महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई

स्वायत्त [ISO 9001:2015] [ISO/IEC 27001:2013]

अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञान पदविका

शिक्षण पुस्तिका

[Learning Material]

बेसिक सायन्स

[Basic Science]

311305

मराठी -इंग्रजी [द्विभाषिक] माध्यम

[अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील प्रथम सत्र पदविका]

शिक्षण पुस्तिका

(Learning Material)

बेसिक सायन्स

(Basic Science)

311305

मराठी –इंग्रजी (द्विभाषिक) माध्यम

अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील प्रथम सत्र पदविका

महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई

स्वायत्त (ISO 9001:2015) (ISO/IEC 27001:2013)

मार्गदर्शक

श्रीमती संगीता जयवंत मुनावळी
अधिव्याख्याता भौतिकशास्त्र

श्रीमती राणी अशोक फडतरे
अधिव्याख्याता रसायनशास्त्र

लेखक

डॉ. स्वप्नीलकुमार शामराव पाटील
अधिव्याख्याता भौतिकशास्त्र

श्री मनोज सुरेश वैद्य
अधिव्याख्याता भौतिकशास्त्र

श्रीमती शुभांगी सुशील रणनवरे
अधिव्याख्याता रसायनशास्त्र

श्री अहमद आरिफ फरीद शेख
अधिव्याख्याता रसायनशास्त्र

समन्वयक

डॉ. स्वप्नीलकुमार शामराव पाटील
विभागप्रमुख

मुख्य समन्वयक

प्रा. श्रीहरी रवींद्र उपासनी
प्राचार्य

प्रकल्प संस्था

गुरु गोबिंद सिंग तंत्रनिकेतन, नाशिक (0369)

अनुक्रमणिका

S.No.	Name of unit	Page No.
	भौतिक शास्त्र (Physics)	
Unit-1 युनिट -१	Units and Measurements युनिट्स आणि मेजरमेंट्स	५
Unit-2 युनिट -२	Electricity, Magnetism and Semiconductors इलेक्ट्रिसिटी, मॅग्नेटिझम आणि सेमीकंडक्टर्स	२३
Unit-3 युनिट -३	Thermometry and Fiber Optics थर्मोमेट्री आणि फायबर ऑप्टीक्स	५०
	रसायन शास्त्र (Chemistry)	
Unit-4 युनिट -४	Chemical Bonding केमिकल बॉण्डिंग	८३
Unit-5 युनिट -५	Electrochemistry and metal Corrosion, Control Measures इलेकट्रोकेमिस्ट्री आणि मेटल कोरोजन, कंट्रोल मेजर	१०८
Unit-6 युनिट -६	Paint, Varnishes, Insulators, Polymer, Adhesives, Lubricants & Catalyst पेंट, वार्निश, इन्सुलेटर,पॉलिमर ,अढेसिव्हस, ल्युब्रिकंट आणि कॅटॅलीस्ट	१४१

महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ

(स्वायत्त) (ISO: ९००१:२०१५) (ISO/IES: २७००१-२०१३)

शासकीय तंत्रनिकेतन इमारत, चौथा मजला, ४९, खेरवाडी, बांद्रा (पूर्व), मुंबई - ४०० ०५१.

दूरध्वनी क्र.: ०२२-६२५४२१७० / १६१

Email : director@msbte.com Web : www.msbte.org.in

प्रास्ताविक

महाराष्ट्र राज्यातील पदविका स्तरावरील तंत्रशिक्षणामध्ये विद्यार्थ्यांचे रोजगार कौशल्य विकसित करून विद्यार्थ्यांचा सर्वांगीण विकास घडवून आणण्याकरिता महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ कटिबद्ध आहे. उद्योगधंद्यातील बदलत्या तंत्रज्ञानाशी संबंधित गरजा लक्षात घेऊन महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळाकडून पदविका अभ्यासक्रम वेळोवेळी अद्यावत करण्यात येतो . अभियांत्रिकी पदविका अभ्यासक्रम शिकत असतांना संकल्पनात्मक ज्ञान, सुसंगत संदर्भ, प्रश्न विचारणे, विश्वसनिय पुरावे, कारणमीमांसा आणि सुस्पष्ट निकष यांचा वापर करून अर्थाची उकल करण्याची, विश्लेषण व मूल्यमापन करण्याची तसेच तर्काने अनुमान काढण्याची क्षमता म्हणजेच चिकित्सक विचार विद्यार्थ्यांमध्ये अधिक दृढ होतील असा मला विश्वास आहे. जेव्हा विद्यार्थी ज्ञान मिळवण्याच्या माध्यमाशी पूर्णपणे परिचित आणि सोयीस्कर असतात, तेव्हा त्यांच्यासाठी वर्गातील चर्चेत भाग घेणे सोपे होते, संकल्पनात्मक व सैद्धांतिक बाबींचे आकलन परिपूर्ण होते, संज्ञानात्मक क्षमता सुधारते आणि त्यांचा आत्मविश्वास देखील वाढतो या सर्व गोष्टींचा विचार करून मंडळाकडून शैक्षणिक सामुग्रीची निर्मिती करण्यात आलेली आहे . भारत देश हा खेड्यापाड्यातून विकसित झालेला देश असून ग्रामीण भागातील विद्यार्थ्यांना तांत्रिक शिक्षण घेतांना भाषेचा अडसर न येता तांत्रिक बाबींचा आशय समजून घेणे शक्य होईल या दृष्टिकोनातून महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळाने पदविका स्तरावरील तांत्रिक शिक्षणाकरीता विद्यार्थ्यांना मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमाचा पर्याय शैक्षणिक वर्ष २०२१-२२ पासून उपलब्ध करून दिलेला आहे .

राष्ट्रीय शैक्षणिक धोरण-२०२० प्रादेशिक भाषेतील शिक्षणास प्रोत्साहन देते, ज्यामुळे विद्यार्थ्यांना तांत्रिक अभ्यासक्रमांसाठी प्रादेशिक भाषांतुन शिक्षणाचे माध्यम निवडता येते. सदर धोरणामुळे प्रादेशिक भाषांमध्ये तांत्रिक सामग्री आणि अभ्यास सामग्रीचा विकास आणि भाषांतर निर्माण करण्याची आवश्यकता आहे . त्यास अनुसरून मंडळाने मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमाचा पर्याय द्वितीय व तृतीय वर्षाकरिताही उपलब्ध करून देण्यात आला आहे. तसेच त्याकरिताची शैक्षणिक सामग्रीही संबंधीत भागधारकरांना उपलब्ध करून देण्यात येत आहे.

पदविका स्तरावरील तंत्रशिक्षण अधिक दर्जेदार करण्यासाठी महाराष्ट्रातील अनुभवी व तज्ञ अध्यापकांनी व्यवहारिक मराठी भाषा व इंग्रजी भाषेतील तांत्रिक शब्दावली यांचा वापर करून मराठी - इंग्रजी भाषेचा सुवर्णमध्य साधण्याचा प्रयत्न केलेला आहे. मंडळाच्या स्तरावर गठीत सुकाणू समितीमार्फत सदर शैक्षणिक सामुग्रीचा दर्जा, तसेच इतर बाबींची तपासणी करण्यात आलेली आहे. त्यामुळे सदर शैक्षणिक सामुग्री अधिक सम्पन्न झालेली असून विद्यार्थी त्यांच्या व्यक्तिमत्त्वाचा सुसंवादी आणि सर्वांगीण विकास साधतील. परिणामतः विश्वस्तरीय मनुष्यबळाच्या गरजा पूर्ण करण्यात महाराष्ट्र राज्य अग्रेसर राहील व पर्यायाने राष्ट्रनिर्मिती करीता निश्चितच हातभार लागेल , असा मला विश्वास आहे.

अभियांत्रिकी पदविका अभ्यासक्रमातील प्रमुख विषयांची मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक शैक्षणिक सामुग्री बनविण्यासाठी अध्यापक व सुकाणू समितीचे सदस्य यांनी दर्शविलेले समर्पण व वचनबद्धता कौतुकास पात्र आहे , या सर्वांचे मी मनः पूवक अभिनंदन करतो !

(प्रमोद नाईक)
संचालक
म. रा. तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई.

Unit-1: Units and Measurements

युनिट -१: युनिट्स आणि मेजरमेंट्स

विषय दर्जा विद्यार्जन निष्पत्ती (Course Level Learning Outcome):

- विविध अभियांत्रिकी परिस्थितींमध्ये भौतिक राशी मोजण्यासाठी मूलभूत उपकरणांचा वापर करा.

सिद्धांत विद्यार्जन निष्पत्ती (Theory Learning Outcome):

- भौतिक राशी आणि त्याचे प्रकार उदाहरणांसह स्पष्ट करा.
- उदाहरणांसह अदिश आणि सदिश राशींमध्ये फरक स्पष्ट करा.
- समीकरणांची अचूकता तपासण्यासाठी आणि भिन्न प्रणालींमध्ये एककांचे रूपांतरण करण्यासाठी मितीय विश्लेषण लागू करा.
- दिलेल्या समस्येसाठी मोजमापातील एर्रर चा अंदाज लावा.
- अंतर, वेळ आणि तासाचा कोन मोजण्यासाठी प्राचीन खगोलशास्त्रीय उपकरणांचे कार्य स्पष्ट करा.
- व्हर्नियर कॅलिपर आणि स्क्रू गेज वापरून दिलेल्या वस्तूचे आयाम किंवा मिती मोजण्याची प्रक्रिया स्पष्ट करा.

परिचय :

विज्ञान, अभियांत्रिकी आणि गणितातील एकक आणि मोजमाप (Units & Measurements) या मूलभूत संकल्पना आहेत. एकक म्हणजे लांबी, वजन किंवा वेळ यासारख्या भौतिक राशींचा आकार व्यक्त करण्यासाठी वापरण्यात येणारे मोजमापाचे मानक आहे. हे समान प्रकारच्या परिमाणांची व्याख्या आणि तुलना करण्याचा एक मार्ग आहे. इंटरनॅशनल सिस्टीम ऑफ युनिट्स (SI) ही एककांची सर्वाधिक वापरली जाणारी प्रणाली आहे आणि ती सात मूलभूत राशींसाठी सात मूलभूत एकके परिभाषित करते. मोजमाप म्हणजे एककाशी परिमाणाची तुलना करून मिळवलेली संख्या. उदाहरणार्थ, टेबलची लांबी मीटरमध्ये मोजली जाऊ शकते. बांधकाम, उत्पादन आणि वैद्यकीय संशोधन यासारख्या अनेक क्षेत्रात अचूक मोजमाप आवश्यक आहे. मापन एर्रर चे महत्त्वपूर्ण परिणाम होऊ शकतात, त्यामुळे एर्रर कमी करण्यासाठी योग्य तंत्रे आणि साधने वापरणे महत्त्वाचे आहे. मोजमाप अचूक आणि सुसंगत असल्याची खात्री करण्यासाठी, प्रमाणित पद्धती आणि उपकरणे वापरली जातात. एकके आणि मोजमाप भौतिक जगाच्या आपल्या समजण्यात महत्त्वपूर्ण भूमिका बजावतात. ते शास्त्रज्ञ, अभियंते आणि गणितज्ञांना संवाद साधण्यासाठी आणि त्यांच्या निष्कर्षांची तुलना करण्यासाठी एक सामान्य भाषा प्रदान करतात.

एकक -: भौतिक राशी मोजण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या संदर्भाला त्या राशीचे एकक म्हणतात.

एककाचे उदाहरण –: लांबी मोजण्याचे एकक मीटर (मी.) आहे.

आदर्श एककाची आवश्यकता किंवा वैशिष्ट्ये:

१. ते सर्वत्र स्वीकारलेले असावे.
२. ते निश्चित आणि चांगले परिभाषित असावे.
३. ते अपरिवर्तनीय किंवा वेळ आणि स्थानानुसार निश्चित असावे.
४. ते सहज पुनरुत्पादीत करता येणारे असावे आणि नाशवंत नसावे.
५. ते सहज उपलब्ध होणारे असावे.
६. ते इतर समान एककाशी सहजपणे तुलना करता येणारे असावे.
७. ते सोयीस्कर किंवा मध्यम आकाराचे असावे म्हणजे खूप मोठे आणि खूप लहान नसावे.

भौतिक राशी -: ज्या राशीचे मोजमाप करता येते त्याला भौतिक राशी म्हणतात.

भौतिक राशींची उदाहरणे -: लांबी, वस्तुमान, वेळ, बल, विद्युतप्रवाह, कार्य, शक्ती, तापमान इ.

भौतिक राशीचे प्रकार -: भौतिक राशीचे दोन प्रकार आहेत.

१. मूलभूत राशी -: जी भौतिक राशी तिच्या मोजमापासाठी इतर कोणत्याही भौतिक राशींवर अवलंबून नसते तिला मूलभूत राशी म्हणतात. सात मूलभूत राशी आणि सात मूलभूत एकके आहेत. ज्या एककांचा उपयोग मूलभूत राशी मोजण्यासाठी केला जातो त्यांना मूलभूत एकके म्हणतात.

मूलभूत राशींची आणि मूलभूत एककांची उदाहरणे

अ. क्र.	**मूलभूत राशी**	**मूलभूत एकक**	**मूलभूत एककाचे चिन्ह**
1	लांबी	मीटर	m
2	वस्तुमान	किलोग्रॅम	Kg
3	वेळ	सेकंद	sec. or s
4	तापमान	केल्विन	K
5	विद्युतप्रवाह	अँपिअर	A
6	प्रकाशाची तीव्रता	कॅन्डेला	Cd
7	पदार्थाचे प्रमाण	मोल	mol.

२. साधित राशी -: जी भौतिक राशी तिच्या मोजमापासाठी दोन किंवा अधिक मूलभूत राशींवर अवलंबून असते तिला साधित राशी म्हणतात. ज्या एककांचा उपयोग साधित राशी मोजण्यासाठी केला जातो त्यांना साधित एकके म्हणतात.

साधित राशींची आणि साधित एककांची उदाहरणे

अ. क्र.	साधित राशी	साधित एकक	साधित एककाचे चिन्ह
1	घनता	किलोग्रॅम/मीटर^3	Kg/m^3
2	बल	न्यूटन	N
3	क्षेत्रफळ	मीटर^2	m^2
4	त्वरण	मीटर/सेकंद^2	m/s^2
5	दाब	न्यूटन/मीटर^2	N/m^2
6	कार्य	ज्यूल	J
7	वेग	मीटर/सेकंद	m/s

एककांची प्रणाली -:

मूलभूत आणि साधित एककांच्या संचाला एककांची प्रणाली म्हणतात. एककांची प्रणालीचे चार प्रकार आहेत

१. **C. G. S. प्रणाली-:** ज्या प्रणालीमध्ये लांबी, वस्तुमान आणि वेळेची एकके अनुक्रमे सेंटीमीटर, ग्रॅम आणि सेकंड असतात तिला C. G. S. प्रणाली म्हणतात.

२. **M. K. S. प्रणाली-:** ज्या प्रणालीमध्ये लांबी, वस्तुमान आणि वेळेची एकके अनुक्रमे मीटर, किलोग्रॅम आणि सेकंड असतात तिला M. K. S. प्रणाली म्हणतात.

३. **F.P.S. प्रणाली-:** ज्या प्रणालीमध्ये लांबी, वस्तुमान आणि वेळ यांची एकके अनुक्रमे फूट, पाउंड आणि सेकंड असतात तिला F.P.S. प्रणाली म्हणतात.

४. **S. I. प्रणाली-:** S. I. म्हणजे आंतराष्ट्रीय प्रणाली (System International). ज्या प्रणालीमध्ये सात मूलभूत एकके आणि दोन पूरक एकके असतात तिला S. I. प्रणाली म्हणतात.

S. I. एककांची उदाहरणे

अ. क्र.	मूलभूत राशी	S. I. एकक	S. I. एककाचे चिन्ह

1	लांबी	मीटर	M
2	वस्तुमान	किलोग्रॅम	Kg
3	वेळ	सेकंद	sec. or s
4	तापमान	केल्विन	K
5	विद्युतप्रवाह	अँपिअर	A
6	प्रकाशाची तीव्रता	कॅन्डेला	Cd
7	पदार्थाचे प्रमाण	मोल	mol.

दोन पूरक एकके

अ. क्र.	पूरक राशी	पूरक एकक	पूरक एककाचे चिन्ह
1	समतल कोन	रेडियन	rad.
2	घन कोन	स्टेरॅडियन	Sr

SI एककांसाठी उपसर्ग

अ. क्र.	सूचित केलेली किंमत	उपसर्ग	चिन्ह
1	10^{9}	गिगा	G
2	10^{6}	मेगा	M
3	10^{3}	किलो	K
4	10^{2}	हेक्टो	H
5	10^{1}	डेका	Da
6	10^{-1}	डेसी	D
7	10^{-2}	सेन्टी	C
8	10^{-3}	मिलि	M
9	10^{-6}	मायक्रो	μ
10	10^{-9}	नॅनो	N
11	10^{-12}	पिको	P
12	10^{-15}	फेमटो	F

अदिश राशी-: ज्या राशीला फक्त परिमाण असते, दिशा नसते, अश्या राशीला अदिश राशी म्हणतात.

अदिश राशीची उदाहरणे-: अंतर, गती (speed), वस्तुमान, वेळ, लांबी, घनफळ, घनता, ऊर्जा, कार्य, शक्ती, विद्युतप्रवाह, दाब, तापमान, वारंवारता, व्होल्टेज, विद्युत विभवांतर, विद्युतभार, प्रकाशाची तीव्रता, पदार्थाचे प्रमाण, आयाम, जडत्व, उष्णता, विद्युत अभिवाह, चुंबकीय अभिवाह, रोध, अपवर्तनांक इ.

अदिश राशी कमी माहिती दर्शवितात. अदिश राशी $d \rightarrow$ अंतर ($distanc$e) सारख्या साध्या चिन्हाने दर्शविल्या जातात. बीजगणिताचे नियम वापरून, दोन समान अदिश राशींची साधी बेरीज आणि वजाबाकी शक्य आहे (e. g. $3kg + 2kg = 5kg$).

सदिश राशी -: ज्या राशीला परिमाण आणि दिशा असते त्याला सदिश राशी म्हणतात.

सदिश राशीची उदाहरणे-: विस्थापन, स्थिती, वेग (velocity), ताण, बल, संवेग, त्वरण, मंदता, आवेग, क्षेत्रफळ, प्रवाह घनता, चुंबकीय क्षेत्र, विद्युत क्षेत्र, विद्युत द्विध्रुव, वजन, गुरुत्व, ध्रुवीकरण, कोनीय वेग, घर्षण इ.

सदिश राशी अधिक माहिती दर्शवितात. सदिश राशी चिन्हाच्या शीर्षस्थानी बाण काढून दर्शविल्या जातात ($\vec{v} \rightarrow velocity$). दोन सदिश राशी एकाच रेषेवर आणि एकाच बिंदूवर कार्य करत असतील तरच साधी बेरीज आणि वजाबाकी शक्य आहे.

1) जर दोन बल 5N आणि 2N एकाच रेषेत आणि एकाच दिशेने असतील तर निव्वळ परिणाम म्हणजे साधी बेरीज $5N+2N=7N$.

2) जर दोन बल 5N आणि 2N एकाच रेषेत विरुद्ध दिशेने असतील तर निव्वळ परिणाम म्हणजे साधी वजाबाकी $5N-2N=3N$.

जर दोन बल (सदिश राशी) एकाच बिंदूवर कार्य करत असतील परंतु एकाच रेषेत नसतील, तर सदिश राशी जोडण्याचे वेगवेगळे नियम वापरले जातात जसे की सदिश राशीचा त्रिकोण नियम, सदिश राशीचा समांतरभुज नियम, सदिश राशीचा बहुभुज नियम.

दिलेल्या भौतिक राशीचे एकक मिळविण्यासाठी मूलभूत एकक वाढविलेली घातांक असतात त्यांना भौतिक राशीचे परिमाण (Dimensions of physical quantity) म्हणतात. भौतिक राशींचे परिमाण ठरवण्यासाठी, मूलभूत राशींची एकके खालीलप्रमाणे दर्शविली जातात,

लांबी 'L' ने दर्शवतात, वस्तुमान 'M' ने दर्शवतात, वेळ 'T' ने दर्शवतात, तापमान 'K' ने दर्शवतात, विद्युत प्रवाह 'I' ने दर्शवतात, प्रकाशाची तीव्रता 'C' ने दर्शवतात, पदार्थाचे प्रमाण 'mol' ने दर्शवतात.

जे समीकरण मुलभूत एकके आणि साधित एकके यांच्यातील परिमाणांच्या संदर्भात संबंध देते त्याला **आयामी किंवा मितीय सूत्र (Dimensional Formula)** म्हणतात.

अ. क्र.	भौतिक राशी	एकक (Unit)	परिमाण (Dimension)
1	त्वरण	मीटर / सेकंद^2	$L^1M^0T^{-2}$
2	क्षेत्रफळ	मीटर^2	$L^2M^0T^0$
3	घनता	किलोग्रॅम / मीटर^3	$L^{-3}M^1T^0$
4	विस्थापन	मीटर	$L^1M^0T^0$
5	विद्युतभार	कुलोम्ब	$L^0M^0T^1 I^1$
6	विद्युत प्रवाह	अँपिअर	$L^0M^0T^0I^1$
7	ऊर्जा किंवा कार्य	ज्यूल	$L^2M^1T^{-2}$
8	आवेग	न्यूटन x सेकंद	$L^1M^1T^{-1}$
9	संवेग	किलोग्रॅम x मीटर / सेकंद	$L^1M^1T^{-1}$
10	शक्ती	वॅट	$L^2M^1T^{-3}$
11	दाब	न्यूटन / मीटर^2	$L^{-1}M^1T^{-2}$
12	अपवर्तनांक	-	$L^0M^0T^0$
13	आयास (Strain)	-	$L^0M^0T^0$
14	आघात (Stress)	न्यूटन / मीटर^2	$L^{-1}M^1T^{-2}$
15	तापमान	केल्विन (Kelvin)	$L^0M^0T^0K^1$
16	कालावधी	सेकंद	$L^0M^0T^1$
17	टॉर्क (Torque)	न्यूटन x मीटर	$L^2M^1T^{-2}$
18	वेग	मीटर / सेकंद	$L^1M^0T^{-1}$
19	वेग ग्रेडियंट	1 / सेकंद	$L^0M^0T^{-1}$
20	घनफळ	मीटर^3	$L^3M^0T^0$

समान परिमाण (Same Dimensions) असलेल्या राशी:

1) आवेग आणि संवेग

2) कार्य, ऊर्जा, टॉर्क

3) आघात (Stress) आणि दाब

मितीय विश्लेषणांचे किंवा मितीय सूत्रांचे उपयोग:

1) भौतिक समीकरणाची अचूकता तपासण्यासाठी.

एकरूपताचे तत्व -: हे तत्व असे सांगते की दोन्ही बाजूंच्या मितीय समीकरणाच्या प्रत्येक पदाची परिमाणे समान असली पाहिजेत.

उदाहरण: भौतिक समीकरण $s = ut + ½ at^2$ ची अचूकता तपासा. समीकरणात, s विस्थापन आहे, u प्रारंभिक वेग आहे, v अंतिम वेग आहे, a त्वरण आहे आणि t वेळ आहे ज्यामध्ये बदल होतो.

उत्तर -: $s = ut + ½ at^2$

$$(M^0L^1T^0) = (M^0L^1T^{-1})\ (M^0L^0T^1) + (M^0L^1T^{-2})\ (M^0L^0T^2)$$

$$(M^0L^1T^0) = (M^0L^1T^0) + (M^0L^1T^0)$$

अशा प्रकारे प्रत्येक पदाची परिमाणे समान आहेत, म्हणून हे समीकरण मितीयदृष्ट्या अचूक आहे.

2) एककांच्या वेगवेगळ्या प्रणालीमधील एककांच्या परस्पर रूपांतरणासाठी रूपांतरण घटक शोधण्यासाठी.

उदाहरण: एमकेएस प्रणालीमधील ज्युल आणि सीजीएस प्रणालीमधील अर्ग या ऊर्जेच्या एककांमधील रूपांतरण घटक शोधा.

उत्तर -: 1ज्युल $= x$ अर्ग, रूपांतरण घटक x चे मूल्य शोधू.

ऊर्जेची परिमाणे $(L^2M^1T^{-2})$ आहेत.

1ज्युल $= x$ अर्ग

$$[L_1^2 M_1^1 T_1^{-2}] = x[L_2^2 M_2^1 T_2^{-2}]$$

प्रत्यय 1 एमकेएस प्रणाली दर्शवतो आणि प्रत्यय 2 सीजीएस प्रणाली दर्शवतो.

$$\therefore x = \frac{[L_1^2 M_1^1 T_1^{-2}]}{[L_2^2 M_2^1 T_2^{-2}]} = \left(\frac{L_1}{L_2}\right)^2 \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^1 \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{-2} = \left(\frac{m}{cm}\right)^2 \left(\frac{kg}{g}\right)^1 \left(\frac{s}{s}\right)^{-2}$$

$$x = \left(\frac{10^2 cm}{cm}\right)^2 \left(\frac{10^3 g}{g}\right)^1 = 10^4 \times 10^3 = 10^7$$

$$1J = 10^{7} ergs$$

3) भौतिक घटनांमधील भौतिक राशींचे समीकरण प्राप्त करण्यासाठी.

एर्रर (Errors) -:

प्रमाणित मूल्यापासून मोजमापाचे विचलन किंवा वास्तविक मूल्य आणि मोजलेले मूल्य यांच्यातील फरक याला एर्रर म्हणतात.

एर्रर चे प्रकार:

1) **उपकरणीय किंवा स्थिर एर्रर (Instrumental or Constant Error):-** सदोष उपकरणांच्या वापरामुळे एखादी एर्रर उद्भवते त्याला उपकरणीय किंवा स्थिर एर्रर म्हणतात किंवा जेव्हा उपकरणाद्वारे घेतलेल्या प्रत्येक निरीक्षणांमध्ये समान एर्रर येत असतील तेव्हा या एर्रर ला उपकरणीय किंवा स्थिर एर्रर म्हणतात .

   उदा:- . मीटर पट्टी योग्यरित्या कॅलिब्रेट केली नसल्यास, प्रत्येक मोजलेले मूल्यात समान एर्रर येतात.

2) **नियमित एर्रर (Systematic or Persistent Error) -:** मोजमाप उपकरणातील चुकीच्या सेटिंगमुळे किंवा प्रयोगकर्त्याच्या चुकीच्या पद्धतीमुळे ज्या एर्रर उद्भवतात त्यांना नियमित एर्रर म्हणतात.

   उदा. -: जर अँमीटर (ammeter) चा पॉइंटर शून्य रेषेवर तंतोतंत केलेला नसेल, तर त्यातून कोणताही विद्युत प्रवाह जात नसताना सुद्धा तो शून्याकडे निर्देशित होणार नाही.

3) **यादृच्छिक किंवा अपघाती एर्रर (Random or Accidental Error) -:** प्रायोगिक परिस्थितीत अचानक बदल झाल्यामुळे ज्या एर्रर उद्भवतात आणि त्या एर्ररला नियंत्रित केले जाऊ शकत नाही अशा एर्ररला यादृच्छिक किंवा अपघाती एर्रर म्हणतात.

   उदा. -: तापमान किंवा दाबातील बदल, आर्द्रतेतील बदल, व्होल्टेजमधील चढ-उतार इ.

एर्रर कमी करण्यासाठीचे उपाय:

1) मोठी संख्या असलेली भौतिक राशी मोजण्यासाठी घ्यावी.
2) जास्तीत जास्त निरीक्षणे (readings) घेणे आणि त्यांची सरासरी काढणे.
3) किमान गणना (Least Count) कमी असलेल्या उपरकरणाचा वापर करावा.

एर्रर च्या अंदाजासाठी पायऱ्या

1) $a_1, a_2, a_3, \ldots\ldots a_n$ हे भौतिक राशींचे प्राप्त केलेले अचूक मूल्ये आहेत.
2) प्राप्त केलेल्या अचूक मूल्यांची सरासरी काढणे.

$$a_{mean} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \cdots\cdots\cdots\cdots + a_n}{n}$$

3) परिपूर्ण एर्रर ची गणना करा

परिपूर्ण एर्रर -: सरासरी मूल्य आणि प्रत्येक मोजलेले मूल्य यांच्यातील फरकाच्या परिमाणाला परिपूर्ण एर्रर म्हणतात. परिपूर्ण एर्रर ची गणना खालीलप्रमाणे करावी.

$$|\Delta a_1| = |a_{mean} - a_1|$$
$$|\Delta a_2| = |a_{mean} - a_2|$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$|\Delta a_n| = |a_{mean} - a_n|$$

4) सरासरी परिपूर्ण एर्रर ची गणना खालीलप्रमाणे करावी.

$$|\Delta a_{mean}| = \frac{|\Delta a_1| + |\Delta a_2| + |\Delta a_3| + \cdots\cdots\cdots\cdots + |\Delta a_n|}{n}$$

सरासरी परिपूर्ण एर्रर -: सर्व परिपूर्ण एर्रर च्या अंकगणितीय सरासरीला सरासरी परिपूर्ण एर्रर म्हणतात.

5) रिलेटीव एर्रर ची गणना खालीलप्रमाणे करावी.

$$\text{रिलेटीवएर्रर} = \frac{\text{सरासरी परिपूर्ण एर्रर}}{\text{अचूक मूल्यांची सरासरी}}$$

$$\text{रिलेटीव एर्रर} = \frac{|\Delta a_{mean}|}{a_{mean}}$$

रिलेटीव एर्रर -: भौतिक राशीच्या मापनामध्ये सरासरी परिपूर्ण एर्रर च्या आणि सरासरी मूल्याच्या गुणोत्तराला रिलेटीव एर्रर म्हणतात.

6) एर्रर ची टक्केवारी मोजणे

एर्रर ची टक्केवारी -: रिलेटीव एर्रर टक्केवारीत व्यक्त केली जाते त्याला एर्रर ची टक्केवारी म्हणतात.

$$\%\text{एर्रर} = \text{रिलेटीव एर्रर} \times 100$$

$$\%\text{एर्रर} = \frac{\text{सरासरी परिपूर्ण एर्रर}}{\text{अचूक मूल्यांची सरासरी}} \times 100 = \frac{|\Delta a_{mean}|}{a_{mean}} \times 100$$

लक्षणिय किंवा महत्वपूर्ण अंक (Significant Figure) -: कोणत्याही ठिकाणी माफकपणे विश्वासार्ह किंवा अर्थपूर्ण असलेल्या अंकाला लक्षणिय किंवा महत्वपूर्ण अंक (Significant Figure) असे म्हणतात.

लक्षणिय किंवा महत्वपूर्ण अंकांचे नियम -:

1) सर्व शून्य नसलेले अंक नेहमीच लक्षणीय असतात.

2) दोन शून्य नसलेल्या अंकांमधील सर्व शून्य लक्षणीय आहेत.

3) शून्य नसलेल्या अंकांपूर्वीचे सर्व शून्य लक्षणीय नाहीत.

4) दशांश बिंदूसह शून्य नसलेल्या अंकांमागील सर्व शून्य लक्षणीय आहेत.

5) दशांश बिंदूशिवाय शून्य नसलेल्या अंकांमागील सर्व शून्य लक्षणीय नाहीत.

6) 10 चा घातांक असलेली संख्या लक्षणिय नाही.

अ. क्र.	संख्या	लक्षणीय अंक	अ. क्र.	संख्या	लक्षणीय अंक
1	0.0005	1	13	500	1
2	0.0050	2	14	6880	3
3	0.0500	3	15	3771	4
4	0.5000	4	16	0620	2
5	5.0000	5	17	062.0	3
6	8.5775	5	18	6.20	3
7	459013.6	7	19	2540	3
8	2.990×10^{8}	4	20	3.142	4
9	1.6×10^{-19}	2	21	3.14	3
10	6.40×10^{6}	3	22	9×10^{9}	1
11	1.280×10^{7}	4	23	0.310×10^{3}	3
12	50000	1	24	6408	4

अंदाजे संख्याच्या पूर्णांकासाठीचे नियम -:

1) सोडला जाणारा शेवटचा आकडा 5 पेक्षा कमी असल्यास, शेवटचा अंक कायम ठेवला जातो.

उदा.-: 1) 94.34 $\Longrightarrow$ 94.3

2) 4.6354 $\Longrightarrow$ 4.635

3) 3771 ⟹ 377

2) सोडला जाणारा शेवटचा आकडा 5 पेक्षा जास्त असल्यास, शेवटचा अंक 1 ने वाढतो.

उदा.-: 1) 63.78 ⟹ 63.8

2) 78.69 ⟹ 78.7

3) सोडला जाणारा शेवटचा आकडा 5 असल्यास आणि आधीचा अंक सम असेल तर शेवटचा अंक कायम ठेवला जातो.

उदा.-: 1) 2.745 ⟹ 2.74

2) 28.785 ⟹ 28.78

3) 14.5 ⟹ 14

4) सोडला जाणारा शेवटचा आकडा 5 असल्यास आणि आधीचा अंक विषम असेल तर शेवटचा अंक 1 ने वाढतो.

उदा.-: 1) 2.755 ⟹ 2.76

2) 15.5 ⟹ 16

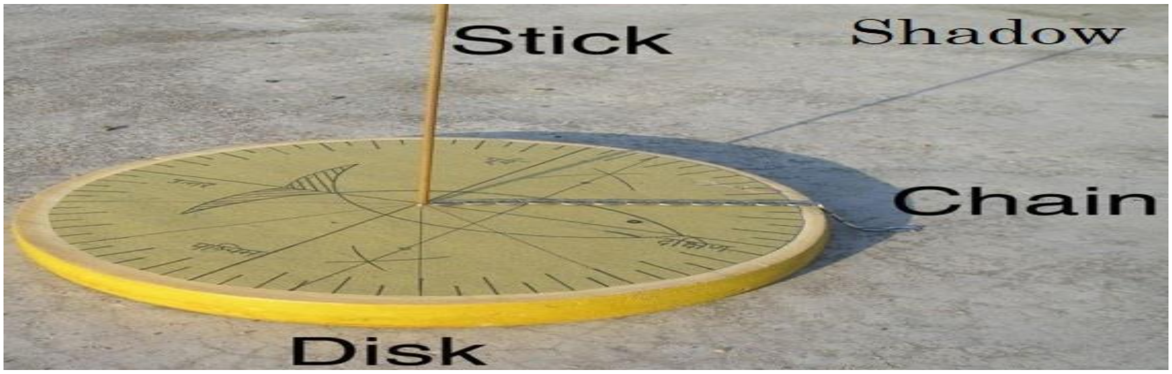
प्राचीन खगोलशास्त्रीय उपकरणे-:

प्राचीन खगोलशास्त्रीय उपकरणे मोठ्या वस्तूंचे अंतर मोजण्यासाठी, मोठ्या वस्तूची उंची मोजण्यासाठी, आडवे तसेच उभ्या कोनांचे मोजमाप करण्यासाठी, ताऱ्यांचे स्थान इत्यादी मोजण्यासाठी वापरली जातात.

लल्ला (७२०-७९०) हे एक भारतीय गणितज्ञ, खगोलशास्त्रज्ञ आणि ज्योतिषी होते जे मध्य भारतात (आधुनिक दक्षिण गुजरात) राहत होते.

भास्कराचार्य (1114-1185) हे लोकप्रिय भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ आणि गणितज्ञ होते ज्यांनी अनेक खगोलशास्त्रीय उपकरणे विकसित केली आणि त्यांची रचना केली. त्यांनी खगोलशास्त्रीय उपकरणे आणि निरीक्षणांवर "सिद्धांत शिरोमणी" हे पुस्तक लिहिले.

1) चक्र यंत्र -:



आकृती -: चक्र यंत्र

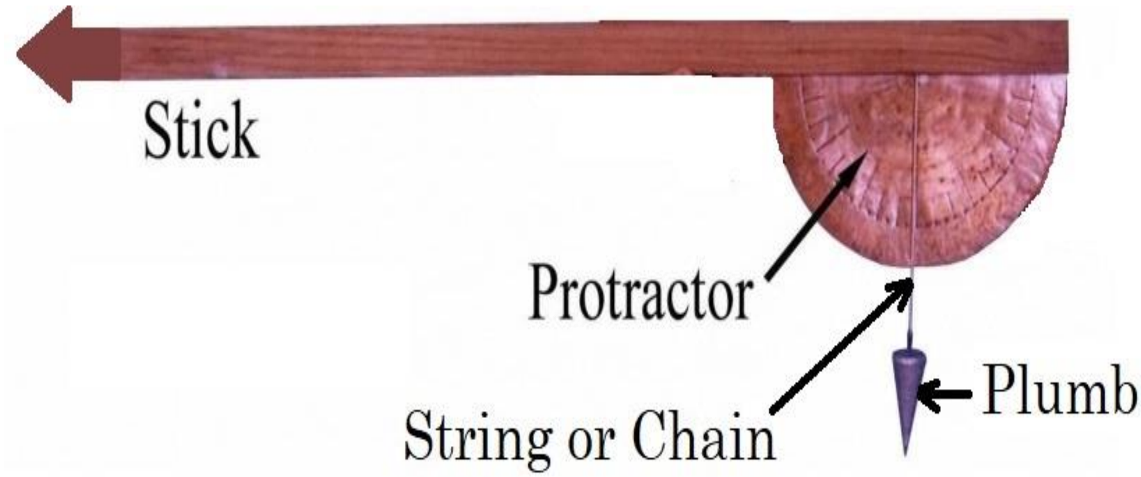
Reference -: https://www.sanskritimagazine.com/ancient-indian-astronomical-instruments-of-bhaskaracharya/

महान भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ आणि गणितज्ञ भास्कराचार्य यांनी चक्र यंत्र विकसित केले होते. चक्र यंत्राला डिस्क इन्स्टुमेंट किंवा डिस्क मशीन म्हणतात. हा एक प्रकारचा प्रक्षेपक आहे. ही एक साधी लाकडी चकती आहे ज्याला मध्यभागी छिद्र आहे. छिद्राचा व्यास असा आहे की काठी चकतीमध्ये अनुलंब बसली पाहिजे. काठीची उंची अंदाजे चकतीच्या व्यासाइतकी असते. धुरेच्या किंवा एक्सेलच्या मध्यभागी साखळी बसवलेली असते. अनेक वेळा चकती निलंबित स्थितीत असते.

चक्र यंत्राचे उपयोग-:

1) जमिनीचे कोनीय चिन्हांकन आणि शहरांचे कोनीय स्थान चिन्हांकित करण्यासाठी चक्र यंत्र वापरले जाते.
2) कोनीय संज्ञा वापरून ग्रह आणि ताऱ्यांच्या सीमा शोधण्यासाठी चक्र यंत्र वापरले जाते.
3) काठीची सावली आणि काही ज्योतिषशास्त्रीय मापदंडांवरून वेळ मोजण्यासाठी चक्र यंत्र वापरले जाते. त्याचप्रमाणे दिवसाच्या मोजमापासाठी देखील चक्र यंत्र वापरले जाते ज्याला संस्कृतमध्ये "नट्टा आणि उन्नट्टा" म्हणतात.
4) चक्र यंत्राचा उपयोग समुद्रसपाटीपासून ठिकाणाची उंची आणि सूर्याचे कोनीय अंतर मोजण्यासाठी केला जातो.
5) चक्र यंत्राचा उपयोग रेखांश अर्थात ग्रहांची सरासरी कोनीय स्थान निश्चित करण्यासाठी केला जातो.

2) धनु यंत्र -:



आकृती -: धनु यंत्र

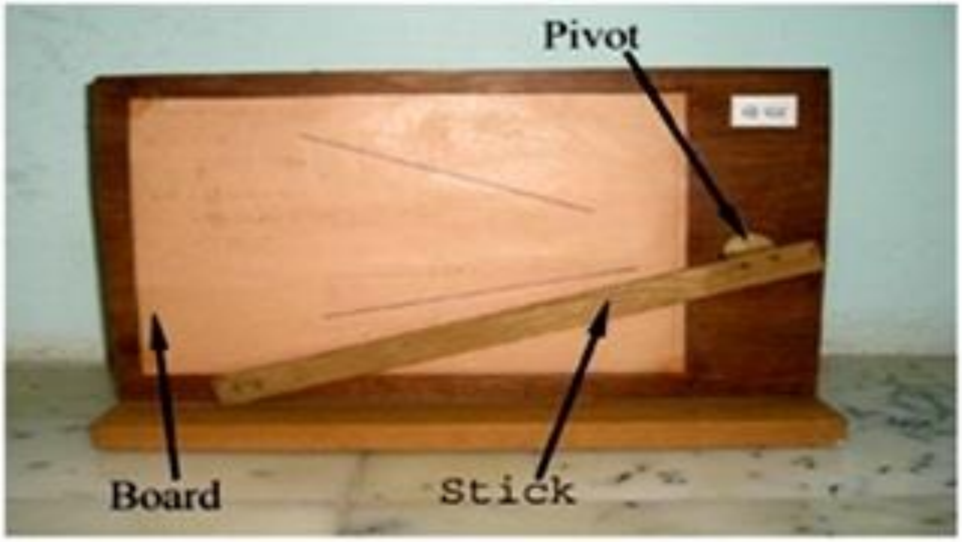
Reference -: https://www.sanskritimagazine.com/ancient-indian-astronomical-instruments-of-bhaskaracharya/

धनु यंत्राला चापा यंत्र म्हणतात. चापा हा संस्कृत शब्द आहे ज्याचा अर्थ अर्धवर्तुळ आहे. धनु यंत्र देखील महान भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ आणि गणितज्ञ भास्कराचार्य यांनी विकसित केले होते. धनु यंत्र हे अर्धवर्तुळाकार चकती यंत्र आहे. भास्कराचार्यांनी अर्धवर्तुळाकार चकातीसोबत बाणाची काठी बसवली. या चकातीमध्ये प्रेक्षपकासारख्या कोनीय रेषा असतात. या चकतीच्या मध्यभागी प्लंबासह एक दोरी जोडलेली असते. बाणाच्या काठीची उभी कोनीय हालचाल प्लंब आणि दोरीच्या स्थानावरून लक्षात येते. जर बाणाची काठी ठराविक कोनात उभी फिरवली असेल तर तो कोन प्लंबसह दोरीच्या स्थानावरून कोनाच्या फरकाने मोजला जाऊ शकतो.

