त्यांच्यातील वेगळेपणा व सहसंबंध दर्शवला गेला.

1. C_5H_{12} हे रेणुसूत्र असलेली तीन रचनासूत्रे काढा.
2. वरील तीन रचनासूत्रांना एन्-पेंटेन, आय्-पेंटेन व निओ-पेंटेन ही नावे द्या. (त्यासाठी ब्यूटेनच्या समघटकांच्या नावांमधील तर्कसंगती वापरा.
3. C_6H_{14} हे रेणुसूत्र असलेली सर्व संभाव्य रचनासूत्रे काढा. या सर्व समघटकांना नावे द्या. नावे देताना आलेल्या अडचणी कोणत्या ?

पुढील काळात कार्बनी संयुगांची संख्या खूप वाढल्यावर 'सामान्य नावां'मुळे गोंधळ होऊ लागला. कार्बनी संयुगांना नावे देण्यासाठी तर्कशुद्ध व सर्वमान्य पद्धत असण्याची आवश्यकता भासू लागली.

आ. आय. यू. पी. ए. सी पॅक नामकरण पद्धती (IUPAC nomenclature system)

इंटरनॅशनल युनिअन ऑफ प्युअर अँड ॲप्लाइड केमिस्ट्री (IUPAC) या संस्थेने संयुगांच्या संरचनेवर आधारित नामकरण पद्धत मांडली व ती जगभर मान्यता पावली. या पद्धतीमध्ये सर्व प्रकारच्या कार्बनी संयुगांना विशिष्ट नाव देण्याची तरतूद आहे. आपण येथे एकच क्रियात्मक गट असलेल्या काही सरलशृंखला संयुगांना आय. यू. पी. ए. सी (IUPAC) नाव कसे देतात ते पाहू व त्या संयुगांची सामान्य नाव सुद्धा पाहू.

कोणत्याही कार्बनी संयुगांच्या आय. यू. पी. ए. सी नावाचे तीन घटक असतात : जनक, प्रत्यय व उपसर्ग. नावामध्ये त्यांची मांडणी पुढीलप्रमाणे असते.

उपसर्ग – जनक – प्रत्यय

संयुगाला आय. यू. पी. ए. सी नाव देताना त्या संयुगाच्या जनक अल्केनचे नाव आधारभूत धरतात. जनक अल्केनच्या नावाला योग्य ते प्रत्यय व उपसर्ग जोडून संयुगाचे नाव तयार करतात. सरल-शृंखला संयुगांच्या आय. यू. पी. ए. सी नामकरणातील पायऱ्या पुढीलप्रमाणे आहेत.

पायरी 1 : सरलशृंखला संयुगाचे रचनासूत्र लिहून त्यातील कार्बन अणूंची संख्या मोजा. या संख्येइतके कार्बन अणू असलेला अल्केन हाच प्रस्तुत संयुगाचा जनक अल्केन होय. या जनक अल्केनचे नाव इंग्रजीत लिहा. प्रस्तुत संयुगांच्या कार्बन शृंखलेमध्ये दुहेरी बंध असेल तर जनक नावाचा शेवट 'ane' ऐवजी 'ene' ने करा. जर प्रस्तुत संयुगांच्या कार्बन शृंखलेत तिहेरी बंध असेल तर जनक नावाचा शेवट 'ane' ऐवजी 'yne' ने करा. (तक्ता क्र.9.18 पहा)

अ.क्र.	रचनासूत्र	सरलशृंखला	जनक नाव
1	$CH_3-CH_2-CH_3$	C-C-C	propane प्रोपेन
2	CH_3-CH_2-OH	C-C	ethane ईथेन
3	CH_3-CH_2-COOH	C-C-C	propane प्रोपेन
4	$CH_3-CH_2-CH_2-CHO$	C-C-C-C	butane ब्यूटेन
5	$CH_3-CH=CH_2$	C-C=C	propene प्रोपीन
6	$CH_3-C\equiv CH$	$C-C\equiv C$	propyne प्रोपाइन

9.18 सरल शृंखला संयुगाचे आय. यू. पी. ए. सी नामकरण पायरी – 1

पायरी 2 : रचनासूत्रामध्ये एखादा क्रियात्मक गट असल्यास जनक नावातील शेवटचे 'e' हे अक्षर काढून त्याजागी क्रियात्मक गटाचे संक्षिप्त नाव प्रत्यय म्हणून जोडा. (अपवाद : हॅलोजन या क्रियात्मक गटाचे संक्षिप्त नाव नेहमीच उपसर्ग म्हणून जोडतात.)(पहा तक्ता क्र. 9.19)

पायरी 3 : कार्बन शृंखलेतील कार्बन अणूंना एका टोकाकडून दुसरे टोकापर्यंत अंक द्या. –CHO किंवा –COOH ह्या क्रियात्मक गटातील कार्बनला '1' हा अंक द्या. हे क्रियात्मक गट नसतील तेव्हा शृंखलेचे अंकन दोन दिशांनी होऊ शकते. ज्या अंकनामुळे क्रियात्मक गट धारण करणाऱ्या कार्बन अणूला लहान अंक मिळेल ते अंकन ग्राह्य धरा. क्रियात्मक गटाच्या संक्षिप्त नावापूर्वी हा अंक लिहा. अंतिम नावामध्ये अंक व अक्षर यांच्यामध्ये लहान आडवी रेषा काढा. (तक्ता क्र. 9.20 पहा)

क्र.	रचनासूत्र	क्रियात्मक गट (संक्षिप्त नाव)	जनक नाव	जनक-प्रत्यय	उपसर्ग-जनक
1	CH_2-CH_2-OH	- OH (ol) (ऑल)	ethane (ईथेन)	ethanol (ईथेनॉल)	-
2	CH_3-CH_2-Cl	- Cl (क्लोरो)	ethane (ईथेन)	-	chloroethane (क्लोरोईथेन)
3	$Br-CH_2-CH_3$	-Br (ब्रोमो)	ethane (ईथेन)	-	bromoethane (ब्रोमोईथेन)
4	CH_3-CH_2-CHO	- CHO (al) (आल)	propane (प्रोपेन)	propanal प्रोपेनाल	-
5	CH_3-COOH	- COOH (oic acid) (ऑइक ॲसिड)	ethane (ईथेन)	ethanoic acid ईथेनॉइक ॲसिड	-
6	CH_3-NH_2	- NH_2 (amine) (अमीन)	methane (मीथेन)	methanamine (मीथेनामीन)	-
7		- CO- (one)(ओन)	propane (प्रोपेन)	Propanone (प्रोपेनोन)	-

9.19 आय. यू. पी. ए. सी. नामकरण : पायरी - 2

क्र.	रचनासूत्र	कार्बन शृंखलेची दोन अंकने	ग्राह्य अंकन	संयुगाचे आय् यू पॅक नाव
1.	$CH_3-CH(OH)-CH_3$	$C^1-C^2(OH)-C^3$ $C^3-C^2(OH)-C^1$	दोन्ही अंकने एकसमान	Propan-2-ol (प्रोपेन-2-ऑल)
2.	$CH_3-CH_2-CH_2-CH(Cl)-CH_3$	$C^5-C^4-C^3-C^2(Cl)-C^1$ $C^1-C^2-C^3-C^4(Cl)-C^5$	$C^5-C^4-C^3-C^2(Cl)-C^1$	2-Chloropentane (2-क्लोरोपेंटेन)
3.	$CH_3-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_3$	$C_1-C_2(=O)-C_3-C_4-C_5$ $C_5-C_4(=O)-C_3-C_2-C_1$	$C_1-C_2(=O)-C_3-C_4-C_5$	pentan-2-one (पेंटेन-2 - ओन)

9.20 : आय. यू. पी. ए. सी नामकरण : पायरी - 3

ज्या संयुगांमध्ये शाखीय शृंखला, कार्बन वलये, विषम अणूंनी युक्त वलये असे अधिकाधिक जटिल संरचना घटक असतात त्यांची आय् यू पॅक नावे लिहिण्यासाठी आणखी काही पायऱ्या आवश्यक आहेत, त्यांच्याविषयी अभ्यास पुढील इयत्तांमध्ये समाविष्ट असेल. तसेच, हेही लक्षात असू द्या की प्रयोगशाळेमध्ये नेहमी वापरात असणाऱ्या कार्बनी संयुगांची सामान्य नावे अधिक प्रचलित आहेत.

तक्ता पूर्ण करा.

तक्ता क्र.9.21 मध्ये काही कार्बनी संयुगांची सामान्य नावे व रचनासूत्रे दिली आहेत. त्यांची आय. यू. पी. ए. सी. नावे तिसऱ्या रकान्यामध्ये लिहा व तक्ता पूर्ण करा.

अ. क्र	सामान्य नाव	रचनासूत्र	आय. यू. पी. ए. सी. नाव
1	एथिलीन (ethylene)	$CH_2=CH_2$	
2	ॲसिटिलीन (acetylene)	$HC \equiv CH$	
3	ॲसेटिक ॲसिड (acetic acid)	CH_3-COOH	
4	मेथिल अल्कोहोल (methyl alcohol)	CH_3-OH	
5	एथिल अल्कोहोल (ethyl alcohol)	CH_3-CH_2-OH	
6	ॲसिटाल्डिहायड (acetaldehyde)	CH_3-CHO	
7	ॲसिटोन (acetone)	$CH_3-CO-CH_3$	
8	एथिल मेथिल कीटोन (ethyl methy ketone)	$CH_3-CO-CH_2-CH_3$	
9	एथिल अमीन (ethyl amine)	$CH_3-CH_2-NH_2$	
10	एन - प्रोपिल क्लोराइड (n- propyl chloride)	$CH_3-CH-CH_3-Cl$	

9.21 काही कार्बनी संयुगांची सामान्य नावे, रचनासूत्रे व आय. यू. पी. ए. सी नावे

कार्बनी संयुगांचे रासायनिक गुणधर्म

थोडे आठवा.

1. कोणत्या घटकामुळे बायोगॅसचा इंधन म्हणून उपयोग होतो?
2. मूलद्रव्यरूपी कार्बनच्या ज्वलनाने कोणते उत्पादित तयार होते?
3. बायोगॅसचे ज्वलन ही अभिक्रिया उष्माग्राही आहे की ऊष्मादायी?

1. ज्वलन (Combustion) : कार्बनी संयुगांचे रासायनिक गुणधर्म पाहताना प्रथम ‘ज्वलन’ हा गुणधर्म पाहू. आपण मागील इयत्तेत पाहिले की विविध अपरूप स्वरूपातील कार्बन ऑक्सीजनच्या उपस्थितीत पेटवला असता त्याचे ज्वलन होऊन उष्णता व प्रकाश बाहेर फेकले जातात, आणि कार्बन डायऑक्साइड वायू तयार होतो. हायड्रोकार्बन तसेच कार्बनच्या बहुतेक सर्व संयुगांचे ऑक्सीजनच्या उपस्थितीत ज्वलन होते तेव्हा उष्णता व प्रकाश बाहेर फेकले जातात आणि कार्बन डायऑक्साइड व पाणी ही सामाईक उत्पादिते तयार होतात. काही ज्वलन अभिक्रिया पुढीलप्रमाणे आहेत.

(i) $C + O_2 \rightarrow CO_2$ + उष्णता व प्रकाश
(कार्बन)

(ii) $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ + उष्णता व प्रकाश
(मीथेन)

(iii) $CH_3-CH_2-OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$ + उष्णता व प्रकाश
(ईथेनॉल)

जरा डोके चालवा.

एल्.पी.जी. मध्ये प्रोपेन (C_3H_8) हा एक ज्वलनशील घटक असतो. प्रोपेनच्या पूर्ण ज्वलनाची अभिक्रिया लिहा.

करून पाहूया. **साहित्य :** बन्सेन बर्नर, कॉपर गॉज (दांडा जोडलेली तांब्याची जाळी), धातूची पट्टी इत्यादी.
रासायनिक पदार्थ : ईथेनॉल, ॲसिटीक आम्ल, नॅफ्थॅलीन.

कृती : स्वच्छ व कक्ष तापमानाच्या कॉपर गॉजवर वरील पैकी एक रासायनिक पदार्थ (3-4 थेंब किंवा चिमूटभर भुकटी) ठेवून कॉपर गॉज बन्सेन बर्नरच्या निळ्या ज्योतीमध्ये धरा व निरीक्षण करा. ज्वलनामुळे धूर/काजळी तयार होताना दिसते का? पदार्थाचे ज्वलन होत असताना त्याच्या ज्योतीवर धातूची पट्टी धरा. त्या पट्टीवर थर जमतो का? कोणत्या रंगाचा? वरीलपैकी इतर रासायनिक पदार्थ वापरून हीच कृती पुन्हा करा.

वरील कृतीमध्ये ईथेनॉल हे संपृक्त कार्बनी संयुग आहे. तर नॅफ्थॅलीन हे असंपृक्त संयुग आहे. सर्वसाधारणपणे संपृक्त कार्बनी संयुगे जळतात स्वच्छ निळी ज्योत देतात तर असंपृक्त कार्बनी संयुगे पिवळ्या ज्योतीने जळतात व काळा धूर सोडतात. या काळ्या धुरामुळे वरील कृतीमध्ये धातूच्या पट्टीवर काजळीचा थर जमला.

रेणुसूत्रांची तुलना केल्यावर दिसते की असंपृक्त संयुगांमध्ये कार्बनचे प्रमाण संपृक्त संयुगांच्या मानाने जास्त असते. त्यामुळे असंपृक्त संयुगांच्या ज्वलनाच्या दरम्यान न जळलेले कार्बनचे कण सुद्धा तयार होतात. ज्योतीमध्ये असताना हे तापलेले कार्बन कण पिवळा प्रकाश फेकतात व त्यामुळे ज्योत पिवळी दिसते. मात्र ऑक्सिजनचा पुरवठा मर्यादित केला तर संपृक्त संयुगाच्या ज्वलनाने सुद्धा पिवळी ज्योत मिळते.

तुलना करा.

ईथेनॉल (C_2H_5OH) व नॅफ्थॅलीन ($C_{10}H_8$) मधील कार्बन अणूंचे प्रमाण

करून पहा. बन्सेन बर्नर पेटवा. बर्नरच्या तळाशी असलेले हवेचे भोक त्यावर फिरणाऱ्या पातळ कड्याच्या साहाय्याने उघडा व बंद करा. पिवळी व काजळीयुक्त ज्योत केव्हा मिळते? निळी ज्योत केव्हा मिळते?

2. ऑक्सीडीकरण (Oxidation)

कार्बनी संयुगे हवेमध्ये पेटवली (प्रज्वलित केली) असता हवेतील ऑक्सीजन बरोबर सहज संयोग पावून जळू लागतात हे तुम्ही पाहिले. या ज्वलनक्रियेमध्ये कार्बनी संयुगाच्या रेणूमधील सर्व रासायनिक बंध तुटून CO_2 व H_2O ही उत्पादिते तयार होतात म्हणजेच ज्वलनामध्ये कार्बनी संयुगाचे पूर्णपणे ऑक्सीडीकरण होते. ऑक्सीजनचा स्रोत म्हणून काही रासायनिक पदार्थांचा सुद्धा वापर करता येतो. जे पदार्थ दुसऱ्या पदार्थांना ऑक्सीजन देऊ शकतात त्यांना ऑक्सीडीकारक किंवा ऑक्सिडक म्हणतात. पोटॅशिअम परमँगनेट, पोटॅशिअम डायक्रोमेट ही नेहमीच्या वापरातील काही ऑक्सीडीकारक संयुगे आहेत. ऑक्सीडकाचा परिणाम कार्बनी संयुगामधील विशिष्ट क्रियात्मक गटांवर होतो.

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

घरातील गॅस किंवा रॉकेलच्या शेगड्यांना हवेसाठी आगममार्ग असतात. त्यामुळे पुरेशा ऑक्सीजनने युक्त असे इंधनवायुमिश्रण जळून स्वच्छ निळी ज्योत मिळते. जर स्वयंपाकाच्या भांड्यांच्या तळावर काजळी जमू लागली तर त्याचा अर्थ हवेचे आगममार्ग बुजले आहेत व त्यामुळे इंधन वाया जात आहे. अशा वेळी शेगडीचे हवेसाठी असलेले आगममार्ग साफ करून घ्यायला हवेत.

करून पहा. **साहित्य :** परीक्षानळी, बन्सेन बर्नर, मोजपात्र, ड्रॉपर , इत्यादी.

रासायनिक पदार्थ : ईथेनॉल, सोडिअम कार्बोनेटचे विरल द्रावण, पोटॅशिअम परमॲंगनेटचे विरल द्रावण.

कृती : परीक्षा नळीत 2-3 मिली ईथेनॉल घेऊन त्यात 5 मिली. सोडिअम कार्बोनेट द्रावण मिळवून परीक्षानळी बर्नरवर धरून मिश्रण कोमट होऊ द्या. या कोमट मिश्रणात पोटॅशिअम परमँगनेटचे विरल द्रावण ड्रॉपरच्या सहाय्याने थेंब थेंब टाका व हलवत राहा. मिळवणे सुरू केल्यावर पोटॅशिअम परमँगनेटचा विशिष्ट असा गुलाबी रंग कायम राहतो का? मिळवण्याची क्रिया करत राहल्यावर थोड्या वेळाने गुलाबी रंग नाहीसा होण्याचे थांबून रंग तसाच कायम राहतो का?

वरील कृतीमध्ये पोटॅशिअम परमँगनेटमुळे आम्लारिधर्मी द्रावणात ईथेनॉलचे ऑक्सीडीकरण होऊन त्याचे ईथेनॉइक ॲसिडमध्ये रूपांतर होते. या अभिक्रियेत फक्त क्रियात्मक गटाजवळील काही रासायनिक बंधच भाग घेतात.

खालील समीकरणावरून हे स्पष्ट होईल.

$$\underset{\text{(ईथेनॉल)}}{CH_3 - CH_2 - OH} \xrightarrow[\text{आम्लारिधर्मी } KMnO_4]{(O)} \underset{\text{(ईथेनॉइक ॲसिड)}}{CH_3 - \overset{\overset{\displaystyle O}{||}}{C} - OH}$$

तुलना करा.

ईथेनॉलचे ईथेनॉइक ॲसिडमध्ये रूपांतर ही ऑक्सिडीकरण अभिक्रिया का आहे?

ईथेनॉलमध्ये पोटॅशिअम परमँगनेट थेंबा-थेंबाने मिळवणे सुरू केल्यावर ऑक्सिडीकरणाच्या अभिक्रियेत वापरले गेल्याने पोटॅशिअम परमँगनेटचा गुलाबी रंग नाहीसा होतो. मिळवणीचा एका टप्प्यावर परीक्षानळीतील सर्व ईथेनॉलचे ऑक्सीडीकरण पूर्ण होते. त्यानंतर पोटॅशिअम परमँगनेटची मिळवणी चालू ठेवल्यास त्याचा वापर न झाल्यामुळे ते अतिरिक्त होते. या अतिरिक्त पोटॅशिअम परमँगनेटचा गुलाबी रंग नाहीसा न होता नंतर कायम राहतो.

3. समावेशन अभिक्रिया (Addition Reaction)

करून पाहूया. **साहित्य** : परीक्षा नळ्या, ड्रॉपर, इत्यादी

रासायनिक पदार्थ : टिंक्चर आयोडीन (आयोडिनचे ईथेनॉलमधील द्रावण), ब्रोमीन वॉटर, पातळ केलेले वनस्पती तूप, विविध वनस्पती तेले, शेंगदाणा, करडई, सूर्यफूल, ऑलीव्ह इत्यादी)

कृती : एका परीक्षानळीमध्ये 2 मिली तेल घेऊन त्यात 4 थेंब टिंक्चर आयोडीन किंवा ब्रोमीन वॉटर टाका. परीक्षानळी हलवा. ब्रोमीन किंवा आयोडीनचा मूळ रंग नाहीसा झाला का ते ठरवा. हीच कृती इतर तेले व वनस्पती तूप वापरून पुन्हा करा.

वरील कृतीमध्ये ब्रोमीनचा, आयोडिनचा रंग नाहीसा/कमी होणे या निरीक्षणावरून असा बोध होतो की ब्रोमीन, आयोडिन वापरले गेले आहे, म्हणजेच ब्रोमीनची, आयोडिनची संबंधित पदार्थाबरोबर अभिक्रिया झाली आहे. या अभिक्रियेचे नाव समावेशन अभिक्रिया आहे. जेव्हा एखादे कार्बनी संयुग दुसऱ्या संयुगाबरोबर संयोग पावून दोन्ही अभिकारकांमधील सर्व अणू असलेले एकच उत्पादित तयार होते तेव्हा त्या अभिक्रियेला समावेशन अभिक्रिया म्हणतात. कार्बन-कार्बन बहुबंध हा क्रियात्मक गट असलेली असंपृक्त संयुगे समावेशन अभिक्रिया देतात व तयार होणारे उत्पादित हे संपृक्त संयुग असते. असंपृक्त संयुगांची आयोडिन किंवा ब्रोमीन बरोबरील समावेशन अभिक्रिया कक्ष तापमानाला व तात्काळ होते. शिवाय अभिक्रियेमुळे होणारा रंगबदल डोळ्यांना जाणवू शकतो. त्यामुळे ही अभिक्रिया कार्बनी संयुगामध्ये बहुबंध असल्याचे ओळखण्यासाठी परीक्षा म्हणून वापरतात. वरील कृतीत तेल व आयोडिन यांच्यातील अभिक्रियेत आयोडीनचा रंग नाहीसा होतो, मात्र वनस्पती तुपाबरोबर रंगबदल दिसत नाही. यावरून तुम्ही काय अनुमान काढाल? कोणत्या पदार्थामध्ये बहुबंध आहे?

नाव	रेणुसूत्र	C=C दुहेरी बंधांची संख्या	I_2 चा रंग नाहीसा होईल का?
स्टीअरिक ॲसिड	$C_{17}H_{35}COOH$	....	होय / नाही
ओलेइक ॲसिड	$C_{17}H_{33}COOH$	....	होय / नाही
पामिटिक ॲसिड	$C_{15}H_{31}COOH$	....	होय / नाही
लिनोलेइक ॲसिड	$C_{17}H_{31}COOH$	....	होय / नाही

9.22 मेदाम्ले

जरा डोके चालवा.

वनस्पती तेलांमधून वेगळ्या केलेल्या चार मेदाम्लांची नावे व रेणुसूत्रे तक्ता क्र. 9.22 मध्ये दिलेली आहेत. त्यांच्या रेणुसूत्रांवरून त्यांच्या संरचनेतील कार्बन-कार्बन दुहेरी बंध किती आहेत ते ओळखा. तसेच त्यांच्यापैकी कोणत्या मेदाम्लाबरोबर आयोडिनचा रंग नाहीसा होईल ते सांगा

असंपृक्त संयुगाची समावेशन अभिक्रिया हायड्रोजनबरोबर सुद्‌धा होते व हायड्रोजनच्या समावेशनाने संपृक्त संयुग तयार होते. मात्र या अभिक्रियेसाठी प्लॅटिनम किंवा निकेलसारखा उत्प्रेरक वापरणे आवश्यक असते. आपण आधीच पाहिले आहे की, उत्प्रेरक म्हणजे असा पदार्थ की ज्याच्यामुळे एखाद्या अभिक्रियेला कोणताही धक्का न लागता तिचा दर बदलतो.

$$-\overset{|}{C}=\overset{|}{C}- \xrightarrow[\text{Pt/Ni, उत्प्रेरक}]{H_2} -\underset{H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}-\underset{H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}-$$

या अभिक्रियेच्या उपयोगाने वनस्पतिजन्य तेलांचे निकेल उत्प्रेरकाच्या उपस्थितीत हायड्रोजनीभवन करतात. आयोडीन वापरून केलेल्या वरील कृतीमध्ये तुम्ही पाहिले की आयोडीन परीक्षा तेलाच्या रेणूंमध्ये बहुबंध (विशेषतः दुहेरी बंध) असल्याचे दर्शविते. तर वनस्पती तूप संपृक्त असल्याचे दर्शविते. वनस्पती तेलाच्या रेणूंमध्ये लांब व असंपृक्त कार्बन शृंखला असतात. हायड्रोजनीभवनामुळे त्यांचे रूपांतर संपृक्त शृंखलामध्ये होते व त्यामुळे वनस्पती तूप तयार होते.

दुहेरी बंधांनी युक्त असंपृक्त मेद (unsaturated fats) हे आरोग्यकारक असतात तर संपृक्त मेद (saturated fats) हे आरोग्यास घातक असतात.

4. प्रतियोजन अभिक्रिया (Substitution Reaction)

C-H व C-C हे एकेरी बंध खूप प्रबळ असल्याने संपृक्त हायड्रोकार्बन अभिक्रियाशील नसतात व त्यामुळे बहुतेक अभिकर्षितांच्या सान्निध्यात ते उदासीन असतात. मात्र सूर्यप्रकाशाच्या सान्निध्यात संपृक्त हायड्रोकार्बनची क्लोरीनबरोबर जलद अभिक्रिया होते. या अभिक्रियेत एकेक करून संपृक्त हायड्रोकार्बनमधील सर्व हायड्रोजन अणूंची जागा क्लोरिन अणू घेतात. जेव्हा अभिकारकामधील एका प्रकारच्या अणूची / अणुगटाची जागा दुसऱ्या प्रकारचा अणू / अणुगट घेतो तेव्हा त्या अभिक्रियेला प्रतियोजन अभिक्रिया म्हणतात. मीथेनच्या क्लोरीनीभवन ह्या प्रतियोजन अभिक्रियेने चार उत्पादिते मिळतात.

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{सूर्यप्रकाश}} CH_3-Cl + HCl$$
$$CH_3Cl + Cl_2 \xrightarrow{\text{सूर्यप्रकाश}} CH_2Cl_2 + HCl$$
$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \xrightarrow{\text{सूर्यप्रकाश}} CHCl_3 + HCl$$
$$CHCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{\text{सूर्यप्रकाश}} CCl_4 + HCl$$

अल्केनच्या उच्च समजातकांपासून क्लोरीनीभवन अभिक्रियेत आणखी मोठ्या संख्येने उत्पादिते तयार होतात.

जरा डोके चालवा.

प्रोपेनच्या क्लोरीनीभवन ह्या प्रतियोजन अभिक्रियेत एक क्लोरीन अणू असलेली दोन समघटक उत्पादिते मिळतात; त्यांची रचनासूत्रे लिहून त्यांना आय् यू पॅक नावे द्या.

सर्वसाधारण अभिक्रियांचे चार प्रकार तुम्ही मागील प्रकरणात पाहिले आहेत. कार्बनी संयुगांच्या समावेशन व प्रतियोजन अभिक्रिया वरील चारपैकी कोणत्या प्रकारांमध्ये मोडतात? समावेशन व प्रतियोजन अभिक्रियांमध्ये कोणता अतिरिक्त तपशील तसेच फरक आहे?

महत्वाची कार्बनी संयुगे : ईथेनॉल व ईथेनॉइक ॲसिड

ईथेनॉल व ईथेनॉइक ॲसिड ही व्यापारी महत्त्व असणारी दोन कार्बनी संयुगे आहेत. त्यांची अधिक माहिती आता आपण घेऊ या.

रंगहीन ईथेनॉल कक्ष तापमानाला द्रव असून त्याचा उत्कलनांक $78^{0}C$ आहे. ईथेनॉलला सामान्यतः अल्कोहोल किंवा स्पिरीट म्हणतात, तसेच मराठीत मद्यार्क म्हणतात. ईथेनॉल पाण्यामध्ये सर्व प्रमाणात विद्राव्य असते. ईथेनॉलच्या जलीय द्रावणाची लिटमस कागदाने परीक्षा केली असता ते उदासीन आढळते. विरल ईथेनॉलची थोडी राशी प्राशन केल्यावरही नशा चढते. मद्यप्राशन निषिद्ध मानलेले असले तरीही समाजात त्याचा प्रसार खूप झालेला दिसतो. मद्यप्राशन अनेक प्रकारे आरोग्यास घातक असते. त्याच्यामुळे चयापचय प्रक्रिया मध्यवर्ती चेतासंस्था यांच्यावर प्रतिकूल परिणाम होतात. शुद्ध ईथेनॉल (निव्वळ मद्यार्क/absolute alcohol) च्या अगदी थोड्या राशीचेही सेवन प्राणघातक ठरू शकते. ईथेनॉल हा एक चांगला द्रावक आहे. त्याचा उपयोग टिंक्चर आयोडिन (आयोडिनचे अल्कोहोलमधील द्रावण) खोकल्याचे मिश्रण अशी औषधे तसेच अनेक बलवर्धकांमध्ये करतात.