धनु यंत्राचे उपयोग-:

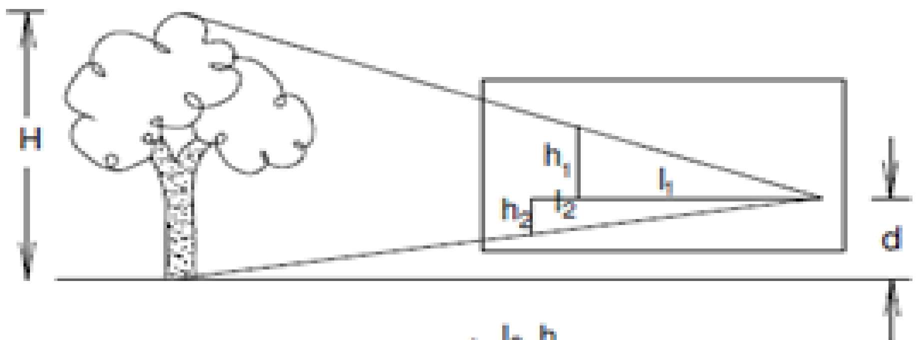
1) उभ्या कोनाच्या मोजमापासाठी धनु यंत्र वापरले जाते.
2) टेकडी आणि झाडासारख्या स्थलीय वस्तूंची उंची मोजण्यासाठी धनु यंत्र वापरले जाते. स्थलीय वस्तूंच्या उंचीच्या मोजमापासाठी, सुरुवातीला बाणाची काठी वस्तुच्या वरच्या बाजूला आणि नंतर वस्तुच्या तळाशी केंद्रित केली जाते. त्रिकोणमितीय सूत्रे (साइन, कोसाइन इ.) वापरून वस्तुची उंची मोजण्यासाठी उभ्या कोनातील बदलाचा वापर केला जातो.
3) धनु यंत्राचा उपयोग पृथ्वी आणि चंद्राचा व्यास आणि परिघ मोजण्यासाठी केला जातो.
4) धनु यंत्राचा उपयोग चंद्र आणि पृथ्वीमधील अंतर मोजण्यासाठी केला जातो.

3) यस्ति यंत्र -:



आकृती (अ) -: यस्ति यंत्र

Reference -: https://indiascienceheritage.gov.in/PhotoGallery1.html



$$\text{Height} = H = d\,\frac{l_2\,h_1}{h_2\,l_1} + d$$

आकृती (ब) -: यस्ति यंत्र

Reference -: https://indiascienceheritage.gov.in/PhotoGallery1.html

यस्ती यंत्र महान भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ आणि गणितज्ञ भास्कराचार्य यांनी विकसित केले होते. यस्ती यंत्राला धी यंत्र किंवा काठी यंत्र असेही म्हणतात. यस्ती हा संस्कृत शब्द आहे ज्याचा अर्थ काठी किंवा खांब असा होतो. लाकडी फळीवर विशिष्ट लांबीची काठी बसवली जाते. ही लाकडी फळी टेकडी, झाड इत्यादी पार्थिव वस्तूपासून पुरेशा अंतरावर ठेवली आणि जमिनीपासून ठराविक उंचीवर ठेवला जाते. सुरुवातीला निरीक्षक वस्तूच्या (टेकडी किंवा झाड) वरच्या काठीच्या टोकावर लक्ष केंद्रित करेल आणि काठीचे पहिले

स्थान दर्शवणारी रेषा काढेल त्यानंतर निरीक्षक वस्तूच्या (टेकडी किंवा झाड) तळाशी काठीच्या टोकावर लक्ष केंद्रित करेल आणि काठीचे दुसरे स्थान दर्शवणारी रेषा काढेल.

यस्ति यंत्राचे उपयोग-: वस्तूपासून निरीक्षकाचे अंतर जाणून न घेता पृथ्वीवरील टेकडी, झाडासारख्या पार्थिव किंवा अवाढव्य वस्तूची उंची मोजण्यासाठी यस्ती यंत्राचा उपयोग केला जातो.

खालील सूत्र वापरून वस्तूची उंची (टेकडी किंवा झाड) मोजली जाऊ शकते.

$$\text{वस्तूची उंची} = \mathrm{H} = d \times \left(\frac{h_1 L_2}{h_2 L_1}\right) + d$$

H = वस्तूची उंची

d = जमिनीच्या पातळीपासून ठराविक उंचीवर ठेवलेल्या जॉइंटचे अंतर

h1 = पहिल्या त्रिकोणाची उंची

h2 = दुसऱ्या त्रिकोणाची उंची

L1 = पहिल्या त्रिकोणाची मूळ लांबी

L2 = दुसऱ्या त्रिकोणाची मूळ लांबी

4) फलका यंत्र -:

फलका यंत्र देखील महान भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ आणि गणितज्ञ भास्कराचार्य यांनी विकसित केले होते. आयताकृती फलका यंत्रात पिन आणि सुचक दर्शिकेसह आयताकृती फळी असते. हे यंत्र सूर्याच्या उंचीवरून वेळ ठरवण्यासाठी वापरले जाते आणि सूर्योदयानंतरची वेळ शोधण्यासाठी देखील वापरले जाते. उंचीचा कोन हा सूर्य आणि पृथ्वीवरील क्षैतिज समतल प्रेक्षकाला जोडणारी काल्पनिक रेषा यांच्यातील कोन आहे. वर्तुळाकार प्लेट फलका यंत्रात केंद्रीत वर्तुळे आणि काठी आडव्या वर्तुळाकार प्लेटच्या मध्यभागी बसविलेले असतात. काठीची सावली आणि त्याचा कोन खगोलीय वस्तूचे स्थान निश्चित करण्यासाठी वापरले जातात. हे यंत्र खगोलीय वस्तूचे स्थान शोधण्यासाठी आणि ग्रह आणि ताऱ्यांचा कल किंवा क्षीणता शोधण्यासाठी वापरला जातो.

व्हर्नियर कॅलिपर -:

व्हर्नियर कॅलिपरने मिलिमीटरच्या दहाव्या ते शंभरावा भाग म्हणजे 0.1 मिमी ते 0.01 मिमी माप मोजू शकतो. व्हर्नियर कॅलिपरची श्रेणी सामान्यतः 0-12 सेमी किंवा 0-30 सेमी असते म्हणजेच जास्तीत जास्त 30 सेमी असते. व्हर्नियर कॅलिपरची अचूकता सामान्य मोजपट्टी पेक्षा जास्त आणि मायक्रोमीटर स्क्रू गेजपेक्षा कमी आहे.

व्हर्नियर कॅलिपरचे उपयोग -:

1) व्हर्नियर कॅलिपरचे मूलभूत उपयोग -: व्हर्नियर कॅलिपरचा उपयोग बाह्य व्यास, आतील व्यास, खोली, उंची, वस्तूचा जाडी सामान्य प्रमाणापेक्षा अगदी अचूकपणे मोजण्यासाठी केला जातो.

2) व्हर्नियर कॅलिपरचे अभियांत्रिकी आणि औद्योगिक उपयोग -:

1) सामान्य प्रमाणापेक्षा अगदी अचूकपणे वस्तूचा बाह्य व्यास, आतील व्यास, खोली, उंची, जाडी मोजण्यासाठी व्हर्नियर कॅलिपरचा वापर केला जातो.
2) व्हर्नियर कॅलिपरचा उपयोग छिद्रांचा आतील व्यास, पाईपचा बाह्य व्यास आणि आतील व्यास, पाईपची जाडी अचूकपणे मोजण्यासाठी केला जातो.
3) इंजिन पिस्टनचे आयाम अतिशय अचूकपणे मोजण्यासाठी व्हर्नियर कॅलिपर वापरले जाते.

3) व्हर्नियर कॅलिपरचे शैक्षणिक क्षेत्रातील उपयोग -:

1) अभियांत्रिकी कार्यशाळेत सुतारकाम, फिटिंग, प्लंबिंग, वेल्डिंग विभागातील विविध वस्तुंचे आयाम मोजण्यासाठी व्हर्नियर कॅलिपर वापरले जाते.
2) विज्ञान प्रयोगशाळेत पाईप, विविध वस्तूंचे आयाम मोजण्यासाठी व्हर्नियर कॅलिपरचा वापर केला जातो.
3) भौतिकशास्त्र प्रयोगशाळेत उष्णतेच्या वहन प्रयोगात वेगवेगळ्या सामग्रीमध्ये लांबीचे झालेले प्रसरण, चकतीची जाडी आणि काठीचा व्यास मोजण्यासाठी व्हर्नियर कॅलिपरचा वापर केला जातो.

मायक्रोमीटर स्क्रू गेज -:

मायक्रोमीटर स्क्रू गेजने मीटरचा एक दशलक्षवावा भाग म्हणजे 10^{-6} मीटर मोजू शकतो. सूक्ष्म म्हणजे 10^{-6}. मायक्रोमीटर स्क्रू गेजची श्रेणी साधारणपणे 0-2.5 सेमी असते. मायक्रोमीटर स्क्रू गेजची अचूकता सामान्य मोजपट्टी पेक्षा आणि व्हर्नियर कॅलिपरपेक्षा जास्त आहे. मायक्रोमीटर स्क्रू गेज एक कॅलिब्रेटेड स्क्रू आहे.

मायक्रोमीटर स्क्रू गेजचे उपयोग -:

1) मायक्रोमीटर स्क्रू गेजचे मूलभूत उपयोग -: मायक्रोमीटर स्क्रू गेजचा उपयोग बॉलचा व्यास, धातूच्या वायरचा व्यास, धातूच्या प्लेटची जाडी अगदी अचूकपणे मोजण्यासाठी केला जातो.

2) मायक्रोमीटर स्क्रू गेजचे अभियांत्रिकी आणि औद्योगिक उपयोग -:

1) मायक्रोमीटर स्क्रू गेजचा वापर बॉल बेअरिंगचा व्यास अगदी अचूकपणे मोजण्यासाठी केला जातो. बॉल बेअरिंगमुळे घर्षण कमी होते. त्यामुळे पंखे, गिअर बॉक्स, लहान मुलांसाठी स्केट्स, टर्बाइन, फिरणारे शाफ्ट, वाहनांची चाके इत्यादींमध्ये बॉल बेअरिंगचा वापर केला जातो.

2) मायक्रोमीटर स्क्रू गेजचा वापर धातूच्या शीटची जाडी अगदी अचूकपणे मोजण्यासाठी केला जातो. धातूच्या शीटच्या जाडीला धातूच्या शीटचे गेज म्हणतात. त्यामुळे बॉयलर, पेट्रोल टाक्या, पाण्याच्या टाक्या, स्टील कपाटे इत्यादींच्या निर्मितीमध्ये धातूच्या शीटचा वापर केला जातो.
3) वायरचा व्यास अगदी अचूकपणे मोजण्यासाठी मायक्रोमीटर स्क्रू गेजचा वापर केला जातो. म्हणून, धातूच्या तारांचा वापर इलेक्ट्रिक केबल्स, वायर मेश, इलेक्ट्रिक कॉइल, वाहन क्लच वायर इत्यादींच्या निर्मितीमध्ये केला जातो.

3) मायक्रोमीटर स्क्रू गेजचे शैक्षणिक क्षेत्रातील उपयोग -:

1) अभियांत्रिकी कार्यशाळेत धातूच्या प्लेटची जाडी मोजण्यासाठी मायक्रोमीटर स्क्रू गेजचा वापर केला जातो.
2) भौतिकशास्त्र प्रयोगशाळेत यंगज् मोड्यूलसच्या प्रयोगात धातूच्या तारांचा व्यास, व्हिस्कोसिटीच्या प्रयोगात धातूच्या बॉलचा व्यास, ओहमचा नियम वापरून विशिष्ट रोधाच्या प्रयोगात वायरची त्रिज्या मोजण्यासाठी मायक्रोमीटर स्क्रू गेजचा वापर केला जातो.

सोडवलेली उदाहरणे

1) वस्तूचे वस्तुमान 50 ± 0.01 ग्रॅम आहे. तर या मोजमापातील टक्केवारी एर्रर शोधा.

उत्तर -: सरासरी परिपूर्ण एर्रर = 0.01 ग्रॅम

अचूक मूल्यांची सरासरी = 50 ग्रॅम

$$\%\text{एर्रर} = \frac{\text{सरासरी परिपूर्ण एर्रर}}{\text{अचूक मूल्यांची सरासरी}} \times 100$$

$$\%\text{एर्रर} = \frac{0.01}{50} \times 100$$

$$\%\text{एर्रर} = 0.02\%$$

2) धातूच्या प्लेटच्या जाडीचे मूल्ये अनुक्रमे 1.612 सेमी, 1.611 सेमी, 1.613 सेमी, 1.612 सेमी आहेत, तर अचूक मूल्यांची सरासरी शोधा.

उत्तर -:

$$\text{अचूक मूल्यांची सरासरी} = \frac{1.612 + 1.611 + 1.613 + 1.612}{5} = \frac{6.448}{4}$$

$$\text{अचूक मूल्यांची सरासरी} = 1.612 \text{ सेमी}$$

3) मायक्रोमीटर वापरून बॉल बेअरिंगचा व्यास मोजला असता तो 0.45 सेमी आला. जर मायक्रोमीटरची किमान गणना 0.002 सेमी आहे, तर या मोजमापातील टक्केवारी एर्रर शोधा.

उत्तर -: सरासरी परिपूर्ण एर्रर = किमान गणना = 0.002 सेमी

अचूक मूल्यांची सरासरी = बॉल बेअरिंगचा व्यास = 0.45 सेमी

$$\%\text{एर्रर} = \frac{\text{सरासरी परिपूर्ण एर्रर}}{\text{अचूक मूल्यांची सरासरी}} \times 100$$

$$\%\text{एर्रर} = \frac{0.002}{0.45} \times 100$$

$$\%\text{एर्रर} = 0.02\%$$

नमुना MCQ (Sample MCQ)

1) खालीलपैकी कोणती राशी ही साधित राशी आहे?

अ) बल ब) वस्तुमान क) वेळ ड) लांबी उत्तर (अ)

2) खालीलपैकी कोणते सदिश राशीचे उदाहरण आहे?

अ) लांबी ब) गती क) कार्य ड) विस्थापन उत्तर (ड)

3) 6.0023 ह्या संखेचा लक्षणीय अंक ....आहे.

अ) 3 ब) 4 क) 5 ड) 6 उत्तर (क)

4) ऊर्जेचे परिमाण _______ आहे.

अ) $L^{-1}M^{1}T^{-2}$ ब) $L^{2}M^{1}T^{-2}$ क) $L^{2}M^{1}T^{-3}$ ड) $L^{-2}M^{1}T^{-2}$ उत्तर (ब)

5) पार्थिव वस्तूंची उंची ------ द्वारे निर्धारित करता येते.

अ) चक्र यंत्र ब) यस्ती यंत्र क)फलका यंत्र ड)वरील सर्व उत्तर (ब)

6) साधारणपणे व्हर्नियर कॅलिपरची श्रेणी -------- असते.

अ) 0-2.5 सेमी ब) 0-12 सेमी क)0-1 मी ड)0-10 मी उत्तर (ब)

Unit-2: Electricity, Magnetism and Semiconductors

युनिट -२ : इलेक्ट्रिसिटी मॅग्नेटिझम आणि सेमीकंडक्टर्स

विषय दर्जा विद्यार्जन निष्पत्ती (Course Level Learning Outcome):

- दिलेल्या अभियांत्रिकी समस्या सोडवण्यासाठी विद्युत आणि चुंबकाची (इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक्सची) मूलभूत तत्त्वे लागू करा.

सिद्धांत विद्यार्जन निष्पत्ती (Theory Learning Outcome):

- विद्युत क्षेत्र (Electric field), विभाव्य (potential) आणि विभवांतर (potential difference) समजावून सांगणे.
- चुबंकीय तिव्रता (magnetic intensity) आणि चुबंकीय अभिवाह (magnetic flux) या संकल्पनेचे संबधित एककासह वर्णन करा.
- दिलेल्या विद्युत परीपथामध्ये (इलेक्ट्रिकल सर्किट्सवर) मालिका आणि समांतर संयोजनाचे नियम लागू करा. विद्युत प्रवाहाचा ताप प्रभाव (heating effect of electric current) स्पष्ट करा.
- ऊर्जा पट्टीच्या (energy Bands) आधारे वाहक (कंडक्टर),अर्धवाहक (सेमीकंडक्टर) आणि रोधक (इन्सुलेटर) मधील फरक ओळखा.
- p-n जंक्शन डायोडची विद्युत प्रवाह – विभव (I-V) वैशिष्ट्ये आणि फायदे (अनुप्रयोग) स्पष्ट करा.

परिचय :

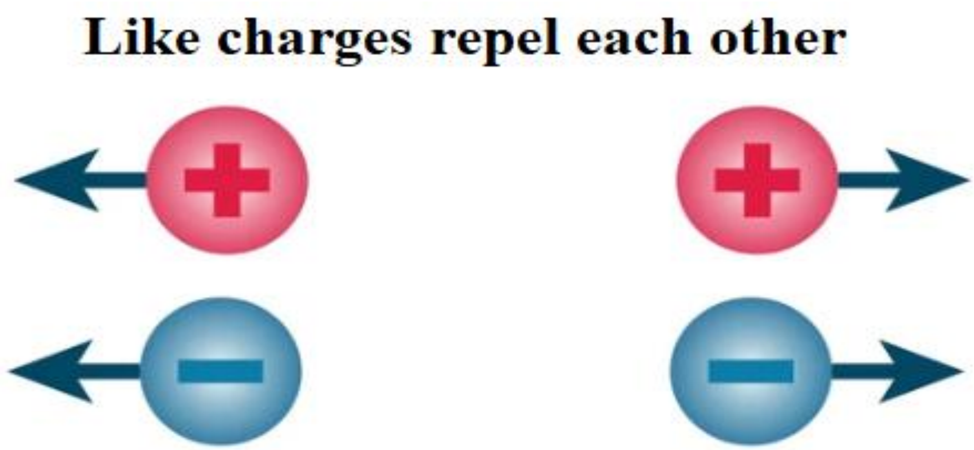
वीज ही मुळात चार्ज केलेल्या कणांची उपस्थिती आणि गती असते. दुसरीकडे, चुंबकत्व म्हणजे चुंबक जेव्हा एकमेकांना आकर्षित करतात किंवा मागे टाकतात तेव्हा ते वापरतात त्या शक्तीचा संदर्भ देते. वीज ही एक प्रकारची ऊर्जा आहे जी आपल्या आजूबाजूला आढळू शकते. हि वीज आपली घरे, व्यवसाय आणि उपकरणे यांना उर्जा देण्यासाठी वापरले जाते. तसेच, चुंबकत्व ही एक आकर्षक अदृश्य शक्ती आहे - ती आजूबाजूच्या वातावरणावर प्रभाव टाकते. चुंबक ही अशी सामग्री आहे जी विशिष्ट प्रकारचे धातू स्वतःकडे खेचू शकते. इतर अनेक शक्तींप्रमाणे, चुंबकत्वाला त्याचा प्रभाव असलेल्या वस्तूंना स्पर्श करण्याची गरज नाही. सेमीकंडक्टर पदार्थ कंडक्टर आणि इन्सुलेटर यांच्यामध्ये असतो. हे इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे आणि इतर उपकरणांमध्ये विद्युत प्रवाहाचे नियंत्रण आणि व्यवस्थापन करते. म्हणून, हे कॉम्प्युटिंग घटकांसाठी बनवलेल्या इलेक्ट्रॉनिक चिप्सचे आणि सॉलिड-स्टेट स्टोरेजसह विविध इलेक्ट्रॉनिक उपकरणां मधील लोकप्रिय घटक आहे.

२.१ कणाचा गुणधर्म जो त्याच्या भोवती विद्युत प्रभाव निर्माण करतो त्याला विद्युत भार (Electric charge) म्हणतात. याला q, या अक्षराने संबोधित केले जाते. S. I. प्रभाराचे एकक म्हणजे Coulomb (C).

एका इलेक्ट्रॉनवरील भार = $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C.

विद्यूत भार हे दोन प्रकारचे असतात. ज्या वस्तूकडे ऋण कण जमा होतात ती वस्तू ऋण विद्यूत भारीत (Negative Charge -) होते. उदा. इलेक्ट्रॉन्स. तसेच, ज्या वस्तूकडून ऋण कण निघून जातात ती वस्तू धन विद्यूत भारीत (Positive Charge +) होते. उदा. प्रोटॉन्स.

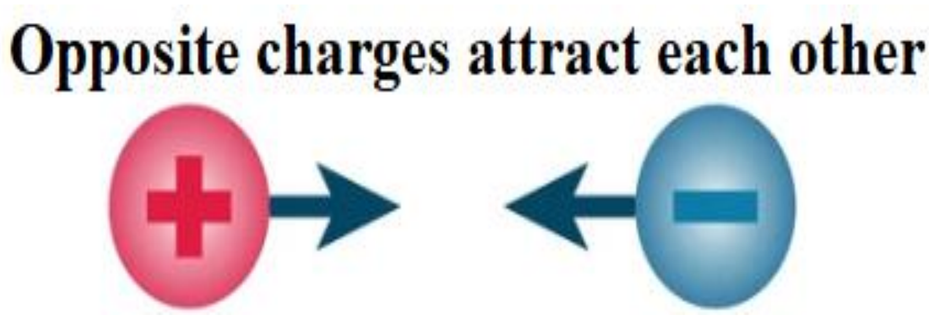
दोन धन विद्यूत भार एकमेकांना दूर ढकलतात. त्याचप्रमाणे, दोन ऋण विद्यूत भार देखील एकमेकांना दूर ढकलतात, जसे की समान विद्यूत भार एकमेकांना दूर ढकलतात. म्हणून या शक्तीला तिरस्करणीय (repulsive) शक्ती म्हणतात.



आकृती: समान विद्यूत भार एकमेकांना दूर ढकलतात.

Reference -: https://www.shutterstock.com/image-vector/attract-repel-positive-negative-charge-like-2214338257

एक धन आणि एक ऋण विद्यूत भार एकमेकांना आकर्षित करतात. म्हणजे, विपरीत किंवा विरुद्ध विद्यूत भार एकमेकांना आकर्षित करतात. म्हणून या शक्तीला आकर्षक (attractive) बल म्हणतात.



आकृती: विरुद्ध विद्यूत भार एकमेकांना आकर्षित करतात.

Reference -: https://www.shutterstock.com/image-vector/attract-repel-positive-negative-charge-like-2214338257

घर्षण (Frictional) विद्युत शक्ती:

जेव्हा एक वस्तू हि ती दुसऱ्या वस्तूवर घासली जाते तेव्हा तिला घर्षण विद्युत शक्ती म्हणतात.

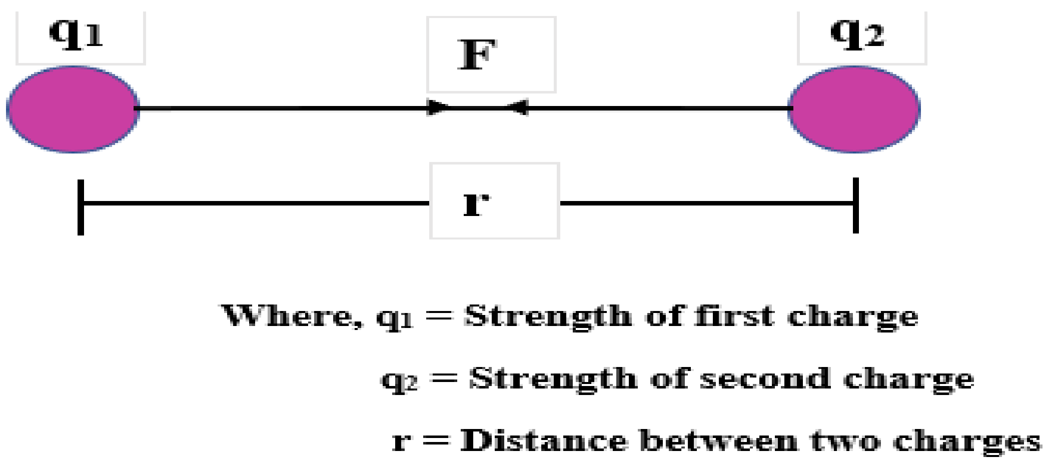
उदा.

१. जर काचेची काठी (रॉड) रेशमी कापडावर घासली तर काचेच्या रॉडवर धन विद्यूत भार जमा होतो आणि रेशमी कापडावर ऋण विद्यूत भार जमा होतो.
२. जर इबोनाइट रॉड लोकरीच्या तुकड्याला घासल्यास, इबोनाइट रॉडवर ऋण विद्यूत भार जमा होतो आणि लोकरीच्या तुकड्यावर धन विद्यूत भार जमा होतो.

विद्युत भार (charge) संरक्षणाचे तत्व: विद्युत भार (इलेक्ट्रिक चार्ज) तयार केला जाऊ शकत नाही किंवा नष्ट केला जाऊ शकत नाही. परंतु, तो सिस्टमच्या (system) एका भागातून सिस्टमच्या दुसऱ्या भागात हस्तांतरित केला जाऊ शकतो, जेणेकरून पृथक (isolated) प्रणालीवरील एकूण विद्युत भार स्थिर राहतो.

२.१.१ कुलोम्बचा व्यस्त वर्ग नियम (Coulomb's inverse square law):

नियम असे म्हणतो कि, दोन बिंदू विद्युत भार मधील आकर्षण किंवा प्रतिकर्षण हे दोन विद्युत भारच्या परिमाणाच्या (magnitude) गुणाकाराच्या थेट प्रमाणात आणि त्यांच्यामधील अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात असते.



आकृती: कुलोम्बचा व्यस्त वर्ग नियम

कुलोम्बचा व्यस्त वर्ग नियमानुसार,

$$F \propto q_1 q_2$$

$$and \qquad F \propto \frac{1}{r^2}$$

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F = constant \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$\boldsymbol{F = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \times \frac{q_1 q_2}{r^2}}$$

हा कुलोम्बचा व्यस्त वर्ग नियम आहे.
इथे, $\varepsilon = \varepsilon_0 k$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 k} \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

हा देखील कुलोम्बचा व्यस्त वर्ग नियम आहे.

ε_0 = निर्वात स्थिरांक वा पराविद्‌युतांक (Permittivity of free space or vacuum or air medium) = $8.85 \times 10^{-12}\ C^2/Nm^2$

k= माध्यमाचा डायलेक्ट्रिक स्थिरांक (dielectric constant of the medium) म्हणून,

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9\ Nm^2/C^2)$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{q_1 q_2}{k r^2}$$

हा देखील कुलोम्बचा व्यस्त वर्ग नियम आहे. हवा या माध्यमासाठी k ची किमंत 1 असते.

वन कुलोम्बची व्याख्या: जर दोन समान शक्तीचे विद्‌युत भार हवेत एकमेकांपासून 1m अंतरावर ठेवले असतील आणि ते एकमेकांवर 9×10^9 N चे बल लावत असतील तर त्याला एक कुलोम्ब किंवा युनिट चार्ज म्हणतात.

२.१.२ विद्‌युत क्षेत्र (इलेक्ट्रिक फील्ड):

विद्‌युत भारच्या भोवतालची जागा किंवा प्रदेश ज्यामध्ये विद्‌युत प्रभाव जसे की इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्स ऑफ आकर्षण किंवा प्रतिकर्षण (अॅट्रॅक्शन किंवा रिपल्शन) पाहिला जाऊ शकतो, त्याला विद्‌युत क्षेत्र म्हणतात.

२.१.३ विद्‌युत क्षेत्राची तीव्रता (Electric field intensity):

एका बिंदूवर ठेवलेल्या एक धन विद्‌युत भारावर काम करणाऱ्या इलेक्ट्रोस्टॅटिक बलाला विद्‌युत क्षेत्राची तीव्रता म्हणतात.

$$E = \frac{F}{q}$$

विद्युत क्षेत्राची तीव्रता= $\frac{\text{बल}}{\text{विद्युत भार}}$

विद्युत क्षेत्राची तीव्रता हि N/C मध्ये मोजतात.

एका बिंदूवर विद्युत क्षेत्राची तीव्रता हि,

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 k}\frac{q}{r^2}$$

किंवा

$$E = 9 \times 10^9 \frac{q}{kr^2}$$

अश्या प्रकारे दाखवली जाते.

२.१.४ विद्युत क्षमता (Electric potential):

विद्युत क्षेत्राच्या दिशेच्या विरुद्ध, अनंततेपासून दिलेल्या बिंदूपर्यंत एकक धन विद्यूत भार घेऊन जाण्यासाठी केलेल्या कामाच्या प्रमाणाला (Amount of work done) विद्युत क्षमता किंवा परिपूर्ण क्षमता (V) म्हणतात.

आकृती: विद्युत क्षमता

$$\text{विद्युत क्षमता} = \frac{\text{कार्य}}{\text{विद्युत भार}}$$

$$\therefore V = \frac{W}{q}$$

विद्युत क्षमता हि volt मध्ये मोजतात.

एक व्होल्ट: विद्युत क्षेत्राच्या दिशेच्या विरुद्ध , एका कुलोम्बच्या विद्युत भारला अनंततेपासून त्या बिंदूपर्यंत आणतांना एक जूल काम केले असल्यास, त्याला एक व्होल्ट म्हणतात.

एका बिंदूवर विद्युत क्षमता हि,

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 k}\frac{q}{r}$$

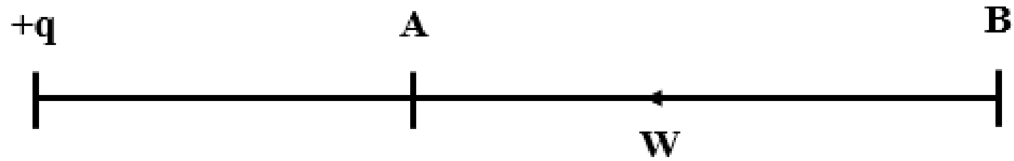
किंवा

$$V = 9 \times 10^9 \frac{q}{kr}$$

अश्या प्रकारे दाखवली जाते.

२.१.५ विद्‌युत क्षमता फरक (Electric potential difference):

विद्‌युत क्षेत्राच्या दिशेच्या विरुद्ध एका बिंदूपासून दुसऱ्या बिंदूवर एकक धनभार वाहून नेण्याच्या कामाच्या प्रमाणाला (Amount of work done) दोन बिंदूंमधील विद्‌युत क्षमता फरक (V_{AB}) (संभाव्य फरक) म्हणतात.



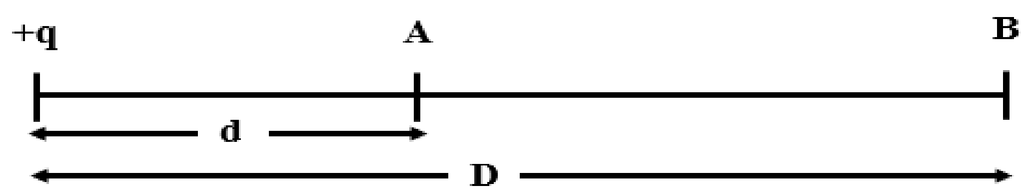
आकृती: विद्‌युत क्षमता फरक

$$P.\ D.\ (V_{AB}) = \frac{Work\ done\ at\ point\ A - Work\ done\ at\ point\ B}{q}$$

$$Potential\ Difference\ (V_{AB}) = \frac{W_A - W_B}{q}$$

विद्‌युत क्षमता फरक देखील volt मध्ये मोजतात.

दोन बिन्दुमधील विद्‌युत क्षमता फरक हि,



आकृती: विद्‌युत क्षमता फरक

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{k}\left[\frac{1}{d} - \frac{1}{D}\right]$$

किंवा

$$V = 9 \times 10^9 \frac{q}{k}\left[\frac{1}{d} - \frac{1}{D}\right]$$

अश्या प्रकारे दाखवली जाते.

२.२ चुंबक (Magnet):

मटेरीअलमध्ये (material) लोह आकर्षित करण्याचा गुणधर्म असतो त्याला चुंबक म्हणतात. चुंबकाचे दोन प्रकार असतात:

१. **नैसर्गिक चुंबक**: लोह धातू किंवा मॅग्नेटाइट किंवा लोहाचे चुंबकीय ऑक्साईड (Fe_3O_4) च्या विशिष्ट स्वरूपाला नैसर्गिक चुंबक म्हणतात.
२. **कृत्रिम चुंबक:** लोह, निकेल, कोबाल्ट अशा धातूंचे चुंबकीकरण वेगवेगळ्या पद्धतींनी करता येते, ज्यांना कृत्रिम चुंबक म्हणतात.

बार मॅग्नेट, मॅग्नेटिक सुई, हॉर्स शू मॅग्नेट, दंडगोलाकार चुंबक, वर्तुळाकार चुंबक अशा वेगवेगळ्या आकारात कृत्रिम चुंबक तयार केले जातात.

कृत्रिम चुंबक हे नैसर्गिक चुंबकापेक्षा अधिक मजबूत असतात.

चुंबकाचे गुणधर्म:

१. चुंबक लोखंड, निकेल, कोबाल्ट, पोलाद इत्यादींना आकर्षित करते.
२. मुक्तपणे निलंबित केल्यावर ते नेहमी उत्तर-दक्षिण दिशेने विसावते
३. चुंबकाचे ध्रुव जसे उत्तर-उत्तर आणि दक्षिण-दक्षिण ध्रुव एकमेकांना प्रतिकर्षित करतात आणि चुंबकाच्या ध्रुवांच्या विपरीत उत्तर-दक्षिण किंवा दक्षिण-उत्तर ध्रुव एकमेकांना आकर्षित करतात.
४. चुंबकीय ध्रुव जोड्यांमध्ये (द्विध्रुव) अस्तित्त्वात असतात, म्हणजे जर बार चुंबकाचे तुकडे केले तर प्रत्येक तुकड्यात उत्तर ध्रुव तसेच दक्षिण ध्रुव असतो.
५. लोहाचा दुसरा तुकडा चुंबक चुंबक करू शकतो.

२.२.१ चुंबकीय क्षेत्र (Magnetic field):

चुंबकाच्या सभोवतालची जागा किंवा प्रदेश ज्यामध्ये चुंबकीय प्रभाव (जसे की आकर्षण किंवा प्रतिकर्षण चुंबकीय शक्ती) पाहिला जाऊ शकतो त्याला चुंबकीय क्षेत्र म्हणतात.

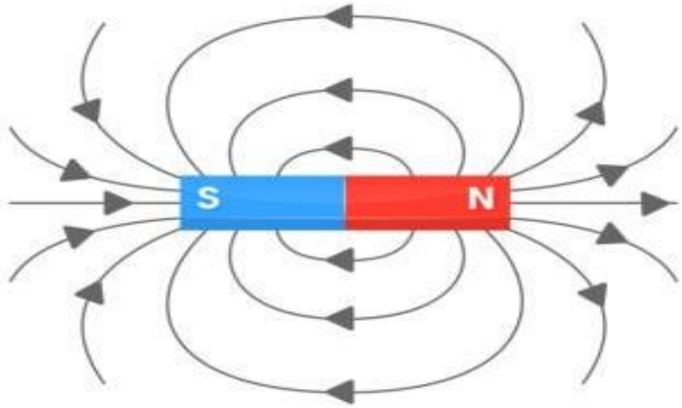
चुंबकीय क्षेत्र हे B ह्या अक्षराने दाखविले जाते. चुंबकीय क्षेत्र हे टेस्ला मध्ये मोजतात.

२.२.२ चुंबकीय क्षेत्राची तीव्रता (Magnetic field intensity):

चुंबकीय क्षेत्राची तीव्रता म्हणजे एक एकक उत्तर ध्रुव चुंबकीय क्षेत्रामध्ये ठेवल्यास उत्तर धुवाला ज्या बलाचा अनुभव येतो ते बल .एका एकक क्षेत्रामधून जाणाऱ्या चुंबकिय रेषेच्या (Magnetic lines of force) संख्येला चुंबकीय क्षेत्राची तीव्रता (H) म्हणतात . चुंबकीय क्षेत्र सामर्थ्य किंवा चुंबकीय बल देखील म्हणतात .
त्याचे एकक अँपिअर/मीटर (Ampere / meter) A/m किंवा अँपिअर टर्न (Ampere Turn) आहे.

२.२.३ बलाच्या चुंबकीय रेषा (Magnetic lines of force):

एकक उत्तर ध्रुव चुंबकीय क्षेत्रामध्ये ज्या मार्गाने पुढे जाईल त्याला चुंबकीय बल रेषा म्हणतात.



आकृती: चुंबकीय बल रेषा

Reference -: https://www.istockphoto.com/photos/magnetic-field-lines

बलाच्या चुंबकीय रेषांची वैशिष्ट्ये:

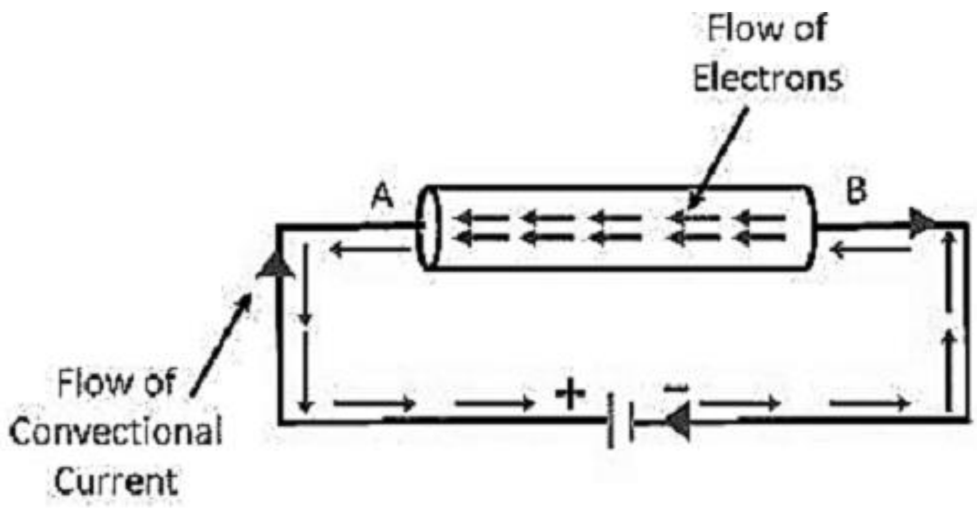
१. बलाच्या चुंबकीय रेषा बंद वक्र असतात. बलाच्या चुंबकीय रेषा उत्तर ध्रुवापासून सुरू होतात आणि चुंबकाच्या बाहेर दक्षिण ध्रुवावर संपतात.
२. बलाच्या चुंबकीय रेषा कधीही एकमेकांना छेदत नाहीत.
३. बलाच्या चुंबकीय रेषा बंद लूप तयार करतात.
४. एका बिंदूवरील चुंबकीय क्षेत्राची दिशा त्या बिंदूवरील बलाच्या चुंबकीय रेषांकडे ओढलेल्या स्पर्शिकेद्वारे दिली जाते.
५. बलाच्या चुंबकीय रेषा लांबीच्या बाजूने आकुंचन पावतात आणि बाजूने विस्तारतात.
६. एकाच दिशेने बलाच्या चुंबकीय रेषा एकमेकांना प्रतिकर्षित करतात.
७. चुंबकीय शक्तीच्या रेषांवर गैर-चुंबकीय सामग्रीचा प्रभाव पडत नाही.
८. चुंबकीय सामग्रीमध्ये बलाच्या चुंबकीय रेषा अधिक केंद्रित असतात.

२.२.४ चुंबकीय प्रवाह (Magnetic flux):

चुंबकीय क्षेत्रामध्ये बलाच्या एकूण चुंबकीय रेषांना चुंबकीय प्रवाह म्हणतात. चुंबकीय प्रवाहाचे (φ) S. I. एकक म्हणजे वेबर (Wb) होय.

२.३ विद्युत प्रवाह (Electric current):

आता खाली असलेल्या आकृती मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे बॅटरी किंवा विद्युत घट (Cell) जोडून जर वाहक (Conductor) AB वर विभवांतर लागू केले तर सर्व ऋणभारीत इलेक्ट्रॉन बॅटरीच्या धन टोकाकडे जातील आणि आपण त्याला म्हणतो की विद्युत प्रवाह वाहकातून वाहतोवाहकाम्ध्ये विद्युत प्रवाहाची (Electric current I) पारंपारिक दिशा हि इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहाच्या दिशेच्या विरूद्ध असते.



आकृती: विद्युत प्रवाह

विद्युत प्रवाह (I) म्हणजे विद्युत भार वाहकातून वाहण्याचा दर होय.
जर q हा विद्युत भार वाह्कामधून T ह्या वेळेत वाहत असेल तर,

$$\text{विद्युत प्रवाह} = \frac{\text{विद्युत भार}}{\text{वेळ}}$$

$$I = \frac{q}{t}$$

विद्युत प्रवाहचे S. I. एकक म्हणजे अँपिअर (ampere) (A) होय.

एक अँपिअर (1A): जेव्हा 1 कुलोम्ब (1C) चा चार्ज एका बिंदूमधून 1 सेकंदात जातो तेव्हा त्याला एक अँपिअर (1A) म्हणतात.

विद्युत प्रवाहचे दोन प्रकार आहेत:

१. इलेक्ट्रॉन करंट -: बॅटरी पुरवठ्याच्या ऋणातून बॅटरी पुरवठ्याच्या धनाकडे वाहणाऱ्या विद्युत प्रवाहाला इलेक्ट्रॉन प्रवाह म्हणतात. हा प्रवाह इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहामुळे होतो.
२. पारंपारिक प्रवाह -: बॅटरी पुरवठ्याच्या धनाकडून बॅटरी पुरवठ्याच्या ऋणाकडे वाहणारा विद्युत् प्रवाह पारंपारिक प्रवाह म्हणतात.

२.३.१ ओहमचा नियम (Ohm's law):

ओहमचा नियम असे नमूद करतो की, कंडक्टरच्या स्थिर भौतिक स्थितीत (साहित्य, लांबी, क्षेत्रफळ आणि तापमान) संपूर्ण वाहकावर लागू होणारा संभाव्य फरक हा त्यामधून वाहणाऱ्या विद्युत प्रवाहाच्या थेट प्रमाणात असतो. जर I हा विद्युत वाह्कामधून वाहणारा विद्युत प्रवाह असेल आणि V विद्युत वाहकाच्या दोन्ही बाजुतील विभवांतर असेल तर,

$$V \propto I$$

$$V = Constant\ \times I$$

$$\frac{V}{I} = Constant = R = Resistance \text{ (प्रतिकार)}$$

$$\therefore V = IR$$

याला ओहमचा नियम असे म्हणतात. प्रतिकारचे S. I. एकक म्हणजे ओहम (Ω) होय.

1 ohm (1 Ω) -: जर 1 व्होल्टचा संभाव्य फरक कंडक्टरवर लावला गेला आणि त्यातून 1 अँपिअरचा विद्युतप्रवाह निर्माण झाला तर त्याला 1 ohm (1 Ω) म्हणतात.

विद्युत् प्रवाहाला एखाद्या पदार्थाने दिलेल्या विरोधाला प्रतिकार (R) म्हणतात.

कमी प्रतिकार म्हणजे विजेचा चांगला कंडक्टर. (उदा. तांबे, लोखंड)

उच्च प्रतिकार म्हणजे विजेचे खराब कंडक्टर. (उदा. लाकूड, प्लास्टिक, रबर)

२.३.२ विशिष्ट प्रतिकार (Specific Resistance):

एक एकांक लांबीच्या (युनिट लांबी) आणि आडव्या छेदाचे क्षेत्रफळ एक चौरस एकक (क्रॉस-सेक्शनल क्षेत्राच्या) वायरच्या रेझिस्टन्सला विशिष्ट प्रतिकार (ρ) म्हणतात.

कंडक्टरचा प्रतिकार (R) हा कंडक्टर (L) च्या लांबीच्या थेट प्रमाणात असतो. म्हणजे,

$$R \propto L$$

तसेच, कंडक्टरचा प्रतिकार (R) हा कंडक्टरच्या क्रॉस-सेक्शनल एरिया (A) च्या व्यस्त प्रमाणात आहे. म्हणजे,

$$R \propto \frac{1}{A}$$

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

इथे, ρ हा स्थिरांक असून याला विशिष्ट प्रतिकार असे म्हणतात. विशिष्ट प्रतिकारचे S. I. एकक म्हणजे ओहम-मीटर (Ωm) होय.

प्रवहन (Conductance) (G) -: प्रतिकाराच्या व्यस्तांकाला (reciprocal) प्रवहन (G) म्हणतात. कंडक्टन्स (जी) द्वारे दिले जाते.

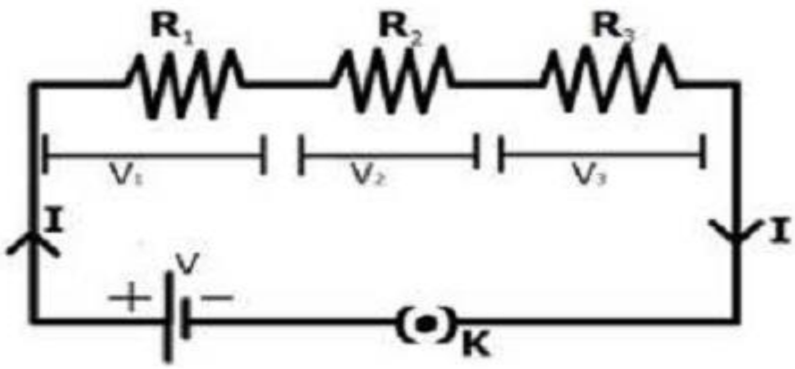
$$G = 1/R$$

प्रवहनचे S. I. एकक हे per ohm (/Ω) or mho (Ω-1) or (℧) होय.

२.३.३ प्रतिकाराच्या मालिका संयोजनाचा नियम (Law of series combination of resistance):

जर प्रतिकारांची संख्या एकामागून एक जोडलेली असेल (शेवटपासून शेवटपर्यंत) (end to end), तर या व्यवस्थेला मालिका संयोजनात प्रतिरोध म्हणतात.

खालील आकृतीत दर्शविल्याप्रमाणे बिंदू A आणि B मधील मालिकेत R1, R2 आणि R3 जोडलेले तीन प्रतिरोध विचारात घ्या. या दोन बिंदूंमध्ये बॅटरी सेल जोडलेला असतो. नंतर संभाव्य फरक (V) या संयोजनावर लागू केला जातो.



आकृती: प्रतिकाराच्या मालिका संयोजन

मालिका /शृंखला संयोजनासाठी, प्रत्येक रेझिस्टन्समधून वाहणारा करंट (I) समान असतो परंतु प्रत्येक रेझिस्टन्समध्ये संभाव्य फरक (V) वेगळा असतो म्हणजेच तीन भागांमध्ये विभागतो.
V1, V2 आणि V3 हे अनुक्रमे R1, R2 आणि R3 मध्ये संभाव्य आहेत.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \qquad ...१$$

ओह्माच्या नियमानुसार, $V_1 = IR_1;\ V_2 = IR_2;\ V_3 = IR_3\ \&\ V = IR_s$

जेथे Rs = समतुल्य किंवा मालिका संयोजनाचा प्रभावी प्रतिकार.

समीकरण १ मध्ये लिहिल्यावर,

$$IR_s = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

$$IR_s = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

मालिका संयोजनाचा हा प्रभावी प्रतिकार आहे.

प्रतिकाराच्या मालिका संयोजनाचा नियम (Law of series combination of resistance): हे असे नमूद करते की, मालिका संयोजनाचा परिणामी प्रतिकार मालिकेत जोडलेल्या वैयक्तिक प्रतिकारांच्या बेरजेएवढा असतो, म्हणजे जेव्हा प्रतिकारांची संख्या मालिकेत जोडलेली असते, तेव्हा प्रभावी प्रतिकार वाढतो.

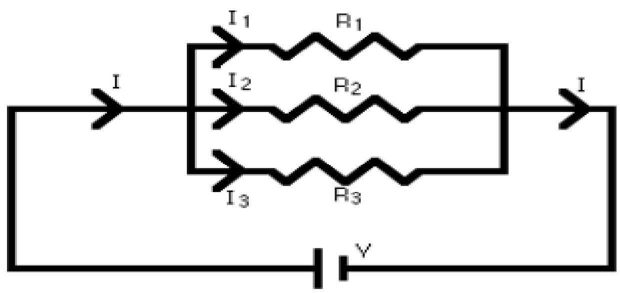
२.३.४ प्रतिकाराच्या समांतर संयोजनाचा नियम (Law of parallel combination of resistance):

दोन सामाईक बिंदूंमध्ये प्रतिकारांची संख्या जोडलेली असल्यास, या मांडणीला समांतर प्रतिरोध म्हणतात.

खालील आकृतीत दर्शविल्याप्रमाणे R1, R2 आणि R3 हे बिंदू A आणि B मध्ये समांतर जोडलेले तीन प्रतिरोध विचारात घ्या. या दोन बिंदूंमध्ये बॅटरी सेल जोडलेला असतो. नंतर संभाव्य फरक (V) या संयोजनावर लागू केला जातो.

समांतर संयोगासाठी, प्रत्येक रेझिस्टन्समधील संभाव्य फरक (V) समान असतो परंतु प्रत्येक रेझिस्टन्समधून वाहणारा विद्युत् प्रवाह वेगळा असतो म्हणजे करंट (I) तीन भागांमध्ये विभाजित होतो.
I1, I2 आणि I3 हे अनुक्रमे R1, R2 आणि R3 मधून वाहणारे प्रवाह असू द्या.
$I = I_1 + I_2 + I_3$ ...२

ओह्माच्या नियमानुसार, $I_1 = \frac{V}{R_1}; I_2 = \frac{V}{R_2}; I_3 = \frac{V}{R_3}$ & $I = \frac{V}{R_p}$



आकृती: प्रतिकाराच्या समांतर संयोजन

जेथे Rp = समांतर किंवा समांतर संयोजनाचा प्रभावी प्रतिकार.
समीकरण २ मध्ये लिहिल्यावर,

$$\frac{V}{R_p} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\frac{V}{R_p} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

प्रतिकाराच्या समांतर संयोजनाचा नियम (Law of parallel combination of resistance): त्यात असे नमूद केले आहे की, समांतर संयोगाच्या परिणामी प्रतिकाराची परस्परसंबंध (reciprocal) समांतर जोडलेल्या वैयक्तिक प्रतिकारांच्या परस्परांच्या बेरजेइतके असते, म्हणजे जेव्हा प्रतिकारांची संख्या समांतरपणे जोडलेली असते, तेव्हा प्रभावी प्रतिकार कमी होतो.

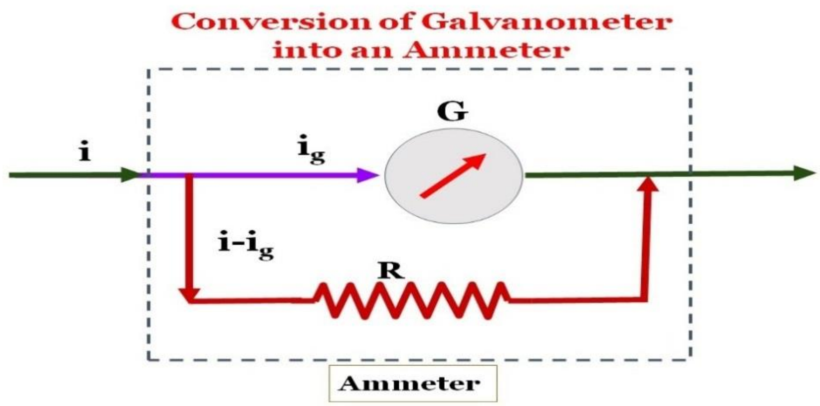
२.३.५ गॅल्व्हनोमीटरचे ammeter आणि voltmeter मध्ये रूपांतर (Conversion of galvanometer into ammeter and voltmeter):

- गॅल्व्हानोमीटर (Galvanometer): गॅल्व्हनोमीटर हे विद्युत् प्रवाहाची दिशा आणि त्याची परिमाण शोधण्यासाठी वापरले जाणारे उपकरण आहे. यात लहान प्रतिकार आहे आणि ते मालिकेत जोडलेले आहे. गॅल्व्हनोमीटर फक्त लहान प्रवाह शोधू शकतो.

मुविंग कॉइल गॅल्व्हानोमीटरचा सिद्धांत (Principle of Moving Coil Galvanometer): त्यात असे नमूद केले आहे की, जेव्हा विद्युत प्रवाह वाहून नेणारी आयताकृती कॉइल एकसमान चुंबकीय क्षेत्रात ठेवली जाते तेव्हा त्यावर टॉर्क कार्य करतो आणि या टॉर्कमुळे, कॉइल फिरते किंवा परावर्तित होते. त्यामुळे कॉइलमधील विक्षेपण कॉइलमधून वाहणाऱ्या विद्युत् प्रवाहाच्या थेट प्रमाणात असते.

- **गॅल्व्हनोमीटरचे ammeter मध्ये रूपांतर (Conversion of Galvanometer into Ammeter):**

गॅल्व्हानोमीटरला, गॅल्व्हनोमीटरने समांतर किंवा शंटमध्ये योग्य कमी प्रतिकार जोडून ॲमीटरमध्ये रूपांतरित केले जाते.



आकृती: गॅल्व्हनोमीटरचे ammeter मध्ये रूपांतर

Reference -: https://www.physicsvidyapith.com/2022/09/conversion-of-galvanometer-into-an-ammeter.html

गॅल्व्हॅनोमीटर आणि शंट किंवा समांतर रेझिस्टन्समधील संभाव्य फरक समान असतो.

$$V_R = V_G$$

$$(i - i_g)R = i_g R_g \quad \text{...ओहमचा नियम वापरून}$$

$$R = \frac{i_g R_g}{i - i_g}$$

या सूत्राचा वापर करून योग्य कमी प्रतिकाराचे मूल्य म्हणजे शंट किंवा समांतर प्रतिकार 'R' काढता येतो. इथे,

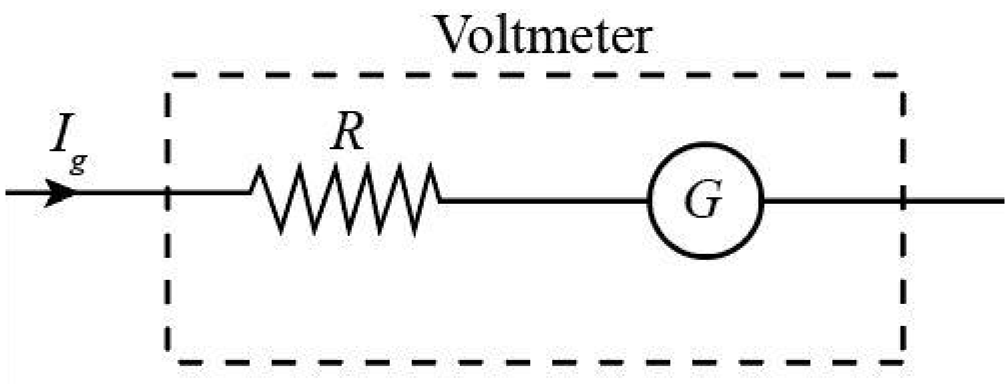
R = कमी प्रतिकार किंवा शंट किंवा समांतर प्रतिकार
Rg = गॅल्व्हानोमीटर प्रतिरोध
i = सर्किटमधून वाहणारा एकूण प्रवाह

ig = गॅल्व्हानोमीटर करंट
i-ig = शंट किंवा समांतर प्रतिकारातून वाहणारा विद्युत् प्रवाह
VR = शंट रेझिस्टन्समध्ये संभाव्य फरक
VG = गॅल्व्हानोमीटरमध्ये संभाव्य फरक

आदर्श ammeter ला शून्य प्रतिकार असतो.

- **गॅल्व्हनोमीटरचे voltmeter मध्ये रूपांतर (Conversion of galvanometer into voltmeter):**

गॅल्व्हनोमीटरला, गॅल्व्हनोमीटरसह मालिकेतील योग्य उच्च प्रतिकार जोडून व्होल्टमीटरमध्ये रूपांतरित केले जाते.



आकृती: गॅल्व्हनोमीटरचे voltmeter मध्ये रूपांतर

Reference -: https://www.vedantu.com/question-answer/explain-how-you-will-convert-a-galvanometer-into-class-12-physics-cbse-5f534eea9db7d779e890283e

गॅल्व्हनोमीटरमधून वाहणारे प्रवाह आणि मालिका प्रतिरोध समान आहेत. म्हणून, संपूर्ण सर्किटमध्ये एकूण संभाव्य फरक द्वारे दिला जातो,

$$V = V_G + V_R$$

$$V = i_g R_g + i_g R$$ ...ओहमचा नियम वापरून

$$V - i_g R_g = i_g R$$

$$i_g R = V - i_g R_g$$

$$R = \frac{V - i_g R_g}{i_g} = \frac{V}{i_g} - R_g$$

या सूत्राचा वापर करून योग्य उच्च प्रतिकाराचे मूल्य म्हणजेच मालिका प्रतिकार ‘R’ काढता येतो.
इथे,

R = उच्च प्रतिकार किंवा मालिका प्रतिकार
Rg = गॅल्व्हानोमीटर प्रतिरोध
ig = गॅल्व्हानोमीटर करंट
VR = संपूर्ण मालिका प्रतिकारशक्तीमध्ये संभाव्य फरक
VG = गॅल्व्हानोमीटरमध्ये संभाव्य फरक

आदर्श व्होल्टमीटरमध्ये असीम प्रतिकार असतो.

२.३.६ विद्युत प्रवाहाचा गरम प्रभाव (Heating effect of electric current):

कंडक्टरद्वारे विद्युत प्रवाहाच्या प्रवाहामुळे उष्णतेच्या उत्पादनास विद्युत प्रवाहाचा ताप प्रभाव म्हणतात.

विद्युत प्रवाहाच्या गरम प्रभावाचे सिद्धांत -: विद्युत उर्जेचे उष्णतेमध्ये रूपांतर होते.

विद्युत प्रवाहाच्या गरम प्रभावाचे अनुप्रयोग -: विद्युत दिवा किंवा बल्ब, विद्युत फ्यूज, इलेक्ट्रिक लोह, विद्युत आर्क, विद्युत वेल्डिंग, विद्युत हीटर, विद्युत ओव्हन, विद्युत केटल, हेअर ड्रायर, विद्युत टोस्टर, विद्युत स्टोव्ह इ.

- **हीटिंग इफेक्ट किंवा ज्युलच्या नियमाचे विधान (Statement of Heating Effect or Joule's Law):**

जेव्हा विद्युत् प्रवाह वाह्कामध्ये वाहतो, तेव्हा निर्माण होणारी उष्णता (H) हि विद्युत प्रवाहाच्या वर्गाच्या (I2), रोधाकाच्या रोधाच्या (R) आणि विद्युत प्रवाह वाहण्याच्या वेळेच्या (t) थेट समप्रमाणात असते.
म्हणून,

$$H \propto I^2Rt$$

$$H = constant \times I^2Rt$$

$$H = \frac{1}{J} \times I^2Rt$$

$$H = \frac{I^2Rt}{J}$$

हे ज्युलच्या नियमाचे किंवा उष्णता परिणामाचे समीकरण आहे.
J = ज्युलचा स्थिरांक किंवा यांत्रिक समतुल्य उष्णता = 4200 J/kcal

- **विद्युत उर्जा आणि शक्ती (Electric Energy & Power):**

विद्युत परीपथामध्ये विद्युत भाराला ढकलण्यासाठी करावे लागणारे कार्य, $W = VIt$

$$\text{विद्युत शक्ती } P = \frac{W}{t}$$

$$\text{परंतु, } W = VIt$$

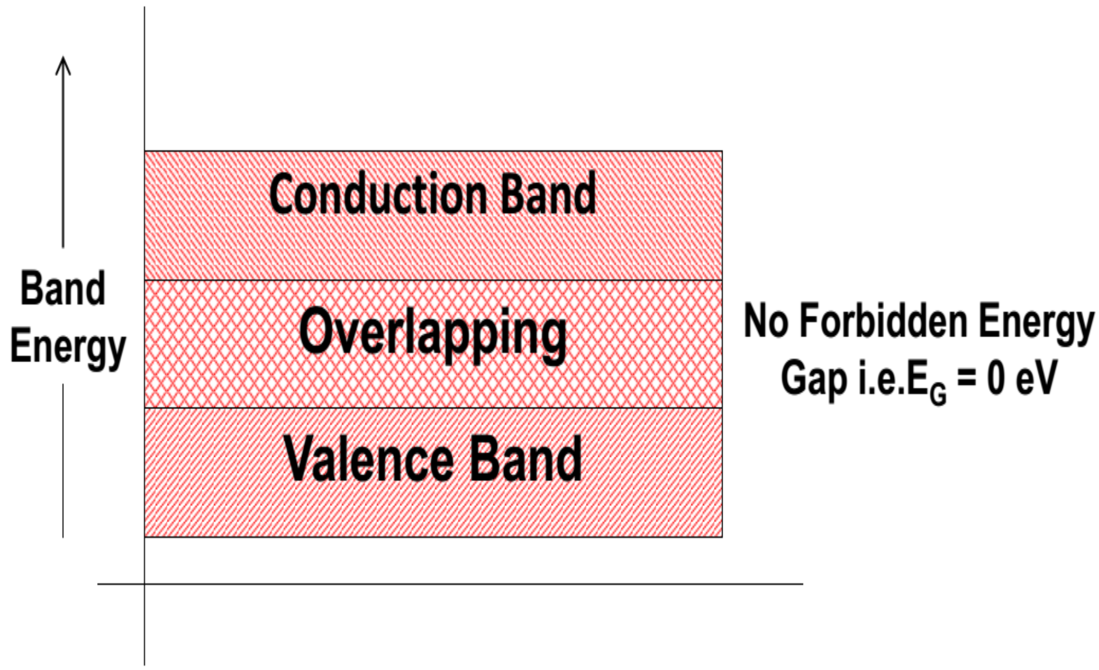
$$P = \frac{VIt}{t}$$

विद्युत उपकरणाने खर्च केलेली विद्युत शक्ती खालीलप्रमाणे दिली जाते,

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

२.४ वाहक , अर्धवाहक आणि रोधक (Conductors, Insulators and Semiconductors):

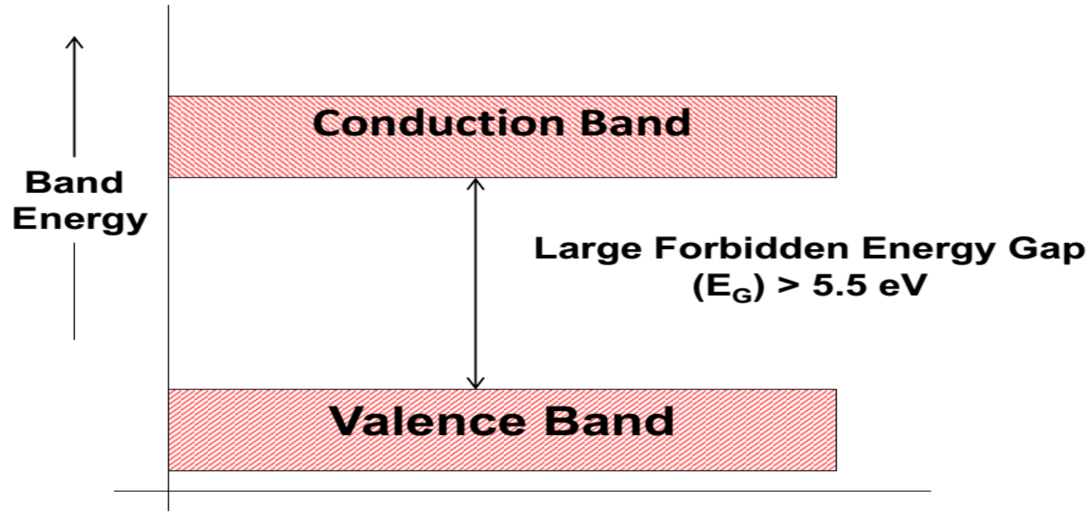
२.४.१ वाहक (कंडक्टर): ज्या पदार्था मधून विद्युत प्रवाह वेगाने आणि सहज चालतो त्याला वाहक म्हणतात. वाहकामध्ये मोठ्या संख्येने मुक्त इलेक्ट्रोन असतात. खूप मोठ्यासंख्येने मुक्त इलेक्ट्रोन संयुज पट्ट मधून वाहक पट्ट मध्ये उडी मारतात. संयुज पट्ट (व्हॅलेन्स बँड) आणि वाहक पट्ट (कंडक्शन बँड) एकमेकांना ओव्हरलॅप करतात.



आकृती: वाहक साठी उर्जा पट्ट

निषिद्ध ऊर्जा पट्ट अंतर हे शून्य असते. त्यामुळे वाहकातून मोठ्या संख्येने विद्युत प्रवाह वाहतो. उदा. कॉपर, अलुमिनिअम इतर.

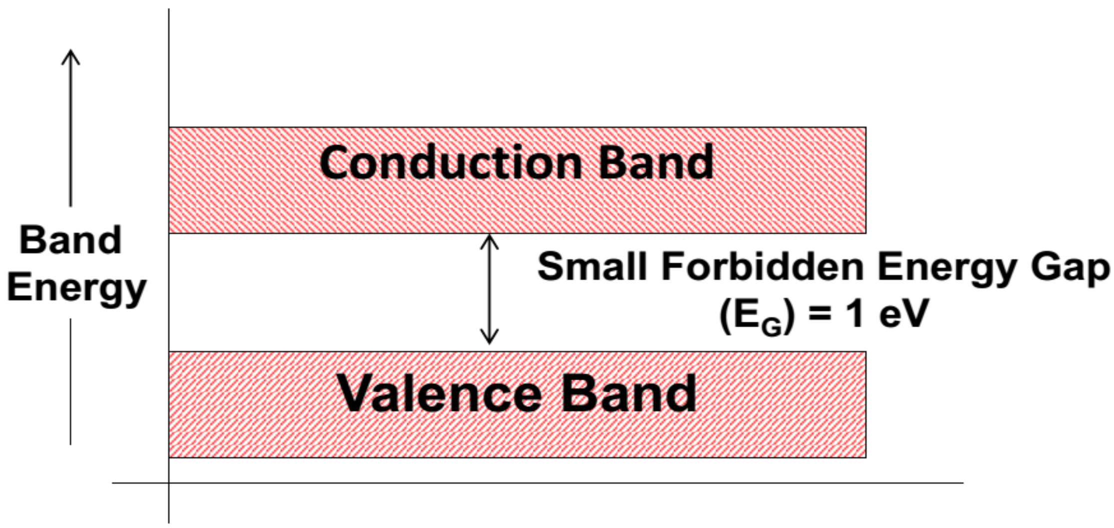
२.४.२ रोधक (इन्सुलेटर): ज्या पदार्था मधून विद्युत प्रवाह वेगाने आणि सहज वाहत नाही त्याला रोधक म्हणतात. इलेक्ट्रोन हे केंद्रावर घट्ट बांधलेले असतात. विद्युत प्रवाह वाहून नेण्यासाठी मुक्त इलेक्ट्रोन उपलब्ध नसतात.



आकृती: रोधक साठी उर्जा पट्ट

रोधकामध्ये निषिद्ध ऊर्जा पट्ट अंतर (forbidden energy band gap) खूप मोठे असते त्यामुळे इलेक्ट्रोन संयुज पट्ट मधून उडी मारून वाहक पट्ट मध्ये जाऊ शकत नाही. उदा. लाकूड, रब्बर इतर.

२.४.३ अर्धवाहक (सेमीकंडक्टर): वाहक पेक्षा कमी आणि रोधक पेक्षा जास्त चालकता असलेल्या पदार्थाला अर्धवाहक म्हणतात. विद्युत प्रवाह वाहून नेण्यासाठी कमी मुक्त इलेक्ट्रोन उपलब्ध असतात. निषिद्ध ऊर्जा पट्ट अंतर हे वाहकापेक्षा जास्त आणि रोधकापेक्षा कमी असते.



आकृती: अर्धवाहक साठी उर्जा पट्ट

सिलिकॉन च्या बाहेरच्या कक्षेत ४ इलेक्ट्रोन असतात. जेव्हा अणूच्या बाहेरच्या कक्षेत ८ इलेक्ट्रोन असतात तेव्हा तो अणु स्थिर होतो. सिलिकॉन व जर्मेनियम यात ४ इलेक्ट्रोन सामाईक करण्याची क्षमता असते. उदा. सिलिकॉन.

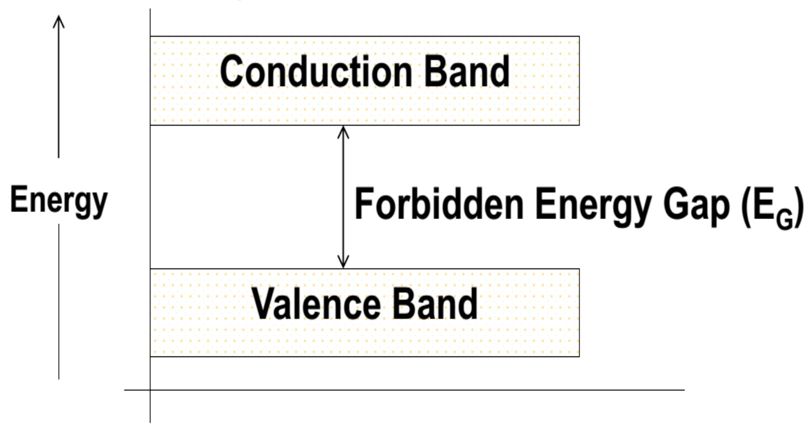
- **इलेक्ट्रॉन व्होल्ट (Electron volt):** एका इलेक्ट्रोन कणाचे १ volt ने विभवांतर वाढवण्यासाठी होणार्या कार्यशक्तीचे मोजमापास १ इलेक्ट्रॉन व्होल्ट असते.

1 eV = 1.6×10^{-19}

२.४.४ उर्जा पट्ट (Energy Band): इलेक्ट्रॉन्सच्या ताब्यात असलेल्या ऊर्जेच्या श्रेणीला उर्जा पट्ट (एनर्जी बँड) म्हणतात. उर्जा पट्ट हे पुढील प्रमाणे तीन प्रकारचे असतात,

१. **संयुज पट्ट (Valence Band):** अणूच्या सर्वात बाहेरील कक्षेतील इलेक्ट्रॉनला संयुजा इलेक्ट्रॉन असे म्हणतात. संयुजा इलेक्ट्रॉनमध्ये सर्वाधिक उर्जा असते. संयुजा इलेक्ट्रॉनच्या ताब्यात असलेल्या ऊर्जेच्या श्रेणीला संयुज पट्ट म्हणतात.

२. **वाहक पट्ट (Conduction Band):** संयुजा पट्ट नंतरचा पुढचा उच्च पट्ट हा वाहक पट्ट असतो. ह्या वाहक पट्ट्यात असणार्या इलेक्ट्रोन ला वाहक इलेक्ट्रोन अथवा मुक्त इलेक्ट्रोन म्हणतात. संयुजा इलेक्ट्रॉन्स न्यूक्लियसशी सैलपणे जोडलेले असतात जेणेकरून ते मुक्त होऊ शकतात, जे विद्युत प्रवाह वाहून नेण्यासाठी जबाबदार असतात. त्यांना वाहक इलेक्ट्रोन असे म्हणतात.
आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे उर्जा पट्ट काम करतात.



आकृती: उर्जा पट्ट

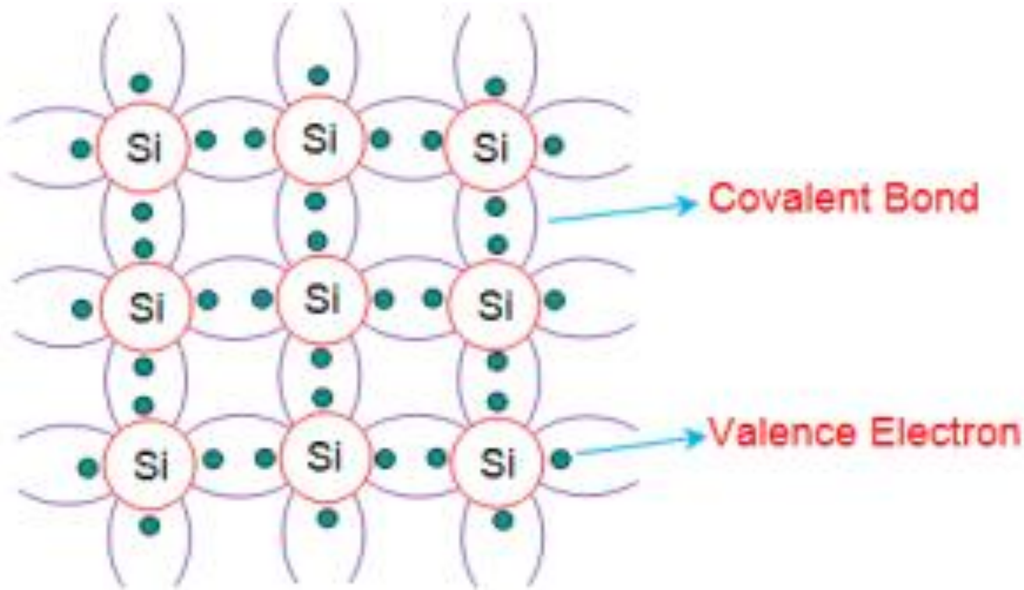
३. **निषिद्ध ऊर्जा पट्ट अंतर (forbidden energy band gap) :**संयुज पट्ट आणि वाहक पट्ट यांमध्ये थोडीसी पोकळी असते, त्याला निषिद्ध ऊर्जा पट्ट अंतर असे म्हणतात. कोणताही इलेक्ट्रोन हा निषिद्ध ऊर्जा पट्ट अंतर मधून बाहेर पडू शकत नाही. पदार्थानुसार निषिद्ध ऊर्जा पट्ट अंतर हे शून्य, लहान किंवा मोठे असते.

२.५ अर्धवाहक चे प्रकार : अर्धवाहक चे दोन प्रकार असतात :

१. निज अर्धवाहक Intrinsic Semiconductor

२. निजेतर अर्धवाहक Extrinsic Semiconductor

२.५.१ निज अर्धवाहक : शुद्ध स्वरूपातील अर्धसंवाहकांना आंतरिक (निज) अर्धसंवाहक म्हणतात. निज अर्धवाहक जसे कि ,सिलिकॉन व जर्मेनियम च्या बाहेरच्या कक्षेत ४ इलेक्ट्रोन असतात. जेव्हा अणूच्या बाहेरच्या कक्षेत ८ इलेक्ट्रोन असतात तेव्हा तो अणु स्थिर होतो .



आकृती: सिलिकॉन पदार्थ संरचना

Reference -: https://engineersclass.wordpress.com/2019/04/21/semiconductor/

सिलिकॉन व जर्मेनियम यात ४ इलेक्ट्रोन सामाईक करण्याची क्षमता असते .ज्यामध्ये ते शेजारच्या ४ अणु कडून प्रत्येकी १ इलेक्ट्रोन सामाईक करून स्थिर होतात. निरपेक्ष शून्य तापमानात (0^0K = -273^0C), अर्धवाहक रोधकासारखे वागतात. खोलीच्या तपमानावर, काही इलेक्ट्रॉन-होल जोड्या तयार होतात म्हणजेच ते कंडक्टर म्हणून काम करतात. अर्धवाहकाचे तापमान वाढते, त्याची चालकता वाढते म्हणजेच त्याचा प्रतिकार कमी होतो.

२.५.२ निजेतर अर्धवाहक Extrinsic Semiconductor : शुद्ध अर्धवाहकमध्ये थोड्या प्रमाणात अशुद्धता जोडली जाते त्याला बाह्य (निजेतर) अर्धवाहक म्हणतात. अर्धसंवाहकामध्ये योग्य अशुद्धता कमी प्रमाणात जोडून सेमीकंडक्टरची सध्याची वहन क्षमता बदलली जाऊ शकते. अर्धवाहकमध्ये अशुद्धता जोडण्याची प्रक्रिया प्रलेपण (डोपिंग) म्हणून ओळखली जाते आणि जी अशुद्धता मिसळली जाते त्याला प्रलेपित (डोपंट) म्हणतात. अशुद्धता जोडण्याचा उद्देश एकतर मुक्त इलेक्ट्रॉन्सची संख्या वाढवणे किंवा अर्धसंवाहकातील छिद्रे वाढवणे म्हणजेच सेमीकंडक्टरची चालकता वाढवणे हा आहे.

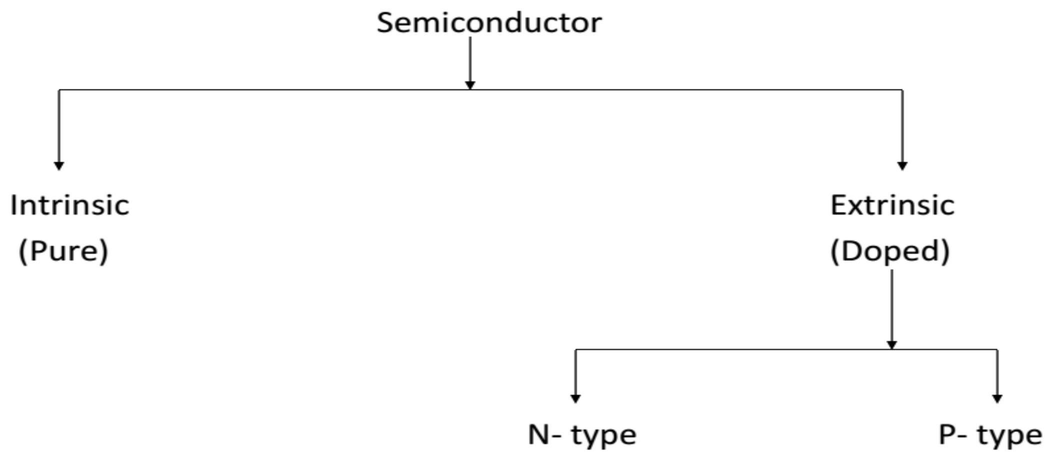
प्रलेपक दोन प्रकारचे असतात व ते सिलिकॉन व जर्मेनियम मध्ये प्रलेपण म्हणून वापरले जातात.

१. **पंचसंयुजी (पेंटावॅलेंट) अशुद्धता (Pentavalent impurities):** संयुजा (५) आर्सेनिक, अँटिमनी, फॉस्फरस इत्यादि.
२. **त्रिसंयोजक अशुद्धता (Trivalent impurities):** संयुजा (३) गॅलियम, इंडियम, बोरॉन, अॅल्युमिनियम इ.

प्रलेपकच्या प्रकारानुसार निजेतर अर्धवाहक हे दोन प्रकारात वर्गीकृत केले जातात .

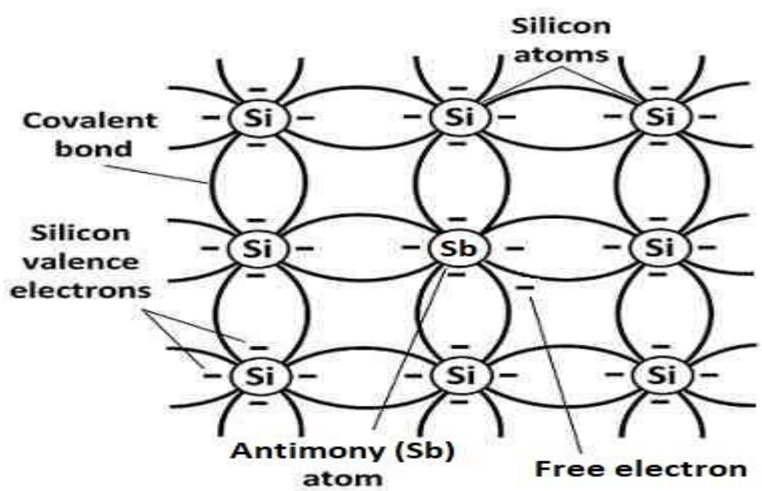
१. ऋण प्रकारचे बाह्य अर्धवाहक N-Type Extrinsic Semiconductor

२. धन प्रकारचे बाह्य अर्धवाहक P-Type Extrinsic Semiconductor



आकृती: बाह्य अर्धवाहकचे वर्गीकरण

१. ऋण प्रकारचे बाह्य अर्धवाहक N-Type Extrinsic Semiconductor :शुद्ध सेमीकंडक्टरमध्ये कमी प्रमाणात पंचसंयुजी (पेंटाव्हॅलेंट) अशुद्धता जोडली जाते तेव्हा त्याला ऋण प्रकारचे बाह्य अर्धवाहक कंडक्टर म्हणतात .जर सेमीकंडक्टरमध्ये पंचसंयुजी (पेंटाव्हॅलेंट) अशुद्धता जोडली गेली तर मोठ्या प्रमाणात मुक्त इलेक्ट्रॉन तयार होतात म्हणजेच ते मोठ्या संख्येने इलेक्ट्रॉन प्रदान करते .पंचसंयुजी वाहकतेला एक जास्तीचा इलेक्ट्रोन देतो, म्हणून पंचसंयुजी अशुद्धतेला दात्याची (donor) अशुद्धता म्हणतात.