माहीत आहे का तुम्हांला?

मीथेनॉल (CH_3OH) हा ईथेनॉलचा निम्न समजातक विषारी असून त्याच्या लहान राशीचे सेवन दृष्टिनाशक व प्रसंगी प्राणघातक ठरू शकते. ईथेनॉल या महत्त्वाच्या औद्योगिक द्रावकाचा गैरवापर टाळण्यासाठी त्यात मीथेनॉल हे विषारी द्रव्य मिसळतात. अशा ईथेनॉलला डीनेचरर्ड स्पिरीट (denatured spirit) म्हणतात. ते सहज ओळखता यावे म्हणून त्यात निळे रंगद्राव्य सुद्धा मिसळतात.

ईथेनॉलचे रासायनिक गुणधर्म

ईथेनॉलची ऑक्सिडीकरण अभिक्रिया तुम्ही याच प्रकरणातील मागील घटकात पाहिली आहे. ईथेनॉलच्या आणखी दोन अभिक्रिया पुढीलप्रमाणे आहेत. ईथेनॉलच्या अभिक्रियांमध्ये क्रियात्मक गट $-OH$ ची भूमिका महत्वाची असते.

(i) सोडिअम बरोबर अभिक्रिया

$$2Na + 2CH_3-CH_2-OH \longrightarrow 2CH_3-CH_2-ONa + H_2$$

(सोडिअम ईथॉक्साइड)

सर्व अल्कोहोलांची सोडिअम धातूबरोबर अभिक्रिया होऊन हायड्रोजन वायू बाहेर पडतो व सोडिअमचे अल्कॉक्साइड क्षार तयार होतात. ईथेनॉलच्या सोडिअम धातूबरोबरील अभिक्रियेत हायड्रोजन वायू व सोडिअम ईथॉक्साइड ही उत्पादिते तयार होतात.

करून पहा.

टिप : ही कृती शिक्षकांनी करून दाखवावी

साहित्य : मोठी परीक्षानळी, रबरी बुचात बसवलेली वायुवाहक नलिका, सुरी, मेणबत्ती.

रासायनिक पदार्थ : सोडिअम धातू, ईथेनॉल, मॅग्नेशिअम धातूची फीत, इत्यादी.

कृती : मोठ्या परीक्षानळीत 10 मिली ईथेनॉल घ्या. सुरीच्या साहाय्याने सोडिअम धातूचे धान्यकणाएवढे 2-3 तुकडे करून घ्या. परीक्षानळीतील ईथेनॉलमध्ये सोडिअमचे तुकडे टाकून लगेच परीक्षानळीला वायुवाहक नलिका जोडा. वायुवाहक नलिकेच्या बाहेरील टोकाशी जळती मेणबत्ती नेऊन निरीक्षण करा.

1. वायुवाहक नलिकेमधून बाहेर पडणारा ज्वलनशील वायू कोणता?
2. सोडिअम तुकडे ईथेनॉलच्या पृष्ठभागावर नाचताना का दिसतात?
3. वरील कृती सोडिअमऐवजी मॅग्नेशिअम धातूची फीत वापरून पुन्हा करा.
4. मॅग्नेशिअम फीतीच्या तुकड्यापासून वायूचे बुडबुडे सुटताना दिसतात का?
5. मॅग्नेशिअम धातूबरोबर ईथेनॉलची अभिक्रिया होते का ?

तुम्ही मागील इयत्तेत पाहिले आहे की मॅग्नेशिअमसारख्या मध्यम अभिक्रियाशील धातूबरोबर तीव्र आम्लाची अभिक्रिया होऊन हायड्रोजन वायू मुक्त होतो. ईथेनॉल उदासीन असूनही त्याची सोडिअम धातूबरोबर अभिक्रिया होऊन हायड्रोजन मुक्त होतो. सोडिअम हा धातू उच्च अभिक्रियातील असल्याने ईथेनॉलमधील – OH या उदासीन अशा क्रियात्मक गटाबरोबर अभिक्रिया देतो.

(ii) निर्जलीकरण अभिक्रिया : अतिरिक्त संहत सल्फ्यूरिक ॲसिडबरोबर 170 ^{0}C तापमानाला ईथेनॉल तापवले असता त्याच्या एका रेणूमधून पाण्याचा एक रेणू बाहेर काढला जाऊन एथीन हे असंपृक्त संयुग तयार होते.

$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[\text{संहत } H_2SO_4]{170\ ^0C} CH_2=CH_2 + H_2O$$

येथे संहत सल्फ्युरिक ॲसिड निर्जलीकारक म्हणून कार्य करते.

1. एन–प्रॉपिल अल्कोहोलमध्ये सोडिअम धातूचे तुकडे टाकले असता काय दिसेल ते अभिक्रिया लिहून स्पष्ट करा.
2. संहत सल्फ्यूरिक आम्लाबरोबर एन– ब्यूटील अल्कोहोल तापवल्यास कोणते उत्पादित तयार होईल ते अभिक्रिया लिहून स्पष्ट करा.

विज्ञान कुपी : अल्कोहोल : एक इंधन

ऊस ही वनस्पती सौरऊर्जेचे रासायनिक ऊर्जेत रूपांतर अत्यंत कार्यक्षमतेने करते. ऊसाच्या रसापासून साखर बनवताना जी मळी तयार होते तिचे किण्वन केल्यावर अल्कोहोल (ईथेनॉल) मिळते. पुरेशा हवेमध्ये ज्वलन झाल्यावर ईथेनॉलपासून केवळ कार्बन डायॉक्साइड व पाणी ही उत्पादिते तयार होतात. अशा प्रकारे ईथेनॉल हे एक स्वच्छ इंधन आहे. त्यामुळे काही देशांमध्ये पेट्रोलची कार्यक्षमता वाढवण्यासाठी त्यामध्ये हे एक समावेशी म्हणून मिसळतात. अशा इंधनाला गॅसोहोल म्हणतात.

ईथेनॉइक ॲसिड : ईथेनॉइक ॲसिड हा रंगहीन द्रव असून त्याचा उत्कलनांक 118 ^{0}C आहे. सामान्यपणे ईथेनॉइक ॲसिडला ॲसेटिक ॲसिड म्हणतात. तसेच त्याचे जलीय द्रावण आम्लधर्मी असून त्यात निळा लिटमस लाल होतो. लोणच्यामध्ये परिरक्षक म्हणून जे व्हिनेगार वापरतात ते ॲसेटिक ॲसिडचे पाण्यामध्ये बनवलेले 5–8% द्रावण असते. शुद्ध ईथेनॉइक ॲसिडचा द्रवणांक 17 ^{0}C आहे. त्यामुळे थंड हवामानाच्या प्रदेशात हिवाळ्यामध्ये ईथेनॉइक ॲसिड कक्ष तापमानालाच गोठते व बर्फासारखे दिसते. म्हणून त्याला ग्लेशिअल ॲसेटिक ॲसिड असे नाव पडले.

साहित्य : ग्लेझ टाईल, काच कांडी, सामू–दर्शपट्टीका,निळा लिटमस कागद .
रासायनिक पदार्थ : विरल ईथेनॉईक ॲसिड, विरल हायड्रोक्लोरिक ॲसिड.

कृती : ग्लेझ टाईलवर दोन निळ्या लिटमस पट्टिका ठेवा. एका पट्टिकेवर काचकांडीने विरल हायड्रोक्लोरिक आम्लाचा थेंब ठेवा. दुसऱ्या पट्टिकेवर दुसऱ्या काचकांडीने विरल ईथेनॉइक ॲसिडचा थेंब ठेवा. लिटमस पट्टिकेच्या रंगात काय बदल होतो त्याची नोंद करा. हीच कृती सामू–दर्शक पट्टिका वापरून पुन्हा करा, सर्व निरीक्षणे पुढील तक्त्यात नोंदवा.

पदार्थ	निळ्या लिटमसमध्ये दिसलेला रंगबदल	संबंधित सामू (नको ते खोडा)	सामूदर्शक पट्टिकेवर दिसलेला रंग	संबंधित सामू
ईथेनॉइक ॲसिड		<7/7/>7		
हायड्रोक्लोरिक ॲसिड		<7/7/ >7		

9.23 ईथेनॉइक ॲसिड व हायड्रोक्लोरिक ॲसिडची परीक्षा

1. ईथेनॉइक ॲसिड व हायड्रोक्लोरिक ॲसिड यांच्यामधील अधिक तीव्र आम्ल कोणते ?
2. ईथेनॉइक ॲसिड व हायड्रोक्लोरिक ॲसिड यांच्यात फरक करण्यासाठी निळा लिटमस व सामू-दर्शक यांच्यापैकी कोणता दर्शक कागद उपयुक्त आहे ?

ईथेनॉइक ॲसिडचे रासायनिक गुणधर्म

ईथेनॉइक ॲसिडमध्ये कारबॉक्सिलिक ॲसिड हा क्रियात्मक गट आहे. ईथेनॉइक ॲसिडच्या रासायनिक अभिक्रिया मुख्यत्वेकरून या क्रियात्मक गटामुळे आहेत.

i. आम्लारिबरोबर अभिक्रिया

अ. तीव्र आम्लारीबरोबर अभिक्रिया

ईथेनॉइक ॲसिडची सोडिअम हायड्रॉक्साइड या तीव्र आम्लारीबरोबर उदासिनीकरण अभिक्रिया होऊन क्षार व पाणी तयार होतात.

$$\underset{\text{(आम्ल)}}{CH_3\text{-}COOH} + \underset{\text{(आम्लारी)}}{NaOH} \rightarrow \underset{\text{(क्षार)}}{CH_3\text{-}COO\,Na} + \underset{\text{(पाणी)}}{H_2O}$$

येथे तयार होणाऱ्या क्षाराचे आय. यू. पी . ए. सी. नाव सोडिअम ईथेनॉएट असे आहे तर त्याचे सामान्य नाव सोडिअम ॲसिटेट असे आहे. तुम्ही मागील इयत्तेत पाहिले आहे की ॲसिटिक आम्ल हे एक सौम्य आम्ल आहे. सोडिअम ॲसिटेट हा क्षार उदासीन असेल का ?

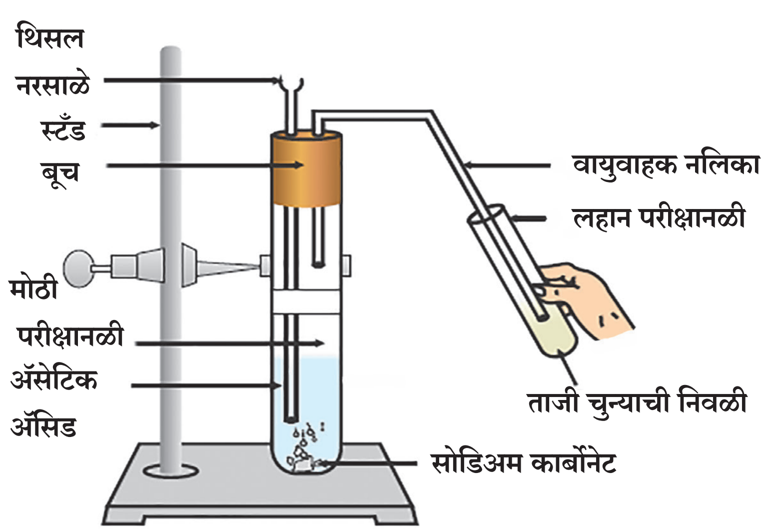
आ) कार्बोनेट व बाय कार्बोनेट बरोबर अभिक्रिया

साहित्य : मोठी परीक्षानळी, लहान परीक्षानळी, वाकडी वायुवाहक नलिका, रबरी बूच, थिसल नरसाळे, स्टँड इत्यादी.

रासायनिक पदार्थ : ॲसेटिक ॲसिड, सोडिअम कार्बोनेट चूर्ण, ताजी चुन्याची निवळी.

कृती : आकृतीमध्ये दाखविल्याप्रमाणे साहित्याची जुळणी करा. मोठ्या परीक्षानळीत सोडिअम कार्बोनेट चूर्ण ठेवा. लहान परीक्षानळीत ताजी चुन्याची निवळी घ्या. थिसल नरसाळ्यातून 10 मिली ॲसेटिक आम्ल ओता. परीक्षानळ्यांमधील बदलांचे निरीक्षण करा.

1. मोठ्या परीक्षानळीत फसफसून येणारा वायू कोणता आहे ?
2. लहान परीक्षानळीतील चुन्याच्या निवळीत बुडबुडे का दिसतात ?
3. चुन्याच्या निवळीच्या रंगात काय बदल होतो ? संबंधित अभिक्रिया लिहा.



9.24 ॲसेटिक आम्ल व सोडिअम कार्बोनेट यांची अभिक्रिया

मागील कृतीमध्ये ईथेनॉइक ॲसिडची सोडिअम कार्बोनेट या आम्लारिधर्मी क्षाराबरोबर अभिक्रिया होऊन सोडिअम ईथेनॉएट हा क्षार, पाणी व कार्बन डायऑक्साइड वायू तयार होतात.

$$2CH_3COOH\ (aq) + Na_2CO_3\ (aq) \rightarrow CH_3COONa\ (aq) + H_2O\ (l) + CO_2\ (g)$$

फसफसून जोराने बाहेर पडणारा हा CO_2 वायू वायूवाहक नलिकेतून येऊन लहान परीक्षानळीतील चुन्याच्या निवळीबरोबर अभिक्रिया पावतो. निवळी दुधाळ होणे ही कार्बन डायऑक्साइड वायूची परीक्षा आहे.

वरील कृतीत सोडिअम कार्बोनेट ऐवजी सोडिअम बायकार्बोनेट वापरले असता अशीच निरीक्षणे मिळतात,

$$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$$

जरा डोके चालवा.

1. वरील कृतीत चुन्याची निवळी दुधाळ का होते ते अभिक्रिया लिहून स्पष्ट करा.
2. ईथेनॉइक ॲसिडमध्ये सोडिअम धातूचा तुकडा टाकला तर कोणती अभिक्रिया होईल ते स्पष्ट करा.
3. दोन परीक्षानळ्यांमध्ये दोन रंगहीन द्रव असून त्यातील एक ईथेनॉल तर दुसरा ईथेनॉइक ॲसिड आहे. कोणत्या नळीत कोणता पदार्थ आहे हे ठरविण्यासाठी कोणती रासायनिक परीक्षा कराल ते अभिक्रिया लिहून स्पष्ट करा.

ii. **ईस्टरीभवन अभिक्रिया :** कारबॉक्सिलिक ॲसिड व अल्कोहोल यांच्यातील अभिक्रियेने ईस्टर हा क्रियात्मक गट असलेले पदार्थ तयार होतात.