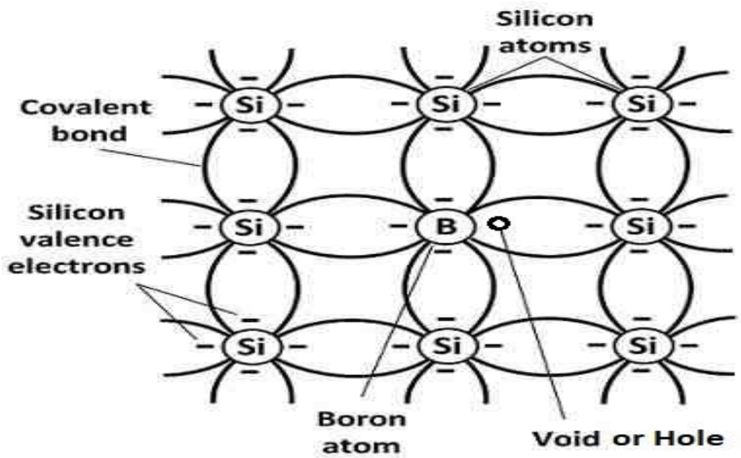


आकृती: ऋण प्रकारचे बाह्य अर्धवाहक

Reference -: https://www.csfusion.org/faq/why-is-n-type-semiconductor-neutral/

जेव्हा सिलिकॉन व जर्मेनियम मध्ये पंचसंयुजी (पेंटाव्हॅलेंट) अशुद्धता प्रलेपण केली जाते तेव्हा ,पाच पैकी चार इलेक्ट्रोन हे शेजारच्या अणुशि सामाईक होतात व एक इलेक्ट्रोन मुक्त होतो जो प्रवाह वाहून नेतो. म्हणून , पंचसंयुजी अशुद्धता मुक्त इलेक्ट्रॉनची संख्या वाढवते . ऋण प्रकारचे बाह्य अर्धवाहक मध्ये ,इलेक्ट्रॉन बहुसंख्य चार्ज वाहक (majority charge carriers) आहेत आणि छिद्र हे अल्पसंख्याक चार्ज वाहक (minority charge carriers) आहेत .

२. धन प्रकारचे बाह्य अर्धवाहक P-Type Extrinsic Semiconductor : शुद्ध सेमीकंडक्टरमध्ये थोड्या प्रमाणात त्रिसंयोजक अशुद्धता जोडली जाते तेव्हा त्याला धन प्रकारचे बाह्य अर्धवाहक म्हणतात. सेमीकंडक्टरमध्ये त्रिसंयोजक अशुद्धता जोडल्यास मोठ्या प्रमाणात छिद्र (holes) निर्माण होतात म्हणजेच इलेक्ट्रॉनची कमतरता असते .त्रिसंयोजक सभोवताल कडून एक इलेक्ट्रोन ग्रहण करतो ,म्हणून त्रिसंयोजक अशुद्धतेला स्वीकारकर्ता (acceptor) अशुद्धता म्हणतात .



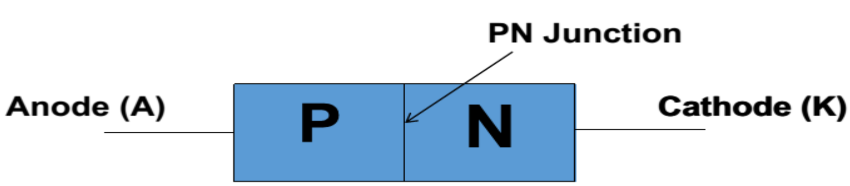
आकृती: धन प्रकारचे बाह्य अर्धवाहक

Reference -: https://www.csfusion.org/faq/why-is-n-type-semiconductor-neutral/

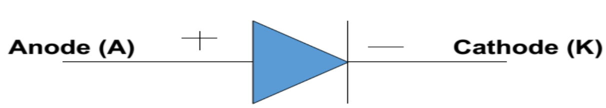
जेव्हा सिलिकॉन व जर्मेनियम मध्ये त्रिसंयोजक अशुद्धता प्रलेपण केली जाते तेव्हा सिलिकॉन सोबत तीन सहसंयुज बंध निर्माण होतात तर चौथा बंध अपूर्ण (incomplete) राहतो आणि तिथे छिद्र निर्माण होते. त्रिसंयोजक अशुद्धता मुक्त इलेक्ट्रॉनची संख्या कमी करते, ज्यामुळे अधिक छिद्रे पडतात जी प्रवाह वाहून नेतात. धन प्रकारचे बाह्य अर्धवाहक मध्ये, छिद्रे बहुसंख्य चार्ज वाहक (majority charge carriers) आहेत आणि इलेक्ट्रोन हे अल्पसंख्याक चार्ज वाहक (minority charge carriers)आहेत.

२.६ धन – ऋण जोड झडप (P-N Junction diode):

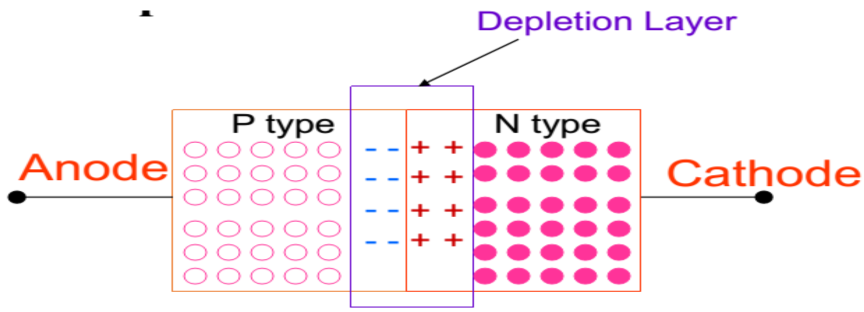
P-क्षेत्रात छिद्र बहुसंख्य चार्ज वाहक असतात आणि N-क्षेत्रात इलेक्ट्रॉन बहुसंख्य चार्ज वाहक असतात. जेव्हा P-क्षेत्र आणि N-क्षेत्र असे दोन डोप केलेले क्षेत्र PN जंक्शन डायोड तयार करण्यासाठी एकत्र येतात. P-क्षेत्र आणि N-क्षेत्रामधील अडथळ्यास PN जंक्शन म्हणतात.



डायोडचे प्रतीक:



काही छिद्रांचे P ते N कडे आणि काही इलेक्ट्रॉनचे N ते P कडे स्थलांतर केल्यामुळे क्षीण थर (depletion layer) तयार होतो. ह्या क्षीण थरामुळे तेथे अवरोध विभव (Barrier potential) V_B तयार होते. हे अवरोध विभव छिद्र आणि इलेकट्रॉनचे पुढील स्थलांतर (migration) रोखून ठेवते.

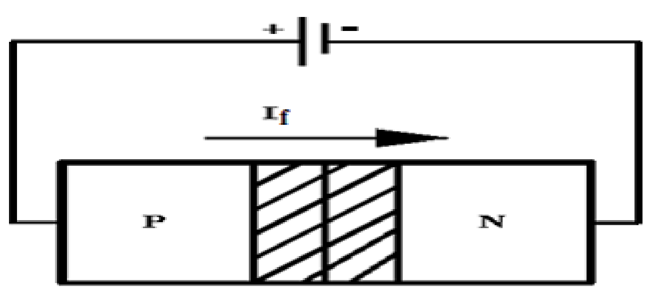


सिलिकॉन (Si) साठी अवरोध विभव (Barrier potential) (V_B) 0.7 V आहे आणि जर्मेनियम (Ge) साठी 0.3 V आहे.

२.६.१ पी-एन जंक्शन - फॉरवर्ड बायस (P-N Junction – Forward Bias):

विद्युत घटाचे धन टोक हे धन क्षेत्राशी (P-Region) जोडलेले असते आणि ऋण टोक ऋण क्षेत्राशी (N-Region) जोडलेले असते, त्याला पी-एन जंक्शन - फॉरवर्ड बायस असे म्हणतात.

P-क्षेत्रातील छिद्रे विद्युत घटाच्या धन टोकापासून दूर जातात, N-क्षेत्रातील इलेक्ट्रॉन्स विद्युत घटाच्या ऋण टोकापासून दूर जातात म्हणजेच चार्ज वाहके जंक्शनच्या दिशेने जातात.



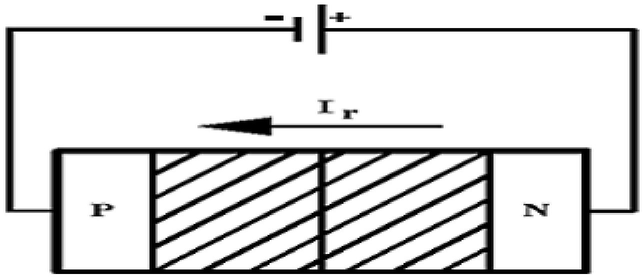
आकृती: पी - एन जंक्शन फॉरवर्ड बायस

त्यामुळे क्षीण थराची (depletion layer) रुंदी कमी होते म्हणजेच डायोडचा रोध कमी होतो. म्हणून, फॉरवर्ड बायसमध्ये, डायोडमधून मोठ्याप्रमाणात विद्युत प्रवाह वाहतो आणि बाह्य विद्युतदाब अवरोध विभवापेक्षा जास्त असतो.

२.६.२ P-N जंक्शन - रिव्हर्स बायस (P-N Junction – Reverse Bias):

विद्युत घटाचे धन टोक हे ऋण क्षेत्राशी (N-Region) जोडलेले असते आणि ऋण टोक हे धन क्षेत्राशी (P-Region) जोडलेले असते, त्याला पी-एन जंक्शन - रिव्हर्स बायस असे म्हणतात.

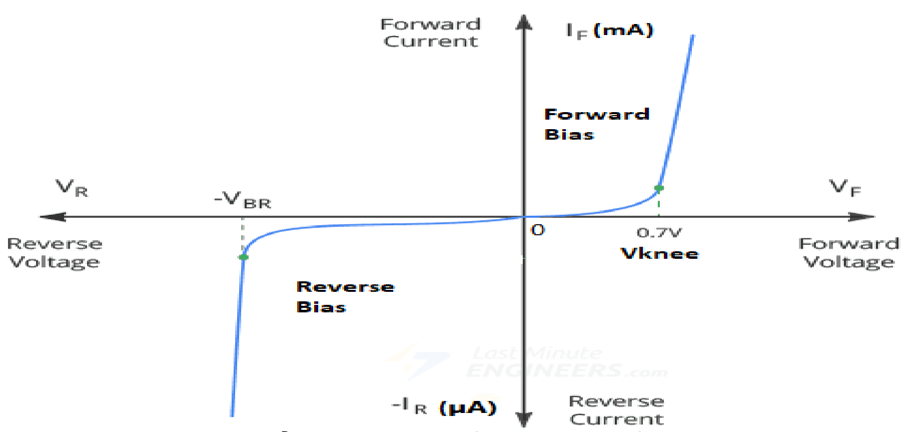
P-क्षेत्रातील छिद्रे विद्युत घटाच्या ऋण टोकाकडे आकर्षित होतात आणि N-क्षेत्रातील इलेक्ट्रॉन्स विद्युत घटाच्या धन टोकाकडे आकर्षित होतात म्हणजेच चार्ज वाहक जंक्शनपासून दूर जातात.



आकृती: पी - एन जंक्शन-रिव्हर्स बायस

त्यामुळे क्षीण थराची (depletion layer) रुंदी वाढते म्हणजेच डायोडचा रोध वाढतो. म्हणून, रिव्हर्स बायसमध्ये, डायोडमधून विद्युत् प्रवाह वाहत नाही, म्हणजे अनुमत प्रवाह अनिवार्यपणे शून्य होतो.

डायोडची वैशिष्ट्ये (Diode Characteristic): फॉरवर्ड बायस विद्युत प्रवाह – विद्युतदाब (I-V) वैशिष्ट्यांमध्ये, जेव्हा बाह्य विद्युतदाब 0.7 V पेक्षा कमी असतो, तेव्हा डायोडच्या सर्किटमधून फारच कमी विद्युत प्रवाह वाहतो. विद्युत प्रवाह 0.7 V बाह्य फॉरवर्ड बायस्ड विद्युतदाबाच्या पुढे झपाट्याने आणि वेगाने वाढतो. म्हणून 0.7 V ला क्नी (knee) व्होल्टेज (विद्युतदाब) म्हणतात.



आकृती: I-V वैशिष्ट्य फॉरवर्ड आणि रिव्हर्स बायस मध्ये

Reference -: https://lastminuteengineers.com/pn-junction-diode/

रिव्हर्स बायस I-V वैशिष्ट्यांमध्ये, औष्णिकरित्या उत्पादित अल्पसंख्याक चार्ज वाहकांमुळे विद्युत् प्रवाह ब्रेकडाउन व्होल्टेज (विद्युतदाब) V_{BR} पूर्वी प्रवाहित होतो. या विद्युत् प्रवाहाला लीकेज (leakage) करंट (विद्युत् प्रवाह) म्हणतात. क्रिटिकल व्होल्टेज (विद्युतदाब) V_{BR} वर, रिव्हर्स बायस्ड व्होल्टेज (विद्युतदाब) वाढल्यामुळे, डायोडमध्ये उलटा प्रवाह (रिव्हर्स करंट) झपाट्याने वाढतो.

२.६.३ पी-एन जंक्शन डायोडचे उपयोग (Applications):

१. एसी ते डीसी रूपांतरणासाठी रेक्टिफायर सर्किट्समध्ये.

२. ओव्हरव्होल्टेज संरक्षण सर्किट्समध्ये.
३. रडार, संगणक, रेडिओ इत्यादींच्या क्लिपिंग सर्किट्समध्ये वेव्ह शेपर म्हणून.
४. व्होल्टेज रेग्युलेटरमध्ये झेनर डायोड म्हणून.
५. ट्यूनर म्हणून टीव्ही आणि रेडिओ रिसीव्हरमध्ये व्हॅरेक्टर डायोड.
६. ऑप्टिकल कम्युनिकेशन सिस्टममध्ये फोटोडायोड आणि लेसर डायोड वापरले जातात.
७. डिजिटल अंकीय तर्कशास्त्र (लॉजिक) डिझाइनमध्ये स्विच म्हणून वापरले जाते
८. डिटेक्टर सर्किट्समध्ये वापरले जाते (एएम/एफएम रिसीव्हर्समध्ये सिग्नल डिटेक्टर).
९. टीव्ही रिसीव्हर्समध्ये क्लॅम्पिंग सर्किटमध्ये वापरले जाते.
१०. डिस्प्ले पॅनेलमध्ये LEDs म्हणून वापरले जाते.
११. कॅमेरामध्ये सेन्सर म्हणून वापरला जातो.
१२. तापमान सेन्सर म्हणून वापरले जाते.
१३. व्हेरिएबल कॅपेसिटर म्हणून वापरले जाते.
१४. फोटोडायोड ट्रान्सड्यूसर म्हणून काम करतो.
१५. लिमिटर आणि व्होल्टेज डब्लर सर्किट्समध्ये वापरले जाते.
१६. ट्रान्झिस्टर बायस कम्पेनसेसन नेटवर्क्समध्ये.

२.६.४ डायोडचा रोध (Diode Resistance):

फॉरवर्ड बायसमध्ये आदर्श डायोडचा रोध शून्य असतो आणि रिव्हर्स बायसमध्ये अमर्याद असतो.
डायोडच्या रोधाचे खाली दिल्या प्रमाणे दोन प्रकार आहेत:

१. डीसी किंवा स्थिर रोध (DC or Static Resistance)
२. एसी किंवा बदलणारा (डायनॅमिक) रोध (AC or Dynamic Resistance)

१. डीसी किंवा स्थिर रोध (DC or Static Resistance):

इनपुट (input) डीसी असताना डायोडच्या फॉरवर्ड बायस्ड स्थितीतील रोधाला डीसी किंवा स्थिर रोध म्हणतात. डीसी किंवा स्थिर रोध खाली दिलेल्या सूत्राद्वारे निर्धारित केला जातो,

$$R_{stat} = R_{DC} = \frac{V_f}{I_f}$$

ऑपरेटिंग व्होल्टेज जास्त असते, तेव्हा स्थिर रोध कमी असतो म्हणजेच ऑपरेटिंग व्होल्टेज वाढल्यावर, स्थिर रोध कमी होतो.

२. एसी किंवा बदलणारा (डायनॅमिक) रोध (AC or Dynamic Resistance):

इनपुट एसी (AC)असताना डायोडच्या फॉरवर्ड बायस्ड स्थितीतील रोधाला एसी किंवा बदलणारा (डायनॅमिक) रोध असे म्हणतात. एसी किंवा बदलणारा (डायनॅमिक) रोध खाली दिलेल्या सूत्राद्वारे निर्धारित केला जातो,

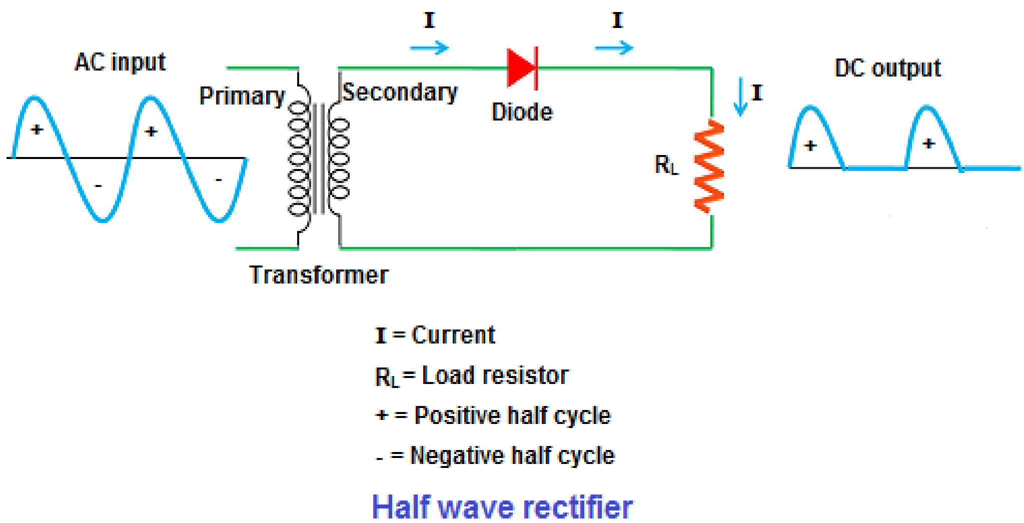
$$R_{dynamic} = R_{AC} = \frac{\Delta V_f}{\Delta I_f}$$

ऑपरेटिंग व्होल्टेज जास्त असते, तेव्हा बदलणारा (डायनॅमिक) रोध कमी असतो म्हणजेच ऑपरेटिंग व्होल्टेज वाढल्यावर, बदलणारा (डायनॅमिक) रोध कमी होतो.

२.६.५ हाफ वेव्ह रेक्टिफायर (Half wave rectifier):

- **रेक्टिफायर (Rectifier) -:** एक सर्किट जे एसी व्होल्टेजचे डीसी व्होल्टेजमध्ये रूपांतर करते त्याला रेक्टिफायर म्हणतात.

हाफ वेव्ह रेक्टिफायर -: जे सर्किट अर्ध्या चक्राला (cycle) परवानगी देते आणि बाकीचे अर्धे चक्र अवरोधित करते त्याला हाफ वेव्ह रेक्टिफायर म्हणतात.



आकृती: हाफ वेव्ह रेक्टिफायर

Reference -: https://www.physics-and-radio-electronics.com/electronic-devices-and-circuits/rectifier/halfwaverectifier.html

हाफ वेव्ह रेक्टिफायर एसी ते डीसी व्होल्टेजमध्ये रूपांतरित करण्यासाठी वापरला जातो. AC इनपुटच्या प्रत्येक धनप्रभारित अर्ध्या चक्रादरम्यान (पॉझिटिव्ह हाफ सायकल दरम्यान), डायोड फॉरवर्ड बायस्ड होतो म्हणजेच डायोड बंद स्विच (closed switched) म्हणून काम करतो आणि लोडच्या रोधातून जास्त विद्युत प्रवाह वाहतो. त्यामुळे धनप्रभारित अर्ध्या चक्रादरम्यान, डायोड विद्युत सुवाहक होतो आणि लोडच्या रोधाभोवती DC व्होल्टेज तयार होते.

AC इनपुटच्या प्रत्येक ऋणप्रभारित अर्ध्या चक्रादरम्यान (निगेटिव्ह हाफ सायकल दरम्यान), डायोड रिव्हर्स बायस्ड बनतो म्हणजेच डायोड ओपन स्विच (open switch) म्हणून काम करतो आणि लोडच्या रोधातून विद्युत प्रवाह वाहत नाही. त्यामुळे ऋणप्रभारित अर्ध्या चक्रादरम्यान, डायोड विद्युत सुवाहक होत नाही (रोधक बनतो) आणि लोडच्या रोधाभोवती DC व्होल्टेज तयार होत नाही.

सोडवलेली उदाहरणे

१. अणूमधील इलेक्ट्रोन आणि प्रोटोन मधील अंतर 5.8×10^{-11} m इतके आहे. त्यांच्यामधील स्थिर विद्युत बल काढा.

(दिलेले एका इलेक्ट्रॉनवरील भार = e = 1.6 x 10^{-19} C, ε=1)

उत्तर:

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(5.8 \times 10^{-11})^2}$$

$$F = 6.84 \times 10^{-8} N$$

२. एका 60 मायक्रो कुलोम्बचा भरीव गोल हवेत ठेवलेला आहे, तर त्या गोलाच्या मध्य बिंदुपासून ३० सेंमी अंतरावरची विद्युत क्षेत्राच्या तीव्रतेची गणना करा.

उत्तर:

$$q = 60\,\mu c = 60x\ 10^{-6}\,c,$$

$$r = 30\,cm = 0.3m,\ \in_r = 1$$

$$\in = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{r^2}$$

$$\in = 9 \times 10^9 \times \frac{60 \times 10^{-6}}{(0.3)^2}$$

$$\in = 6 \times 10^6\,N/C$$

३. 300 मायक्रो कुलोम्ब विद्युत भारापासून 10 सेंमी अंतरावर असलेल्या बिंदू वर असलेल्या विभवाची गणना करा.

उत्तर:

$$Q = 300\,\mu c = 30 \times 10^{-6}\,C$$

$$r = 10\,cm = 0.1m,\ \in_r = 1.$$

$$V = 9 \times 10^9 \times \frac{Q}{r}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{300x10^{-6}}{0.1}$$

$$= 27 \times 10^4\,v$$

४. एका विद्युत बल्बची शक्ती 100 W आणि विभव 240 V, तर बल्ब सामान्यपणे काम करत असताना बल्ब च्या तारेमधून वाहणाऱ्या विद्युत प्रवाहाची आणि बल्ब च्या तारेच्या रोधाची गणना करा.

उत्तर:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{100}{240} = 0.4167 \ A$$

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{100}{(0.4167)^2} = 576.04\ \Omega$$

नमुना MCQ (Sample MCQ

१. विद्युत तीव्रता हि एक .... प्रमाण आहे.

अ.स्केलर ब.वेक्टर क. पूरक ड. बेसिक

२. इलेक्ट्रिक फ्यूज ----यावर आधारित आहे -

अ. विद्युतप्रवाहचा हीटिंग इफेक्ट ब. विद्युतप्रवाहचे चुंबकीय प्रभाव

क. विद्युतप्रवाहचा रासायनिक प्रभाव ड. कोणीतेही नाही

३.जेव्हा रोधांचीची संख्या मालिकेत जोडलेली असते, तेव्हा त्याच्या संयोजनाचा प्रभावी रोध _____

अ. घटतो ब. वाढतो

क. समान ड. शून्य

४. बलांच्या चुंबकीय रेषा................सामग्रीने प्रभावित होत नाहीत.

अ. विद्युत वाहक ब. चुंबकीय पदार्थ

क. चुंबकत्व नसलेली ड. धातू

५ .ऋण प्रभाराचे बाह्य अर्धवाहका मध्ये, _______ हे बहुसंख्य चार्ज वाहक (majority charge carriers) आहेत आणि _______ हे अल्पसंख्याक चार्ज वाहक (minority charge carriers)आहेत.

अ. इलेक्ट्रॉन, इलेक्ट्रॉन ब. छिद्र , इलेक्ट्रॉन

क. छिद्र , छिद्र ड. इलेक्ट्रॉन, छिद्र

उत्तरे: १ ब. २.अ ३ ब. ४ क. ५.ड

Unit-3: Thermometry and Fiber Optics

युनिट -३ :थर्मोमेट्री आणि फायबर ऑप्टीक्स

विषय दर्जा विद्यार्जन निष्पत्ती (Course Level Learning Outcome):

- अभियांत्रिकी समस्या सोडवण्यासाठी औष्मिक शास्त्र (थर्मोमेट्री) आणि तंतू प्रकाश शास्त्राची (फायबर ऑप्टिक्सची) मूलभूत तत्त्वे लागू करा.

सिद्धांत विद्यार्जन निष्पत्ती (Theory Learning Outcome):

- तापमानाला वेगवेगळ्या तापमान मापन श्रेणीमध्ये (स्केलमध्ये) रूपांतरित करा.
- उदाहरणांसह उष्णता स्थानांतरनाच्या विविध पद्धतींची तुलना करा.
- तीन वायू नियमांची वैशिष्ट्ये परस्परसंबंधित करा.
- तीन वायू नियमांची वैशिष्ट्ये परस्परसंबंधित करा.
- प्रकाशवाहक तंतूमधील (ऑप्टिकल फायबरमधील) संपूर्ण अंतर्गत परावर्तन स्पष्ट करा.
- उपयोगांसह प्रकाशवाहक तंतूच्या (ऑप्टिकल फायबरच्या) प्रकारांमध्ये फरक स्पष्ट करा.

परिचय :

अभियांत्रिकी क्षेत्रात उष्णतेची संकल्पना महत्त्वाची भूमिका बजावते जसे मटेरिअलची निवड, मशीनची कार्यक्षमता, गतिशास्त्र. ह्या धड्यात विद्यार्थी तापमान, उष्णता, उष्णतेचे स्थानांतरण, संवहन आणि रेडिएनशनद्वारे वैज्ञानिक संकल्पना जाणून घेतील. तसेच उष्णतेचे सुवाहक आणि दुर्वाहक आणि त्यांचे औद्योगिक अनुप्रयोगांचा अभ्यास केला जाईल. वायूचे नियम दाब, आकारमान आणि तापमान यांच्यातील परस्पर संबंध समजून घेण्यासाठी स्पष्ट केले जातील. हीटिंग आणि कूलिंग सिस्टममध्ये, हवेची उष्णता क्षमता खोलीचे तापमान वाढवण्यासाठी किंवा कमी करण्यासाठी आवश्यक उर्जेचे प्रमाण निर्धारित करते. हे अभियंत्यांना निवासी, व्यावसायिक आणि औद्योगिक इमारतींसाठी कार्यक्षम हीटिंग, वेंटिलेशन आणि एअर कंडिशनिंग प्रणाली डिझाइन करण्यात मदत करते. त्याचप्रमाणे विद्यार्थी संपूर्ण अंतर्गत परावर्तन आणि ऑप्टिकल फाइबरचे तत्त्व शिकतील. प्रकाश हा एक ऊर्जेचा प्रकार आहे तो विद्युत चुंबकीय लहरींच्या स्वरूपात प्रवास करतो. प्रकाशाच्या मार्गाला प्रकाश किरण म्हणतात. फायबर ऑप्टिक आधुनिक संप्रेषण पायाभूत सुविधांचा एक आवश्यक भाग आहे. फाइबर ऑप्टिक किंवा ऑप्टिकल फायबर म्हणजे माहिती प्रसारित करणारे एक माध्यम किंवा तंत्रज्ञान आहे.

उष्णता -: उष्णता हे ऊर्जेचे स्वरूप आहे जे उबदारपणाची भावना निर्माण करते किंवा वस्तूच्या सर्व रेणूंच्या ऊर्जेच्या बेरीजला उष्णता म्हणतात.

उष्णतेची एकके -: SI एकक -: ज्यूल (J), MKS एकक -: किलोकॅलरी (kcal), CGS एकक -: कॅलरी (cal)

किलोकॅलरी (kcal.) किंवा एक किलोकॅलरी (1 kcal.) -: एक किलोग्राम (1kg) पाण्याचे तापमान एक अंश सेल्सिअस (1^0C) ने वाढवण्यासाठी लागणाऱ्या उष्णतेला किलोकॅलरी (kcal.) किंवा एक किलोकॅलरी (1 kcal.) म्हणतात.

कॅलरी (cal) किंवा एक कॅलरी (1 cal) : एक ग्रॅम (1 ग्रॅम) पाण्याचे तापमान एक अंश सेल्सिअस (1^0C) ने वाढवण्यासाठी लागणाऱ्या उष्णतेला कॅलरी (cal) किंवा एक कॅलरी (1 cal) म्हणतात.

1 kcal = 1000 cal = 4184 J & 1 cal = 4.184 J

तापमान -: तापमान हे वस्तूच्या उष्णतेचे किंवा थंडपणाचे मोजमाप आहे किंवा वस्तूतील कणांच्या सरासरी गतीज ऊर्जेच्या मोजमापाला तापमान म्हणतात. तापमानाचे SI एकक केल्विन (^{0}K) आहे.

तापमानाची इतर एकके -: डिग्री सेल्सिअस किंवा डिग्री सेंटीग्रेड (^{0}C), डिग्री फॅरेनहाइट (^{0}F).

उष्णता आणि तापमानातील फरक -:

अ .क्र.	उष्णता	तापमान
1	उष्णता हे ऊर्जेचे स्वरूप आहे जे उबदारपणाची भावना निर्माण करते.	तापमान हे वस्तूच्या उष्णतेचे किंवा थंडपणाचे मोजमाप आहे.
2	उष्णतेचे SI एकक ज्यूल (J)आहे.	तापमानाचे SI एकक केल्विन (^{0}K) आहे.
3	उष्णता हा एक विस्तृत गुणधर्म आहे म्हणजेच 1 कप पाणी उकळण्यासाठी लागणारी उष्णता आणि 5 लिटर पाणी उकळण्यासाठी लागणारी वेगळीवेगळी असते.	तापमान हा एक सखोल गुणधर्म आहे म्हणजे 1 लिटर उकळत्या पाण्याचे आणि 1000 लिटर उकळत्या पाण्याचे समान तापमान असते म्हणजेच 100^0C.
4	उष्णता हे एक कारण आहे.	तापमान हा एक परिणाम आहे.
5	उष्णता जास्त तापमानापासून कमी तापमानाकडे वाहते.	तापमान उष्णतेच्या प्रवाहाची दिशा ठरवते.
6	वस्तूच्या सर्व रेणूंच्या ऊर्जेच्या बेरीजला उष्णता म्हणतात.	वस्तूतील कणांच्या सरासरी गतीज ऊर्जेच्या मोजमापाला तापमान म्हणतात.

उष्णता स्थानांतरणाचे प्रकार-:

उष्णता नेहमीच जास्त तापमान असलेल्या भागावरून कमी तापमान असलेल्या भागाकडे वाहते. उष्णता स्थानांतरणाचे तीन प्रकार आहेत.

1) उष्णता वहन / कंडक्शन (Conduction) -: वस्तूतील कणांच्या वास्तविक हालचालींशिवाय वस्तूच्या जास्त तापमानाच्या भागापासून कमी तापमानाच्या भागाकडे उष्णता प्रवाहित होण्याच्या प्रक्रियेला उष्णता वहन म्हणतात. उष्णता वहन ही प्रक्रिया घन पदार्थांमध्ये होत असते.

उदा. -: धातूचा बार गरम करणे.

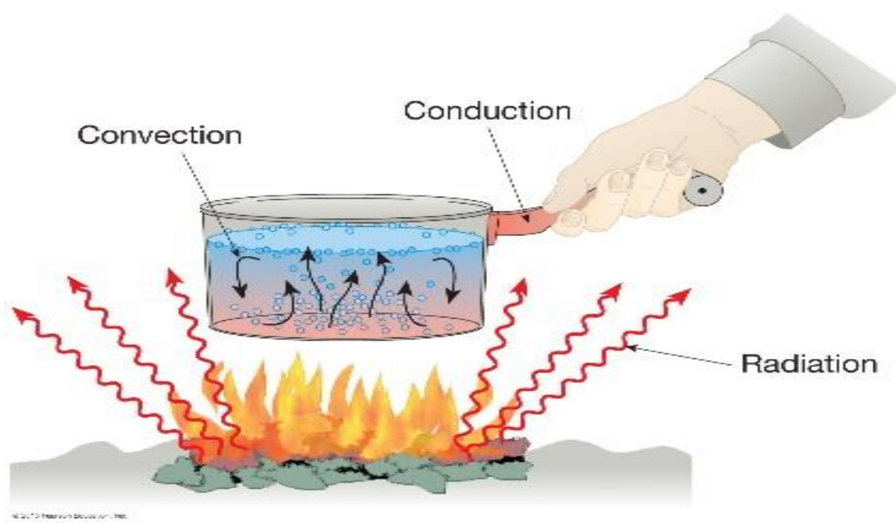
2) उष्णता संवहन / कन्वेक्शन (Convection) -: वस्तूतील कणांच्या वास्तविक हालचालींसकट वस्तूच्या जास्त तापमानाच्या भागापासून कमी तापमानाच्या भागाकडे उष्णता प्रवाहित होण्याच्या प्रक्रियेला उष्णता संवहन म्हणतात. उष्णता संवहन ही प्रक्रिया द्रव पदार्थांमध्ये होत असते.

उदा. -: पाणी उकळणे.

3) रेडिएशन (Radiation) -: उष्णता स्थानांतरणाच्या ज्या प्रक्रियामध्ये उष्णता एका ठिकाणापासून दुसऱ्या ठिकाणी मध्यस्थी न करता म्हणजेच कोणत्याही माध्यमाशिवाय थेट स्थानांतरित होण्याच्या प्रक्रियेला रेडिएशन म्हणतात. रेडिएशन ही प्रक्रिया वायू किंवा व्हॅक्यूममध्ये (निर्वातमध्ये) होत असते.

उदा. -: सूर्याची उष्णता पृथ्वीवर पोहचणे म्हणजेच सौर विकिरणे.

खालील आकृती उष्णता स्थानांतरणाचे तीन प्रकार दर्शवते -:



आकृती -: उष्णता वहन, उष्णता संवहन आणि रेडिएशन

Reference -: https://scienceready.com.au/pages/conduction-convection-and-radiation

1) उष्णता वहनाचे उपयोग (Applications of Conduction) -:

अ) उष्णतेचा सुवाहकामध्ये उष्णता वाहनाचे उपयोग-:

- महागड्या घटकाला जास्त उष्णतेपासून वाचवण्यासाठी इलेक्ट्रॉनिक सर्किटमध्ये उष्णतेचा सुवाहक (Good Conductor) उष्णता शोषून (Heat Sink) घेण्यासाठी वापरला जातो.
- डेव्हीचा सुरक्षा दिव्यात उष्णतेचा सुवाहक (Good Conductor) वापरला जातो.
- इलेक्ट्रिक हीटरच्या कॉइलला आच्छादित करण्यासाठी उष्णतेचा सुवाहकापासून बनलेली आवर्त नळी (Spiral Tube) वापरली जाते.
- रेफ्रिजरेटरमधील कंडेन्सर कॉइल तांब्यासारख्या उष्णतेचा सुवाहकापासून बनलेली असते.
- इलेक्ट्रिक मशिन वेगाने थंड करण्यासाठी इलेक्ट्रिक मशिनमध्ये हायड्रोजन वायू भरला जातो.

ब) उष्णतेचा दुर्वाहकामध्ये उष्णता वाहनाचे उपयोग

- बर्फाच्या पेटीत थर्मोकोलसारख्या उष्णतेचा दुर्वाहक (Bad Conductor) वापरला जातो कारण थर्मोकोलमध्ये बर्फ खूप हळूहळू वितळतो.
- रेफ्रिजरेटरमध्ये उष्णतेचा दुर्वाहकाचा (इन्सुलेशनचा) वापर केला जातो.
- कुकरचे हँडल प्लॅस्टिकसारख्या उष्णतेचा दुर्वाहकापासून बनलेले असते.
- थर्मास फ्लास्कच्या दुहेरी भिंतींतील व्हॅक्यूममधून उष्णता वाहून जात नाही कारण व्हॅक्यूम हा उष्णतेचा दुर्वाहक आहे त्यामुळे थर्मास फ्लास्कमधील द्रव्य जास्त काळ गरम राहते.
- भुश्यामध्ये उष्णतेचा चांगला दुर्वाहक गुणधर्म असतो म्हणून भुसा बर्फाच्या ठोकळ्यावर लावला जातो.

2) उष्णता संवहनाचे उपयोग (Applications of Convection) -:

- खोलीचे वायुवीजन (रूम व्हेंटिलेशन)
- वादळी वाऱ्यांची निर्मिती करणे
- सागरी वाऱ्यांची आणि जमिनीवरील वाऱ्यांची निर्मिती करणे
- गॅस भरून कॉइल केलेले विद्युत दिवे (इलेक्ट्रिक लॅम्प्स)
- विद्युत पंखे
- वातानुकूलित यंत्र (एअर कंडिशनर)
- रेफ्रिजरेटर
- ऑटोमोबाईल इंजिन मधील कूलिंग सिस्टम

3) रेडिएशनचे उपयोग (Applications of Radiation) -:

- पांढऱ्या रंगाच्या कपड्याला उन्हाळ्यात प्राधान्य दिले जाते कारण पांढरा रंग कमी उष्णता शोषून घेतो.
- कार आणि मशीनमधील उष्णता रेडिएटर्स (हीट रेडिएटर्स) काळ्या रंगाने रंगवलेले असतात त्यामुळे उष्णता बाहेर पसरली जाते आणि आत थंड वातावरण राहते.
- उष्णतेचे शोषण कमी करण्यासाठी विमाने आणि जहाजे पांढऱ्या रंगाने रंगवले जातात.
- एचआयव्ही विषाणू निष्क्रिय करण्यासाठी रेडिएशनचा वापर केला जातो.
- स्पेस क्राफ्टचा किंवा अवकाशयानाचा पृष्ठभाग पॉलिश केलेला असतो त्यामुळे सूर्यापासून उत्सर्जित होणारी जास्तीत जास्त उष्णता परावर्तित होते.
- टीपॉट्स किंवा चहाच्या भांड्यांचा आणि किटलीचा पृष्ठभाग स्वच्छ आणि चकचकीत चमकणारा असतो.
- स्वयंपाकाच्या भांड्यांचे बूड काळ्या रंगाने रंगवलेले जातात कारण काळा रंग उत्तम उष्णता शोषक असतो त्यामुळे स्वयंपाकाला गती मिळते.
- पाण्याच्या वाफेत अधिक उष्णता शोषून घेण्याची शक्ती असते ही एक नैसर्गिक देणगी आहे.

उष्णतेचे सुवाहक -: ज्या पदार्थातून उष्णता सहज आणि वेगाने वाहून जाते त्याला उष्णतेचे सुवाहक म्हणतात. उष्णतेचे सुवाहकाची उदाहरणे -: तांबे, लोह, ॲल्युमिनियम इ.

आकृती -: उष्णतेचे सुवाहकाची उदाहरणे

Reference -: https://electricitytohitei.blogspot.com/2017/04/good-conductors-of-electricity.html

उष्णतेचे दुर्वाहक / इन्सुलेटर -: ज्या पदार्थातून उष्णता वाहत नाही किंवा प्रवाहित होत नाही त्याला उष्णतेचे दुर्वाहक / इन्सुलेटर म्हणतात. उष्णतेचे दुर्वाहकाची / इन्सुलेटरची उदाहरणे -: लाकूड, लोकर, प्लास्टिक इ.

आकृती -: उष्णतेचे दुर्वाहकाची / इन्सुलेटरची उदाहरणे

Reference -: https://k8schoollessons.com/conductors-and-insulators/

उष्णता वहन, उष्णता संवहन आणि रेडिएशन मधील फरक -:

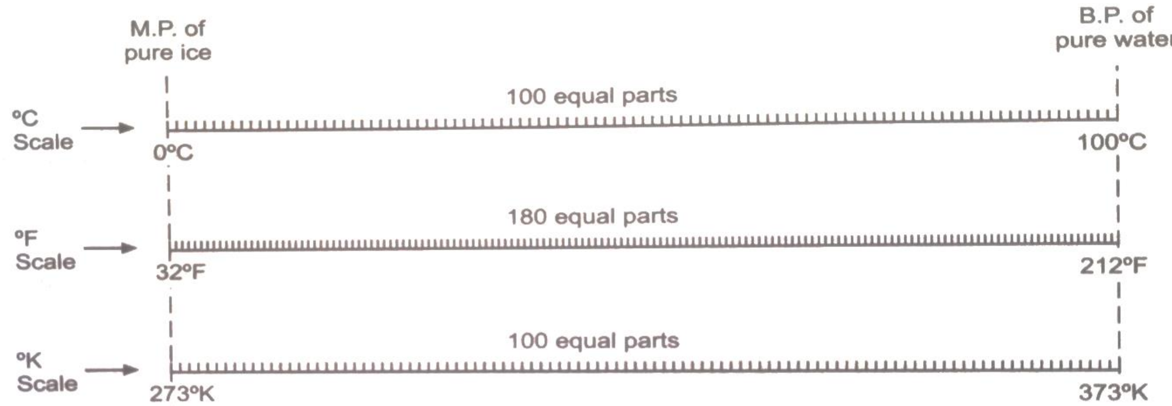
अ .क्र.	उष्णता वहन / कंडक्शन	उष्णता संवहन / कन्वेक्शन	रेडिएशन
1	वस्तूतील कणांच्या वास्तविक हालचालींशिवाय वस्तूच्या जास्त तापमानाच्या भागापासून कमी तापमानाच्या भागाकडे उष्णता प्रवाहित होण्याच्या प्रक्रियेला उष्णता वहन म्हणतात.	वस्तूतील कणांच्या वास्तविक हालचालींसकट वस्तूच्या जास्त तापमानाच्या भागापासून कमी तापमानाच्या भागाकडे उष्णता प्रवाहित होण्याच्या प्रक्रियेला उष्णता संवहन म्हणतात.	उष्णता स्थानांतरणाच्या ज्या प्रक्रियामध्ये उष्णता एका ठिकाणापासून दुसऱ्या ठिकाणी मध्यस्थी न करता म्हणजेच कोणत्याही माध्यमाशिवाय थेट स्थानांतरित होण्याच्या प्रक्रियेला रेडिएशन म्हणतात.
2	उष्णता वहन ही प्रक्रिया घन पदार्थांमध्ये होत असते.	उष्णता संवहन ही प्रक्रिया द्रव पदार्थांमध्ये होत असते.	रेडिएशन ही प्रक्रिया वायूमध्ये होत असते.
3	पदार्थाचे माध्यम आवश्यक असते.	पदार्थाचे माध्यम आवश्यक असते.	पदार्थाचे माध्यम आवश्यक नसते.
4	धातूचा बार स्वतः माध्यम म्हणून कार्य करतो.	द्रव्य स्वतः माध्यम म्हणून कार्य करते.	माध्यम असू शकते किंवा कोणतेही माध्यम असू शकत नाही.
5	उदा. -: धातूचा बार गरम करणे.	उदा. -: पाणी उकळणे.	उदा. -: सूर्याची उष्णता पृथ्वीवर पोहचणे

तापमान मापनाच्या श्रेणी (Scales of Temperature) -: तापमान मापनाच्या तीन श्रेणी आहेत.

1) तापमानाचे सेल्सिअस किंवा सेंटीग्रेड स्केल (श्रेणी) -: तापमानाच्या ज्या स्केलमध्ये खालचा स्थिर बिंदू 0^0C (पाण्याचा द्रवणांक) आणि वरचा स्थिर बिंदू 100^0C (पाण्याचा उत्कलणांक) मानला जातो आणि नंतर ह्या स्केलला समान 100 भागांमध्ये विभागुन टाकले जाते. ह्या स्केलच्या प्रत्येक भागाला अंश सेल्सिअस किंवा सेंटीग्रेड (^{0}C) असे म्हणतात. ह्या स्केलला सेल्सिअस किंवा तापमानाचा सेंटीग्रेड स्केल असे म्हणतात.

2) तापमानाचे फॅरेनहाइट स्केल (श्रेणी) -: तापमानाच्या ज्या स्केलमध्ये खालचा स्थिर बिंदू 32^0F (पाण्याचा द्रवणांक) आणि वरचा स्थिर बिंदू 212^0F (पाण्याचा उत्कलणांक) मानला जातो आणि नंतर ह्या स्केलला समान 180 भागांमध्ये विभागुन टाकले जाते. ह्या स्केलच्या प्रत्येक भागाला डिग्री फॅरेनहाइट म्हणजे ^{0}F असे म्हणतात. ह्या स्केलला तापमानाचा फॅरेनहाइट स्केल असे म्हणतात.

3) तापमानाचे केल्विन स्केल (श्रेणी) -: तापमानाच्या ज्या स्केलमध्ये खालचा स्थिर बिंदू 273^0K (पाण्याचा द्रवणांक) आणि वरचा स्थिर बिंदू 373^0K (पाण्याचा उत्कलणांक) मानला जातो आणि नंतर ह्या स्केलला समान 100 भागांमध्ये विभागुन टाकले जाते. ह्या स्केलच्या प्रत्येक भागाला डिग्री केल्विन म्हणजेच ^{0}K असे म्हणतात. ह्या स्केलला तापमानाचा केल्विन स्केल असे म्हणतात.



आकृती (अ) -: सेंटीग्रेड स्केल, फॅरेनहाइट स्केल आणि केल्विन स्केल

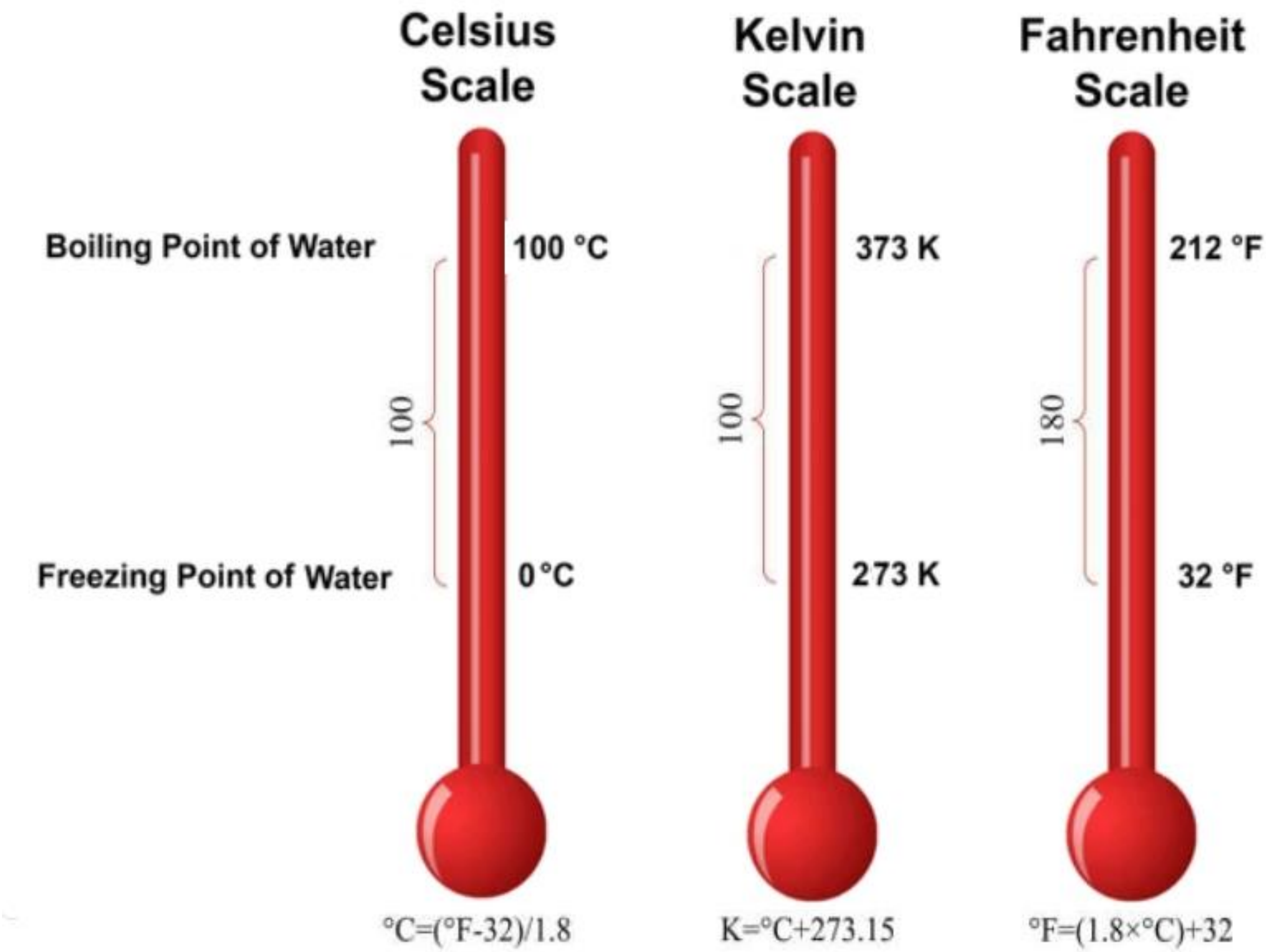
^{0}C, ^{0}F, ^{0}K यातील परस्पर संबंध -:

$$C = \frac{F - 32}{1.8} = K - 273$$

C = ^{0}C तापमान (डिग्री सेल्सिअस किंवा सेंटीग्रेड)

F = ^{0}F तापमान (डिग्री फॅरेनहाइट)

K = ^{0}K किंवा ^{0}A तापमान (डिग्री केल्विन)

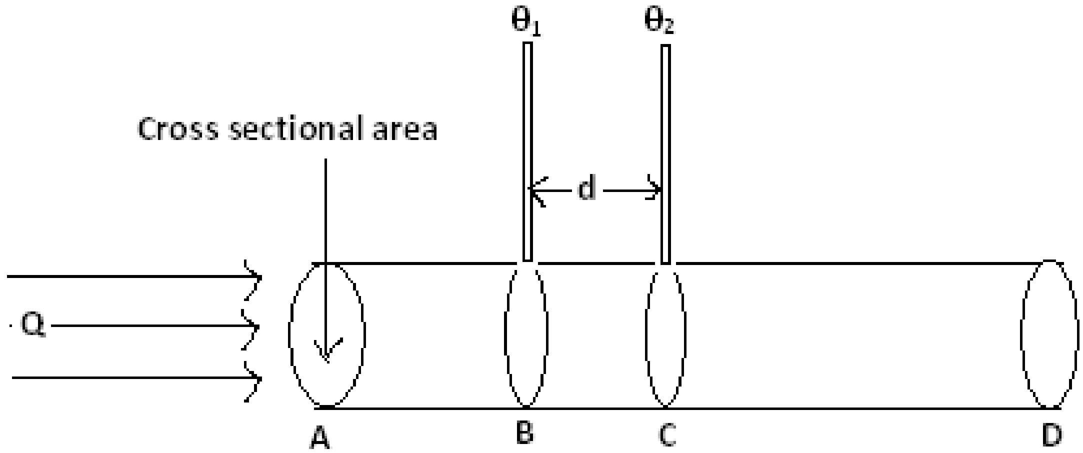


आकृती (ब) -: सेंटीग्रेड स्केल, फॅरेनहाइट स्केल आणि केल्विन स्केल

Reference -: https://www.shutterstock.com/image-illustration/temperature-scales-showing-differences-between-kelvin-2317878009

औष्णिक वाहकता नियम-:

समजा AB हा एक धातूचा बार आहे आणि ह्या धातूच्या बारचे आडव्या भागाचे क्षेत्रफळ (क्रॉस सेक्शनल एरिया) 'A' आहे. हा धातूचा बार स्थिर स्थितीत आहे. ह्या धातूच्या बारमध्ये 'C' आणि 'D' हे दोन प्रतले विचारात घ्या.



आकृती -: धातूच्या बारमधून वाहणारी उष्णता (Q)

समजा, Q = C ते D पर्यंत वाहणाऱ्या उष्णतेचे प्रमाण

d = C आणि D मधील अंतर

θ_1 = C प्रतलाचे तापमान

θ_2 =D प्रतलाचे तापमान

$\theta_1 > \theta_2$

औष्णिक वाहकता नियमाचे विधान -: हे असे नमूद करते की स्थिर स्थितीत असलेल्या पदार्थामधून किंवा धातूचा बारमधून वाहणाऱ्या उष्णतेचे प्रमाण (Q) हे,

1) धातूच्या बारचे आडव्या भागाचे क्षेत्रफळाच्या (क्रॉस सेक्शनल एरिया) 'A'

2) दोन प्रतलांच्या तापमानातील फरकाच्या (θ_1 - θ_2)

3) जितकी वेळ उष्णता वाहते त्या वेळेच्या (t), सम प्रमाणात असते आणि

4) दोन प्रतलांमधील अंतराच्या (d) व्यस्त प्रमाणात असते.

म्हणून,

$Q \alpha A$,

$$Q \alpha (\theta_1 - \theta_2),$$

$$Q \alpha t ,$$

$$\frac{Q \alpha 1}{d}$$

सर्व समीकरणे एकत्र केल्यास, आपल्याला मिळते,

$$Q \propto \frac{A(\theta_1 - \theta_2)t}{d}$$

$$Q = \frac{KA(\theta_1 - \theta_2)t}{d}$$

येथे K ला उष्णता वाहकतेचा गुणांक म्हणतात.

$$K = \frac{Qd}{A(\theta_1 - \theta_2)t}$$

समजा, $\mathrm{d} = 1,\quad \mathrm{A} = 1,\quad \mathrm{t} = 1,\quad (\theta_1 - \theta_2) = 1$

$$\therefore K = Q$$

उष्णता वाहकतेचा गुणांक (K) -: एका सेकंदात तापमानाच्या स्थिर स्थितीत असलेल्या एकक जाडीच्या बारच्या एकक आडव्या भागाच्या क्षेत्राफळाद्वारे त्याच्या विरुद्ध बाजूंमधील एकक तापमानाच्या फरकासह वाहणाऱ्या उष्णतेच्या प्रमाणाला उष्णता वाहकतेचा गुणांक (K) म्हणतात.

उष्णता वाहकतेच्या गुणांकाची (K) एकके -: S.I. एकक = Watt/m ^{o}K

C.G.S. एकक= cal / cm ^{0}C sec.

M.K.S. एकक = kcal / m ^{0}C sec.

तापमान ग्रेडियंट (T.G.) -: धातूच्या बारच्या प्रति एकक लांबीच्या तापमानात होणाऱ्या बदलाला तापमान ग्रेडियंट (T.G.) म्हणतात.

$$T.\ G. = \frac{(\theta_1 - \theta_2)}{d}$$

तापमान ग्रेडियंटची (T. G.) एकके ^{0}C/m किंवा ^{0}K/mआहे.

परिवर्तनीय स्थिती (Variable State) -: ज्या स्थितीत धातूच्या बारचे तापमान वाढत जाते त्या स्थितीला परिवर्तनीय स्थिती म्हणतात.

स्थिर स्थिती (Steady State) -: ज्या स्थितीत धातूच्या बारचे तापमान स्थिर राहते त्या स्थितीला स्थिर स्थिती म्हणतात.

न्यूटनच्या शीतकरणाचा नियम -: यात असे म्हटले आहे की जेव्हा गरम पदार्थ सभोवतालच्या परिसरात थंड केला जातो तेव्हा पदार्थातील उष्णता नष्ट होण्याचा दर, पदार्थ आणि त्याच्या सभोवतालच्या तापमानातील फरकाच्या सम प्रमाणात असतो. न्यूटनचा शीतकरणाचा नियम सभोवतालच्या तापमानातील लहान फरकासाठी लागू होतो.

उदाहरण -: गरम चहाचा कप किंवा उकळलेले पाणी हवेत ठेवल्यास ते हळूहळू थंड होते.

न्यूटनच्या शीतकरणाच्या नियमाच्या अटी किंवा गृहीतके -:

1) उष्णतेच्या वहनामुळे उष्णतेचे नुकसान नगण्य होते.

2) स्थिर हवेच्या प्रवाहात किंवा सक्तीच्या संवहनात पदार्थ थंड होतो.

3) संपूर्ण गरम पदार्थाचे तापमान एकसमान असते.

न्यूटनच्या शीतकरणाच्या नियमानुसार,

(गरम पदार्थाच्या उष्णतेच्या नुकसानाचा दर) $\propto$ (गरम पदार्थ आणि परिसर यांच्यातील तापमानाचा फरक)

$$-\frac{dQ}{dt} \propto (\theta - \theta_s)$$

θ = गरम पदार्थाचे तापमान

θ_s = सभोवतालचे तापमान

t = ज्या वेळेसाठी गरम पदार्थ थंड वातावरणात ठेवले जाते.

dQ = 'dt' इतक्या छोट्याशा वेळेत उष्णतेचे नुकसान

$d\theta$ = 'dt' इतक्या छोट्याशा वेळेत तापमानातील छोटीशी घसरण

m = गरम पदार्थाचे वस्तुमान

s = गरम पदार्थाची विशिष्ट उष्णता

$$-\frac{dQ}{dt} = K(\theta - \theta_s) \qquad \text{परंतु} \quad dQ = m \times s \times d\theta$$

हे न्यूटनच्या शीतकरणाच्या नियमाचे समीकरण आहे.

वायूचे (गॅसचे) नियम

1) बॉयलचा नियम -: बॉयलचा नियम सांगतो की वायूच्या स्थिर वस्तुमानासाठी, वायूचे तापमान स्थिर असतांना, वायूचा दाब हा त्याच्या घनफळाशी व्यस्त प्रमाणात असतो.

म्हणजेच, वायूचे तापमान स्थिर असतांना,

$$P \propto \frac{1}{V}$$

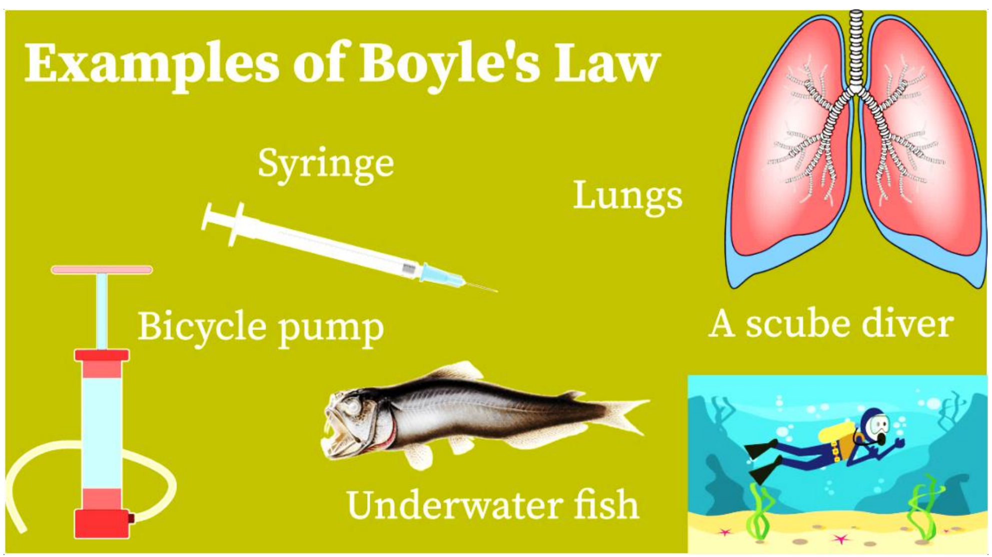
$$\therefore P = \text{स्थिरांक} \times \frac{1}{V}$$

$$\therefore PV = \text{स्थिरांक}$$

अशा प्रकारे, स्थिर तापमानात, P_1 आणि V_1 हे प्रारंभिक दाब आणि प्रारंभिक घनफळ आहेत, जे अनुक्रमे P_2 आणि V_2 ह्या अंतिम दाबात आणि अंतिम घनफळात बदलतात.

$$\therefore P_1V_1 = P_2V_2 = \text{स्थिरांक}$$

बॉयलच्या नियमाची उदाहरणे -: पाण्यातील मासे, सिरिंज (इंजक्शन), फुफ्फुसे, स्कूबा डायव्हिंग (पाण्याखालील डायव्हिंग), सायकलचा पंप, स्प्रे पेंट, सोडा कॅन इ.



Reference -: https://www.len.com.ng/csblogdetail/636/Examples-of-Boyle-s-law-in-real-life

2) चार्ल्सचा नियम -: चार्ल्सचा नियम सांगतो की वायूच्या स्थिर वस्तुमानासाठी, वायूचा दाब स्थिर असतांना, वायूचे घनफळ हे त्याच्या परिपूर्ण तापमानाशी सम प्रमाणात असते.

म्हणजेच, वायूचा दाब स्थिर असतांना, $V \propto T$

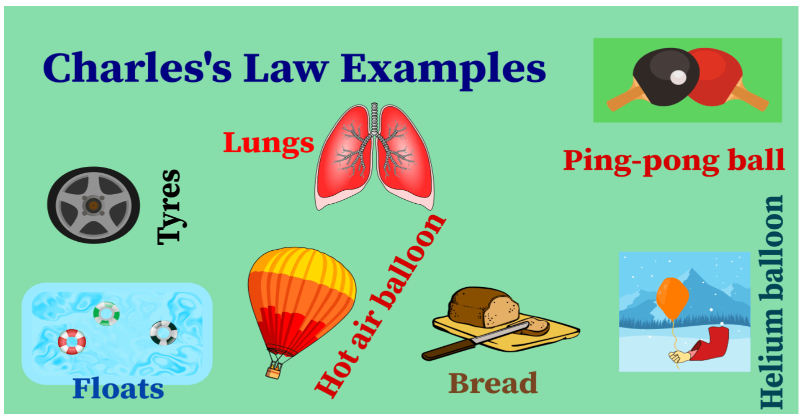
$$V = \text{स्थिरांक} \times T$$

$$\therefore \frac{V}{T} = \text{स्थिरांक}$$

अशा प्रकारे, स्थिर दाब असतांना, V_1 आणि T_1 हे प्रारंभिक घनफळ आणि प्रारंभिक तापमान आहेत, जे अनुक्रमे V_2 आणि T_2 ह्या अंतिम घनफळात आणि अंतिम तापमानत बदलतात.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{स्थिरांक}$$

चार्ल्सच्या नियमाची उदाहरणे -: फुफ्फुसे, गरम हवेचा फुगा, हेलियमचा फुगा, पाव (ब्रेड), पिंग पाँग बॉल, टायर प्रेशर हिवाळ्यात कमी असतो, दुर्गंधीनाशक फवारणीची बाटली इ.



Reference -: https://www.youtube.com/watch?v=OnUsGGUVNlw

3) गाय लुसाकचा नियम -: गाय लुसाकचा नियम असे सांगतो की वायूच्या स्थिर वस्तुमानासाठी, वायूचे घनफळ स्थिर असतांना, वायूचा दाब हा त्याच्या परिपूर्ण तापमानाशी सम प्रमाणात असतो.

म्हणजेच, वायूचे घनफळ स्थिर असतांना,

$$P \propto T$$

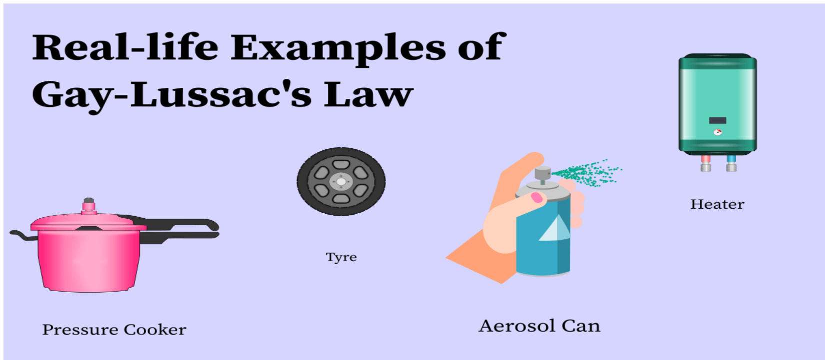
$$\therefore P = \text{स्थिरांक} \times T$$

$$\therefore \frac{P}{T} = \text{स्थिरांक}$$

अशा प्रकारे, वायूचे घनफळ स्थिर असतांना, P_1 आणि T_1 हे प्रारंभिक दाब आणि प्रारंभिक तापमान आहेत, जे अनुक्रमे P_2 आणि T_2 ह्या अंतिम दाबात आणि अंतिम तापमानात बदलतात.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \text{स्थिरांक}$$

गाय लुसाकच्या नियमाची उदाहरणे -: प्रेशर कुकर, हीटर, एरोसोल कॅन, टायर प्रेशर इ.



Reference -: https://kaiserscience.wordpress.com/2019/10/08/gay-lussacs-law-amontons-law/

सामान्य वायू समीकरण किंवा परिपूर्ण वायू समीकरण -:

गाय लुसाकच्या नियमानुसार,

$$P \propto T \qquad ....(1)$$

चार्ल्सच्या नियमानुसार,

$$V \propto T \qquad ....(2)$$

समीकरण (1) आणि समीकरण (2) एकत्र केल्याने आपल्याला खालील समीकरण मिळते,

$$PV \propto T$$

$$PV = RT$$

वरील समीकरण वेगवेगळ्या परिस्थितीत समान वस्तुमानाच्या वायूसाठी आहे म्हणजे R चे मूल्य NTP (सामान्य तापमान दाब) स्थितीतील सर्व वायूंसाठी सारखे असते. हे समीकरण सामान्य वायू समीकरण किंवा परिपूर्ण वायू समीकरण म्हणून ओळखले जाते आणि R ला वैश्विक वायू स्थिरांक म्हणतात. R चे मूल्य 8314.91 J/^{o}K Kg-mol आहे.

आदर्श वायू समीकरण -:

सामान्य वायू समीकरण किंवा परिपूर्ण वायू समीकरण विचारात घेऊ

$$PV = RT$$

जर मोलमध्ये वायूचे प्रमाण मोजायचे असेल, तर वरील समीकरणात R च्या जागी k असतो, म्हणजेच आपल्याला नवीन समीकरण मिळेल,

$$PV = kT,$$

वायूच्या वेगवेगळ्या वस्तुमानांसाठी k चे मूल्य भिन्न आहे. येथे k हा विशिष्ट वायू स्थिरांक आहे म्हणून समीकरण,

$$PV = kT,$$

हे आदर्श वायू समीकरण म्हणून ओळखले जाते.

परिपूर्ण शून्याची संकल्पना -:

परिपूर्ण शून्य तापमान: ज्या तापमानावर वायूचे दाब आणि घनफळ सैद्धांतिकदृष्ट्या शून्य होते त्याला परिपूर्ण शून्य तापमान म्हणतात. असे आढळून येते की -273^{0}C वर, वायूचा दाब आणि घनफळ सैद्धांतिकदृष्ट्या शून्य होते म्हणून, -273^{0}C हे परिपूर्ण शून्य तापमान आहे.

तापमानाची परिपूर्ण श्रेणी किंवा केल्विन स्केल -: वायूंसाठी, -273^{0}C हे किमान संभाव्य तापमान आहे. म्हणून, -273^{0}C पासून सुरू होणाऱ्या नवीन श्रेणीला (स्केलला) केल्विन स्केल किंवा तापमानाची परिपूर्ण श्रेणी म्हणतात. म्हणून, -273^{0}C = 0^{0}K.

NTP किंवा STP -: NTP किंवा STP म्हणजे सामान्य तापमान आणि दाब किंवा आदर्श तापमान आणि दाब. NTP किंवा STP वर, सामान्य तापमानाचे मूल्य 0^{0}C किंवा 273^{0}K असते आणि सामान्य दाबाचे मूल्य 1 ॲटमोस्पेअर किंवा 76 सेमी पारा असते.

वायूची विशिष्ट उष्णता (C) -: 1Kg वायूचे तापमान 1^{0}C किंवा 1^{0}K ने वाढवण्यासाठी लागणाऱ्या उष्णतेला **वायूची विशिष्ट उष्णता (C)** असे म्हणतात.

वायूच्या विशिष्ट उष्णतेची एकके -: cal/gm^{0}K -: वायूच्या विशिष्ट उष्णतेचे CGS एकक.

Kcal/Kg^{0}K -: वायूच्या विशिष्ट उष्णतेचे MKS एकक.

J/kg^{0}K -: वायूच्या विशिष्ट उष्णतेचे SI एकक.

वायू त्यांच्या दाब, घनफळ आणि तापमानातील बदलांसाठी खूप संवेदनशील असतात. यांपैकी कोणताही एक पॅरामीटर बदलल्यास, इतर दोन पॅरामीटर्समध्ये लक्षणीय बदल होतात. त्यामुळे वायूंमध्ये दोन विशिष्ट उष्णता असतात म्हणजे स्थिर दाबाची विशिष्ट उष्णता आणि स्थिर घनफळाची विशिष्ट उष्णता. म्हणून वायूच्या विशिष्ट उष्णतेचे दोन प्रकार आहेत.

वायूच्या विशिष्ट उष्णतेचे प्रकार -:

1) वायूच्या स्थिर घनफळाची विशिष्ट उष्णता (C_V) -: वायूचे घनफळ स्थिर असतांना, 1Kg वायूचे तापमान 1^0C ने किंवा 1^0K ने वाढवण्यासाठी लागणाऱ्या उष्णतेला वायूच्या स्थिर घनफळाची विशिष्ट उष्णता (C_V) म्हणतात.

2) वायूच्या स्थिर दाबाची विशिष्ट उष्णता (C_P) -: वायूचा दाब स्थिर असतांना,1Kg वायूचे तापमान 1^0C ने किंवा 1^0K ने वाढवण्यासाठी लागणाऱ्या उष्णतेला वायूच्या स्थिर दाबाची विशिष्ट उष्णता (C_P) म्हणतात.

C_P ही C_V पेक्षा मोठी का आहे? -:

- जर वायू स्थिर घनफळावर गरम केला असेल तर वायूच्या प्रसरणासाठी उष्णता वापरली जात नाही म्हणजेच तेथे कोणतेही बाह्य कार्य होत नाही. संपूर्ण उष्णता वायूचे तापमान वाढविण्यासाठी वापरली जाते.
- आता जर वायू स्थिर दाबावर गरम केला असेल तर तेथे उष्णता दोन प्रकारे वापरली जाते:
  1) वायूच्या प्रसरणासाठी म्हणजेच वायूचे प्रमाण वाढवून बाह्य कार्य करण्यासाठी आणि
  2) वायूचे तापमान वाढविण्यासाठी.
- म्हणून, जेव्हा वायू स्थिर दाबावर गरम केला जातो तेव्हा वायूच्या प्रसरणासाठी काही अतिरिक्त उष्णता आवश्यक असते म्हणजे,

  $C_P = C_V +$ वायूचे प्रमाण वाढविण्यासाठी आवश्यक असणारी अतिरिक्त उष्णता (H)
- म्हणून C_P ही C_V पेक्षा मोठी आहे.

C_P आणि C_V मधील परस्पर संबंध किंवा मेयरचे समीकरण -:

जेव्हा वायू स्थिर दाबावर गरम केला जातो तेव्हा वायूच्या प्रसरणासाठी काही अतिरिक्त उष्णता आवश्यक असते म्हणजे,

$C_P = C_V$ + वायूचे प्रमाण वाढविण्यासाठी आवश्यक असणारी अतिरिक्त उष्णता (H)

$$C_P = C_V + H$$

$$C_P - C_V = H$$

ज्यूलच्या नियमावरून, $H = \frac{W}{J}$

$$\therefore C_P - C_V = \frac{W}{J}$$

परंतु, दाब स्थिर असतांना झालेले कार्य खालील प्रमाणे आहे.

$$W = P(V_2 - V_1)$$

परिपूर्ण वायू समीकरणानुसार, $PV = RT$

दाब स्थिर असतांना, $PV_1 = RT_1$ & $PV_2 = RT_2$

$$P(V_2 - V_1) = R(T_2 - T_1)$$

$$\therefore W = R(T_2 - T_1)$$

$$\therefore C_P - C_V = \frac{R(T_2 - T_1)}{J}$$

परंतु,, $T_2 - T_1 = 1°C = 1°K$

$$\therefore C_P - C_V = \frac{R}{J}$$

हे मेयरचे समीकरण आहे.

R= वैश्विक वायू स्थिरांक जेव्हा वायूचे वस्तुमान 1 किलो मोल असते.

पण इथे 1 किलो गॅस मानला जातो.

$$C_P - C_V = \frac{R}{MJ} \ or \ C_P - C_V = \frac{R'}{J}$$

M = आण्विक वजन आणि $R' = \frac{R}{M}$

विशिष्ट उष्णतेंचे किंवा ॲडियाबॅटिक निर्देशांकाचे गुणोत्तर (γ) -:

C_P आणि C_V च्या गुणोत्तराला ॲडियाबॅटिक निर्देशांक (adiabatic index) म्हणतात. म्हणजे,

$$\frac{C_P}{C_V} = \gamma$$

$$\frac{C_P}{C_V} > 1 \text{ म्हणजे } \gamma > 1 \text{ कारण } C_P > C_V$$

γ = 1.66 (मोनोॲटोमिक वायूंसाठी)

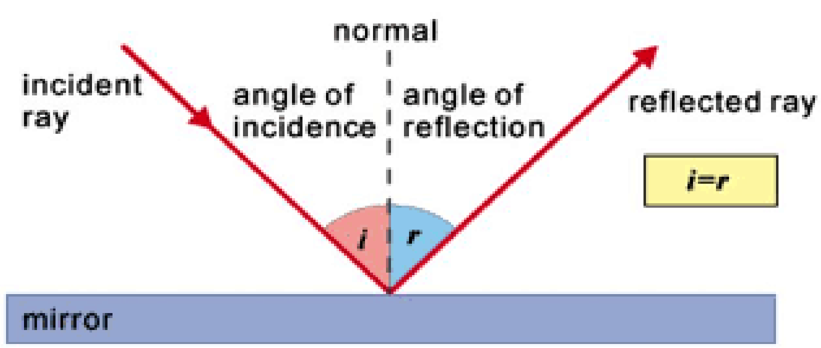
γ = 1.41 (डायॲटोमिक वायूंसाठी)

γ = 1.31 (ट्रायॲटोमिक वायूंसाठी)

तंतू प्रकाश शास्त्र (Fiber Optics) -:

प्रकाशाचे परावर्तन (Reflection of Light) -: जेव्हा प्रकाशकिरण एका माध्यमात प्रवास करतांना समतल परावर्तित पृष्ठभागावर येतो आणि प्रकाश किरण पुन्हा त्याच माध्यमात ह्या पृष्ठभागावरून परावर्तित होतो तेव्हा त्याला प्रकाशाचे परावर्तन म्हणतात.

Incident Ray = आपाती प्रकाश किरण
Reflected Ray = परावर्तित प्रकाश किरण
Normal = लंब
Angle of Incidence = आपाती कोन
Angle of Reflection = परावर्तन कोन



आकृती -: प्रकाशाचे परावर्तन

Reference -: https://www.linkedin.com/pulse/laws-reflection-digitaleschool-bfcgf

लंब -: आरशासारख्या समतल परावर्तित पृष्ठभागावरील काटकोनात असलेल्या उभ्या रेषेला लंब म्हणतात.

आपाती प्रकाश किरण -: जो प्रकाश किरण समतल परावर्तित पृष्ठभागाकडे येतो त्याला आपाती प्रकाश किरण म्हणतात.

आपाती कोन (i) : परावर्तित पृष्ठभागावर पडणाऱ्या प्रकाश किरणाने लंब रेषेसोबत तयार केलेल्या कोनाला आपाती कोन (i) म्हणतात.

परावर्तित प्रकाश किरण: जो प्रकाश किरण समतल परावर्तित पृष्ठभागावरून त्याच माध्यमात परत येतो त्याला परावर्तित प्रकाश किरण म्हणतात.

परावर्तन कोन (r) -: परावर्तित प्रकाश किरणाने लंब रेषेसोबत तयार केलेल्या कोनाला परावर्तन कोन (r) म्हणतात.

प्रकाशाच्या परावर्तनाचे नियम -:

1) आपाती कोन हा परावर्तनाच्या कोनाइतका असतो म्हणजे $\angle i = \angle r$.

2) आपाती किरण, परावर्तित किरण आणि परावर्तित पृष्ठभागावरील लंब हे एकाच प्रतलात असतात.

कमी वेळेचे तत्त्व (Principle of Least Time) -: हे असे सांगते की सर्व संभाव्य मार्गांपैकी, प्रकाश एका बिंदूपासून दुसऱ्या बिंदूकडे जाऊ शकतो; प्रकाश सर्वात कमी वेळ घेणाऱ्या मार्गाने प्रवास करतो. पिरे फर्मेट (Pierre Fermat) या शास्त्रज्ञाने हे तत्व शोधून काढले आहे.

प्रकाशाचे अपवर्तन (Refraction of Light) -: प्रकाशकिरण त्याच्या मार्गाची दिशा बदलतो किंवा वाकतो, जेव्हा तो एका माध्यमातून दुसऱ्या माध्यमात प्रवेश करतो तेव्हा त्याला प्रकाशाचे अपवर्तन म्हणतात.

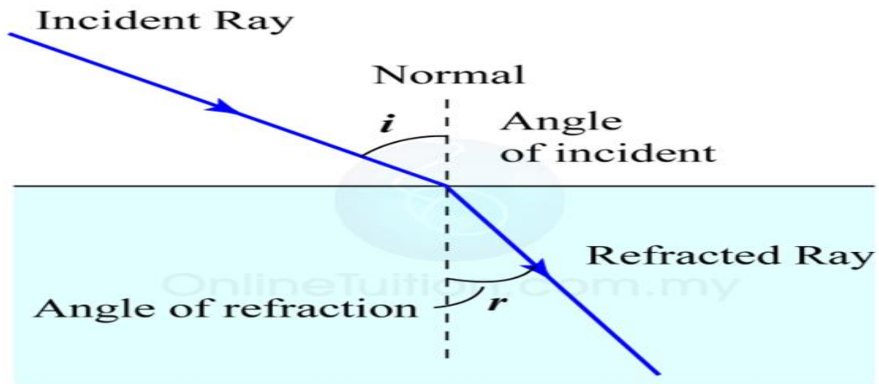
Incident Ray = आपाती प्रकाश किरण

Refracted Ray = अपवर्तित प्रकाश किरण

Normal = लंब

Angle of Incidence = आपाती कोन

Angle of Refraction = अपवर्तन कोन



आकृती -: प्रकाशाचे अपवर्तन

Reference -: https://www.studypug.com/physics-help/refraction-of-light-and-snells-law

लंब -: काचेसारख्या समतल पारदर्शक पृष्ठभागावरील काटकोनात असलेल्या उभ्या रेषेला **लंब** म्हणतात.

आपाती प्रकाश किरण -: पहिल्या माध्यमातून दुसऱ्या माध्यमात जाणाऱ्या प्रकाश किरणाला आपाती प्रकाश किरण म्हणतात.

आपाती कोन (i) -: पारदर्शक पृष्ठभागावर पडणाऱ्या प्रकाश किरणाने लंब रेषेसोबत तयार केलेल्या कोनाला आपाती कोन (i) म्हणतात.

अपवर्तित किरण -: जेव्हा प्रकाशकिरण दुसऱ्या माध्यमात गेल्यावर वाकतो तेव्हा त्याला अपवर्तित किरण म्हणतात.

अपवर्तन कोन (r) -: अपवर्तित प्रकाश किरणाने लंब रेषेसोबत तयार केलेल्या कोनाला अपवर्तन कोन (r) म्हणतात.

प्रकाशाच्या अपवर्तनाचे नियम -:

1) आपाती किरण, अपवर्तित किरण आणि पारदर्शक पृष्ठभागावरील लंब हे एकाच प्रतलात असतात.

2) स्नेलचा अपवर्तनाचा नियम **-:** स्नेलच्या नियमानुसार, कोणत्याही दोन माध्यमांसाठी, आपाती कोनाचा साइन आणि अपवर्तन कोनाचा साइन यांचे गुणोत्तर स्थिर असते. म्हणजे,

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

आपाती कोन (i) आणि अपवर्तन कोन (r)

μ या स्थिरांकास पहिल्या माध्यमाच्या संदर्भात दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक म्हणतात आणि हा स्थिरांक $_1\mu_2$ ह्या चिन्हाने दर्शवितात.

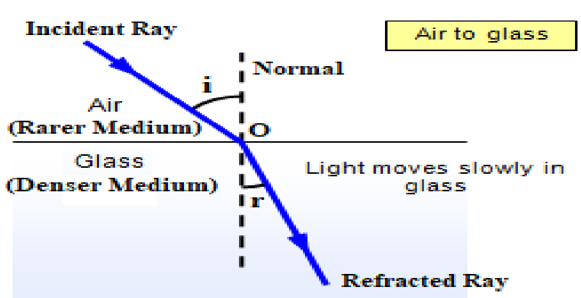
$$\therefore \frac{\sin i}{sinr} = \ _1\mu_2 = \frac{\mu_2}{\mu_1} = \text{स्थिरांक} = \mu = \frac{\text{दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक } (\mu_2)}{\text{पहिल्या माध्यमाचा अपवर्तनांक } (\mu_1)}$$

वेगाच्या संदर्भात अपवर्तनांकाची व्याख्या -: पहिल्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग आणि दुसऱ्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग यांच्या गुणोत्तराला अपवर्तनांक म्हणतात. म्हणजे,

$$\mu = \frac{\text{पहिल्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग } (\boldsymbol{v_1})}{\text{दुसऱ्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग}(\boldsymbol{v_2})} = \ _1\mu_2 = \frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

स्नेलच्या अपवर्तनाच्या नियमाचे महत्त्व -:

स्थिती 1 -: जेव्हा प्रकाश किरण हवेच्या माध्यमातून (विरळ माध्यम) काचेच्या माध्यमात (दाट मध्यम) प्रवेश करतो तेव्हा प्रकाश किरण लंबाच्या दिशेने वाकतो.



Reference -: https://www.schoolphysics.co.uk/age11-14/Light/text/Refraction_/index.html

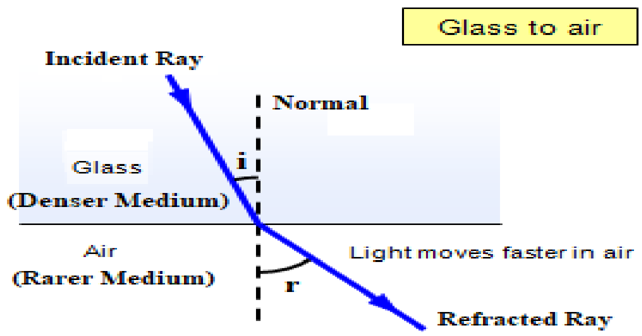
अशा प्रकारे, $i > r$

$$\therefore \frac{sin\, i}{sin\, r} = \text{स्थिरांक} > 1$$

या स्थिरांकास हवेच्या माध्यमाच्या संदर्भात काचेच्या माध्यमाचा अपवर्तनांक म्हणतात आणि त्यास $_a\mu_g$ असे दर्शवतात. म्हणजे,

$$_a\mu_g = \frac{\text{हवेच्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग } (v_a)}{\text{काचेच्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग} (v_g)} = \frac{\text{काचेच्या माध्यमाचा अपवर्तनांक } (\mu_g)}{\text{हवेच्या माध्यमाचा अपवर्तनांक } (\mu_a)} = \frac{\sin i}{\sin r} > 1$$

स्थिती 2 -: जेव्हा प्रकाश किरण काचेच्या माध्यमातून (दाट मध्यम) हवेच्या माध्यमात (विरळ माध्यम) प्रवेश करतो तेव्हा प्रकाश किरण लंबापासून दूर वाकतो.