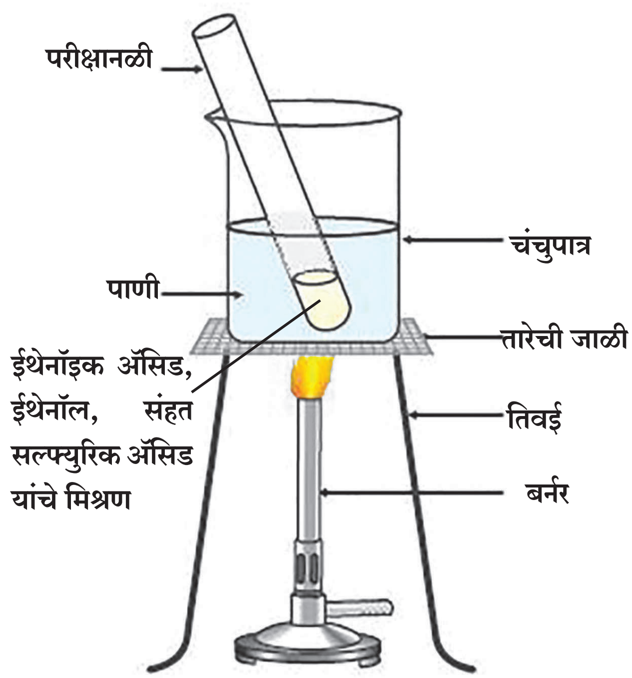
करून पहा.

साहित्य : परीक्षानळी, चंचुपात्रे, बर्नर, इत्यादी.

रासायनिक पदार्थ : ग्लेशिअल ईथेनॉइक ॲसिड, ईथेनॉल, संहत सल्फ्यूरिक ॲसिड, इत्यादी.

कृती : परीक्षानळीत 1 मिली. ईथेनॉल व 1 मिली ग्लेशिअल ईथेनॉइक ॲसिड घ्या. त्यात काही थेंब संहत सल्फ्युरिक ॲसिड टाका. ही परीक्षानळी चंचुपात्रातील गरम पाण्यात (गरम जल मज्जनीमध्ये) पाच मिनिटे ठेवा. त्यानंतर दुसऱ्या चंचुपात्रात 20-30 मिली. पाणी घेऊन त्यात वरील अभिक्रिया मिश्रण ओता व वास घ्या.

ॲसिड उत्प्रेरकाच्या उपस्थितीत ईथेनॉईक ॲसिड ईथेनॉलशी अभिक्रिया पावते व एथिल ईथेनॉएट हा ईस्टर तयार होतो.



9.25 ईस्टरीभवन अभिक्रिया

$$\underset{\text{(ईथेनॉइक ॲसिड)}}{CH_3-COOH} + \underset{\text{(ईथेनॉल)}}{CH_3-CH_2-OH} \xrightarrow[\text{उत्प्रेरक}]{\text{ॲसिड}} \underset{\text{(एथिल ईथेनॉइट)}}{CH_3-COO-CH_2-CH_3} + \underset{\text{(पाणी)}}{H_2O}$$

ईस्टर हे गोड वासाचे पदार्थ असतात. बऱ्याचशा फळांना असलेला स्वाद हा त्यांच्यात असलेल्या विशिष्ट ईस्टरमुळे असतो. सुवासिक द्रव्ये व स्वाददायी पदार्थ बनवण्यासाठी ईस्टर वापरतात. सोडिअम हायड्रॉक्साइड या अल्काबरोबर अभिक्रिया केली असता ईस्टरपासून संबंधित अल्कोहोल व सोडिअम क्षाराच्या रूपात कारबॉक्सिलिक ॲसिड परत मिळतात. या अभिक्रियेला साबणीकरण अभिक्रिया म्हणतात. कारण मेदापासून साबण तयार करण्यासाठी ही अभिक्रिया वापरतात.

ईस्टर + सोडिअम हायड्रॉक्साइड $\longrightarrow$ सोडिअम कारबॉक्सिलेट + अल्कोहोल

सोडिअम हायड्रॉक्साईडच्या द्रावणाबरोबर मेद तापवले असता साबण व ग्लिसरीन तयार होतात. मेद व ग्लिसरीनमध्ये कोणते क्रियात्मक गट असतील असे तुम्हाला वाटते ते स्पष्टीकरणासह लिहा.

महारेणू व बहुवारिके (Macro molecules and Polymers)

1. धान्ये, कडधान्ये, मांस या अन्नपदार्थांमधून आपल्याला जी पोषकद्रव्ये मिळतात त्यांची रासायनिक नावे काय आहेत?

2. कापड, घरातील सामान (फर्निचर), स्थितिस्थापक वस्तू कोणकोणत्या रासायनिक पदार्थांपासून बनलेल्या असतात?

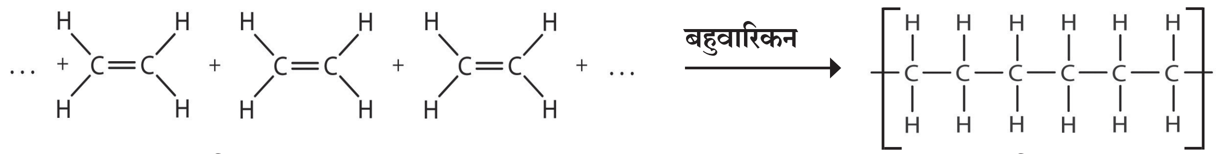
महारेणू : या पाठाच्या सुरुवातीस आपण पाहिले की, ज्ञात कार्बनी संयुगांची संख्या सुमारे 10 दशलक्ष इतकी मोठी असून त्यांच्या रेणुवस्तुमानांची व्याप्ती $10^1 - 10^{12}$ इतकी विशाल आहे. मोठे रेणुवस्तुमान असलेल्या रेणूंमधील घटक अणूंची संख्या खूप मोठी असते. लक्षावधी अणूंपासून बनलेल्या प्रचंड कार्बनी रेणूंना महारेणू असे म्हणतात. हे बहुवारिक ह्या प्रकारात मोडतात.

नैसर्गिक महारेणू : पॉलीसॅकराइड, प्रोटीन व न्युक्लीक ॲसिड हे नैसर्गिक महारेणू म्हणजे जीवसृष्टीचे आधारस्तंभच आहेत. स्टार्च व सेल्युलोज ह्या पॉलीसॅकराइड संयुगांपासून आपल्याला अन्न, वस्त्र व निवारा मिळतात प्रथिनांपासून प्राण्यांच्या शरीराचा मोठा भाग बनतो तसेच त्यांचे चलनवलन विविध शारिरीक प्रक्रिया प्रथिनांमुळे होते. न्यूक्लीक आम्लांमुळे रेणुपातळीवर आनुवंशिकतेचे नियंत्रण होते. रबर हा आणखी एक प्रकारचा नैसर्गिक महारेणू आहे.

मानवनिर्मित महारेणू : प्रथमत: रबर व रेशीम यांना पर्याय शोधण्याच्या हेतूने प्रयोगशाळेत व कारखान्यात महारेणूंची निर्मिती झाली आजमितीस जीवनाच्या सर्व क्षेत्रांमध्ये मानवनिर्मित महारेणू उपयोगात आहेत. कापूस, लोकर, रेशीम ह्या नैसर्गिक धाग्यांप्रमाणेच लांबीच्या दिशेने मजबूती असणारे मानवनिर्मित धागे , रबराचा स्थितीस्थापकता हा गुणधर्म असणारे इलॅस्टोमर, ज्यांपासून पत्रे ,नळ्या,असंख्य प्रकारच्या वस्तू तसेच पृष्ठभागांवर द्यायचे लेप बनवतात ते प्लॅस्टिक ही सर्व मानवनिर्मित महारेणूंची उदाहरणे आहेत. नैसर्गिक व मानवनिर्मित महारेणूंची संरचना अनेक लहान घटक एकमेकांना नियमित पध्दतीने जोडून तयार होते. त्यामुळे महारेणु हे बहुवारिक असतात.

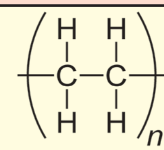
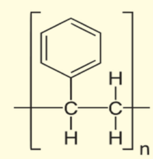
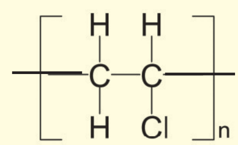
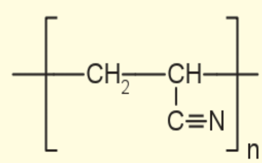
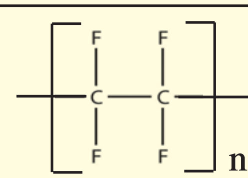
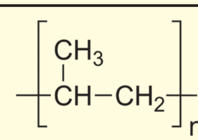
बहुवारिके : लहान घटकाच्या नियमित पुनरावृत्तीने तयार होत असलेल्या महारेणूला बहुवारिक म्हणतात. ज्या लहान घटकाच्या नियमित पुनरावृत्तीने बहुवरिक बनतो, त्या लहान घटकाला एकवारिक (Monomer) असे म्हणतात. ज्या अभिक्रियेने एकवारीक रेणूंपासून बहुवारिक तयार होतो त्या अभिक्रियेला बहुवारिकन (Polymerization) असे म्हणतात.

अल्कीन ह्या प्रकारच्या एकवारिकांना जोडून बहुवारिक बनवणे ही बहुवारिकनाची एक महत्त्वाची पध्दत आहे. उदाहरणार्थ, पॉलिएथिलीनचे संश्लेषण पुढीलप्रमाणे होते.(पहा 9.26) सोबतच मोठ्या प्रमाणात वापरली जाणारी बहुवारिके तक्त्यात दिली आहेत. (पहा 9.27)



एथिलीन एकवारिक पॉलीएथिलीन

9.26 पॉलीएथिलीनचे संश्लेषण

बहुवारिकाचे नाव	घटक एकवारिक व रचना सूत्र	बहुवारिकाचे रचना सूत्र	उपयोग
पॉलीएथिलीन	एथिलीन $CH_2 = CH_2$		पिशव्या, खेळाडूंचे कपडे
पॉलीस्टायरिन	स्टायरीन $C_6H_5 - CH = CH_2$		थर्माकोलच्या वस्तू
पॉलीव्हाइनाइल क्लोराइड (PVC)	व्हाइनाइल क्लोराइड $CH_2 = CH - Cl$		पीव्हीसी पाईप, पिशव्या, दरवाजातील पायपुसणी, हॉस्पिटलमधील रक्त पिशवी तसेच नळ्या.
पॉलीॲक्रिलो - नाइट्राइल	ॲक्रिलो नाइट्राइल $CH_2 = CH - C \equiv N$		गरम कपडे, ब्लँकेट
टेफ्लॉन	टेट्राफ्ल्यूओरो एथिलीन $CF_2 = CF_2$		निर्लेप भांडी
पॉलीप्रोपिलीन	प्रॉपिलीन $CH_3 - CH = CH_2$		इंजेक्शनची सिरींज, टेबल, खुर्च्या

9.27 विविध बहुवारिके व त्यांचे उपयोग

वरील उदाहरणांमधील बहुवारिके ही एकाच एकवारिकाच्या पुनरावृत्तीने बनलेली आहेत. त्यांना समबहुवारिके (Homopolymers) म्हणतात. दुसरा प्रकार हा दोन किंवा अधिक एकवारिकांपासून बनलेल्या बहुवारिकांचा असतो. त्यांना सहबहुवारिके (Copolymers) असे म्हणतात. उदाहरणार्थ, पेट (PET) म्हणजे पॉलिएथिलीन टरथॅलेट . बहुवारिकांच्या संरचना वरील उदाहरणांप्रमाणे रेषीय असतात किंवा शाखीय व जालियसुध्दा असतात. एकवारिकांचे स्वरूप व संरचनेचा प्रकार यानुसार बहुवारिकांना विविध प्रकारचे गुणधर्म प्राप्त होतात.

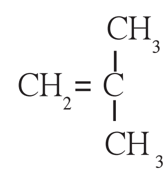
नैसर्गिक बहुवारिकांच्या संघटनाबद्दल व संरचनेबद्दल आकलन हे त्यांचे विघटन घडवून आणल्यावर झाले. प्रमुख नैसर्गिक बहुवारिकांचे संघटन पुढील तक्त्यात दिले आहे. (पहा तक्ता क्र.9.28)

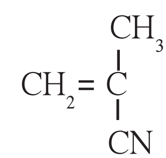
बहुवारिक	एकवारिकाचे नाव	आढळ
पॉलिसॅकराइड	ग्लूकोज	स्टार्च/कर्बोदके
सेल्युलोज	ग्लूकोज	लाकूड (वनस्पती पेशीभित्तिका)
प्रथिने	अल्फा अमिनो ॲसिड	स्नायू, केस, विकर, अंडे, त्वचा.
डी.एन.ए	न्यूक्लिओटाइड (आम्लारी - डीऑक्सीरायबोज-फॉस्फेट)	प्राण्यांची गुणसूत्रे
आर.एन.ए	न्युक्लिओटाइड (आम्लारी - रायबोज- फॉस्फेट)	वनस्पतींची गुणसूत्रे
रबर	आयसोप्रिन $CH_2=\underset{CH_3}{\underset{\vert}{C}}-CH=CH_2$	रबराच्या झाडाचा चीक

9.28 काही नैसर्गिक बहुवारिके व त्यांचे आढळ

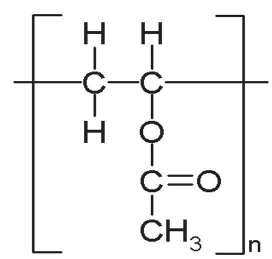
जरा डोके चालवा.

1. खाली काही एकवारिकांची रचनासूत्रे दिली आहेत. त्यापासून तयार होत असलेल्या समबहुवारिकाचे रचनासूत्र लिहा.

अ. 

आ. 