Reference -: https://www.schoolphysics.co.uk/age11-14/Light/text/Refraction_/index.html

$$\text{अशा प्रकारे,} \quad i < r, \quad \therefore \frac{\sin i}{\sin r} = \text{स्थिरांक} < 1$$

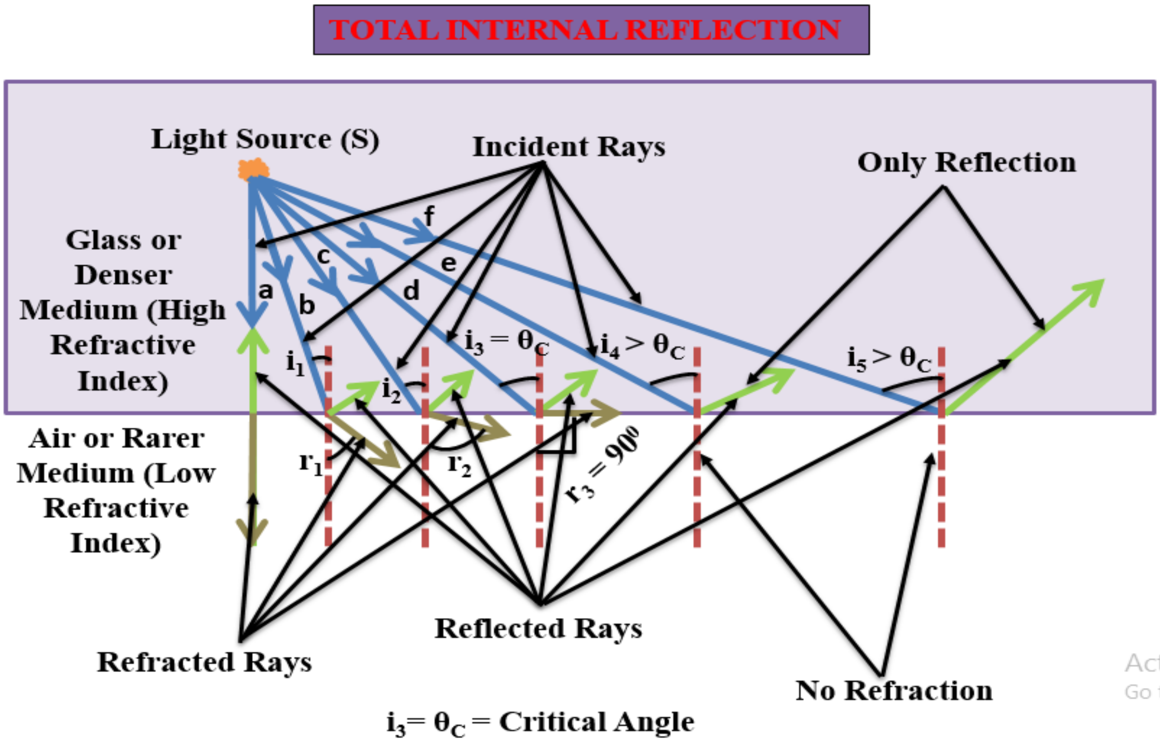
या स्थिरांकास काचेच्या माध्यमाच्या संदर्भात हवेच्या माध्यमाचा अपवर्तनांक म्हणतात आणि त्यास $_g\mu_a$ असे दर्शवतात. म्हणजे,

$$_g\mu_a = \frac{\text{काचेच्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग } (v_g)}{\text{हवेच्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग} (v_a)} = \frac{\text{हवेच्या माध्यमाचा अपवर्तनांक } (\mu_a)}{\text{काचेच्या माध्यमाचा अपवर्तनांक } (\mu_g)}$$

$$_g\mu_a = \frac{\sin i}{\sin r} < 1$$

$$\text{अशा प्रकारे,} \quad _a\mu_g = \frac{1}{_g\mu_a}$$

संपूर्ण अंतर्गत परावर्तन (TIR – Total Internal Reflection) किंवा ऑप्टिकल फायबरचे तत्त्व -: जर प्रकाश जास्त अपवर्तनांकाच्या माध्यमातून (दाट किंवा काचेचे माध्यम) कमी अपवर्तनांकाच्या माध्यमात (विरळ किंवा हवेचे माध्यम) प्रवेश करत असेल आणि जर आपाती कोन हा निर्णायक कोनापेक्षा जास्त असेल तर केवळ परावर्तन होते आणि कोणतेही अपवर्तन होत नाही याला प्रकाशाचे संपूर्ण अंतर्गत परावर्तन किंवा ऑप्टिकल फायबरचे तत्त्व म्हणतात.



आकृती -: संपूर्ण अंतर्गत परावर्तन

समजा प्रकाशाचा स्रोत काचेच्या माध्यमात आहे. वरील आकृतीत दर्शविल्याप्रमाणे बिंदू स्रोत S पासून प्रकाश किरणे सुरु होऊन, दाट माध्यमातून (काच) विरळ माध्यमात (हवा) प्रवेश करत आहेत. येथे a, b, c या प्रकाश किरणांसाठी, काचेचे माध्यम आणि हवेचे माध्यम यांच्यामधील सीमेवर परावर्तन आणि अपवर्तन दोन्ही होते. प्रकाश किरण d साठी, अपवर्तनाचा कोन 90^0 आहे म्हणजे अपवर्तित किरण काचेचे माध्यम आणि हवेचे माध्यम यांच्यामधील सीमेवर प्रवास करत आहे आणि संबंधित कोन (i_3) याला निर्णायक कोन (θ_C) म्हणतात. e & f किरणांसाठी, आपाती कोन हा निर्णायक कोन (θ_C) पेक्षा जास्त आहे. त्यामुळे e & f किरणांसाठी, कोणतेही अपवर्तन होत नाही आणि फक्त परावर्तन होते म्हणजेच संपूर्ण अंतर्गत परावर्तन होते.

निर्णायक कोन (Critical Angle - θ_c) -: ज्या आपाती कोनावर अपवर्तनाचा कोन 90^0 असतो त्याला निर्णायक कोन (θ_c) म्हणतात.

संपूर्ण अंतर्गत परावर्तनासाठी आवश्यक अटी -:

1) आपाती कोन हा (i) निर्णायक कोन (θ_C) पेक्षा जास्त असावा म्हणजे $i > \theta_C$.

2) पहिल्या माध्यमाचा अपवर्तनांक (μ_1) दुसऱ्या माध्यमाच्या अपवर्तनांका पेक्षा जास्त असावा (μ_2) म्हणजेच $\mu_1 > \mu_2$.

ऑप्टिकल फायबर -: ऑप्टिकल फायबर हे काच किंवा सिलिका किंवा प्लास्टिकपासून बनविलेले लांब आणि पातळ डायलेक्ट्रिक सामग्री आहे. ऑप्टिकल फायबरमध्ये प्रकाश किरणांचे अनेक संपूर्ण अंतर्गत परावर्तन

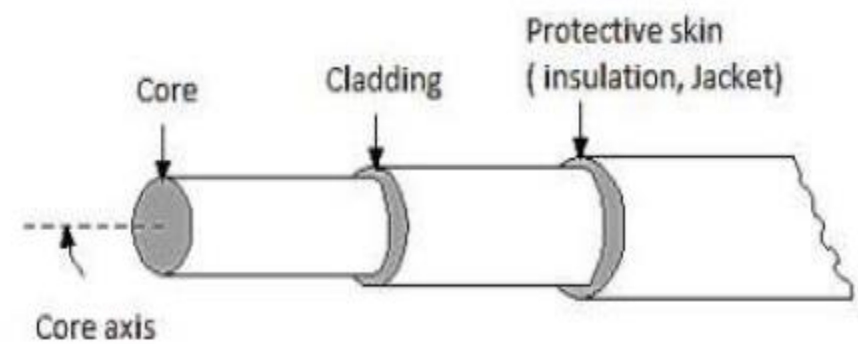
झाल्यामुळे प्रकाश किरणे म्हणजेच इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी ऑप्टिकल फायबरच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत वाहून जातात.

ऑप्टिकल फायबरमधून प्रकाशाचा प्रसार करण्यासाठी आवश्यक अटी -:

1) कोरचा अपवर्तनांक क्लॅडिंगच्या अपवर्तनांका पेक्षा जास्त असावा म्हणजे ($\mu_{core} > \mu_{clad}$).

2) आपाती कोन (i) हा निर्णायक कोन (θ_C) पेक्षा जास्त असावा म्हणजे ($i > \theta_C$).

ऑप्टिकल फायबरची रचना -:



आकृती -: ऑप्टिकल फायबरची रचना

ऑप्टिकल फायबरमध्ये कोर, क्लॅडिंग आणि प्रोटेक्टिव्ह जॅकेट किंवा स्किन असे तीन थर असतात

कोर -: कोर हा ऑप्टिकल फायबरचा सर्वात आतील थर असतो. संपूर्ण प्रकाश कोरमधून प्रसारित केला जातो कारण कोरचा अपवर्तनांक क्लॅडिंगपेक्षा जास्त असतो. कोरच्या अपवर्तनांकाचे विशिष्ट मूल्य 1.48 आहे.

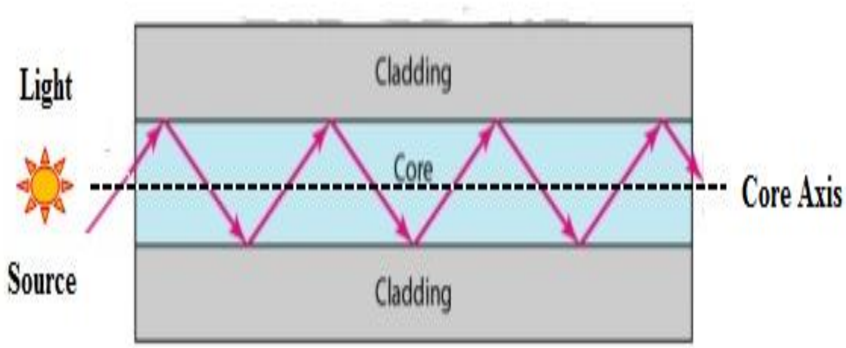
क्लॅडिंग -: क्लॅडिंग हा ऑप्टिकल फायबरचा मधला थर असतो. क्लॅडिंगमुळे प्रकाश लहरी कोरमध्ये राहतात कारण क्लॅडिंगचा अपवर्तनांक कोरपेक्षा कमी असतो म्हणजेच क्लॅडिंग परावर्तकासारखे कार्य करते आणि संपूर्ण अंतर्गत अपवर्तन संकल्पनेनुसार प्रकाश किरणे कोरमधून वाहून जातात. क्लॅडिंगच्या अपवर्तनांकाचे विशिष्ट मूल्य 1.46 आहे. क्लॅडिंग देखील कोरला काही शक्ती प्रदान करते. जेव्हा ऑप्टिकल तंतूंचा समूह एका केबलमध्ये पॅक केला जातो, तेव्हा क्लॅडिंगमुळे शेजारील तंतूंमधील प्रकाश किरणे एकत्र होत नाही.

संरक्षणात्मक त्वचा किंवा जाकीट -: संरक्षणात्मक त्वचा हा सर्वात बाहेरचा थर आहे जो फायबरचे आर्द्रतेपासून संरक्षण करतो. ही संरक्षणात्मक त्वचा ऑप्टिकल फायबरला यांत्रिक शक्ती प्रदान करते.

ऑप्टिकल फायबरची परिमाणे -: ऑप्टिकल फायबरची लांबी 1 किमी असते आणि योग्य कनेक्टर (सांधक) वापरून ते जोडले जाऊ शकतात. ऑप्टिकल फायबर खूप पातळ असतो. फायबरचा बाह्य व्यास 0.1 मिमी ते

0.15 मिमी पर्यंत असतो. कोरच्या व्यासाचा आकार 5 μm ते 600 μm पर्यंतचा असतो (ठराविक मूल्य अंदाजे 50 μm असते). क्लॅडिंगचा व्यास 125 μm ते 750 μm पर्यंत असतो. संरक्षणात्मक त्वचेची जाडी 30 μm ते 50 μm पर्यंत असते. संरक्षणात्मक त्वचा 100 μm जाड असू शकते.

ऑप्टिकल फायबरमधून प्रकाशाचा मार्ग किंवा प्रसार -:



आकृती -: ऑप्टिकल फायबरमधून प्रकाशाचा मार्ग किंवा प्रसार

आकृतीमध्ये दर्शविल्याप्रमाणे केबलमधून प्रकाश किरणाचा प्रसार होतो. प्रकाश किरणाचा आपाती कोन निर्णायक कोनापेक्षा जास्त असतो, म्हणून संपूर्ण अंतर्गत परावर्तन होते आणि प्रकाश किरण फायबर केबलच्या पृष्ठभागावरून परावर्तित होते. प्रकाश किरण केबलच्या पृष्ठभागावरून परावर्तित होऊन केबलमधून जाते आणि ते दुसऱ्या टोकाला बाहेर पडते. अशा प्रकारे काचेच्या फायबरमध्ये एका टोकापासून प्रवेश करणारा प्रकाश किरण केबलमध्ये परावर्तित होतो आणि हा प्रकाश किरण दुसऱ्या टोकापासून बाहेर पडतो. हा प्रकाश किरण जो एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत जातो त्याला फायबरद्वारे 'प्रकाश मार्गदर्शित' म्हणतात. संपूर्ण अंतर्गत परावर्तनामुळे, प्रकाश किरण अनेक वेळा वाकलेला असला तरीही प्रकाश किरण फायबरमधून प्रसार करत राहील. जर वाकणे जास्त असेल तरच अपवर्तनाचा कोन बदलतो आणि अपवर्तनामुळे प्रकाश किरणाची हानी होते. प्रकाश किरण थोडासा वाकला तरीही प्रकाश केबलमध्येच राहील.

ऑप्टिकल फायबरचे प्रकार (कोरच्या अपवर्तनांकाच्या भिन्नतेवर आधारित ऑप्टिकल फायबरचे प्रकार) -:

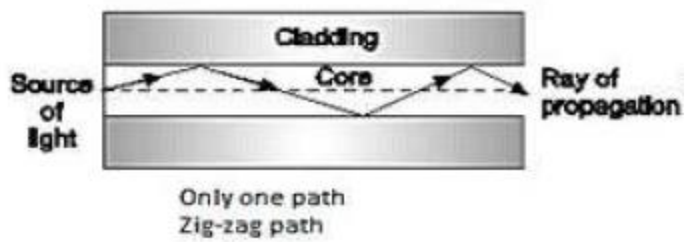
1) स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर (प्रसार पद्धतीवर आधारित ऑप्टिकल फायबरचे प्रकार)

a) सिंगल मोड स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर
b) मल्टी मोड स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर

2) श्रेणीबद्ध निर्देशांक ऑप्टिकल फायबर (ग्रेडेड इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर)

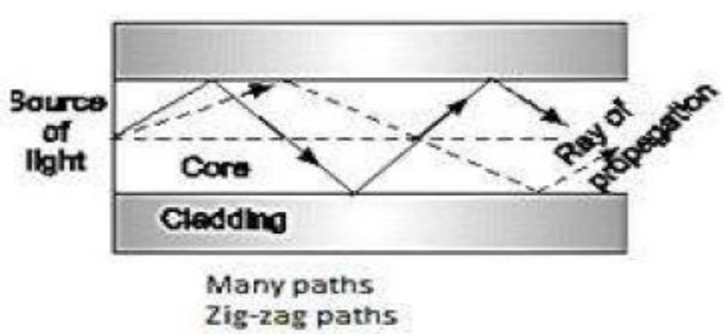
1) स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर (प्रसार पद्धतीवर आधारित ऑप्टिकल फायबरचे प्रकार) -: ज्या ऑप्टिकल फायबरमध्ये कोरचा अपवर्तनांक संपूर्ण फायबरमध्ये एकसमान असतो त्याला स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर म्हणतात. अशाप्रकारे जर आपण कोरच्या अक्षाच्या दिशेने सरकलो तर असे आढळते कि कोर-क्लॅडिंगच्या सीमेवर अपवर्तनांकात अचानक बदल होतो. स्टेप इंडेक्स फायबरमध्ये, प्रकाशाचा मार्ग किंवा प्रसार नागमोडी (zig-zag) आकारात होतो. प्रसाराच्या पद्धतीवर आधारित स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबरचे दोन प्रकार आहेत.

a) **सिंगल मोड स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर -:** ज्या ऑप्टिकल फायबरमध्ये प्रकाश किरणांच्या प्रसारासाठी एकच मार्ग असतो त्याला सिंगल मोड स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर म्हणतात, म्हणजेच या प्रकारात फक्त एकच नागमोडी मार्ग असतो. या फायबरमध्ये कोरचा व्यास खूपच लहान आहे, तो सुमारे 10 μm असतो.



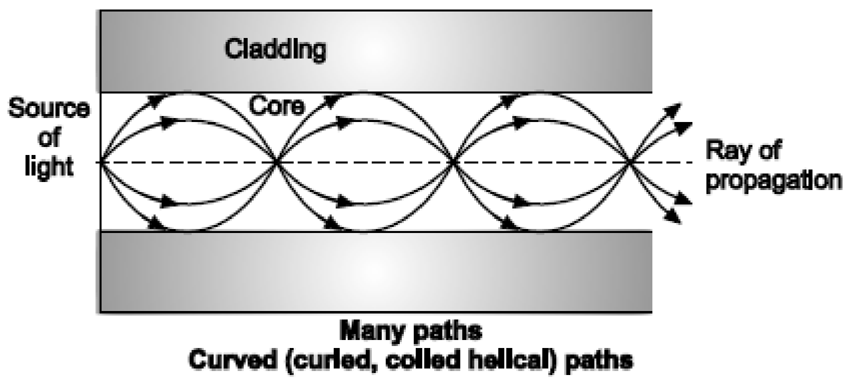
आकृती -: सिंगल मोड स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर

b) **मल्टीमोड स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर -:** ज्या ऑप्टिकल फायबरमध्ये किरणांच्या प्रसारासाठी अनेक मार्ग असतात त्यांना मल्टीमोड स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर म्हणतात. म्हणजेच या प्रकारात अनेक नागमोडी मार्ग असतात. या फायबरमध्ये कोरचा व्यास सिंगल मोडपेक्षा जास्त असतो, तो सुमारे 50 μm ते 200 μm असतो.



आकृती -: मल्टीमोड मोड स्टेप इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर

2) मल्टीमोड ग्रेडेड इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर (श्रेणीबद्ध निर्देशांक ऑप्टिकल फायबर) -: ज्या ऑप्टिकल फायबरमध्ये किरणांच्या प्रसारासाठी अनेक मार्ग असतात आणि त्यांचा आकार वक्र, गुंडाळलेला आणि पेचदार (कर्ल्ड, कॉइल केलेले, हेलिकल) असतो त्यांना मल्टीमोड ग्रेडेड इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर म्हणतात. या फायबरमध्ये कोरचा व्यास 50 μm ते 200 μm पर्यंत बदलतो. ह्या फायबर मध्ये कोरचे अपवर्तनांक सारखे नसतात. कोरचा अपवर्तनांक कोर अक्षावर जास्तीत जास्त असतो आणि जर आपण कोर अक्षातून मूलगामी बाह्य पहिले तर अपवर्तनांकात हळूहळू घट होते.



आकृती -: मल्टीमोड ग्रेडेड इंडेक्स ऑप्टिकल फायबर

ऑप्टिकल फायबरचे उपयोग (Applications of Optical Fiber) -:

1) संवादामध्ये ऑप्टिकल फायबर -: ऑप्टिकल फायबर संप्रेषणात वापरले जाते कारण मोठ्या पट्टरुंदीमुळे (बँडविड्थमुळे) ते अनेक चॅनेलची संख्या हाताळू शकतात.
2) इंटरनेट -: ऑप्टिकल फायबर इंटरनेट किंवा इंटरनेट केबल्समध्ये वापरले जाते कारण ऑप्टिकल फायबर केबल्स अतिशय वेगवान गतीने प्रचंड प्रमाणात डेटा (माहिती) वाहून नेऊ शकतात.
3) टेलिफोन -: ऑप्टिकल फायबर कम्युनिकेशन वापरून आपण वेगवान संपर्क साधू शकतो आणि स्पष्ट संभाषणे करू शकतो.
4) संगणक नेटवर्किंग -: संगणक नेटवर्किंगसाठी ऑप्टिकल फायबर केबलचा वापर केला जातो.
5) हे सैन्यात सिग्नलिंगसाठी वापरले जाते.
6) हे औद्योगिक ऑटोमेशन प्रणालीमध्ये वापरले जाते.
7) हे वैद्यकीय क्षेत्रात शरीराच्या अंतर्गत अवयवांचे निरीक्षण करण्यासाठी वापरले जाते.
8) हे गोपनीय संप्रेषणासाठी संरक्षणात वापरले जाते.

9) हे केबल टेलिव्हिजनमध्ये वापरले जाते.
10) याचा उपयोग डिजिटल डेटा ट्रान्समिशनसाठी केला जातो.
11) हे ऑप्टिकल सेन्सर म्हणून वापरले जाते.
12) हे फेज मॉड्युलेटेड सेन्सर्स, पोलरायझेशन मॉड्युलेटेड सेन्सर्स म्हणून वापरले जाते.

सोडवलेली उदाहरणे

1) एका काचेच्या खिडकीची मापे 100 cm × 50 cm × 5mm आहेत एका तासात Q एवढी उष्णता त्यातून प्रवाहित होते. जर काचेच्या बाहेरील व आतील तापमानातील फरक 50^0 C असेल तर Q किती?

उत्तर -: A = 100 cm × 50 cm = 1 m × 0.5 m = 0.5 m^2

d = 5 mm = 5 × 10^{-3} m

t = 1 hr = 60 sec × 60 sec = 3600 sec.

$\theta_1 - \theta_2 = 50^0$ C

K = 1 w / m/ ^{0}K

$$Q = \frac{KA\,(\theta_1 - \theta_2)t}{d}$$

$$Q = \frac{1 \times 0.5\,(50) \times 3600}{5 \times 10^{-3}}$$

$$Q = 18 \times 10^5\,J$$

2) 140 °F चे °C मध्ये रूपांतर करा

उत्तर -: F = 140 °F

C = ?°C

$$C = \frac{F - 32}{1.8} = \frac{140 - 32}{1.8} = \frac{108}{1.8} = 60\ °\mathrm{C}$$

$$140\ °\mathrm{F} = 60\ °\mathrm{C}$$

3) एका वायूचे 27°C वर 20cc इतके घनफळ आहे. तो स्थिर दाबाने 67°C वर गरम केल्यास अंतिम घनफळ शोधा.

उत्तर -: T_1 = 27°C = 27 + 273 = 300°K

V_1 = 20cc

T_2 = 67°C = 67 + 273 = 340°K

V_2 = ?

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{V_1 \times T_2}{T_1} = \frac{20 \times 340}{300}$$

$$\boldsymbol{V_2 = 22.67cc}$$

4) 20°C तापमानाला वायूचे घनफळ 2.5 lit. आणि दाब 70 cm आहे. तर तापमान 30°C आणि दाब 85 cm असतांना घनफळ किती असेल?

उत्तर -: T_1 = 20°C = 20 + 273 = 293°K

V_1 = 2.5 lit.

P_1 = 70 cm

T_2 = 30°C = 30 + 273 = 303°K

P_2 = 85 cm

V_2 = ?

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1} = \frac{70 \times 2.5 \times 303}{85 \times 293} = \frac{53025}{24905}$$

$$V_2 = 2.12\ lit.$$

5) जर C_P आणि C_V चे गुणोत्तर 1.4 आणि त्यांच्यातील फरक 0.0808 आहे. तर C_P आणि C_V किती असेल?

उत्तर -:

$$\frac{C_P}{C_V} = 1.4 \quad \& \quad C_P - C_V = 0.0808$$

$$C_P = 1.4 \times C_V \qquad \text{------- (1)}$$

$$C_P - C_V = 0.0808$$

$$1.4C_V - C_V = 0.0808$$

$$0.4C_V = 0.0808$$

$$C_V = \frac{0.0808}{0.4} = 0.202\,unit$$

$$C_P = 1.4 \times 0.202 = 0.2828\,unit$$

6) जर काचेचा अपवर्तनांक 1.5 असेल तर प्रकाशकिरणाचा वेग काचेतून जातांना किती असेल?

उत्तर -:

$${}_a\mu_g = 1.5$$

$$v_a = 3 \times 10^8 \text{ m/s speed of light in air}$$

$$v_g = ?$$

$${}_a\mu_g = \frac{v_a}{v_g}$$

$$v_g = \frac{v_a}{{}_a\mu_g}$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{1.5}$$

$$\mathbf{v_g = 2 \times 10^8\ m/s}$$

7) जर प्रकाशकिरणाचा वेग हिऱ्यातून जातांना 1.2×10^8 m/s असेल तर हिऱ्याचा अपवर्तनांक किती असेल?

उत्तर -:

$$v_d = 1.2 \times 10^8 \ m/s$$

$$v_a = 3 \times 10^8 \ m/s$$

$${}_a\mu_d = ?$$

$$v_g = \frac{v_a}{{}_a\mu_g} = \frac{3 \times 10^8}{1.2 \times 10^8}$$

$$\mathbf{{}_a\mu_d = 2.5}$$

8) पाण्यात प्रकाशकिरणाचा वेग 2.3 × 10^8m/s आहे. काचेत प्रकाशकिरणाचा वेग 2 × 10^8m/s आहे. a) पाण्याच्या माध्यमाच्या संदर्भात काचेच्या माध्यमाचा अपवर्तनांक किती?

b) काचेच्या माध्यमाच्या संदर्भात पाण्याच्या माध्यमाचा अपवर्तनांक किती?

उत्तर -:

$$v_w = 2.3 \times 10^8 \ m/s$$

$$v_g = 2 \times 10^8 \ m/s$$

$${}_w\mu_g = ? \ , \ {}_g\mu_w = ?$$

$$v_g = 2 \times 10^8 \ m/s$$

$${}_w\mu_g = ?, \ {}_g\mu_w = ?$$

$${}_w\mu_g = \frac{v_w}{v_g} = \frac{2.3 \times 10^8}{2 \times 10^8}$$

$${}_w\mu_g = 1.15$$

$${}_g\mu_w = \frac{v_g}{v_w} = \frac{2 \times 10^8}{2.3 \times 10^8}$$

$${}_g\mu_w = 0.87$$

9) सिलिकेट ग्लास ऑप्टिकल फायबरसाठी, कोरचे अपवर्तनांक 1.55 आणि क्लॅडिंगचे अपवर्तनांक 1.35 असल्यास निर्णायक कोन शोधा.

उत्तर -:

$$\mu_{core} = 1.55, \mu_{clad} = 1.35, \ c = ?$$

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{\mu_{clad}}{\mu_{core}}$$

$$= \sin^{-1} \left(\frac{1.35}{1.55}\right)$$

$$= \sin^{-1} (0.871)$$

$$= 60.57°$$

10) ठराविक ऑप्टिकल फायबरसाठी, कोरचे अपवर्तनांक 1.48 आणि क्लॅडिंगचे अपवर्तनांक 1.46 निर्णायक कोन शोधा.

उत्तर -:

$$\mu_{core} = 1.48, \ \mu_{clad} = 1.46, \ \theta_c = ?$$

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{\mu_{Clad}}{\mu_{core}}$$

$$\theta_c = \sin^{-1} (0.9864) = 80.57°$$

नमुना MCQ (Sample MCQ

1) ..... कारण आहे आणि ..... त्याचा परिणाम आहे.

अ) उष्णता, तापमान ब) तापमान, उष्णता क) वहन, संवहन ड) संवहन, वहन उत्तर (अ)

2) उष्णता वाहकतेच्या गुणांकाचे किमान मूल्य असलेला खालीलपैकी कोणता पदार्थ आहे?

अ) सिरॅमिक ब) अभ्रक क) ॲल्युमिनियम ड) प्लास्टिक उत्तर (क)

3) वायूच्या दिलेल्या वस्तुमानासाठी चार्लच्या नियमानुसार, खालीलपैकी ----------पॅरामीटर स्थिर राहतो.

अ) तापमान ब) घनफळ क) दाब ड) घनता उत्तर (क)

4) ऑप्टिकल फायबरमधून प्रकाशाचा मार्ग _____ आहे.

अ) सरळ ब) वक्र क) पेचदार ड) नागमोडी उत्तर (ड)

5) जेव्हा प्रकाश किरण हवेतून काचेच्या माध्यमात जातो,................

अ) तरंगलांबी वाढते ब) तरंगलांबी कमी होते क)तरंगलांबी स्थिर राहते ड) कोणतेही नाही उत्तर (ब)

Unit-4 : Chemical Bonding
युनिट .४ केमिकल बाँडिंग

तर्कसंगती :- (Rationale):-

रासानिक बंधाचा अभ्यास हा रासायनिक संयुगे तयार करण्यासाठी गरजेचा असतो. शास्त्रज्ञ, अभियंता, केमिस्ट, तंत्रज्ञ यांना रासायनिक बंधांचे ज्ञान असणे अत्यंत महत्त्वाचे आहे. मूलद्रव्यांच्या विविध भौतिक आणि रासायनिक गुणधर्मांचा अभ्यास हा तंत्रज्ञानाच्या अभियांत्रिकी उपयोगात अत्यंत महत्त्वाचा असतो. उदाहरणार्थ: धातु (METAL) धातूंचे मिश्रण (Alloy), पॉलीमर (POLYMER), एड्हेसीव्ह (ADHESIVES), वंगण.

"रासायनिक बंधांच्या प्रकारांवर आधारित रेणू आणि संयुगे यांच्या रचना, गुणधर्म आणि वर्तनाचा अंदाज लावा."

घटक निष्पती

4 अ भारतीय रसायनशास्त्र: - आचार्य कणाद यांचे अणूचे तत्त्वज्ञान.

4 ब व्हॅलेन्सीचा इलेक्ट्रॉनिक सिद्धांत: गृहीतके, रासायनिक बंध: इलेक्ट्रोव्हॅलेंट बाँड, सहसंयोजक बंध, समन्वय बंध, हायड्रोजन बाँड, धातूचे प्रकार आणि वैशिष्ट्ये

4 क घन, द्रव आणि वायूंमध्ये आण्विक व्यवस्था.

4 ड घन पदार्थांची रचना: स्फटिकासारखे आणि आकारहीन घन, धातू घनाचे गुणधर्म, युनिट सेल: साधे घन, बॉडी सेंटर क्यूबिक (BCC), फेस सेंटर क्यूबिक (FCC), षटकोनी बंद

महत्तव (Significance):-

मूलद्रव्यांच्या अणूंमध्ये, प्रोटॉन, न्यूट्रॉन आणि इलेक्ट्रॉन हे कण असतात. मूलद्रव्यांच्या अणूंच्या बाहयतम कक्षेतील इलेक्ट्रॉन रासायनिक बंधामध्ये भाग घेतात. रासायनिक बंध हे अणू, आयन किंवा रेणूमध्ये होतो व त्यामुळे रासायनिक संयुगे बनतात.

भारतीय रसायनशास्त्र: महर्षी कणाद यांचे अणूचे तत्वज्ञान.

अणु सिध्दांत 2500 वर्षांपूर्वी डाल्टनच्या आधी तयार केला गेला होता जो एका भारतीय ऋषी आणि तत्ववेत्याने दिला होता. अणुसिध्दांत देणारे भारतीय ऋषी आचार्य कणाद होते. त्यांचे खरे नाव कष्यप् होते असे म्हणतात की आचार्य कणाद यांचा जन्म इ.स.पूर्व 600 मध्ये गुजरातमधील व्दारकेजवळ असलेल्या प्रभास क्षेत्रात झाला होता.

महर्षि कनादांनी असे प्रतिपादन केले आहे की जर आपण विभाजक पदार्थावर गेलो तर आपल्याला पदार्थांचे लहान आणि लहान कण प्राप्त होतील. जर आपण पदार्थाचे विभाजन करत राहिलो तर शेवटी एक टप्पा येईल जेव्हा आपण पदार्थाच्या सर्वात लहान कणास भेटू शकातो ज्याला अधिक विभाजित करता येणार नाही.

महर्षि कनादांनी असे सुचवले की सर्व पदार्थ अतिशय लहान कणांनी बनलेले आहेत. त्या कणांसाठी त्याला 'परमानु' देण्यात आले.

अणू हा शब्द प्राचीन ग्रीक विशेषण atomos वरून आला आहे, ज्याचा अर्थ ''अविभाज्य'' आहे.

वैषेशिक दर्शन (ज्याला कन्नड सूत्र देखील म्हटले जाते) नावाच्या कानदाच्या पुस्तकाने त्यांचा अणु सिध्दांत कॅप्चर केला ज्यामध्ये पुढील गोष्टी सांगितल्या आहेत. सर्व काही विभाजित केले जाऊ शकते.

उपविभागामुळे काही काळानंतर परमानु (अणू) निर्माण होतो. परमानु हा अविभाज्य आहे. म्हणजेच तो पुढे विभागला जाऊ शकत नाही.

Atom (अणू)

''अणू हा एखादया वस्तूचा **/** पदार्थाचा सर्वात लहान कण असतो ज्याला आणखी विभागता येत नाही**.**''

अणूची आधुनिक अणु रचना**:-** मुख्य दोन भाग

अ**)** न्यूक्लियस **-** मध्य भाग (केंद्रक)

ब**)** एक्स्ट्रा-न्यूक्लियर पार्ट **–** हॅलो भाग

Atomicity / (परमाणू): -

1) मोनो ऍटोमिक	2) डाय ऍटोमिक	3) ट्राय ऍटोमिक
(रेणूमध्ये फक्त एक अणू)	(रेणूमध्ये दोन अणू)	(रेणूमध्ये तीन अणू)
उदा. He, Ne, Ar	उदा. O_2, N_2	उदा**.** H_2O, CO_2

Stable / Noble - स्थिर उदात्त जड घटक-

1 शेवटच्या कक्षेत पूर्ण ऑक्टेट स्थिती असलेल्या घटकांना स्थिर घटक /नोबल/ जड घटक / निष्क्रिय म्हणतात ते इतर घटकांसह प्रतिक्रिया देत नाहीत

2 शून्य गट घटक (Zero group element)

3 इलेकट्रॉनचा loss / gain / share (वाटणी**)** करण्याची गरज नाही

4 व्हॅलेंसी (संयुजा)-00

घटक	प्रतीक	इलेक्ट्रॉनिक कॉन्फीगुरेशन
Helium	$_{2}He$	2
Neon	$_{10}Ne$	2, 8,
Argon	$_{18}Ar$	2, 8, 8

4-1 सयुंजेचा इलेक्ट्रॉनिक्स सिध्दांत (Electronic Theory of Valency): -

Kossel आणि Lewis शास्त्रज्ञांनी1996 मध्ये हा सिध्दांत शोधला व Langmuri यांनी 1919 मध्ये उपयोगात आणला.

या सिध्दांतानुसार प्रत्येक मुलद्रव्याची इलेक्ट्रॉन्स्ची स्थिर इलेक्ट्रॉन्स् अणू संरचना मिळवण्याची क्षमता असते. सिध्दांत खालील मुदयावर अवलंबून आहे.

1.कुठल्याही मूलद्रव्यांची संयुजा ही त्या मूलद्रव्यांच्या बाहयतम कक्षेत असणा-या इलेक्ट्रॉन्सच्या संख्येवर अवलंबून असते. बाहयतम कक्षेत असणा-या इलेक्ट्रॉन्स्च्या संख्येला संयुजा इलेक्ट्रॉन्स् म्हणतात. अस्थिर अणू अष्टक पूर्ण करण्यासाठी आणि स्थिर होण्यासाठी म्हणजेच निष्क्रियवायू सारखी इलेक्ट्रॉन्स् संरचना मिळण्यासाठी इलेक्ट्रॉन्स् ची देवाण-घेवाण किंवा भागीदारी करतात. देवाण-घेवाण किंवा भागीदारी केलेल्या इलेक्ट्रॉन्स्च्या संख्येलाच संयुजा असे म्हणतात.

2.ज्या मूलद्रव्यांच्या बाहयतम कक्षेत आठ इलेक्ट्रॉन्स् असतात ती मूलद्रव्य रासायनिक दृश्ट्या स्थिर असतात**,** अशा मूलद्रव्यांना निष्क्रिय वायू म्हणतात**.** परंतु हेलियम**,** हया निष्क्रियवायू मध्ये दोन इलेक्ट्रॉन्स् असतात**.** निष्क्रियवायू कुठल्याही रासायनिक अभिक्रियेत भाग घेत नाही**.**

3.ज्या मूलद्रव्यांच्या बाहयतम कक्षेत आठ पेक्षा कमी इलेक्ट्रॉन्स् असतात असे मूलद्रव्य रासायनिक दृश्ट्या अस्थिर असतात आणि म्हणूनच रासायनिक अभिक्रियेत भाग घेतात**.** परंतु हायड्रोजनच्या पहिल्या कक्षेत एक इलेक्ट्रॉन्स् असतो**.**

4.प्रत्येक मूलद्रव्यांचे अणू स्थिर होण्यासाठी म्हणजेच निष्क्रियवायू ची इलेक्ट्रॉन्स् संरचना प्राप्त करण्यासाठी रासायनिक बंध बनवतात **/** निर्माण करतात**.**

'रासायनिक बंध म्हणजेच दोन किंवा अधिक अणू मधील रासायनिक बल'**.**

4.1.1 संयुजा (Valency)

अष्टक किंवा द्वितिक स्थिति पूर्ण करण्यासाठी मूलद्रव्याच्या अणूने देवाण-घेवाण किंवा भागीदारी केलेल्या इलेक्ट्रॉन्स्च्या संख्येलाच संयुजा म्हणतात

संयुजाचे प्रकार (Types of Valency)

1 **विदयुत संयुजा:** रासायनिक बंध तयार होताना देवाण-घेवाण झालेल्या इलेक्ट्रॉन्स्ची संख्या म्हणजेच विदयुत संयुजा

2 **सहसंयुजा:** रासायनिक बंध तयार होताना भागीदारी झालेल्या इलेक्ट्रॉन्स्ची संख्या म्हणजेच सहसंयुजा

1 विदयुत संयुजा

रासायनिक बंध तयार होताना देवाण-घेवाण झालेल्या इलेक्ट्रॉन्स्ची संख्या म्हणजेच विदयुत संयुजा. ज्या मूलद्रव्यांचे अणू इलेक्ट्रॉन्स् देऊन धन आयन तयार करतात त्यांना धन विदयुत संयुजा (Positive Electrovalency) असते तर जे मूलद्रव्य इलेक्ट्रॉन्स् घेऊन ऋण आयन तयार करतात त्यांना ऋण विदयुत संयुजा (Negative Electrovalency)असते

विदयुत संयुजा चे प्रकार (Types of Electrovalency)

अ धन विदयुत संयुजा (Positive Electrovalency) अष्टक पूर्ण करण्यासाठी धातु मूलद्रव्याचा अणूने गमावलेल्या दिलेल्या इलेक्ट्रॉन्स्ची संख्या म्हणजेच धन विदयुत संयुजा (Positive Electrovalency).

उदाहरणे

Table 4.1

अ.क्र	मूलद्रव्य	संज्ञा	अणूक्रमांक	इलेक्ट्रॉन्स् संरचना	(Positive Electrovalency)
1	Sodium	Na	11	2, 8, 1	+ 1
2	Maganesium	Mg	12	2, 8, 2	+ 2
3	Aluminium	Al	13	2, 8, 3	+ 3

Table 4.2

अ.क्र	मूलद्रव्य	संज्ञा	अणूक्रमांक	इलेक्ट्रॉन्स् संरचना	(Negative Electrovalency)
1	Nitrogen	N	7	2, 5	- 3
2	Oxygen	O	8	2, 6	- 2
3	Fluorine	F	9	2, 7	- 1

4.2 रासायनिक बंधाचे प्रकार: -

रासायनिक बंधाचे खालील प्रकार अभ्यासू:

1. आयनिक बंध (Ionic bond)
2. सहसंयुज बंध (Covalent bond)
3. समन्वय बंध (Coordinate bond)
4. धात्विय बंध (Metallic bond)
5. हायड्रोजन बंध (Hydrogen bond)

आयनिक बंध **(Ionic bond):-**

दोन अणू मधील विदयुत ऋणता फरक जेव्हा मोठा असतो त्यावेळी ते अणू अष्टक पूर्ण करण्यासाठी आपल्याकडील बाहयतम कक्षेतील इलेक्ट्रॉन्स्ची देवाण-घेवाण करून एकमेकांशी ज्या आकर्षण बलाने बांधले जातात त्याला आयनिक बंध किंवा विदयुत संयुजा बंध (Electrovalent/ionic bond) म्हणतात.धातु मूलद्रव्याचा अणू अष्टक पूर्ण करण्यासाठी शे वटच्या कक्षेतील इलेक्ट्रॉन्स् गमावतो म्हणजे देऊन टाकतो व जवळच्या निष्क्रियवायु प्रमाणे स्थिर होतो त्याला विदयुत धन अणू म्हणतात.अधातु मूलद्रव्याचा अणू अष्टक पूर्ण

करण्यासाठी धातु मूलद्रव्याच्या अणूकडून इलेक्ट्रॉन्स् घेतो व जवळच्या निष्क्रियवायु प्रमाणे स्थिर होतो त्याला विदयुत ऋण अणू म्हणतात.धन आयन व ऋण आयन त्यांच्यातील विदयुत स्थितिक आकर्षणामुळे एकत्र येऊन तयार होणा-या रासायनिक बंधांला आयनिक बंध म्हणतात.