2. रंग व चिकट द्रव्यामध्ये वापरतात त्या पॉलिव्हाइनाइल ॲसिटेट या बहुवारिकाचे रचनासूत्र दिले आहे. त्यावरून संबंधित एकवारिकाचे नाव व रचनासूत्र लिहा.



स्वाध्याय

1. **जोड्या लावा.**

गट 'अ'	गट 'ब'
अ. C_2H_6	1. असंपृक्त हायड्रोकार्बन
आ. C_2H_2	2. एका अल्कोहोलचे रेणूसूत्र
इ. CH_4O	3. संपृक्त हायड्रोकार्बन
ई. C_3H_6	4. तिहेरी बंध

2. **खालील रेणूंसाठी इलेक्ट्रॉन-ठिपका संरचनेचे रेखाटन करा. (वर्तुळ न दाखविता)**

अ. मीथेन आ. एथीन

इ. मीथेनॉल ई. पाणी

3. **पुढे दिलेल्या रेणुसूत्रांवरून संयुगांची संभाव्य अशी सर्व रचनासूत्रे (रेषा-संरचना) रेखाटा.**

अ. C_3H_8 आ. C_4H_{10} इ . C_3H_4

4. **उदाहरण देऊन पुढील संज्ञा स्पष्ट करा.**

अ. संरचना - समघटकता

आ. सहसंयुज बंध

इ. सेंद्रिय संयुगातील विषम अणू

ई. क्रियात्मक गट

उ. अल्केन

ऊ. संपृक्त हायड्रोकार्बन

ए. समबहुवारिक

ऐ. एकवारिक

ओ. क्षपण

औ. ऑक्सिडक

5. **खालील दिलेल्या रचनासूत्रांसाठी आय् यू पॅक नावे लिहा.**

अ. $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

आ. $CH_3-CHOH-CH_3$

इ. CH_3-CH_2-COOH

ई. $CH_3-CH_2-NH_2$

उ. CH_3-CHO

ऊ. $CH_3-CO-CH_2-CH_3$

6. कार्बनी संयुगांच्या खाली दिलेल्या रासायनिक अभिक्रियांचे प्रकार लिहा.

अ. $CH_3-CH_2-CH_2-OH \longrightarrow CH_3-CH_2-COOH$

आ. $CH_3-CH_2-CH_3 \longrightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O$

इ. $CH_3-CH= CH -CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_3-CHBr - CHBr -CH_3$

ई. $CH_3-CH_3 + Cl_2 \longrightarrow CH_3-CH_2Cl + HCl$

उ. $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH \longrightarrow CH_3-CH_2-CH=CH_2 + H_2O$

ऊ. $CH_3-CH_2-COOH + NaOH \longrightarrow CH_3-CH_2-COO^-Na^+ + H_2O$

ए. $CH_3-COOH + CH_3-OH \longrightarrow CH_3-COO- CH_3 + H_2O$

7. खाली दिलेल्या आय.यू.पी. ए. सी. नावांसाठी रचनासूत्रे लिहा.

अ. पेंट -2- ओन

आ. 2- क्लोरोब्यूटेन

इ. प्रोपेन- 2 -ऑल

ई. मिथेनाल

उ. ब्युटेनॉइक ॲसिड

ऊ. 1- ब्रोमोप्रोपेन

ए. इथेनामिन

ओ. ब्यूटॅनोन

8. खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

अ. कार्बनी संयुगांची संख्या खूप मोठी असण्यामागची कारणे काय आहेत?

आ. संपृक्त हायड्रोकार्बनांच्या संरचनेवरून त्यांचे किती प्रकार पडतात? त्यांची नावे उदाहरणासहित लिहा.

इ. ऑक्सीजन हा विषम अणू असलेले कोणतेही चार क्रियात्मक गट सांगून प्रत्येकी एका उदाहरणाचे नाव व रचनासूत्र लिहा.

ई. तीन वेगवेगळे विषम अणू असलेले तीन क्रियात्मक गट सांगून प्रत्येकी एका उदाहरणाचे नाव व रचनासूत्र लिहा.

उ. तीन नैसर्गिक बहुवारिकांची नावे सांगून ती कोठे आढळतात व कोणत्या एकवारिकापासून बनलेली आहेत ते लिहा.

ऊ. व्हिनेगार व गॅसोहोल म्हणजे काय? त्यांचे काय उपयोग आहेत?

ए. उत्प्रेरक म्हणजे काय? उत्प्रेरकांच्या उपयोगासाठी घडवून आणलेली कोणतीही एक अभिक्रिया लिहा.

उपक्रम :

दैनंदिन वापरातील विविध कार्बनी संयुगांची सविस्तर माहिती दर्शविणारा तक्ता तयार करा. तक्ता वर्गात लावून त्यावर चर्चा करा.

H8JRC7

10. अवकाश मोहिमा

- अवकाश मोहीमा
- कृत्रिम उपग्रहांचे वर्गीकरण
- उपग्रह प्रक्षेपक
- कृत्रिम उपग्रह
- कृत्रिम उपग्रहांच्या भ्रमणकक्षा
- पृथ्वीपासून दूर गेलेल्या अवकाश मोहिमा

थोडे आठवा.

1. अवकाश व आकाश यात काय फरक आहे ?
2. सौरमंडळातील विविध घटक कोणते ?
3. उपग्रह म्हणजे काय ?
4. पृथ्वीला किती नैसर्गिक उपग्रह आहेत ?

अज्ञाताचे मानवाला नेहमीच आकर्षण वाटत आलेले आहे व त्या बद्‌दल जाणून घेऊन आपल्या ज्ञानाची क्षितिजे विस्तारण्याचा तो सतत प्रयत्न करीत आला आहे. अवकाश व त्यातील असंख्य लुकलुकते तारे याचेही त्याला प्राचीन काळापासून कुतूहल वाटले असणार. अवकाशात झेप घेण्याचे स्वप्न तो नेहमीच पहात असणार व त्यासाठी प्रयत्नशीलही असणार.

अवकाश मोहीमा (Space missions)

तंत्रज्ञानात व विशेषतः अवकाश तंत्रज्ञानात झालेल्या प्रगतीमुळे विसाव्या शतकाच्या उत्तरार्धात अवकाशयानांची निर्मिती केली गेली व अवकाशयात्रा करणे शक्य झाले. तेव्हापासून हजारो कृत्रिम उपग्रह पृथ्वीभोवती परिक्रमा करण्यासाठी विशिष्ट कक्षांमध्ये अवकाशात प्रस्थापित केले गेले आहेत. या शिवाय सूर्यमालेतील विविध घटकांचा जवळून अभ्यास करण्यासाठी काही विशिष्ट यंत्रे सूर्यमालेतील विविध घटकांकडे पाठवून अवकाश संशोधन मोहिमा राबवल्या गेल्या आहेत. याविषयी आपण या पाठात जाणून घेणार आहोत.

अवकाश मोहिमांचे दोन प्रकारात वर्गीकरण केले जाते. कृत्रिम उपग्रह पृथ्वीच्या कक्षेत प्रस्थापित करून विविध प्रकारचे संशोधन करणे तसेच उपग्रहांचा आपल्या जीवनोपयोगी गोष्टींसाठी उपयोग करणे हे पहिल्या प्रकारच्या मोहिमांचे उद्दिष्ट असते. दुसऱ्या प्रकाराच्या मोहिमांचे उद्दिष्ट सौरमंडलातील वा त्या बाहेरीलही विविध घटकांकडे अवकाशयाने पाठवून त्या घटकांचे जवळून निरीक्षण करणे व त्यांना जाणून घेणे हे असते.

माहीत आहे का तुम्हांला ?

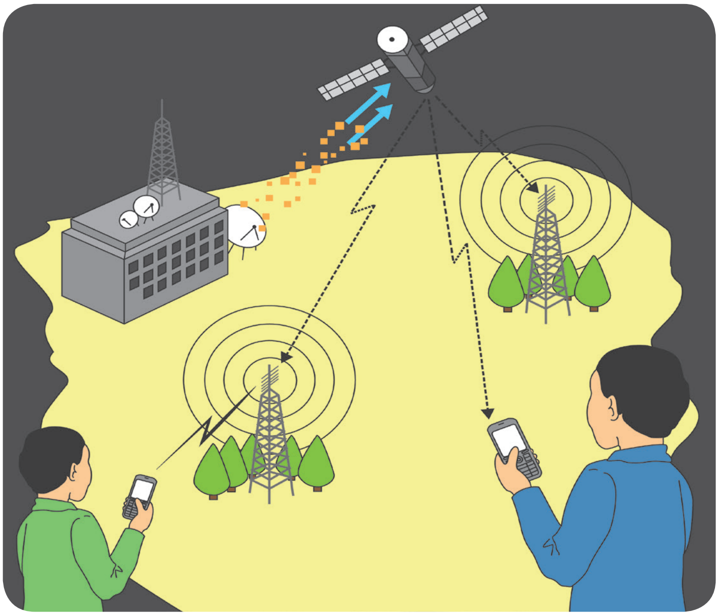
अवकाशयानातून अवकाशात जाणारा सर्वप्रथम मानव हा रशियाचा युरी गागारीन होता. त्याने सन 1961 मध्ये पृथ्वीची परिक्रमा केली. सर्वप्रथम चंद्रावर पाऊल ठेवणारी (1969) व्यक्ती नील आर्मस्ट्राँग (अमेरिका) ही होय. भारताच्या राकेश शर्मा यांनी सन 1984 मध्ये रशियाच्या अवकाशयानातून पृथ्वीच्या परिक्रमा केल्या. सुनीता विल्यम्स व कल्पना चावला यांनीही अमेरिकेच्या 'नासा' (National Aeronautics and Space Administration) या संस्थेच्या अवकाशयानातून अवकाश भ्रमण केले.

थोडे आठवा.

कृत्रिम उपग्रहांद्‌वारे कोणकोणत्या प्रकारच्या दुर्बिणी पृथ्वीची परिक्रमा करीत असतात ? त्यांना अवकाशात ठेवणे का आवश्यक असते ?

सांगा पाहू !

तुमच्या भ्रमणध्वनीमध्ये सिग्नल कोठून येतो ? भ्रमणध्वनी मनोऱ्यामध्ये तो कोठून येतो ? दूरचित्रवाणीचे कार्यक्रम तुमच्या दूरचित्रवाणी संचात कसे येतात ? तुम्ही वृत्तपत्रामध्ये आपल्या देशावरील मॉन्सूनच्या ढगांची स्थिती दाखवणारी चित्रे पाहिली असतील. ती कशी मिळवली जातात ?



10.1 कृत्रिम उपग्रहाद्वारे संदेशवहन

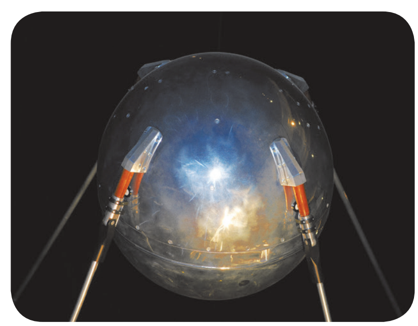
अवकाश मोहीमांची गरज व महत्त्व

अंतराळ मोहिमांद्वारे प्रक्षेपित केल्या गेलेल्या कृत्रिम उपग्रहांमुळे आज जग एक 'वैश्विक खेडे' झाले आहे. आज आपण क्षणार्धात जगातील कोणत्याही भागात असलेल्या व्यक्तीशी संपर्क साधू शकतो. घरबसल्या जगभरातील घडामोडींची माहिती प्राप्त करू शकतो. अंतरजाल (Internet) चे महत्व तर तुम्ही सगळे जाणताच. त्याद्वारे कुठलीही माहिती क्षणार्धात उपलब्ध होते. येणाऱ्या नैसर्गिक आपत्तींचीही पूर्वसूचना मिळून सतर्क राहणे शक्य झाले आहे.

लढाईत शत्रूच्या सैन्याच्या स्थितीबद्दल तसेच भूगर्भात खनिज पदार्थांचा साठा कोठे आहे हे आपण जाणून घेऊ शकतो. अवकाश मोहिमांचे असे अगणित फायदे आहेत. आजच्या जगात अंतरिक्ष तंत्रज्ञानाशिवाय कोणताही देश प्रगती करु शकत नाही.

कृत्रिम उपग्रह (Artificial satellite)

नैसर्गिक उपग्रह म्हणजे पृथ्वीची किंवा एखाद्या ग्रहाची नियमित कक्षेत परिक्रमा करणारी खगोलीय वस्तू होय. चंद्र हा पृथ्वीचा एकमेव नैसर्गिक उपग्रह आहे. सौरमंडलातील इतर काही ग्रहांना एकाहून अधिक नैसर्गिक उपग्रह आहेत. नैसर्गिक उपग्रहाप्रमाणेच एखादे मानवनिर्मित यंत्र पृथ्वीची किंवा एखाद्या ग्रहाची नियमित कक्षेत परिक्रमा करीत असेल तर त्यास कृत्रिम उपग्रह म्हणतात (आकृती 10.1 पहा).



10.2 स्पुटनिक

पहिला कृत्रिम उपग्रह 'स्पुटनिक' (आकृती 10.2 पहा) हा रशियाने 1957 साली अवकाशात पाठवला. आज असे हजारो उपग्रह पृथ्वीभोवती परिभ्रमण करीत आहेत. हे उपग्रह सौर उर्जा वापरत असल्याने त्यांच्या दोन्ही बाजूला पंखांसारखे सौरपॅनेल लागलेले असतात. पृथ्वीवरून येणारे संदेश ग्रहण करण्यासाठी व पृथ्वीकडे संदेश पाठविण्यासाठी उपकरणे बसविलेली असतात. प्रत्येक उपग्रहामध्ये त्यांच्या कार्यानुसार लागणारी इतर उपकरणे असतात. असा एक उपग्रह आकृती 10.1 मध्ये दाखविला आहे. पृथ्वीवरून उपग्रहाकडे जाणारे आणि उपग्रहाकडून पृथ्वीवरील भ्रमणध्वनी, भ्रमणध्वनी मनोरे, इत्यादीकडे येणारे संदेश दाखवले आहेत. विविध प्रकारचे कार्य करण्यासाठी हे उपग्रह अवकाशात सोडण्यात येतात. त्यांच्या कार्यानुसार त्यांची वर्गवारी पुढीलप्रमाणे केली जाते.

जोड माहिती तंत्रज्ञानाची

भारताचे अंतराळ संशोधन क्षेत्रातील योगदान दाखविणारे संगणकीय सादरीकरण तयार करून वर्गात सादर करा.