आयनिक बंध निर्मिती ची उदाहरणे

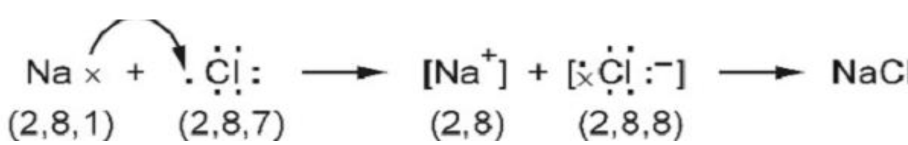
(Formation of Sodium Chloride (NaCl) Molecule) :-

सोडियम चा अणूक्रमांक 11 असल्याने त्याची इलेक्ट्रॉन्स् संरचना (2 8 1) आहे व क्लोरीनचा अणूक्रमांक 17 असल्याने ची इलेक्ट्रॉन्स् संरचना (2 8 7) आहे. सोडियम अणूच्या बाहयतम कक्षेत एक इलेक्ट्रॉन्स् असल्याने तो देऊन टाकण्याची सोडियमची प्रवृत्ती असते. क्लोरीनच्या बाहयतम कक्षेत सात इलेक्ट्रॉन्स् असल्याने त्याची एक इलेक्ट्रॉन्स् इलेक्ट्रॉन्स् मिळवून घेऊन स्थिर होण्याची प्रवृत्ती असते. सहाजिकच सोडियम त्याच्या बाहयतम कक्षेतील एक इलेक्ट्रॉन्स् क्लोरीन ला देऊन जवळच्या निष्क्रियवायू ची Neon (2, 8) इलेक्ट्रॉन्स् अणूसंरचना मिळवतो व क्लोरिन ने एक इलेक्ट्रॉन्स् घेतल्यामुळे त्याला जवळच्या निष्क्रियवायू Argon (2, 8, 7) ची इलेक्ट्रॉन्स् अणू संरचना मिळते.

इलेक्ट्रॉन्स् दिल्याने सोडियम अणूचा Na^+ हा आयन तर क्लोरीनचा एक इलेक्ट्रॉन्स् घेण्याने Cl^- आयन तयार होतो. दोन्ही विजातीय परस्परविरोधी प्रभारित आयनांमध्ये विदयुतस्थीतीक आकर्षण बल असल्यामुळे हे परस्पर विरूध्द प्रभारी आयन एकमेकांकडे आकर्षिले जातात व त्यांच्यात तयार होणा-या रासायनिक बंधांला आयनिक बंध म्हणतात

एक किंवा अधिक आयनिक बंधांमुळे तयार होणा-या संयुगाला आयनिक संयुगे म्हणतात.

सोडियम क्लोराईड या आयनिक संयुगाची निर्मिती इलेक्ट्रॉन संरूपणाच्या खालील प्रमाणे रेखाटन करता येईल



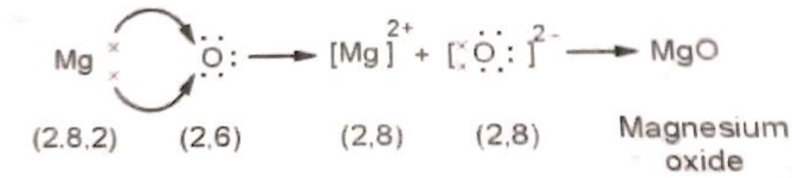
सोडियम क्लोराइड ची निर्मिती

मॅग्नेशियम ऑक्सईड ची निर्मिती (**Formation of Magnesium Oxide (MgO) Molecule**) **:-**

मॅग्नेशियम चा अणूक्रमांक 12 असल्याने त्याची इलेक्ट्रॉन संरचना (2 8 2) आहे तर ऑक्सिजन अणूची इलेक्ट्रॉन अणू संरचना (2 6) आहे. मॅग्नेशियम अणूच्या संयुजा कवचात (Valence shell) दोन इलेक्ट्रॉन असल्याने ते दोन इलेक्ट्रॉन्स् तो ऑक्सिजन ला देऊन मॅग्नेशियम जवळच्या निष्क्रियवायू Neon (2, 8) अणूची

संरचना मिळवितो ऑक्सिजन ने दोन इलेक्ट्रॉन घेतल्याने ऑक्सिजन जवळच्या Neon (2,8) ची अणू संरचना मिळवितो.

मॅग्नेशियम ने दोन इलेक्ट्रॉन्स् दिल्याने मॅग्नेशियम अणूचा Mg^{2+} आयन तयार होतो तर ऑक्सिजन ने दोन इलेक्ट्रॉन घेतल्याने ऑक्सिजन चा O^{2-} आयन तयार होतो अशा Mg^{2+}व व् O^{2-} परस्परविरोधी प्रभारित आयन मध्ये असणा-या स्थीतीक विदयुत आकर्षण बलाला आयनिक बंध म्हणतात.



मॅग्नेशियम ऑक्सईड ची निर्मिती

आयनिक संयुगांचे गुणधर्म

1. या संयुगांमध्ये आयनिक बंध असतो त्यांना आयनिक किंवा विदयुत संयुज संयुगे म्हणतात ते कठीण स्फटीकी घनपदार्थ असतात.
2. हे पदार्थ पाण्यासारख्या ध्रुवीय द्रावकामध्ये विरघळतात तर सारख्या कार्बनी द्रावकामध्ये विरघळत नाही
3. हया पदार्थांचा द्रवणांक (Melting Point) व उत्कलनांक (Boiling Point) जास्त असतो.
4. घनस्थित (in solid state) हे पदार्थ विदयुत दुर्वाहक (bad conductor of electricity) व असतात. परंतु वितळल्यानंतर किंवा पाण्यात विरघळल्यानंतर हे पदार्थ विदयुत सुवाहक (good conductor of electricity) होतात कारण त्यांच्यातील आयन्स् मुक्त संचार करू शकतात.

4.2.2 सहसंयुज बंध (Covalent band)

दोन सारख्या किंवा वेगवेगळया अणूंमध्ये जेंव्हा इलेक्ट्रॉन्स् ची भागीदारी होऊन रासायनिक बंध तयार होतो त्या बंधाला सहसंयुज (Covalent band) बंध म्हणतात.

सहसंयुज बंधाचे प्रकार-

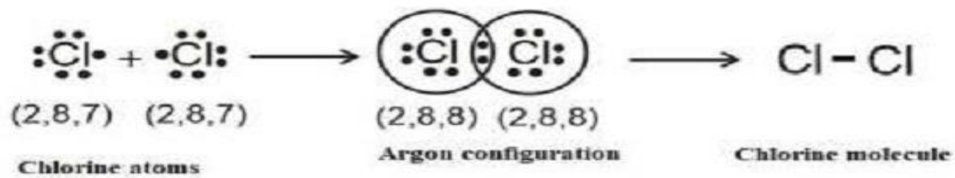
अ) एकेरी सहसंयुज बंध (Single Covalent band) दोन अणू जेव्हा इलेक्ट्रॉन्स् च्या एकाच जोडीची भागीदारी करतात तेव्हा त्या होणाऱ्या रासायनिक बंधाला एकेरी सहसंयुज बंध म्हणतात

उदा- क्लोरीन रेणूची निर्मिती (Formation of chlorine molecule)

1) 1 क्लोरिनच्या रेणू मध्ये क्लोरिन चे दोन अणू असतात.
2) 2 क्लोरिनच्या अणूचा अणूक्रमांक 17 असल्याने त्याची इलेक्ट्रॉन संरचना (Electronic configuration)

(2, 8, 7) आहे जवळच्या निष्क्रियवायू ची अणू संरचना प्राप्त करण्यासाठी त्याला एक इलेक्ट्रॉन्स् कमी पडतो.

3) क्लोरीन रेणूची निर्मिती होताना क्लोरीन चे दोन अणू एक-एक इलेक्ट्रॉन भागीदारी (Share) करून एकेरी सहसंयुज बंध तयार करतो



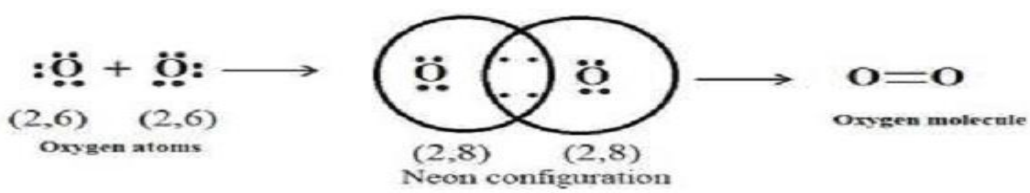
NH_3, H_2, H_2O

ब) दुहेरी सहसंयुज बंध (Double Covalent band) दोन समान किंवा वेगळया मुलद्रव्याचे अणू इलेक्ट्रॉनच्या दोन जोड्यांची भागीदारी करतात तेव्हा तयार होणा-या रासायनिक बंधाला दुहेरी सहसंयुज बंध म्हणतात.

उदा. ऑक्सिजन रेणूची निर्मिती (Formation of oxygen molecule) :

1 ऑक्सिजन च्या रेणूमध्ये ऑक्सिजन चे दोन अणू असतात

2 ऑक्सिजन चा अणू क्रमांक 8 असल्याने त्याची अणू संरचना (2, 6) असते जवळच्या निष्क्रियवायू Neon ची अणू संरचना प्राप्त करण्यासाठी दोन इलेक्ट्रॉनची कमतरता पडते



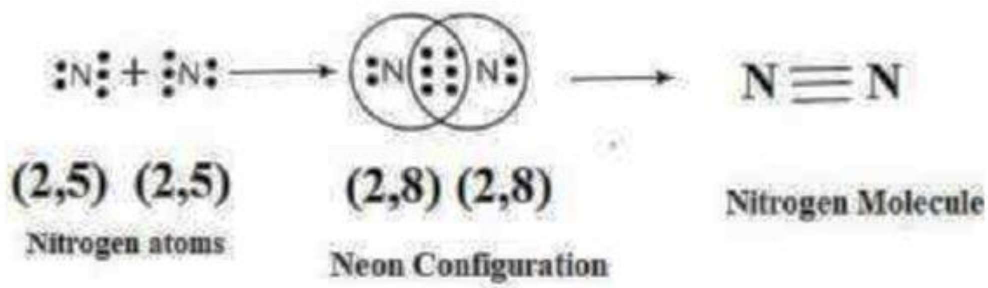
3 त्यामुळे ऑक्सिजन रेणू ची निर्मिती होताना ऑक्सिजन चे अणू दोन दोन इलेक्ट्रॉन ची भागीदारी करून दुहेरी सहसंयुज बंध बनवतात.

गृहपाठ-वरील प्रमाणे CO_2, C_2H_4 रेणूची निर्मिती दाखवा

क) **तिहेरी सहसंयुज बंध** दोन समान किंवा वेगळया मुलद्रव्यांचे अणू, इलेक्ट्रॉनच्या तीन जोडयांची भागीदारी करतात. तेव्हा तयार होणा-या सहसंयुज बंधाला तिहेरी सहसंयुज बंध म्हणतात.

उदा. नायट्रोजन रेणूची निर्मिती (Formation of Nitrogen molecule)

1) नायट्रोजनच्या रेणू मध्ये नायट्रोजनचे दोन अणू असतात.
2) नायट्रोजन चा अणू क्रमांक 7 असल्याने त्याची अणू संरचना (2,5) असते. जवळच्या निष्क्रियवायू (Neon) प्रमाणे अणू संरचना मिळवण्यासाठी त्याला तीन इलेक्ट्रॉन ची कमतरता पडते.
3) त्यामुळे नायट्रोजन रेणू ची निर्मिती होताना नायट्रोजनचे दोन अणू तीन-तीन इलेक्ट्रॉनची भागीदारी करून तिहेरी सहसंयुज बंध बनवतात, किंवा तयार होतो.



नायट्रोजन रेणू मध्ये दोन (2) एकल म्हणजे अबध्द जोडी असते तर तीन (3) बध्द इलेक्ट्रॉन जोडया असतात (Bond pairs of electrons) i.e. Three bond pair of electrons and two lone pair of electrons. सहसंयुज बंधाचे त्यांच्या ध्रुवीय गुणधर्मा नुसार दोन प्रकार पडतात.

अ)अध्रुवीय सहसंयुज बंध (Non-Polar covalent bonds) जेव्हा सहसंयुज बंध निर्माण करणारे दोनही अणूंची इलेक्ट्रॉन स्वतःकडे खेचण्याची क्षमता (Electronegativity) सारखीच असते तेव्हा भागीदारीतील इलेक्ट्रॉनची जोडी / जोडया दोन अणूंच्या केंद्रकांच्या बरोबर मध्यभागी असतात थोडक्यात सहसंयुज बंधातील इलेक्ट्रॉनचा समुच्यय (electrons cloud) दोन्ही अणूंभोवती सारख्या प्रमाणात वितरीत असतो (equally shared).

उदा H_2, Cl_2, N_2, O_2

ब)ध्रुवीय सहसंयुज बंध (Polar covalent bonds) सहसंयुज बंध जेव्हा दोन वेगवेगळया विदयुत ऋणतेच्या वेगळया दोन अणूमध्ये होतो तेव्हा भागीदारी झालेल्या इलेक्ट्रॉनची जोडी केंद्रकाच्या बरोबर मध्यभागी नसते तर जास्त विदयुत ऋणता असलेला अणू इलेक्ट्रॉन स्वतःकडे खेचतो. त्यामुळे भागीदारातील इलेक्ट्रॉन ची जोडी त्या अणूकडे सरकते व होणारा इलेक्ट्रॉन्सचा समुच्यय (Electrons cloud) दोन अणुभोवती सारखा वितरीत होत नाही. तो विचतील होतो हा समुच्यय / ढग जास्त विदयुत ऋणतेच्या अणूभोवती दाट असतो. (Not equally shared) जास्त विदयुत ऋणता असलेला अणू आंषिक ऋण भारीत

असतो व $'-\delta'$ दाखवतात. कमी विदयुत ऋणता असलेला अणूआंषिक धनप्रभारीत होतो व $'+\delta'$ 'दाखवतात

उदा. HCl, H_2O, NH_3

सहसंयुज बंध दोन अणूमध्ये रेषेने '-----' दाखवतात.

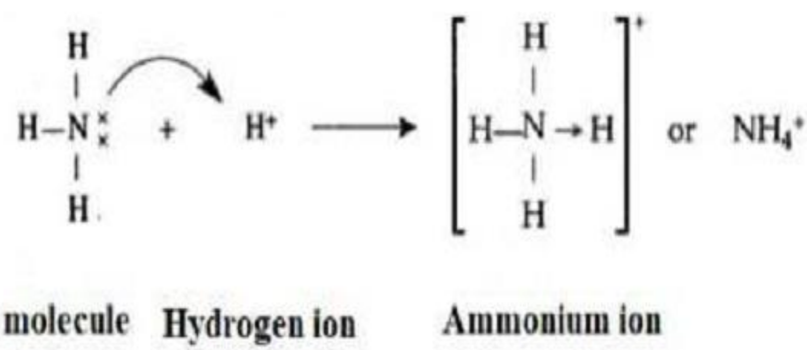
सहसंयुज बंध असलेल्या संयुगांचे गुणधर्म:-

1) हया पदार्थाचा द्रावणांक (Melting Point) व उत्कलन बिंदु (boiling Point) कमी असतो.
2) हे पदार्थ उष्णता व विद्‌युत दुर्वाहक (bad conductor of heat and electricity) असतात.
3) हे पदार्थ ध्रुवीय द्रावकामध्ये विरघळत नाही तर कार्बनी द्रावकामध्ये विरघळतात. उदा. Benzene, carbon tetra chloride इत्यादी द्रावकामध्ये विरघळतात.
4) हे पदार्थ मृदू, वितळणशिल आणि अस्थिर (Volatile)असतात.
5) हे जास्त करून द्रव व वायुरूप अवस्थेत असतात.

4.2.3 समन्वय बंध: Co-ordinate bond / dative bond:

हा बंध सहसंयुज बंधाप्रमाणेच आहे. हा असा सहसंयुज बंध आहे की ज्यामध्ये भागीदारी झालेली दोनही इलेक्ट्रॉनस एकाच अणू मधून येतात. तो अणू असा असतो की ज्या मध्ये कमीत कमी एक तरी अबदध जोडी असते म्हणजे lone pair of electrons असतात.
साध्या सहसंयुज बंधामध्ये प्रत्येक अणू रासायनिक बंधासाठी एक-एक इलेक्ट्रॉन पुरवतो. तसे इथे होत नाही. ज्या अणूने भागीदारी करण्यासाठी इलेक्ट्रॉनस ची जोडी दिलेली असते त्याला दाता अणू ; (Donar atom) म्हणतात आणि ज्या दुस-या अणूने इ इलेक्ट्रॉनसचे अष्टक पुर्ण करण्यासाठी जोडी स्विकारली आहे त्याला स्विकारणारा अणू (Accepter atom) म्हणतात.
समन्वय बंध →अशा बाणाने निर्देषित केला जातो, म्हणजेच दाखवला जातो. हया बाणाचे टोक स्विकारणा-या अणू कडे असते.

उदा. NH_4^+ आयनची निर्मिती (Formation of ammonium ion) अमोनियम आयन हा अमोनिया व हायड्रोजन आयन (H^+) मुळे होतो.



अमोनियाच्या रेणू मध्ये नायट्रोजन अणू प्रत्येकी तीन हायड्रोजन अणूंशी सहसंयूज बंधाने जोडलेला असतो तरीही नायट्रोजनकडे इलेक्ट्रॉनसची एक जोडी सहसंयुज बंधात नसते तीला अबद्ध जोडी (Lone pair of electron) म्हणतात. ही जोडी नायट्रोजनचा अणू हायड्रोजन आयन बंध भागीदारीसाठी देतो व अशा प्रकारे $N \rightarrow H$ समन्वय बंध अमोनिअम आयन मध्ये तयार होतो.

समन्वय बंध असणा-या संयुगाचे गुणधर्म:

1) हया पदार्थांचा द्रावणांक व उत्कल बिंदू हे आयनिक संयोगा पेक्षा कमी असतो तर सहसंयुज बंधापेक्षा जास्त असतो.
2) हा बंध असलेले संयुगे दिशात्मक (Directional) असतात.
3) ही संयुगे अल्पप्रमाणात विद्राव्य / विरघळतात असतात.
4) शक्यतो सर्व समन्वयक बंध असणारे संयुगे कार्बनी द्रावकामध्ये विरघळतात.

4.2.4 हायड्रोजन बंध (Hydrogen bond):

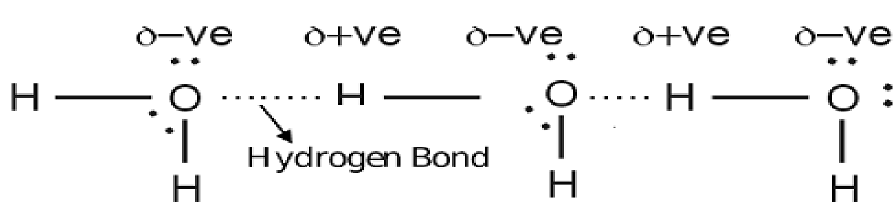
नायट्रोजन, ऑक्सिजन आणि फल्युओरिन ही उच्च विद्युत ऋणता असलेली मुलद्रव्ये आहेत. ही मुलद्रव्ये जेव्हा हायड्रोजन अणूषी जोडली जातात आणि सहसंयुज बंध निर्माण होतो तेव्हा सहसंयुज बंधाचे इलेक्ट्रॉन जास्त असलेल्या विद्युत ऋण अणूकडे खेचले जातात व त्या अंषिक धन प्रभारित हायड्रोजन अणू (H+ ·) इतर जास्त विद्युत ऋण प्रभार असलेल्या दुस-या रेणूमधील अणूषी बंध तयार करतो त्याला हायड्रोजन बंध म्हणतात.हा सहसंयुज बंधापेक्षा दुर्बल असतो. हा बंध '..........' अशा रेशेने दर्शवितात हायड्रोजन बंध दोन अणूमधील सेतुबंध म्हणून काम करतो.

व्याख्या:एका रेणूचा H अणू दुस-या रेणूच्या विद्युत ऋण (N, O, F) ज्या आकर्षण बलाने बांधला जातो त्याला हायड्रोजन बंध म्हणतात

हायड्रोजन बंधाचे प्रकार:-

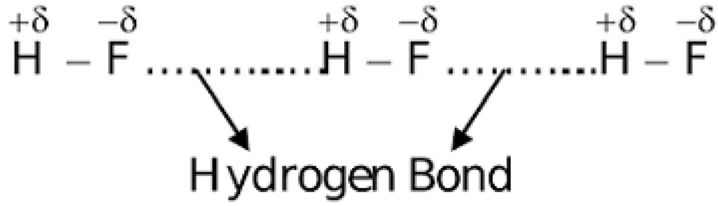
1) आंतररेणू हायड्रोजन बंध (रेणू दरम्यान) : Inter-molecular H-bonding एकाच किंवा वेगवेगळया संयुगातील दोन वेगवेगळया संयुगातील दोन वेगवेगळया रेणू दरम्यान हा बंध तयार होतो.

उदा. पाण्यातील आंतर रेणू हायड्रोजन बंध



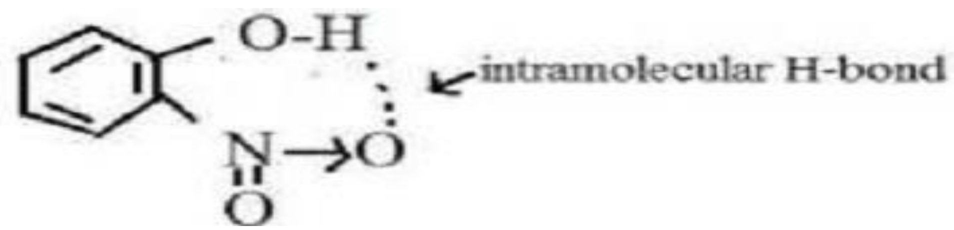
H- बंधामुळे पाण्याचा उत्कलन बिंदू (boling point) वाढतो.

उदा. हायड्रोजन बंध: फ्लोराईड मधील आंतर रेणू 'हायड्रोजन बंध'



2) अंतः रेणू हायड्रोजन बंध (रेणूच्या अंतर्भागात) एकाच रेणू मधील दोन तिव्र विद्युत ऋण अणूमध्ये असलेल्या हायड्रोजन अणूशी हा बंध तयार होतो.

उदा. Ortho nitro phenol मधील अंतःरेणू हायड्रोजन बंध

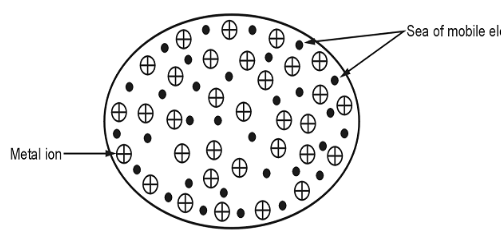


हायड्रोजन बंध असलेल्या संयुगाचे गुणधर्म:-

1) रेणू दरम्यान असलेल्या बंधापैकी एक मजबूत आहे परंतु आयनिक किंवा सहसंयुज बंधापेक्षा दुर्बल असतात.

2) आंरतरेणू Hydrogan बंधामुळे द्रावणांक, वितलन बिंदू (Melting point) द्रावनियता (solubility), पृष्ठीय ताण (Surface tension) इत्यादी गोष्टी वाढतात. तर आंतररेणू बंध विरूध्द परिणाम दाखवतात.

4.2.5 धात्वीय बंध: (MetallicBond)



धातूच्या स्पटिका मध्ये, धातुंचे अणू जेव्हा शेवटच्या कक्षेतील इलेक्ट्रॉन सोडतात तेव्हा धातूंचे धन प्रभारित आयन (kernel) तयार होतात आणि इलेक्ट्रॉन चा सागर electron sea तयार होतो. धातूंचे धन प्रभारित आयन म्हणजे स्थिर राहतात. स्थान सोडलेले भ्रष्ट इलेक्ट्रॉन (Delocalized electrons) फिरत (Mobile)असतात. स्थान भ्रश्ट इलेक्ट्रॉन (Delocalized electrons) आणि धन प्रभारित धातूचे आयन (kernel) यांच्यातील विदयुत आकर्षण बला म्हणतात धात्वीय बंध म्हणतात.

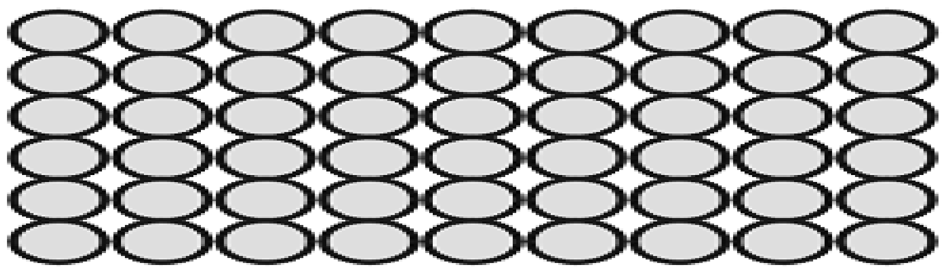
धात्वीय बंधांची ताकद ही धातुच्या शेवटच्या कक्षेत असलेल्या इलेक्ट्रॉन च्या संख्येनुसार वाढते तसेच धातूच्या अणुची साईज तेवढी त्याची ताकद जास्त असते.

धातूंचे गुणधर्म

1 धातूंना चमक (luster) असते.
2 धातूंना विदयुत वाहकता (Electrical conductivity) आणि औश्णिक वाहकता (Thermal conductivity) असते.
3 धातूंना वर्धनीयता (Thermal conductivity) व तन्यता (ductility) असते.
4 धातूंना ताणशक्ती (tensile strength) असते व कठिणता (hardness) असते.
5 धातूंना लवचिकता (elasticity) असते.

4.3घन, द्रव व वायू पदार्थाचे रेण्वीय व्यवस्थापन (Molecular arrangement of Solid, Liquid and Gas) :

अ) **घनपदार्थाचे रेण्विक व्यवस्थापन व संरचना:-**



घन पदार्थाचे घटक कण घट्ट पॅक केलेले असतात. त्यांच्यातील जागा (Intermolecular spaces कमी असतात .त्यांच्यातील आकर्षण (Intermolecular forces) मजबूत असतात. त्यामुळे त्याची मुक्त हालचाल शक्य होत नाही. त्यामुळे धनपदार्थ त्यांचा आकार टिकवून ठेवतात धनपदार्थ ताठर (rigid) असतात.

उदा. धातू

ब) द्रव पदार्थाचे रेण्विय व्यवस्थापन व संरचना

द्रव पदार्थाचे घटक कण सैल पॅक केलेले असतात. द्रव पदार्थाच्या मोठया प्रमाणात रेणूंच्या जागा मोकळया असतात रेणूमधील आकर्षण बले धनपदार्था पेक्षा कमी असते त्यामुळेच रेणूना गती शक्य होते. द्रवपदार्थ दृढ नसतो व त्यांना स्वतःचा आकार नसतो. ज्या आकारच्या भांडयात टाकले त्या भांडयाचा आकार घेतात.

उदा.पाणी

क) वायूपदार्थातील रेण्विय व्यवस्थापन व संरचना

वायू पदार्थातील रेणूंमध्ये आकर्षण बल कमीत कमी असते रेणूंना गतीचे जास्तीत जास्त स्वातंत्र्य असते. म्हणून वायूंना निश्चित आकार नसतो.

उदा. हवा

4.4 घनपदार्थ

हा घनपदार्थ हे कठोर असतात त्यांना निश्चित आकार असतो व त्याचे घटक कण व्यवस्थित पुनरावृत्तीच्या रीतीने तर कधी कधी अनियमितरित्या सुध्दा घट्ट पणे पॅक केले जातात हे घटककण अणू, आयन, रेणूंनी बनलेले असतात हे घटक कण एक निश्चित स्थानी असतात व ते जागा बदलू शकत नाही ते फक्त त्यांच्या जागी Vibrate किंवा Oscilate होतात.

घनपदार्थाचे मुख्य दोन प्रकार पडतात.

4.4.1 स्फटिकी घनपदार्थ (Crystalline Solid) :

हया प्रकारच्या घनपदार्थामध्ये, घटक कण - अणू, आयन किंवा रेणू (atom, ion, molecule) एका विशिष्ट आवर्ती आकृतीबंधात रचलेले असतात. हया घटक कणाची संरचना व्यवस्थित आणि शिस्तबध्द (orderly and regular arrangement) असते आणि ती तीनही दिषांना पुनरावर्तीत होऊन स्फटिकी घनपदार्थ निर्माण होतो. उदा.मीठ, साखर, हिरा, ग्राफाईट, सल्फर इ.

स्फटिकी घनपदार्थांचे गुणधर्म

1.स्फटिकी घनपदार्थाचे घटक कणाची संरचना व्यवस्थित व शिस्तबध्द (Regular) असते.

2. स्फटिकी घनपदार्थ, एकक कोष (unit cell) नावाच्या अनेक सूक्ष्म स्फटिकांचा समूह असतो.

3.हे घनपदार्थाचे long range order हे वैषिश्टये आहे.

4.शुध्द स्फटिकी घनपदार्थांना निश्चित द्रवणांक (melting point) असतो.

5.स्फटिकी घनपदार्थाचे अपवर्तनांक (Refarative Index), विदयुत प्रवहन (Electrical conductivity)), पराविदयुतांक (Dielectric emstant) असे काही गुणधर्म हे दिशा बदलल्याने बदलतात. दिशात मापन केल्यास भौतिक गुणधर्मांची निरनिराळी मुल्ये दाखविण्याच्या क्षमतेला स्फटिकी घनपदार्थांची विशम दैषिकता (anisotropy) म्हणतात.

6.धारधार चाकूने जर आपण स्फटिकी घनपदार्थ कापला तर त्याचा तुकडा योग्य दिशे ला कापला जातो. (Perfectly Cleaved)

4.4.2 अस्फटिकी घनपदार्थ (Amorphous Solid)

ज्या पदार्थांचे कण शीस्तबध्द संरचनेत नसूनही ते घन पदार्थासारखे दिसतात. त्यांना अस्फटिकी घनपदार्थ म्हणतात.

उदा.डांबर, काच, प्लॅस्टिक (Plastic), रबर, लोणी, कोळसा, स्टार्च, प्रोटिन इ.

अस्फटिकी घनपदार्थाचे गुणधर्म :

1. हया घनपदार्थांची आंतरिक संरचना शीस्तबध्द नसते.
2. त्यांना long range order नसते म्हणजेच short range order असते. याचा अर्थ थोडयाच अंतरावर त्याची संरचना शीस्तबध्द असते परत नियमित व आवर्ती आकृतीबंध नसतात. घटक कणांची संरचना कमी पल्ल्यापर्यंतच असते. घटक कणांची संरचना कमी पल्ल्या पर्यंतच असते.
3. त्यांना सुस्पष्ट द्रवणांक नसतो. तापमानाच्या एका टप्प्यावर ते isotropic विरघळतात.
4. हया पदार्थाचे भौतिक गुणधर्मात दिशेनुसार बदल होत नाही. याचा अर्थ ते असतात.
5. धारधार चाकूने जर अस्फटिकी पदार्थ कापला तर त्याचा तुकडा कशाही प्रकारे तुटतो.

4.4.1 स्फटिकी घनपदार्थाचे वर्गीकरण: (Classification of crystalline solid):

घन स्फटिकाच्या स्थायित्वाला जबाबदार असणा-या आकर्षण बलामुळे त्याचे वर्गीकरण करता येते.

1) रेण्वीय घनपदार्थ Molecular solid
2) आयनिकघनपदार्थ (Ionic Solid)
3) सहसंयुज घनपदार्थ (Covalent solid)
4) धात्वीय घनपदार्थ (Metallic solid)

1) रेण्वीय घनपदार्थ (Molecular solid) :

रेण्वीय घनपदार्थातील घटक कण त्याच संयुगाच्या रेणूंनी बनलेले असतात. स्फटिक निर्मितीत समाविष्ट रेणू व शेजारच्या रेणूंमधील आकर्षण बलानुसार त्यांचे 3 उपविभाग आहेत

अ) ध्रुवीय रेण्वीय घनपदार्थ (Polar molecular solid)

सहसंयुज बंध (Covalent bonding) असलेले HCl, SO_2, NH_3 असे पदार्थ तापमान व दाबाच्या सामान्य स्थितीत वायू रूप् असतात त्यांचे शीतन / थंड करून त्यांच्यावर उच्च दाब प्रयुक्त केल्यास त्यांचे द्रवीकरण व नंतर घनीकरण करता येते.ध्रुवीय रेण्वीय घनपदार्थातील, रेणू, व्दिध्रुव बंधाव्दारे (Dipole-dipole forces) एकत्र ठेवले जातात. हे घनपदार्थ मृदू असून विदयुत वाहक नसतात. बंध मजबूत नसल्याने त्याचा द्रवणांक (Melting Point) कमी असतो.

ब) अध्रुवीय रेण्वीय घनपदार्थ : (Non-Polar molecular solid)

सहसंयुज बंध असलेले CO_2, H_2, Cl_2, CH_4 रेणू कमी तापमानावर अध्रुवीय घनपदार्थ निर्माण करतात तर I_2 (Iodine/ आयोडीने) सामान्य तापमानावर घन असतो. हे घनपदार्थ मृदू असून विदयुतवाहक नसतात. यांचा द्रवणांक ध्रुवीय रेण्वीय घनपदार्थापेक्षा कमी असून ते लंडन बले किंवा सौम्य अपस्करण (Dispersion forces or London forces) बलाव्दारे एकत्र असतात.

क) हायड्रोजन बंधयुक्त घनपदार्थ (Hydrogen Bonded solid)

हायड्रोजन अणू आणि ऑक्सिजन (O) / नायट्रोजन (N) / फ्लोरिन (F) सारखे तीव्र ऋणप्रभारीत अणू यांच्यात सहसंयुज बंध असला तर हायड्रोजन वर अतिरिक्त धनप्रभार जमा झाल्याने जवळच्या दुस-या रेणू मधील तीव्र ऋणप्रभारीत अणूंबरोबर अतिरिक्त हायड्रोजन बंध निर्माण होतो.

उदा. पाण्याच्या एका रेणूतील हायड्रोजन अणूचा त्याच्या जवळच्या रेणूतील ऑक्सिजनबरोबर होणा-या हायड्रोजन बंधामुळे घन बर्फ तयार होतो हे घनपदार्थ विदयुत वहन करीत नाहीत. तापमान व दाब सामान्य असताना हे द्रव किंवा वायू असतात. शितनानंतर त्यांचे घनीकरण होते.

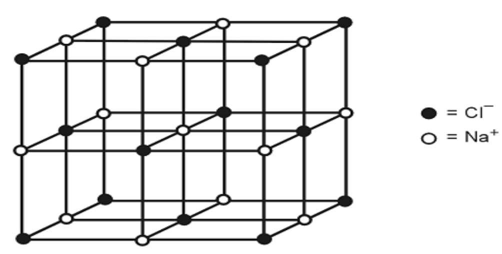
2)आयनिक घनपदार्थ : **(Ionic Solid)**

सर्व क्षार स्फटिकी असतात त्यांना आयनिक घनपदार्थ म्हणतात. ज्या रेणूत धनप्रभारित लहान कटायन cation व ऋणप्रभारीत मोठे अनायन असतात Anion त्यांच्यापासून आयनिक क्षार बनतात.

आयनांतील प्रभार व संरचना अशी असते की ते एकमेकांना संतुलित करतात व रेणू विदयुतदृष्ट्या उदासीन असतात. दोन विरूध्द प्रभार असलेल्या आयनांमधील विदयुत स्थिनिक (Electrostatic force of attaraction) आकर्षण बले अत्यंत शक्तीशाली असतात विरूध्द बले पूर्णपणे संतुलित होतील अशी cation व anion यांची त्रिमितीय संरचना असल्याने आयनिक घन कठिण, ठिसूळ व उच्च (High) द्रवणांकाचे (melting point) असतात. मुक्त इलेक्ट्रॉन नसल्याने ते विदयुतवाहक नसतात. यांच्या पाण्यातील द्रावणात किंवा वितळलेल्या स्थितीत विदयुत वाहनासाठी आयन उपलब्ध होतात.

उदा. स्फटिकी NaCl, KNO_3,

Structure of NaCl



सोडीयम क्लोराईडचे स्फटिकी जालक cubic clased packed / face contred cubic packed असते. ज्यामध्ये सोडियम (Na^+) आयन हा सहा क्लोराईड (Cl^-) आयन भोवती असतो तसेच क्लोराईडच्या (Cl^-) आयन भोवती सहा सोडीअमचे आयन (Na^+) असतात

3)सहसंयुज घनपदार्थ (Covalet Solids):

सहसंयुज घनपदार्थात घटक कण म्हणजे अधात्विय अणू (Non-metallic element) हे मजबूत सहसंयुबंधानी बांधलेले असतात. यांना महाविशाल घन म्हणतात (giant solid यांचा द्रवणांक (Melting Point) उच्च असतो त्यांच्यातील सहसंयुज बंधाच्या क्षमतेनुसार ते कठीण hard किंवा ठिसूळ brittle असतात. भ्रमणशील इलेक्ट्रॉन उपलब्धतेनुसार ते कमी अधिक विदयुतवाहक असतात.

उदा. ग्राफाईट, हिरा, कोळसा, फूलरीन (fullerene) ही कार्बनची अपरूपे सहसंयुज घनपदार्थ आहेत.

4) धात्वीय घनपदार्थ (Metallic solid) :

धात्वीय घनपदार्थ एकाच धातूंच्या अणूंपासून बनतात स्फटिकाच्या अंतरालात (space lattice) बंध निर्माण करणारे इलेक्ट्रॉन स्थानभ्रष्ट (delocalised) असतात ते स्फटिकाच्या अंतरभागात स्वैर (free) संचार करू शकतात. बंध निर्माण करणा-या इलेक्ट्रॉन यात जणू सागरच असतो(electron sea) धन आयनाच्या, स्वरूपात स्फटिकातील धातूचे अणू या इलेक्ट्रॉन सागरात बीजक (kernel) रूपाने असतात व त्यांची जागा स्थिर असते. ऋणप्रभारीत मुक्त इलेक्ट्रॉन सागर व धनप्रभारित धात्वीय आयन यांच्यातील आकर्षण बलाला धात्वीय बंध म्हणतात.

धात्वीय घनपदार्थाचे गुणधर्म (Properties of Metallic solid)

1) धातूची चमक ही स्थानभ्रश्ट इलेक्ट्रॉन्समुळे delocalized electrons असते.

प्रकाश जेव्हा धातुच्या पृश्ठभागावर पडतो तेव्हा delocalized electrons प्रकाश Photons of light शोषुन घेतात व दोलन oscillating सुरू होते. दोलन करणारे इलेक्ट्रॉन प्रकाषाच्या स्वरूपात विदयुत चुंबकीय ऊर्जा उत्सर्जित करतात. म्हणजे प्रकाश Incident light पृश्ठभागावरून प्रतिबिंबीत होतांना दिसतो व पृश्ठभाग चमकतो.

2) विदयुत वाहकता (Electrical conductivity धातुंना विदयुत वाहकता त्याच्यातील भ्रमण इलेक्ट्रॉन मुळे (delocalized electron / Mobile electrons) येते.

3) औश्णिक वाहकता Thermal conductivity: औश्णिक वाहकता ही धातुच्या

शेवटच्या कक्षेतील मुक्त इलेक्ट्रॉन मुळे असते. धातू उश्ण भागाकडून थंड भागाकडे उष्णतापाठवतात.

4) वर्धनीयता व तन्यता (Malleability & Ductility) वर्धनीयता म्हणजे धातुंचा पत्रा (sheet) बनवणे तर तन्यता म्हणजे धातूपासून तार (wire) बनवणे.

5) ताणशक्ती / ताणासंबंधीची शक्ती (Tensile strength) न तुटता, ओझे (load) वाहुन नेण्याची किंवा सहन करण्याची ताकद म्हणजेच धातूची ताणशक्ती होय.

6) लवचिकता (Elesticity): हया गुणधर्मामुळे स्ट्रेचिंग बल सोडताच धातू मूल आकार मिळवू षकतो.

7) कठोरता (hardness) - घर्षण किंवा झीज (wear or abrasion) ला धातू प्रतिकार करू शकतात हया प्रतिकार करण्याच्या गुणधर्माला कठोरता (hardness) म्हणतात.

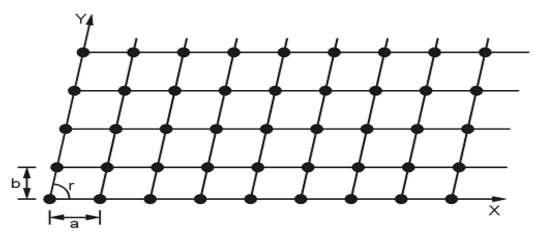
एकक कोष व स्फटिक जालक : (Unit cell and Crystal Lattice)

स्फटिकी घनपदार्थाचे (Crystalline solid) घटक कण : (constituent particles) म्हणजेच अणू, आयन, रेणू (atom, ion, molecule) एका विषिश्ट आवर्ती बंधात रचलेले असतात.