INSAT: Indian National Satellite
GSAT: Geosynchronous Satellite
IRNSS: Indian Regional Navigation Satellite System
IRS : Indian Remote Sensing Satellite
GSLV: Geosynchronous Satellite Launch Vehicle
PSLV: Polar Satellite Launch Vehicle

उपग्रहाचा प्रकार	उपग्रहाचे कार्य	भारताच्या उपग्रहमालिकांची व प्रक्षेपकांची नावे
हवामान उपग्रह (Weather Satellite)	हवामानाचा अभ्यास व हवामानाचा अंदाज वर्तवणे.	INSAT व GSAT प्रक्षेपक: GSLV
दळणवळण उपग्रह (Communication Satellite)	जगभरातील वेगवेगळ्या प्रदेशांमध्ये विशिष्ट लहरींद्वारे संपर्क प्रस्थापित करणे.	INSAT व GSAT प्रक्षेपक: GSLV
ध्वनी-चित्र प्रक्षेपक उपग्रह (Broadcast Satellite)	दूरचित्रवाणी कार्यक्रम प्रक्षेपीत करणे.	INSAT व GSAT प्रक्षेपक: GSLV
दिशादर्शक उपग्रह (Navigational Satellite)	पृथ्वीवरील कुठल्याही ठिकाणाचे भौगोलिक स्थान म्हणजेच त्या स्थानाचे अत्यंत अचूक अक्षांश (Latitude) व रेखांश (Longitude) निश्चित करणे.	IRNSS प्रक्षेपक: PSLV
सैनिकी उपग्रह (Military Satellite)	संरक्षण दृष्टीकोनातून भूप्रदेशावरील माहिती संकलन करणे.	
पृथ्वी- निरीक्षक उपग्रह (Earth Observation Satellite)	पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील जंगले वाळवंटे, सागर, ध्रुव प्रदेशावरील बर्फ यांचा अभ्यास तसेच नैसर्गिक संसाधनांचा शोध व व्यवस्थापन, महापूर, ज्वालामुखी उद्रेक अशा नैसर्गिक आपत्ती मध्ये निरीक्षण व मार्गदर्शन करणे.	IRS प्रक्षेपक: PSLV

उपग्रहांचे प्रकार

इंटरनेट माझा मित्र

व्हिडीओ पहा व इतरांना पाठवा

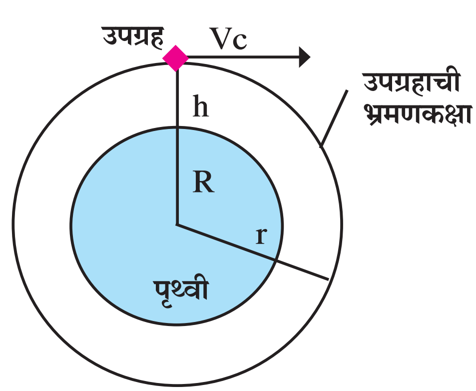
1. https://youtu.be/cuqYLHaLB5M
2. https://youtu.be/y37iHU0jK4s

कृत्रिम उपग्रहाच्या भ्रमण कक्षा (Orbits of Artificial Satellites)

सर्व उपग्रह एकसारख्या कक्षांमध्ये पृथ्वीभोवती भ्रमण करीत नाहीत. कृत्रिम उपग्रहाच्या भ्रमणकक्षेची भूपृष्ठापासूनची उंची किती असावी, भ्रमणकक्षा वर्तुळाकार असावी की लंबवर्तुळाकार असावी, विषुववृत्ताला समांतर असावी की विषुववृत्ताशी कोन करणारी असावी, या सर्व गोष्टी उपग्रहाच्या कार्यानुसार ठरतात.

भूपृष्ठापासून विशिष्ट उंचीवर फिरते ठेवण्यासाठी उपग्रहाला उपग्रह प्रक्षेपकामार्फत त्या उंचीपर्यंत नेण्यात येते. त्यानंतर त्या उपग्रहाला त्याच्या निर्धारित कक्षेत प्रस्थापित करण्यासाठी कक्षेच्या स्पर्शरेषेच्या दिशेने विशिष्ट वेग (v_c) दिला जातो. हा वेग मिळताच उपग्रह पृथ्वीभोवती प्रदक्षिणा घालू लागतो. या वेगाचे सूत्र पुढीलप्रमाणे तयार करता येईल.

जर m वस्तुमानाचा उपग्रह पृथ्वीच्या केंद्रापासून r उंचीवर व पृष्ठभागापासून h उंचीवर v_c या चालीने परिभ्रमण करत असेल तर (आकृती 10.3 पहा)त्यावर कार्य करणारे अभिकेंद्री बल, $\frac{mv_c^2}{r}$ एवढे असेल.



10.3 कृत्रिम उपग्रहाची भ्रमणकक्षा

हे अभिकेंद्री बल पृथ्वीचे गुरुत्व प्रदान करते म्हणून, अभिकेंद्री बल = पृथ्वी व उपग्रहातील गुरुत्वीय बल

$$\frac{mv_c^2}{R+h} = \frac{GMm}{(R+h)^2}$$

$$v_c^2 = \frac{GM}{R+h}$$

$$v_c = \sqrt{\frac{GM}{R+h}} \quad ....(1)$$

G = गुरुत्वीय स्थिरांक = 6.67×10^{-11} N m^2/kg^2

M = पृथ्वीचे वस्तुमान = 6×10^{24} kg

R = पृथ्वीची त्रिज्या = 6.4×10^6 m = 6400 km

h = उपग्रहाची भूपृष्ठापासून उंची

R + h = उपग्रहाच्या भ्रमणकक्षेची त्रिज्या

वरील सूत्रावरून असे दिसून येते की, विशिष्ट वेग (v_c) हा उपग्रहाच्या वस्तुमानावर अवलंबून नसतो. उपग्रहकक्षेची भूपृष्ठापासून उंची वाढत जाते तसा त्या उपग्रहांचा स्पर्शरेषेत असलेला वेग कमी होत जातो. भूपृष्ठापासून कृत्रिम उपग्रहाची भ्रमणकक्षांची उंची किती आहे , त्यानुसार सर्वसाधारणपणे कक्षांचे वर्गीकरण केले जाते.

उच्च कक्षा (High Earth Orbits) : (भूपृष्ठापासून उंची > 35780 km)

ज्या उपग्रह भ्रमण कक्षांची भूपृष्ठापासून उंची 35780 km किंवा जास्त असते त्या कक्षांना उच्च कक्षा म्हणतात. आपण पुढील उदाहरणात पाहणारच आहोत, की भूपृष्ठापासून 35780 km एवढ्या उंचीवर असलेल्या उपग्रहाला पृथ्वीभोवती प्रदक्षिणा पूर्ण करायला जवळपास 24 तास लागतात. आपल्याला माहिती आहे की पृथ्वीला सुद्धा स्वत:भोवती एक फेरी पूर्ण करण्यास 24 तास लागतात. या उपग्रहाची कक्षा जर विषुववृत्ताला समांतर असेल तर, पृथ्वीला स्वत: भोवती परिवलन करण्यास लागणारा कालावधी व उपग्रहाला पृथ्वी भोवती परिभ्रमण करण्यास लागणारा कालावधी एकच असल्याने पृथ्वीच्या सापेक्ष हा उपग्रह अवकाशात जणू काही स्थिर आहे असा भास होतो. एकाच गतीने समांतर चालत असलेल्या वाहनातील प्रवाशांना शेजारील वाहन स्थिर असल्याचा भास होतो, तसेच इथे घडते. म्हणून अशा उपग्रहांना **भूस्थिर उपग्रह** (Geosynchronous Satellite) असे म्हणतात. असे उपग्रह भूस्थिर असल्याने पृथ्वीच्या एकाच भागाचे सतत निरीक्षण करू शकतात. म्हणून हवामानशास्त्र, दुरध्वनी, दूरचित्रवाणी, आकाशवाणी यांच्या संदेशवहनामधेही यांचा उपयोग होतो.

मध्यम कक्षा (Medium Earth Orbits) : (भूपृष्ठापासून उंची 2000 km ते 35780 km)

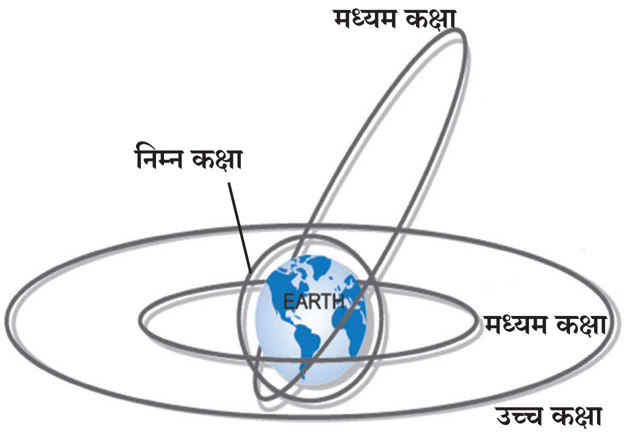
ज्या उपग्रह भ्रमण कक्षांची उंची भूपृष्ठापासून 2000 km ते 35780 km च्या दरम्यान असते अशा कक्षांना मध्यम कक्षा म्हणतात. भूस्थिर उपग्रह हे विषुववृत्ताच्या अगदी वर परिभ्रमण करतात. त्यामुळे, उत्तर किंवा दक्षिण ध्रुवीय प्रदेशांचा अभ्यास करण्यासाठी ते फारसे उपयुक्त ठरत नाहीत. त्यासाठी मग ध्रुवीय प्रदेशांवरून जाणाऱ्या लंबवर्तुळाकार मध्यम कक्षा वापरण्यात येतात. या कक्षांना 'ध्रुवीय कक्षा' असे म्हणतात. या कक्षांमध्ये उपग्रह जवळपास 2 ते 24 तासात एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो.

काही उपग्रह भूपृष्ठापासून जवळपास 20,200 km उंचीवर वर्तुळाकार कक्षेतून भ्रमण करतात. दिशा-दर्शक उपग्रह या कक्षांमध्ये भ्रमण करतात.

निम्न कक्षा (Low Earth Orbits) : (भूपृष्ठापासून उंची 180 km ते 2000 km)

ज्या उपग्रह भ्रमणकक्षांची भूपृष्ठापासून उंची 180 km ते 2000 km असते अशा कक्षांना निम्न कक्षा म्हणतात. शास्त्रीय प्रयोगांसाठी अथवा हवामान अभ्यासासाठी वापरले जाणारे उपग्रह निम्न कक्षांमध्ये भ्रमण करतात. त्यांच्या कक्षांच्या उंचीनुसार जवळपास 90 मिनिटात त्यांचे एक परिभ्रमण पूर्ण होते. आंतरराष्ट्रीय अवकाशस्थानक (International Space Station), हबल दुर्बिण हे सुद्धा याच प्रकारच्या कक्षांमध्ये परिभ्रमण करतात.

आकृती 10.4 मध्ये उपग्रहाच्या विविध कक्षा दर्शविलेल्या आहेत.



10.4 उपग्रहांच्या विविध कक्षा

माहीत आहे का तुम्हांला ?

पुण्यातील COEP (कॉलेज ऑफ इंजीनियारिंग, पुणे) ह्या संस्थेतील विद्यार्थ्यांनी एक लहान उपग्रह तयार करून इस्रोच्या मार्फत तो 2016 साली अवकाशात पाठवला. ह्या उपग्रहाचे नाव स्वयंम असून वजन सुमारे 1 kg जवळपास आहे. तो पृथ्वीपासून 515 km उंचीवर परिभ्रमण करीत आहे. त्याचे मुख्य कार्य पृथ्वीवरील एका स्थानाहून दुसऱ्या स्थानापर्यंत एका विशिष्ट पद्धतीने संदेश पाठवणे हे आहे.

सोडवलेली उदाहरणे

उदाहरण 1 . समजा उपग्रहाची कक्षा भूपृष्ठापासून बरोबर 35780 km एवढ्या उंचीवर असेल तर त्या उपग्रहाचा स्पर्श रेषेतील वेग काढा.

दिलेली माहिती : $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N m^2/kg^2 ,
$M = 6 \times 10^{24}$ kg (पृथ्वीसाठी)
R = 6400 km (पृथ्वीसाठी) = 6.4×10^6 m ,
h = उपग्रहाची भूपृष्ठापासूनची उंची 35780 km.
उपग्रहाचा वेग = v = ?
$R + h = 6400 + 35780 = 42180 \times 10^3$ m

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

$$= \sqrt{\frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (6 \times 10^{24})}{42180 \times 10^3 \text{ m}}}$$

$$= \sqrt{\frac{40.02 \times 10^{13}}{42180 \times 10^3}}$$

$$= \sqrt{\frac{40.02}{42180} \times 10^{10}}$$

$$= \sqrt{0.0009487909 \times 10^{10}}$$

$$= \sqrt{9487909}$$

v = 3080.245 m/s = 3.08 km/s

उदाहरण 2 : मागील उदाहरण 1 मधील उपग्रहाला पृथ्वीची एक परिक्रमा करण्यास किती अवधी लागेल ?

दिलेली माहिती : उपग्रहाची पृथ्वीपासून उंची = 35780 km, उपग्रहाची चाल = v = 3.08 km/s

समजा हा उपग्रह T कालावधीत पृथ्वीभोवती एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो. एक प्रदक्षिणा पूर्ण करताना उपग्रहाने कापलेले अंतर म्हणजे त्याच्या कक्षेचा परीघ. जर कक्षेची त्रिज्या r एवढी असेल तर उपग्रहाने कापलेले अंतर $2\pi r$ एवढे असेल. यावरून उपग्रहाच्या एका प्रदक्षिणेसाठी लागणारा कालावधी खालील प्रमाणे काढता येईल
r = पृथ्वीकेंद्रापासून उपग्रह कक्षेची त्रिज्या = R+h
h= उपग्रह भ्रमण कक्षांची भूपृष्ठापासूनची उंची

$$v = \frac{\text{अंतर}}{\text{काल}} = \frac{\text{परीघ}}{\text{काल}} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi(R+h)}{v}$$

$$= \frac{2 \times 3.14 \times (6400 + 35780)}{3.08}$$

= 86003.38 सेकंद

= 23.89 तास = 23 तास 54 मी.

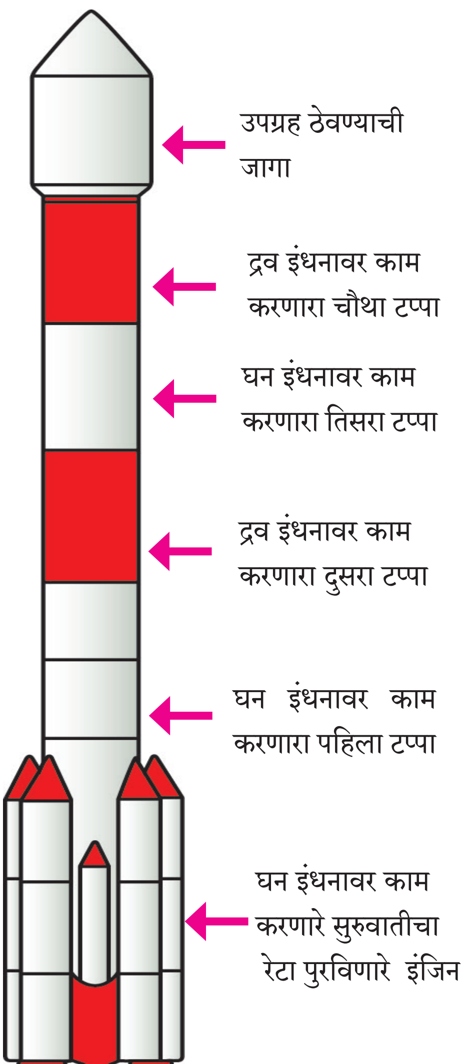
(इथे चाल km/s या एककात घेतल्याने त्रिज्यासुद्धा km या एककात घेतली आहे.)

उपग्रह प्रक्षेपक (Satellite Launch Vehicles)

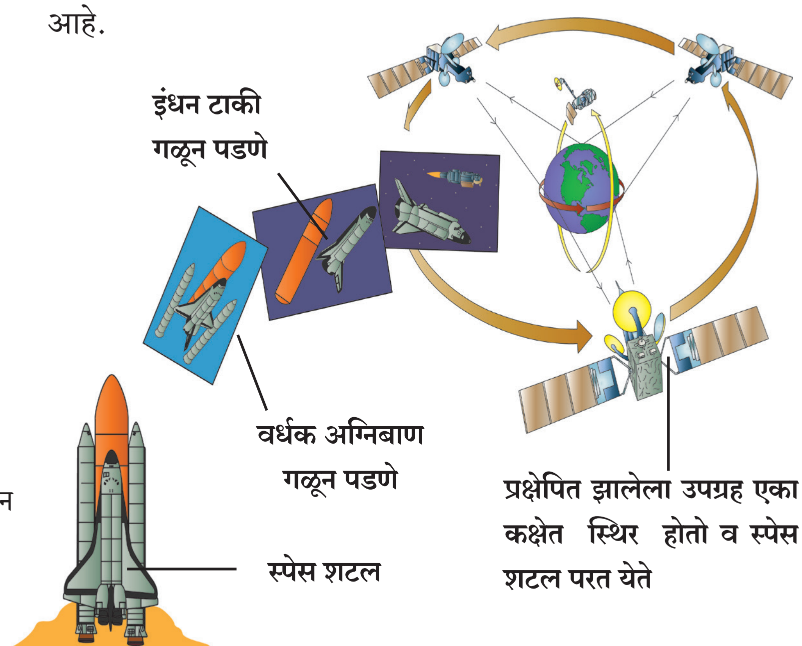
उपग्रह त्यांच्या निर्धारित कक्षांत स्थापित करण्यासाठी उपग्रह प्रक्षेपकांचा (Satellite Launch Vehicles) उपयोग केला जातो. उपग्रह प्रक्षेपकाचे कार्य न्यूटनच्या गतिविषयक तिसऱ्या नियमावर आधारित आहे. प्रक्षेपकामध्ये विशिष्ट प्रकारचे इंधन वापरले जाते. या इंधनाच्या ज्वलनाने निर्माण होणारा वायू हा उष्ण असल्याने प्रसरण पावतो व त्या प्रक्षेपकाच्या शेपटाकडून प्रचंड वेगाने बाहेर पडतो. याची प्रतिक्रिया म्हणून प्रक्षेपकावर एक 'रेटा' (Thrust) कार्य करतो. प्रक्षेपकाला जो रेटा लावला जातो त्यामुळे प्रक्षेपक अवकाशात झेपावतो.

उपग्रह किती वजनाचा आहे आणि तो किती उंचीवरील कक्षेत प्रस्थापित करायचा आहे, यानुसार प्रक्षेपकाचा आराखडा ठरतो. प्रक्षेपकाला लागणारे इंधनही यावरून ठरते. एकंदरच, प्रक्षेपकामध्ये इंधनाचेच वजन खूप जास्त असते. त्यामुळे प्रक्षेपक उडवतांना त्याच्यासोबत इंधनाचे खूप वजनही वाहून न्यावे लागते. मग यासाठी टप्प्याटप्प्याने बनलेले प्रक्षेपक वापरतात. या युक्तीमुळे प्रक्षेपकाने उड्डाण केल्यानंतर टप्प्या-टप्प्याने त्याचे वजनही कमी करता येते. उदाहरणार्थ, समजा एखादा प्रक्षेपक दोन टप्प्यांचा आहे.

प्रक्षेपकाच्या उड्डाणासाठी पहिल्या टप्प्यातील इंधन व इंजीन वापरले जाते व ते प्रक्षेपकाला ठराविक वेग व उंची प्राप्त करून देते. या पहिल्या टप्प्यातील इंधन संपले कि इंधनाची रिकामी टाकी व इंजिन प्रक्षेपकापासून मुक्त होवून खाली समुद्रात किंवा निर्जन जागी पडते. पहिल्या टप्प्यातील इंधन संपताच दुसऱ्या टप्प्यातील इंधन प्रज्वलित झालेले असते. मात्र आता प्रक्षेपकात फक्त दुसराच टप्पा राहिल्याने त्याचे वजन बरेच कमी झालेले असते व आता ते अधिक वेगाने प्रवास करू शकते. बहुतेक सर्व प्रक्षेपक अशा दोन किंवा अधिक टप्प्यांनी बनलेली असतात. उदाहरण म्हणून आकृती 10.5 अ मध्ये भारताच्या इस्रो (ISRO) या संस्थेने तयार केलेल्या एका प्रक्षेपकाचे (PSLV) चित्र दिले आहे.



10.5 (अ) 'इस्रो' ने बनविलेल्या PSLV या प्रक्षेपकाचा बाह्य आराखडा



10.5 (ब) स्पेस शटल

प्रक्षेपक हे फार खर्चिक असतात, कारण ते फक्त एकदाच वापरता येतात. त्यामुळे अमेरिकेने Space Shuttle तयार केले आहे (आकृती 10.5 ब) ज्यात फक्त इंधनाची टाकी वाया जाते व बाकीचे सर्व भाग पृथ्वीवर परत येतात. हे पुन्हा पुन्हा वापरले जाऊ शकते.

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

दिवाळीच्या दिवसात उडविले जाणारे 'रॉकेट' हे एक प्रकारचे प्रक्षेपकच आहे. या रॉकेट मधील इंधन त्याला जोडलेल्या वातीच्या सहायाने पेटवले की हे रॉकेट प्रक्षेपका प्रमाणे वर झेपावते. एखादा फुगा फुगवून सोडून दिल्यावर त्यातील हवा जोराने बाहेर पडते व फुगा उलट दिशेने ढकलला जातो. ही क्रिया देखील न्यूटनच्या गतिविषयक तिसऱ्या नियमावर आधारित आहे.

पृथ्वीपासून दूर गेलेल्या अवकाश मोहिमा (Space missions away from earth)

बहुतेक कृत्रिम उपग्रह आपल्या जीवनाला अधिकाधिक समृद्ध करण्यासाठी वापरले जातात. पण आपण मागील इयत्तेत कृत्रिम उपग्रहांवर ठेवलेल्या दुर्बिणीद्वारे विश्वातील विविध घटकांची अधिक माहिती कशी मिळवता येते हे पाहिले आहे. त्याचप्रमाणे काही अवकाश मोहिमा विश्वाविषयीचे आपले ज्ञान वाढवण्यासाठी राबवल्या जातात. यात अवकाशयाने सौरमंडळातील इतर घटकांकडे, त्यांचे जवळून निरीक्षण करण्यासाठी, वापरली जातात. अशा मोहिमांतून नवीन माहिती समोर आली असून सूर्यमालेच्या उत्पत्ती व उत्क्रांतीला समजून घेण्यात प्रगती झाली आहे.

अशा मोहिमांसाठी अवकाशयाने पृथ्वीच्या गुरुत्वीय बलापासून मुक्त होऊन अंतराळात प्रवास करू शकली पाहिजेत. आपण गुरुत्वाकर्षण या पाठात शिकलो आहोत की असे होण्यासाठी एखाद्या वस्तूचा सुरुवातीचा, म्हणजेच पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील वेग हा पृथ्वीच्या मुक्तिवेगाहून (Escape Velocity, v_{esc}) अधिक असणे आवश्यक असते. एखाद्या ग्रहावरील मुक्तिवेग हा खालील सूत्राने काढता येतो.

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

G = गुरुत्वीय स्थिरांक = 6.67×10^{-11} N m^2/kg^2

M = ग्रहाचे वस्तुमान = 6×10^{24} kg (पृथ्वीसाठी)

R = ग्रहाची त्रिज्या = 6.4×10^{6} m (पृथ्वीसाठी)

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^{6}}} = 11.18 \times 10^{3}\ m/s = 11.18\ km/s$$

म्हणजेच, पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणबलापासून मुक्त करून एखादे यान अंतराळात प्रवासासाठी पाठवायचे असल्यास त्यासाठी प्रक्षेपकाची गती कमीत कमी 11.2 km/s एवढी असणे आवश्यक आहे.

माहीत आहे का तुम्हांला ?

सूर्य मालिकेतील आपल्या सर्वात जवळचा घटक हा चंद्र होय. चंद्रापासून आपल्या पर्यंत प्रकाश पोचण्यास 1 सेकंद लागतो. म्हणजेच प्रकाशाच्या वेगाने यात्रा केल्यास आपण एका सेकंदात चंद्रावर पोहोचू शकतो. परंतु, आपल्या अवकाश यानांचा वेग प्रकाशाच्या वेगाहून कमी असल्याने त्यांना चंद्रावर पोचावयास जास्त वेळ लागतो. एखाद्या अंतराळयानाला चंद्रापर्यंत पोहोचण्यास लागलेला सगळ्यात कमी वेळ 8 तास 36 मिनिटे इतका आहे.

चंद्रमोहिमा (Moon missions)

चंद्र आपल्या सर्वात जवळची खगोलीय वस्तू असल्यामुळे सूर्यमालेतील घटकांकडे पाठवलेल्या मोहिमांमध्ये चंद्रमोहिमा या सर्वात पहिल्या अंतराळमोहिमा होत्या. अशा मोहिमा आजपर्यंत सोव्हियत युनियन, अमेरिका, युरोपियन देश, चीन, जपान व भारताद्वारे राबविल्या गेल्या आहेत. सोव्हियत युनियनने पाठवलेली लुना मालिकेतील अवकाशयाने चंद्राजवळ पोचली होती. 1959 मध्ये प्रक्षेपित केलेले लुना 2 हे असे पहिले यान होते. तेव्हापासून ते 1976 पर्यंत पाठवलेल्या 15 यानांनी चंद्राचे रासायनिक विश्लेषण केले व त्याचे गुरुत्व, घनत्व व चंद्रापासून निघालेल्या प्रारणांचे मापन केले. अंतिम 4 यानांनी चंद्रावर उतरून तेथील दगडांचे नमुने पृथ्वीवरील प्रयोगशाळांमध्ये अभ्यासण्यासाठी आणले. या मोहिमा मानवरहित होत्या.

अमेरिकेने देखील 1962 ते 1972 मध्ये चंद्रमोहीमा राबवल्या. त्यांचे वैशिष्टय म्हणजे त्यांच्या काही यानांद्वारे मानवही चंद्रावर उतरला. जुलै 1969 मध्ये नील आर्मस्ट्राँग हा चंद्रावर पाउल ठेवणारा प्रथम मानव ठरला. सन 2008 मध्ये भारतीय अंतराळ संशोधन संस्था (ISRO) या संस्थेने चंद्रयान 1 चे यशस्वी प्रक्षेपण केले व ते यान चंद्राच्या कक्षेत प्रस्थापित केले. वर्षभर त्या यानाने पृथ्वीवर माहीती पाठवली. या मोहिमेचा सर्वात महत्वाचा शोध म्हणजे चंद्रावरील पाण्याचे अस्तित्व. हे शोधून काढणारा भारत हा प्रथम देश ठरला.

मंगळ मोहिमा (Mars missions)

चंद्रानंतर पृथ्वीला दुसरी जवळची खगोलीय वस्तू म्हणजे मंगळ. मंगळाकडेही अनेक राष्ट्रांनी याने पाठविली. परंतु ही मोहीम अवघड असल्याने त्यातील जवळजवळ अर्ध्या मोहिमा यशस्वी होऊ शकल्या नाही. मात्र आपल्याला अभिमान वाटावा अशी कामगिरी इस्रोने केली आहे. इस्रोने अत्यंत्य कमी खर्चात नोव्हेंबर 2013 मध्ये प्रक्षेपित केलेले मंगलयान सप्टेंबर 2014 मध्ये मंगळाच्या कक्षेत प्रस्थापित झाले व त्याने मंगळाचा पृष्ठभाग व वायुमंडल याबद्दल महत्वाची माहिती मिळवली.

राकेश शर्मा

अंतराळात जाणारे पहिले भारतीय. भारत-रशिया संयुक्त अवकाश कार्यक्रमांतर्गत दोन रशियन अंतराळ संशोधकांसमवेत अवकाशात झेप. 8 दिवस अंतराळात वास्तव्य.

कल्पना चावला

पंजाबमधून एरोनॉटीक्स ची अभियांत्रिकी पदवी व 1988 मध्ये कोलोराडो विद्यापीठातून डॉक्टरेट. संशोधन मोहिमेदरम्यान 336 तास अंतराळात. 1 फेब्रूवारी 2003 ला अंतराळातून पृथ्वीवर परतताना कोलंबिया अवकाशयानाचा स्फोट झाल्याने मृत्यू झाला.

सुनीता विल्यम्स

2006 मध्ये डिस्कव्हरी मधून प्रथम अंतराळात International space station येथे प्रवास व 29 तास शटल बाहेर काम. 192 दिवस अवकाशात राहण्याचा विक्रम.

इतर ग्रहांच्या मोहिमा : इतर ग्रहांचा अभ्यास करण्यासाठीही अनेक मोहिमा राबवल्या गेल्या आहेत. यातील काही यानांनी ग्रहांची परिक्रमा केली, काही याने ग्रहांवर उतरली तर काही ग्रहांच्या जवळून, त्यांचे निरीक्षण करून पुढे गेली. या शिवाय लघुग्रह व धूमकेतू अभ्यासण्यासाठी अवकाशायाने पाठवली गेली आहेत व लघुग्रहावरील धूलिकण व दगड पृथ्वीवर आणण्यात यश मिळाले आहे. या सगळ्या मोहीमांतून आपल्याला मौल्यवान माहिती मिळत आहे आणि आपल्या सूर्यमालेच्या उत्पत्ती व उत्क्रान्ती विषयीच्या कल्पना अधिक स्पष्ट होत आहेत.

भारत व अवकाश तंत्रज्ञान

भारतानेही प्रक्षेपकांच्या विज्ञान व तंत्रज्ञानात खूप अभिमानास्पद प्रगती केलेली आहे. प्रक्षेपणासाठी वेगवेगळ्या प्रकारचे प्रक्षेपक तयार केले आहेत जे 2500 kg वजना पर्यंतचे उपग्रह सर्व प्रकारच्या कक्षांमध्ये प्रस्थापित करू शकतात. यात PSLV व GSLV हे प्रमुख आहेत. भारताने अंतराळशास्त्र व विज्ञानात केलेल्या प्रगतीचे राष्ट्रीय व सामाजिक विकासात मोठे योगदान आहे. दूरसंचार (Telecommunication), दूरचित्रवाणी प्रसारण (Television broadcasting) आणि हवामानशास्त्र-सेवा (Meterological services) यासाठी INSAT व GSAT उपग्रह मालिका कार्यरत आहे. यामुळेच देशात सर्वत्र दूरचित्रवाणी, दूरध्वनी आणि इंटरनेट सेवा उपलब्ध होऊ शकली. याच मालिकेतील EDUSAT उपग्रह तर फक्त शिक्षणक्षेत्रासाठी वापरला जातो. देशातील नैसर्गिक संसाधनांचे नियंत्रण आणि व्यवस्थापन (Monitoring and management of natural resources) आणि आपत्ती व्यवस्थापन (Disaster management) यासाठी IRS उपग्रहमालिका कार्यरत आहे. पृथ्वीवरील कुठल्याही ठिकाणाचे भौगोलिक स्थान म्हणजेच त्या स्थानाचे अत्यंत अचूक अक्षांश (Latitude) व रेखांश (Longitude) निश्चित करण्यासाठी IRNSS ही उपग्रह मालिका प्रस्थापित केली आहे.

माहिती असू द्या

अग्निबाण प्रक्षेपण केंद्रे	अवकाश संशोधन संस्था
1. थुंबा, तिरूवनंतपुरम	1. विक्रम साराभाई अवकाश केंद्र, तिरूवनंतपुरम.
2. श्रीहरीकोटा	2. सतीश धवन अंतराळ संशोधन केंद्र, श्रीहरीकोटा.
3. चांदीपूर (ओडिशा)	3. स्पेस ॲप्लीकेशन सेंटर, अहमदाबाद .

परिचय शास्त्रज्ञांचा

विक्रम साराभाई यांना भारतीय अंतराळ कार्यक्रमांचे जनक म्हटले जाते. त्यांच्या प्रयत्नांतून फिजीकल रिसर्च लॅबोरेटरी (PRL) या संस्थेची स्थापना करण्यात आली. 1962 साली भारत सरकारने त्यांच्या अध्यक्षतेखाली ‘भारतीय अंतराळ संशोधन समिती’ची स्थापना करून 1963 साली देशातील पहिले उपग्रह प्रक्षेपण केंद्र थुंबा येथे स्थापन केले गेले.त्यांच्या प्रयत्नांतूनच भारताचा पहिला उपग्रह आर्यभट्ट अंतराळात सोडला होता. भारतीय अंतराळ संशोधन संस्थेच्या (ISRO) स्थापनेत त्यांचे महत्वाचे योगदान होते.

अवकाशातील कचरा व त्याचे व्यवस्थापन

कृत्रिम उपग्रहांबरोबरच इतरही मानवनिर्मित वस्तू पृथ्वीभोवती परिभ्रमण करीत आहेत. यात आता कार्यशील नसलेले उपग्रह, प्रक्षेपणाच्या वेळी सुटे झालेले प्रक्षेपकांचे भाग व एखादा उपग्रह दुसऱ्या एखाद्या उपग्रहावर किंवा अवकाशातील इतर वस्तूवर आदळल्यामुळे निर्माण होणारे तुकडे अशा सर्व वस्तूंचा यात समावेश होतो. 2016 च्या एका अंदाजाप्रमाणे अशा निरूपयोगी वस्तूंचे 1 सेमी हून जास्त लांबीचे 2 कोटी तुकडे पृथ्वीभोवती परिभ्रमण करीत आहेत. हे सगळे म्हणजे अवकाशातील कचराच होय.

हा कचरा कृत्रिम उपग्रहांसाठी धोक्याचा ठरू शकतो. उपग्रहांवर व इतर अवकाशयानांवर आदळून तो त्यांना हानी पोहोचवू शकतो. हा कचरा दिवसेंदिवस वाढत चाला आहे. लवकरच यामुळे नवीन अवकाशयानांचे प्रक्षेपण कठीण होऊन बसेल. त्यामुळे या कचऱ्याचे व्यवस्थापन करणे गरजेचे आहे. या दृष्टीने काही पद्धतींचे अध्ययन व काही प्रयोग करण्यात येत आहेत. या समस्येवर उपाय लवकरच सापडेल व उपग्रह व अवकाशयानांचे भवितव्य धोक्यात येणार नाही, अशी आशा आहे.

पुस्तक माझे मित्र : अधिक माहितीसाठी ग्रंथालयातील संदर्भ पुस्तके वाचा.

1. अंतराळ आणि विज्ञान - डॉ. जयंत नारळीकर   2. कथा इस्रोची - डॉ. वसंत गोवारीकर

स्वाध्याय

1. **दिलेल्या विधानांतील रिकाम्या जागी योग्य शब्द लिहून विधाने स्पष्ट करा.**
   अ. कृत्रिम उपग्रहाच्या भ्रमणकक्षेची भूपृष्ठापासून उंची वाढविल्यास त्या उपग्रहाची स्पर्श रेषेतील गती .... होते.
   आ. मंगळयानाचा सुरूवातीचा वेग हा पृथ्वीच्या .... पेक्षा अधिक असणे आवश्यक आहे.
2. **खालील विधाने चूक की बरोबर ते ठरवून त्यांचे स्पष्टीकरण लिहा.**
   अ. एखादया यानाला पृथ्वीच्या गुरूत्वबलाच्या प्रभावातून बाहेर पाठवायचे असल्यास त्याचा वेग मुक्तिवेगापेक्षा कमी असावा लागतो
   आ. चंद्रावरील मुक्तिवेग पृथ्वीवरील मुक्तीवेगापेक्षा कमी आहे.
   इ. एका विशिष्ट कक्षेत परीभ्रमण करण्यासाठी उपग्रहाला ठराविक वेग द्यावा लागतो.
   ई. उपग्रहाची उंची वाढविल्यास त्याचा वेगही वाढतो.
3. **खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.**
   अ. कृत्रिम उपग्रह म्हणजे काय ? उपग्रहांच्या कार्यानुसार त्यांचे वर्गीकरण कसे करतात ?
   आ. उपग्रहाची भ्रमणकक्षा म्हणजे काय? कृत्रिम उपग्रहाच्या भ्रमणकक्षेचे वर्गीकरण कशाच्या आधारे व कसे केले जाते ?
   इ. धृवीय प्रदेशाच्या अभ्यासासाठी भूस्थिर उपग्रह का उपयोगी पडत नाहीत ?
   ई. उपग्रह प्रक्षेपक म्हणजे काय ? I.S.R.O ने बनविलेल्या एका उपग्रह प्रक्षेपकाचा बाहय आराखडा आकृतीसह स्पष्ट करा.
   उ. उपग्रह प्रक्षेपणासाठी एकाहून अधिक / अनेक टप्पे असलेले प्रक्षेपक वापरणे का फायदेशीर आहे ?
4. **खालील तक्ता पूर्ण करा.**

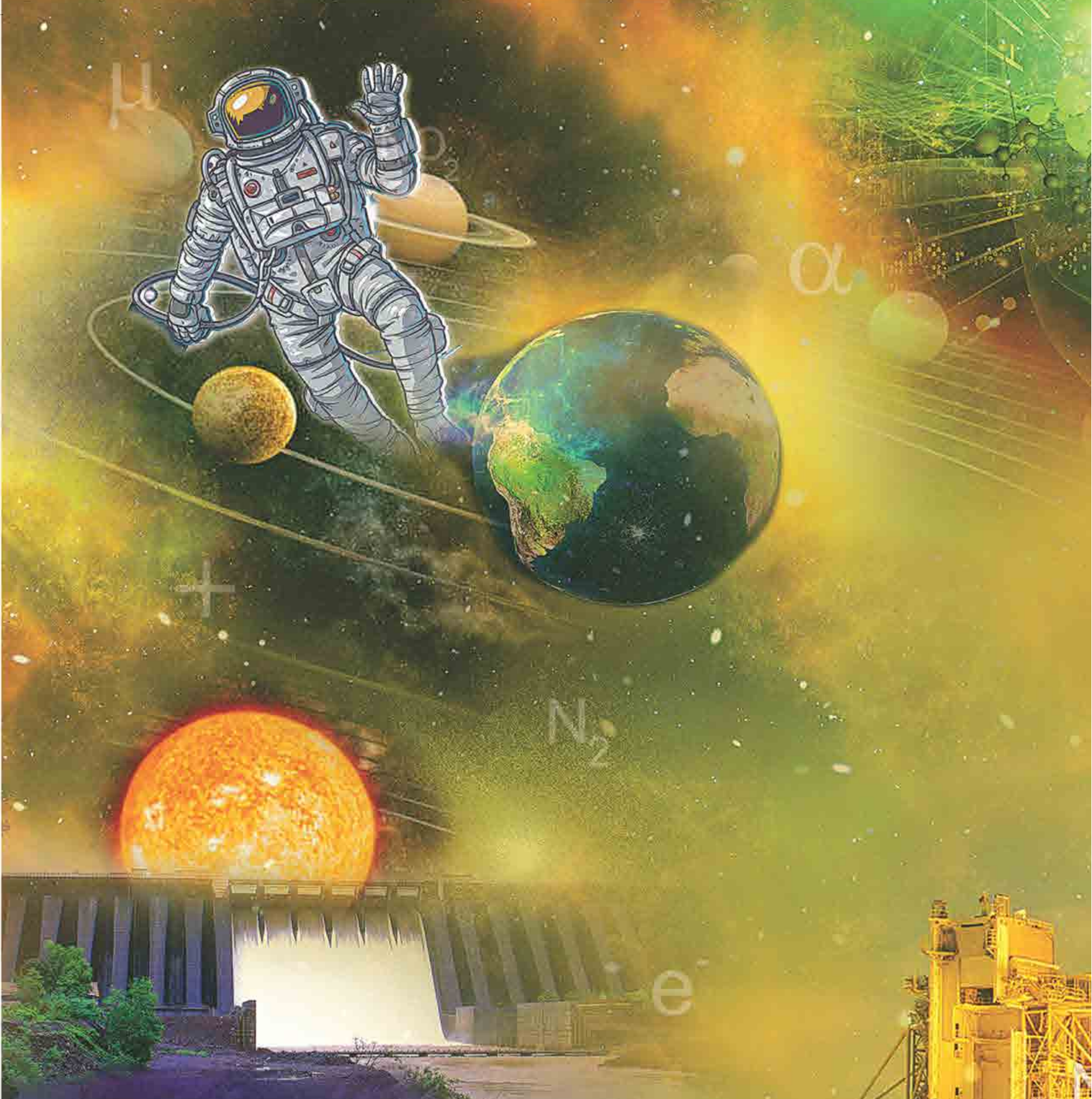
IRNSS		
	हवामान उपग्रह	
		पृथ्वी निरीक्षण

5. **उदाहरणे सोडवा.**
   अ. एखाद्या ग्रहाचे वस्तुमान पृथ्वीच्या वस्तुमानापेक्षा 8 पट जास्त आणि त्रिज्या पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या 2 पट असेल तर त्या ग्रहासाठी मुक्तिवेग किती असेल ?
   उत्तर : 22.4 km/s
   आ. पृथ्वीचे वस्तुमान तिचे आहे त्या वस्तुमानपेक्षा चार पट असते तर 35780 किमी उंच कक्षेत फिरणाऱ्या उपग्रहाला पृथ्वीभोवती 1 प्रदक्षिणा करण्यास किती कालावधी लागला असता ?
   उत्तर : ~ 12 **तास**
   इ. पृथ्वीभोवती T सेकंदात एक परिक्रमा करणाऱ्या उपग्रहाची भूपृष्ठापासूनची उंची h_1 असेल तर $2\sqrt{2}\ T$ सेकंदात एक परिक्रमा करणाऱ्या उपग्रहाची उंची किती असेल ?
   उत्तर : $R + 2h_1$

उपक्रम :

1. सुनीता विल्यम्स यांच्या अंतराळ मोहिमांविषयी माहिती मिळवा.
2. अशी कल्पना करा, की तुम्ही सुनीता विल्यम्स यांची मुलाखत घेत आहात. कोणते प्रश्न तुम्ही त्यांना विचाराल? या प्रश्नांसाठी तुम्हाला काय उत्तरे मिळतील याचाही विचार करा.

HJP4R4



महाराष्ट्र राज्य पाठ्यपुस्तक निर्मिती व अभ्यासक्रम संशोधन मंडळ, पुणे.

विज्ञान आणि तंत्रज्ञान इयत्ता दहावी भाग -१ (मराठी माध्यम)

₹ ७५.००