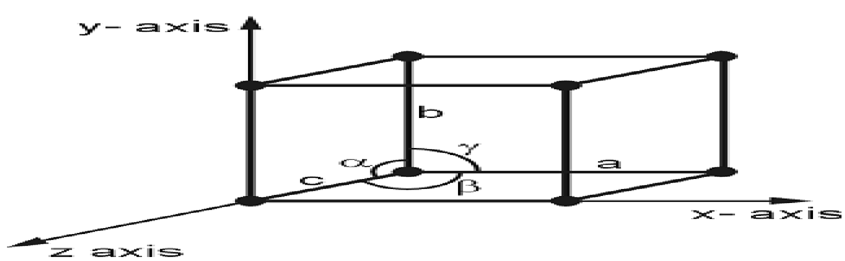
हया घटक कणांची जागा समान बिंदू किंवा समान गोळा किंवा समान चेंडू ने दाखवतात. अशा अगणित बिंदूच्या संचाला अवकाश जालक (space lattice) म्हणतात. घटक कणांची जागा ज्या बिंदूने दर्शविली जाते त्यांना जालक बिंदू (Lattice point) म्हणतात.

1) **एक मितीय जालक बिंदू (One dimensional lattice points – along x-axis)**

2) **व्दिमितीय जालक बिंदू Two-dimensional lattice points – along x and y axis)**



3) **त्रिमितीय जालक बिंदू (Three-dimensional lattice points – along x, y and z axis)**



स्फटिक जालकामध्ये : (crystal lattice) मध्ये घटक कर्णाची मांडणी (Arrangement) तीनही दिषांना व्यवस्थित व प्रमाणबध्द (regular and ordered) असते.

जालक बिंदू (lattice point) हे जास्तीत जास्त चांगल्या प्रकारे दाखविता येतात हे फ्रेंच गणिती ब्राव्हाईस (Bravais) यांनी सिध्द केले.

एकक कोष (Unit cell)-

''स्फटिकी घनपदार्थाचे लहानात लहान आवर्ती (Periodic) संरचनीय एकक म्हणजे एकक कोष''.

एकक कोष सर्व दिषांना पुनरावर्तीत होऊन स्फटिकी घनपदार्थ निर्माण होतो.एकक कोष हा पूर्ण स्फटिकाचा आकार दर्शवितो.एकक कोषाची आकृती सहज समजण्यासाठी कागदावर घटक कणांची केंद्रे सरळ रेशेत जोडली जातात. रेशांचा छेदनबिंदू हा घटककण असतो त्याला जालक बिंदू (Lattice Point) म्हणतात.

स्फटिकातील कणांची एका नियमित आवर्ती आकृतीबंधात संरचना असते. स्फटिकातील कोणताही जालक बिंदू स्फटिकातील दुस-या कोणत्याही तषाच परिसर वातावरणातील जालक बिंदू सारखाच असतो.समान जालक बिंदूच्या समूहाला अवकाश जालक (Space Lattice) म्हणतात. जालक ही एकमेकांना कर्णात ओलाडणा-या पट्टयाची संरचना असते. जालक बिंदू हे जास्तीत जास्त 14 वेगवेगळया प्रकारे दर्शविता येते हे फ्रेंच गणिती Bravais यांनी सिध्द केले आहे.

स्फटिकातील घटक कण हे बिंदूने दाखवून स्फटिकाचे जालक काढता येते. जालक बिंदू सरळ रेशेने जोडून जालकाचा भौमितीक आकर मिळतो हा आकार एकक कोषाच्या आकारावर अवलंबून असतो.

एकक कोषाचा आकार त्याच्या तीनही बाजूंची लांबी अनुक्रमे a, b, c व त्यांच्या ती बाजूंमधील कोन (α, β, γ) या घटकांवर अवलंबून असतो, हया घटकांना Unit parameters म्हणतात.α हा b व c बाजंूमधील 'β हा a व c बाजूंमधील तर γ हा a व c बाजूमधील असतो. बाजू व कोन बदलून सात निराळया प्रकारे घटक कणांची स्फटिकातील संरचना करता येते.

स्फटिकी जालकांच्या व्यवस्था सात पध्दती खालीलप्रमाणे आहे.

Sr. No.	स्फटिकी जालक **(Crystal Lattice)**	बाजू **(Edge length)**	बाजूंमधील कोन **(Axial Angle)**
1	घनाकृती (cubic)	$a=b=c$	$\alpha=\beta=\gamma=90^0$
2	चतुष्कोनीय (Tetragonal)	$a=b\neq c$	$\alpha=\beta=\gamma=90^0$
3	समचतुर्भुती (Orthorhombic)	$a\neq b\neq c$	$\alpha=\beta=\gamma=90^0$
4	षट्पृश्ठीय (Hexagonal)	$a=b\neq c$	$\alpha=\beta=90^0, \gamma=120^0$
5	समचतुर्भुज पृश्ठीय (Rhomohydral)	$a=b=c$	$\alpha=\beta=\gamma\neq 90^0$
6	एकनताक्ष (Monoclinic)	$a\neq b\neq c$	$\alpha=\beta=90^0, \gamma\neq 90^0$
7	त्रिनताक्ष (Triclinic)	$a\neq b\neq c$	$\alpha\neq\beta\neq\gamma\neq 90^0$

खालील दोन प्रकारचे एकक कोष वेगवेगळया (7 crystal system of 14 Bravais Lattice) तयार करतात.

1) सरल एकक कोष - हया मध्ये घटक कण फक्त आकृतीच्या कोप-यावर असतात (Primitive unit cell)
2) असरल एककोष (Non-Primitive or centerd unit cell) हयामध्ये घटक कण आकृतीच्या कोप-यावर तर असतातच परंतु केंद्रस्थानी पण असतात असरल एकक कोषाचे तीन प्रकार पडतात.
3) शरीर केंद्रित एकक कोष (Body centerd unit cell) हयामध्ये घटककण कोप-यावर तसेच आकृतीच्या मध्यावर असतो.
4) पृश्ठकेंद्रित एकक कोष (Face centerd unit cell) हयामध्ये घटक कण आकृतीच्या कोप-यावर तसेच प्रत्येक पृश्ठाच्या मध्यावर असतो.
5) अंतःकेंद्रीत एकक कोष (End centerd unit cell) हयामध्ये घटक कण आकृतीच्या कोप-यावर तसेच दोन समांतर / विरूध्द पृश्ठाच्या मध्यावर असतात.

घनाकृती चे जालके (Types of Cubic lattices)

घनाकृती स्फटिकामध्ये तीनही बाजू (a, b, c) सारख्याच लांबीच्या असतात. म्हणजे $a=b=c$ तसेच दोन बाजूमधील कोन हा काटकोन असतो म्हणजे सर्व कोन 90^0 अंशाचे असतात. $\alpha=\beta=\gamma=90^0$ हयाचा अर्थ ज्या स्फटिकाचे घनाकृती हे एकक कोष आहे असे तीन प्रकारचे एकक कोष असतात.

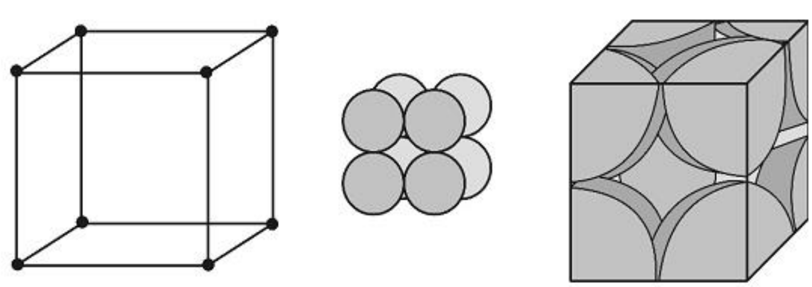
1) सरल / साधा / प्राथमिक घनाकृती एकक कोष (Simple Cubic Unit Cell / Primitive unit cell)
2) शरीर केंद्रित घनाकृती एकक कोष (Body centred cubic unit cell)
3) पृश्ठकेंद्रित घनाकृती एकक कोष (Face centred cubic unit cell)

1) सरल घनाकृती एकक कोषः-

हया एकक कोषात घटक कण म्हणजेच अणू / आयन / रेणू हे फक्त घनाकृतीच्या आठ कोप-यात असतात. त्यांना (घटक कणांना) तीनही दिषांना पुनरावर्तित (repeatation) करून स्फटिकाची संरचना केली जाते. या एकक कोषाच्या प्रत्येक कोप-यातील घटक कण लगतच्या आठ कोषामध्ये सामायिक असतो. त्यामुळे प्रत्येक

कोषात प्रत्येक कोप-यातील घटक कवाचा 1/8 भाग म्हणून प्रत्येक कोषात $8\,X\,\frac{1}{8}=1$ घटक कण असतो.

i.e. No of atoms per unit cell = $8\,X\,\frac{1}{8}=1$

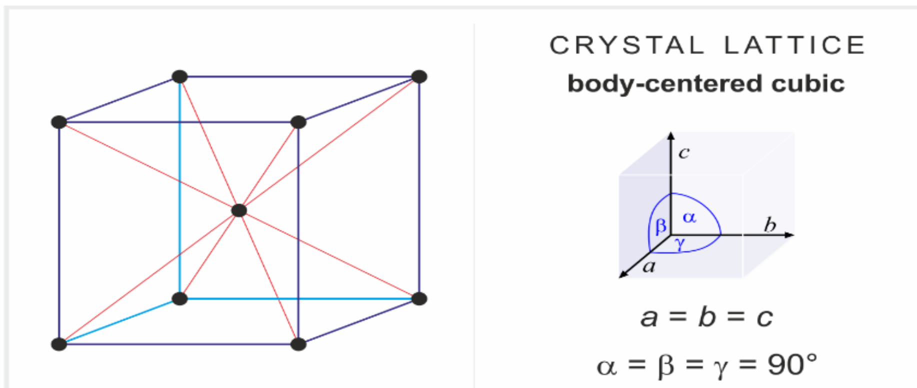


2) शरीर केंद्रित घनाकृती एकक कोष (Body centred cubic unit cell) :-

हया एकक कोषात प्रत्येक कोप-यावर एक घटक कण असतोच परंतु घनाकृतीच्या मध्यात एक घटक कण असतो. सरल घनाकृतीच्या एकक कोषाप्रमाणे यातही आठ कोप-यातील प्रत्येक घटक कण लगतच्या आठ कोषांमध्ये सामायिक असतो. त्यामुळे प्रत्येक

कोप-यातील कणाचा 1/8 भाग म्हणून प्रत्येक कोषात $8 X \frac{1}{8} = 1$ घटक कण व मध्यातील एक कण मिळून दोन घटक कण होतात.

i.e. No of atoms per unit cell = $8 X \frac{1}{8} + (1) = 2$



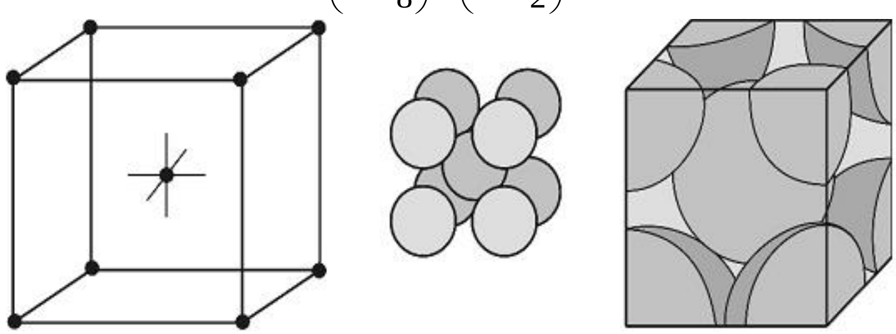
3) पृश्ठकेंद्रित घनाकृती एकक कोष (Face centred cubic unit cell) :

हया एकक कोषात प्रत्येक कोप-यावर एक घटक कण असतोच तसेच प्रत्येक पृश्ठाच्या मध्यावर एक घटक कण असतो.

सरल घनाकृतीच्या एकक कोषाप्रमाणे यातही आठ कोप-यातील प्रत्येक घटक कण लगतच्या आठ कोषामध्ये सामायिक असतो व पृश्ठाच्या मध्यातील घटक कण शेजारच्या दोन कोषात सामायिक असतो.

त्यामुळे प्रत्येक कोप-यातील कणाचा 1/8 भाग म्हणून प्रत्येक कोषात $8 X \frac{1}{8} = 1$ घटक कण व सहा पृश्ठातील $6 X \frac{1}{2} = 3$ घटक कण मिळून प्रत्येक कोषातील एकंदर घटक कणांची संख्या चार होते.

i.e. No of atoms per unit cell = $\left(8 X \frac{1}{8}\right) + \left(6 X \frac{1}{2}\right) = 4$



3 Hexagonal Closed Pack षटकोनी धनसंकुल संरचना

गोळयाची प्रतलिय रचना करतांना एका ओळीतील शिखा व दुस-या ओळीतील दोणींना लागून मांडणी केल्याने संहत व पक्की संरचना होते.

पहिली ओळ A दुसरी B, तिसरी A चैथी B अशा मांडणीने ABAB प्रतलीय संरचना (आकृती दाखविल्या प्रमाणे) मिळते.

12 कोप-यातील कणाचा 2 अणू

2 पृश्ठातील 1 अणू

आतील बाजूस ३ अणू

एकूण 6 अणू

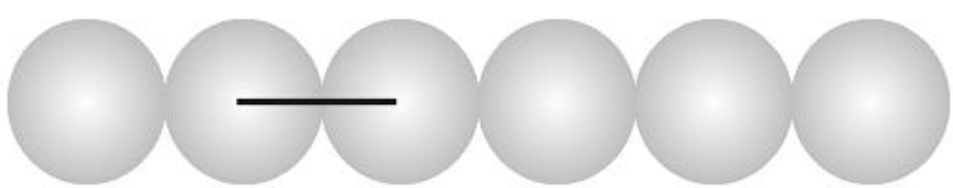
घनपदार्थाचे संकुलन (Packing of crystals) आणि को- ऑर्डिनेशन नंबर: (Co-ordination Number)

सरल घनाकृतीच्या एकक कोषात 52.4 % भाग घटक कणांनी व्यापलेला व उरलेला 47.6 %: मोकळा असतो त्याला पोकळी म्हणतात.शरीर केंद्रित घनाकृतीच्या एकक कोषात 68% भाग घटक कणांनी व्यापलेला असतो व उरलेला 32% पोकळी असते.समपृश्ठ केंद्रित घनाकृतीच्या एकक कोषात 74% भाग घटक कणांनी व्यापलेला असतो व उरलेला 26% पोकळी असते.अधिक घटक कण (गोळे) बसवून पोकळी कमी करणे ही स्फटिकी जालकाची सर्वांत कार्यक्षम संरचना असते. यांना घन संकुलन म्हणतात(Close packing) हया घटक कणांचे स्फटिकामध्ये संकुलन समजण्यासाठी सर्व घटक कणांचा आकार एकाच आकाराच्या चेंडूप्रमाणे) किंवा गोळयाप्रमाणे दाखवितात.

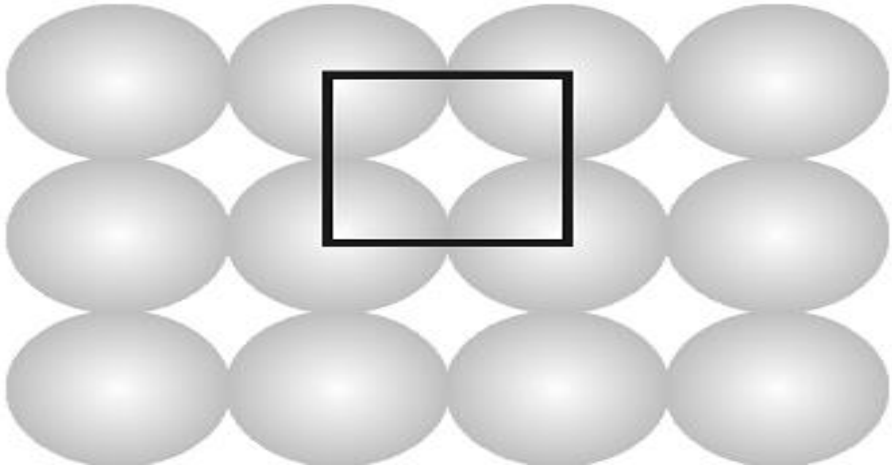
1)सरल घनाकृतीचे संकुलन : (Simple cubic packing crystal)

सरल घनाकृतीमध्ये सर्व बाजू सारख्या असतात व सर्व बाजूंमधील कोन 90^0 अंशाचे असतात.

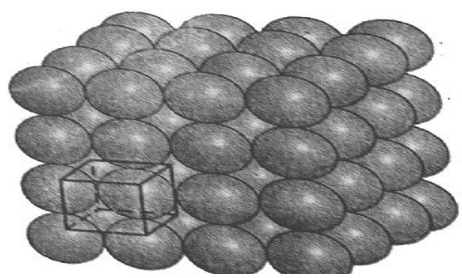
i.e. Unit parameter $a = b = c, \text{and } \alpha = \beta = \gamma = 90^0$



एकमितीय गोळयांच्या संरचनेचे पुनरावर्तन करून पहिल्या रांगेतील प्रत्येक गोळा पुढच्या रांगेतील गोळयाला स्पर्श करेल अशी पुन्हा पुन्हा मांडणी करून बनवलेली व्दिमितीय संरचना बनते.

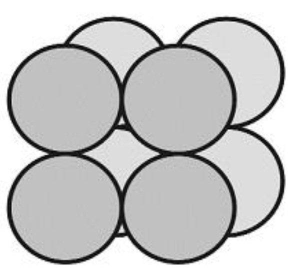


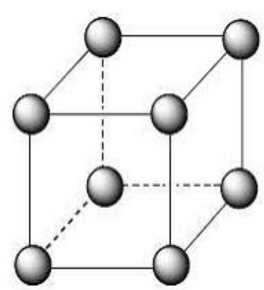
एकमितीय मांडणीत प्रत्येक गोळा षेजारच्या दोन गोळयांना तर व्दिमितीय मांडणीत प्रत्येक गोळा शेजारच्या चार गोळयांना स्पर्ष करतो व्दिमितीय मांडणी पुनरावर्तित करून त्रिमितीय मांडणी बनवली की सरल घनाकृती एकक कोष तयार होतो



त्रिमितीय मांडणीत प्रत्येक गोळा व्दिमितीय प्रतलातील चार, एक वरचा व एक खालचा अशा सहा गोळयांना स्पर्श करतो.

सहबध्दता अंक - Co-ordination Number





''एक गोळा जितक्या गोळयांच्या संपर्कात असेल म्हणजे किती गोळयांना स्पर्श करत असेल. त्या संख्येला त्या आकृतीचा सहबध्दता अंक म्हणतात.''

सरल घनाकृतीच्या किंवा त्याच्या एकक कोडयातील गोळयाचा सहबध्दता अंक सहा आहे.

उदाहरण Polonium (P_0)

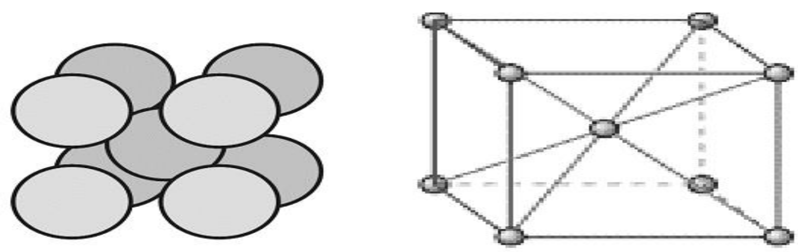
2)शरीर केंद्रित आकृतीचे संकुलन (Body centred cubic (BCC) crystal) :-

Unit Parameter: $\alpha = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^0$

हया प्रकारच्या घनाकृती मिळविण्यासाठी पहिल्या व तिस-या स्तराच्या मधल्या खळग्यात दुसरा स्तर बसवावा लागतो.

थोडक्यात पहिला स्तर सरल घनाकृती प्रमाणे करून दुसरा स्तर दोन गोळयाच्या पोकळी / खळग्यात बसवून तिसरा स्तर हा पहिल्या स्तरावर बसवावा लागतो. प्रत्येक गोळयाची भोवती वरच्या स्तरातील चार व खालच्या स्तरातील चार असे आठ गोळे असल्यामुळे हया संरचनेचा सहबध्दता अंक आठ असतो.

उदा Iron (Fe) Chornium (Cr) Tungsten (W)

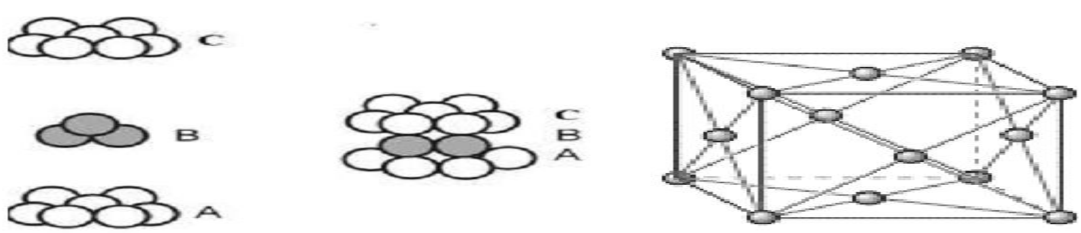


4)समपृश्ठ केंद्रित घनाकृती संरचना:
(Face centred cubic crystal / Cubic Closed Packing Crystal (CCP)

Unit Parameter: $\alpha = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^0$

गोळयाची प्रतलिय (Two dimensional)रचना करतांना एका ओळीतील शीखा (crests) व दुस-या ओळीतील खाच (gaps) लागून मांडणी केल्याने संहत व पक्की संरचना होते.

पहिली ओळ A दुसरी B, तिसरी A, चैथी B अशा मांडणीने ABAB प्रतलीय संरचना (आकृती दाखविल्या प्रमाणे) मिळते.



Hexagonal close packing in two dimensions

केंद्रिय गोळयांच्या शेजारच्या गोळयांची केंद्रे जोडून शटकोन तयार होतो. त्यामुळे याला शटकोनी घन संकुलन म्हणतात. शटकोनी संकुलनात पोकळीचा आकार गोळयापेक्षा फारच छोटा व प्रत्येक केंद्रिय गोळी भोवती सहा रिकाम्या जागा तसेच त्रिकोणी पोकळयांची षिकरे एका आड एक तसेच वर आणि खाली असतात

त्रिमितीय (Three dimensional) संरचना करतांना पहिल्या ABABप्रकारच्या स्तराला आपण सोयीसाठी A म्हणू व दुस-या IABAB प्रकारच्या स्तराला आपण B म्हणू. दुस-या स्तरातील सर्व अश्टपृश्ठकी पोकळया (Octahdral voids) तिस.या स्तरातील गोळयांनी आच्छादित केल्यास A व B स्तरापेक्षा तिसरा स्तर C वेगळा होईल स्तरांची अशी रचना केल्यास चैथा स्तर पहिल्या स्तराप्रमाणे म्हणजे ।ठब्।ठब् ABCABC याला घनाकृती घन संकुलन म्हणतात. Cubic closed packing Crystal (CCP)किंवा Face centred cubic crystal (FCC) म्हणतात.

हया संरचनेत प्रत्येक गोळयाच्या शेजारी स्वतःच्या स्तरातील सहा तसेच वरच्या व खालच्या स्तरात प्रत्येकी तीन असे एकंदर बारा गोळे असल्याने केंद्रिय गोळयांचा सहबध्दता अंक (Co-ordination Number) 12 असतो.
उदाहरण:- Aluminium (Al), Silver (Ag), Copper (Cu), Gold (Au)

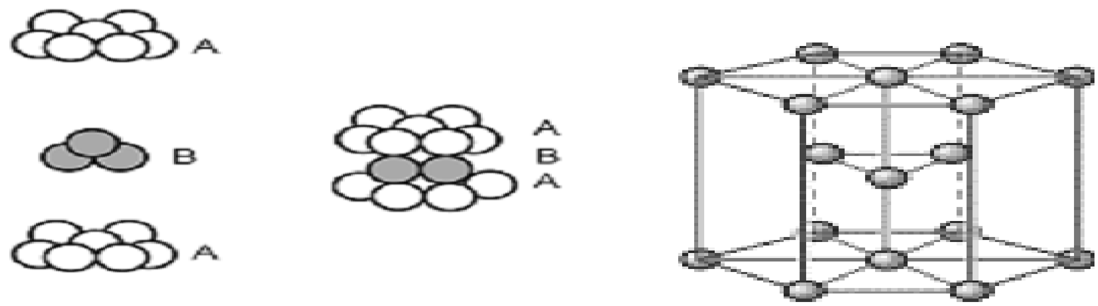
4) षटकोनी धनसंकुलन संरचना (Hexagonal Closed Packing):

गोळयाची प्रतलिय रचना करतांना एका ओळीतील शिखा व दुस-या ओळीतील दोणींना लागून मांडणी केल्याने संहत व पक्की संरचना होते पहिली ओळ A, दुसरी B, तिसरी A, चैथी B अशा मांडणीने ABAB प्रतलीय संरचना (आकृती दाखविल्या प्रमाणे) मिळते.

केंद्रिय गोळयांच्या शेजारच्या गोळयांची केंद्रे जोडून षटकोन तयार होतो. त्यामुळे याला षटकोनी घन संकुलन म्हणतात. षटकोनी संकुलनात पोकळीचा आकार गोळयापेक्षा फारच छोटा व प्रत्येक केंद्रिय गोळी भोवती सहा रिकाम्या जागा तसेच त्रिकोणी पोकळयांची शिखरे एका आड एक तसेच वर आणि खाली असतात.

त्रिमितीय (Three dimensional) संरचना करतांना, पहिल्या ABAB प्रकारच्या स्तराला आपण सोयीसाठी A म्हणू व दुस-या ABAB प्रकारच्या स्तराला आपण B म्हणू.

दुस-या स्तरातील सर्व चतुःपृश्ठकी पोकळया तिस-या स्तरातील गोळयांनी आच्छादित केल्यास तिस-या स्तरातील सर्व गोळे पहिल्या स्तरातल्या गोळयांच्या बरोबर वर असतील. चौथा स्तर दुस-या स्तराप्रमाणेच ठेवून एकंदर संरचना ABABAB प्रकारची होईल. याला षटकोनी धन संकुलन संरचना म्हणतात.



Hexagonal close packing in two dimension

उदाहरण - Cobalt (Co), magnesium (Mg), Zinc (Zn)

Unit-5: Electrochemistry and metal Corrosion, Control Measures

युनिट -५ :इलेक्ट्रोकेमिस्ट्री आणि मेटल कोरोजन, कंट्रोल मेजर

विषय दर्जा विद्यार्जन निष्पत्ती (Course Lev.el Learning Outcome):

- उद्योगात गंज प्रतिबंध उपाय वापरा

सिद्धांत विद्यार्जन निष्पत्ती (Theory Learning Outcome):

- कोपर आणि प्लॅटिनम रोड वापरून कॉपर सल्फेट चे इलेक्ट्रॉलिसिस चे वर्णन करणे.
- फॅरेडेचा इलेक्ट्रॉलिसिस वर पहिला नियम आणि दुसरा नियम समजून घेणे आणि त्यावर उदाहरण सोडवणे
- दिलेल्या प्राथमिक आणि दुय्यम इलेक्ट्रो केमिकल सेल मध्ये फरक करा
- गंजच्या रेट वर परिणाम करणारे भिन्न घटक ओळखा.
- गंजच्या रेट वर परिणाम करणारे भिन्न घटक ओळखा
- गंज निर्मिती टाळण्यासाठी प्रतिबंधात्मक उपाय निवडा

युक्तिवाद (Rational)

इलेक्ट्रोकेमिस्ट्री (Electrochemistry) म्हणजे रासायनिक प्रक्रियेचा (Chemical Process) अभ्यास ज्यामुळे इलेक्ट्रॉन आपली जागा सोडतात यात मोबाईल उपकरणे, वाहने इत्यादींसाठी ऊर्जा साठवण्यामध्ये महत्त्वपूर्ण असणारी सेल बॅटरी (battery) यासारख्या तंत्रज्ञानाची विस्तृत माहिती आहे यात इलेक्ट्रोरिफाइनिंग (electro refining), इलेक्ट्रोप्लेटिंग (electro plating), इलेक्ट्रोडिपॉझिट (electro deposit) द्वारे सामग्रीचे उत्पादन समाविष्ट आहे .

गंज म्हणजे सामग्रीवर तसेच पायाभूत सुविधा (Infrastructure) जशा की पूल (bridges) स्टील मशीनरी (Steel machinery) इलेक्ट्रिक टावर तेल पाईपलाईन जसे जहाजे इत्यादीवर वातावरणाचा विनाशकारी हल्ला (destructive attack) गंज प्रक्रियेचा गंभीर परिणाम म्हणजे मौल्यवान संसाधनाचा तोटा. (loss of valuable resources), प्लांट बंद होणे (plant shut down), उत्पादनास दूषित करणे, कार्यक्षमतेमध्ये कपात (reduction in efficiency) ,खर्चिक देखभाल इत्यादी अभ्यासाचे महत्त्वाचे उद्दिष्ट म्हणजे गंज (corrosion) आणि त्याचे नियंत्रण (corrosion control) याबद्दल जनजागृती (public awareness) करणे.

इलेक्ट्रोकेमिस्ट्री

महत्त्व (Importance):

अनेक रासायनिक अभिक्रियांमध्ये विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy) महत्त्वाची भूमिका बजावते.
इलेक्ट्रोकेमिस्ट्री म्हणजे एक विज्ञानाची शाखा (Branch of Science) जी रासायनिक अभिक्रिया दरम्यान सोडलेल्या ऊर्जेपासून वीज निर्मितीशी (Energy released during chemical reaction) संबंधित आहे.
उत्स्फूर्त रासायनिक अभिक्रिया (spontaneous Chemical reaction) आणि विद्युत ऊर्जेचा वापर उत्स्फूर्तपणे घडवून वीज निर्मितीशी संबंधित आहे. अशा बदलांना विद्युतीय बदल म्हणतात आणि उत्पादनात त्यांचा उपयोग होतो विविध उपकरणे (instruments) आणि उपकरणांमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या सेल/संच (cell) आणि बॅटरी (battery) ज्यामुळे वीज निर्माण होते .

मोठ्या प्रमाणात धातू , सोडियम हायड्रॉक्साईड (NaOH) , क्लोरीन वायू(Cl_2) आणि इतर अनेक रसायने आहेत

इलेक्ट्रोकेमिकल पद्धतींनी उत्पादित रासायनिक बदल घडवून आणतात .इलेक्ट्रोकेमिकली केलेल्या प्रतिक्रिया कमी आहेत प्रदूषणकारी असतात

विद्युत सुवाहक (conductor):

हा एक पदार्थ आहे जो त्यातून विद्युत प्रवाह वाहू शकतो . उदा:- सर्व धातू (metals), ग्रेफाइट (graphite), मिसळलेले (वितळलेले) क्षार (fused/ melted/ aqueous salts) , आम्लांचे जलीय द्रावण (acidic), आम्लारी (basic), क्षार (Salts)

इन्सुलेटर दुर्वाहक (Insulators) :

हा एक पदार्थ आहे जो त्यातून विद्युत प्रवाह वाहू देत नाही. उदा:-लाकूड (wood), कागद (paper) प्लास्टिक (plastic), अल्कोहोल (alcohol) इ.

कंडक्टरचे प्रकार:

कंडक्टरचे दोन प्रकारांमध्ये वर्गीकरण केले जाते:

मेटॅलिक कंडक्टर (metallic conductor):

कोणतेही रासायनिक बदल न करता धातूच्या पदार्थातुन विद्युत प्रवाह वाहू शकतो अश्या पदार्थाला मेटॅलिक कंडक्टर (metallic conductor) असे म्हणतात. धातू आणि त्यांचे मिश्र धातू विद्युत प्रवाह वाहून नेतात. धातूच्या अणूंमधील इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहामुळे पदार्थातुन विद्युत प्रवाह वाहू शकतो .

उदा:- तांबे (copper), ॲल्युमिनियम (Aluminium) आणि चांदी (Silver) यासारखे धातू इ.

इलेक्ट्रोलिटिक कंडक्टर किंवा इलेक्ट्रोलाइट (Electrolytic Conductor and electrolyte):

हे असे पदार्थ आहेत जे वितळलेले/ फ्यूज केलेल्या स्थितीत किंवा जलीय द्रावण (aqueous) आयनांना मुक्त करते (released ions) आणि त्यातून विद्युत प्रवाह वाहू शकतो (allow to flow current) परिणामी रासायनिक विघटन / बदल (chemical changes) घडवून येतो. या प्रकारच्या कंडक्टरमध्ये, चार्ज आयनद्वारे वाहून नेला जातो (charged ions carry current).या प्रकारच्या कंडक्टर मध्ये आयन्सच्या विस्थापनावर (displacement of ions) विद्युत ऊर्जेचे निर्माण अवलंबून आहे . स्थायू (solid) पदार्थांमध्ये मुक्त आयन नसल्यामुळे विद्युत धारा वाहू शकत नाही. जलीय द्रावण/ वितळलेले पदार्थ यात मुक्त आयन असल्यामुळे विद्युत धारा वाहू शकते.

उदाहरणार्थ: आम्ल आणि क्षार.

धातू आणि इलेक्ट्रोलाइटिक कंडक्टरमधील फरक

धातू कंडक्टर	इलेक्ट्रोलाइटिक कंडक्टर
इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहामुळे ज्या पदार्थांमधून विद्युत प्रवाह होतो त्यांना मेटालिक कंडक्टर असे म्हणतात	जे पदार्थ वितळलेल्या स्थितीत आणि जलीय स्थितीत आयन ची निर्मिती करतात आणि हेच आयन विद्युत प्रवाहाला कारणीभूत ठरतात त्या पदार्थांना इलेक्ट्रॉनिक कंडक्टर असे म्हणतात
मेटालिक कंडक्टर मध्ये पदार्थ हस्तांतरित (displacement)होत नाही	मेट्रो लिपिक कंडक्टर मध्ये पदार्थ हस्तांतरित होतो
तापमान आणि इलेक्ट्रिक कंडक्टर यामध्ये व्यस्त प्रमाणात (inversely proportion) आहे	तापमान आणि इलेक्ट्रिक कंडक्टर समप्रमाणात (directly proportion)आहे

इलेक्ट्रोलाईट (Electrolyte)

जो पदार्थ वितळलेल्या किंवा द्रव अवस्थेत आयन ची निर्मिती करतो आणि विद्युत प्रवाह वाहतो ,त्याच्यात रासायनिक बदल होतात त्या पदार्थाला इलेक्ट्रोलाईट असे म्हणतात .
इलेक्ट्रोलाईट हे दोन प्रकारचे असतात

१. स्ट्राँग इलेक्ट्रोलाईट (strong) आणि
२. विक इलेक्ट्रोलाईट (Weak)

स्ट्राँग लेक्ट्रोलाईट जास्तीत जास्त आयन ची निर्मिती करतो (strong electrolyte gives maximum number of ions) त्याच्या डिग्री ऑफ डिसोसिएशन (degree of dissociation) हा अधिक असतो उदाहरणार्थ

Strong acid (आम्ल) –HCl, HNO_3, H_2SO_4.
Strong base (आम्लारी) - NaOH,KOH
Salts (क्षार) -NaCl,KCl

वीक इलेक्ट्रोलाइट म्हणजेच कमकुवत इलेक्ट्रोलाईट हा कमीत कमी आयन ची निर्मिती करतो त्याचा डिग्री ऑफ डिसोसिएशन हा कमी असतो
उदाहरणार्थ

Weak acid (आम्ल) –Acetic acid (CH_3COOH), Boric Acid (H_3BO_3)
Weak base (आम्लारी) - Ammonium Hydroxide (NH_4OH)

डिग्री ऑफ डिसोसिएशन (Degree of Dissociation)

कोणत्याही द्रव मध्ये एकूण रेणूंच्या संख्येपैकी किती रेणूंचे आयन मध्ये विघटन झालेले आहे या प्रमाणात डिग्री ऑफ डिसोसिएशन असे संबोधतात.

$$\text{डिग्री ऑफ डिसोसिएशन} = \frac{\text{रेणूंचे आयन मध्ये विघटन झालेले आहे}}{\text{एकूण रेणुंनची संख्या}}$$

स्ट्राँग इलेक्ट्रोलाईट साठी डिग्री ऑफ डिसोसिएशन हा अधिकतम असतो तर वीक इलेक्ट्रोलाईट साठी डिग्री ऑफ डिसोसिएशन हा कमी असतो .

डिग्री ऑफ डिसोसिएशन खालील चार बाबींवर अवलंबून आहे

१. द्राव्यचे स्वरूप (Nature of solute)
२. द्रावकाचे स्वरूप (nature of solvent)
३. द्रावणाचे कॉन्सन्ट्रेशन /द्रावणाचे स्वरूप (Concentration of electrolyte)
४. तापमान (Temperature)

१) द्राव्यचे स्वरूप (Nature of solute : स्ट्राँग Strong acid आम्ल –HCl, HNO_3, $H2SO_4$. Strong base (आम्लारी) - NaOH, KOH, Salts (क्षार) -NaCl,KCl हे जास्तीत जास्त आयन ची निर्मिती करतात त्यामुळे त्यांचा डिग्री ऑफ डिसोसिएशन हा अधिक असतो तसेच वीक एसिड (Weak acid) आम्ल) (Acetic acid (CH_3COOH)), Boric Acid (H_3BO_3)Weak base (आम्लारी) - Ammonium Hydroxide (NH_4OH) हे कमीत कमी आयन ची निर्मिती करतात त्यामुळे त्यांचा डिग्री ऑफ आयनायझेशन हा कमी असतो .

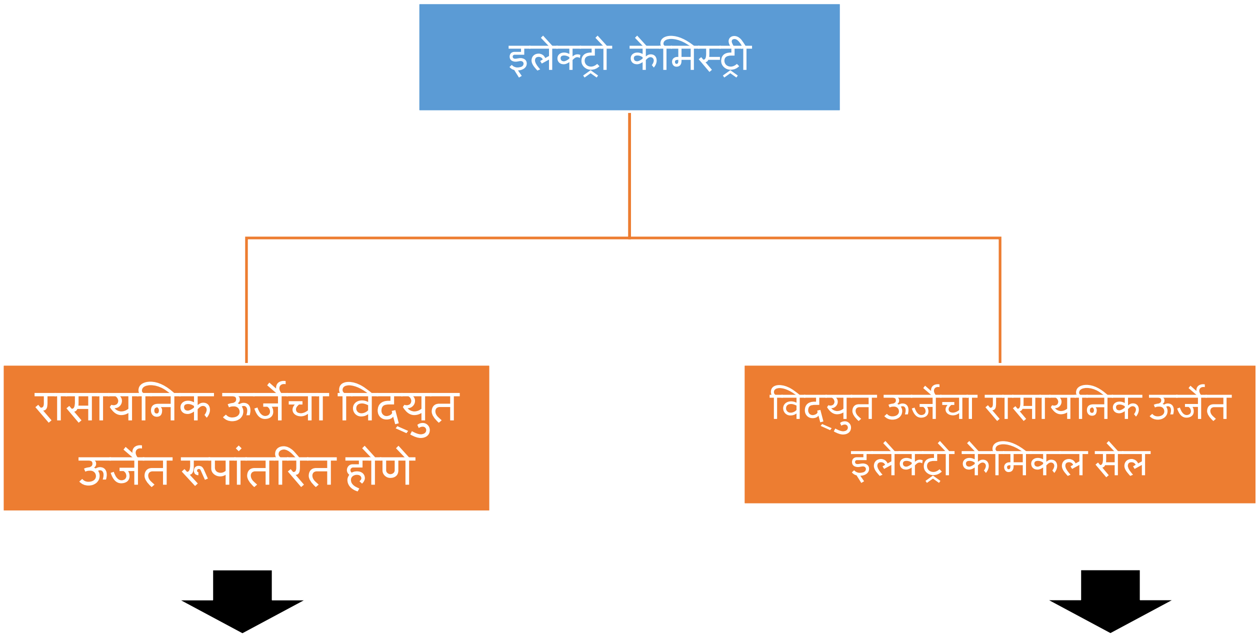
२) द्रावकाचे स्वरूप (nature of solvent):
पोलर द्रावक म्हणजेच पोलर सॉल्व्हंट हा दोन आयनांच्या मधील इलेक्ट्रोस्टॅटीक बल ला कमकुवत बनवतो आणि त्या कारणांमुळे जास्तीत जास्त आयनाची निर्मिती होते परिणामी डिग्री ऑफ आयओनायझेशन वाढतो .

३ द्रावणाचे कॉन्सन्ट्रेशन (Concentration of solution) :
द्रावणाचे कॉन्सन्ट्रेशन आणि डिग्री ऑफ डिसोसिएशन हे एकमेकांच्या व्यस्त प्रमाणात(Inversly Proportion) असतात जर द्रावणाचे कॉन्सन्ट्रेशन वाढले तर डिग्री ऑफडिसोसिएशन कमी होते परिणामी आयन ची संख्या कमी होते याउलट द्रावणाचे कॉन्सन्ट्रेशन कमी झाले तर डिग्री ऑफ डिसोसिएशन जास्त होते परिणामी आयन ची संख्या वाढते

४ तापमान: तापमान आणि डिग्री ऑफ आयोनायझेशन समप्रमाणात असतात जस जसे तापमानात वृद्धी होते तस तसे आयनांची निर्मिती होत जाते परिणामी डिग्री ऑफ आयनायझेशन मध्ये वृद्धी होते

स्ट्राँग आणि वीक इलेक्ट्रोलाईट मधील फरक

स्ट्राँग इलेक्ट्रोलाईट	वीक इलेक्ट्रोलाईट
स्ट्राँग लेक्ट्रोलाईट वितळलेल्या आणि द्रव अवस्थेत पूर्णतः आयन मध्ये विघटित होतो	वीक इलेक्ट्रोलाईट वितळलेल्या किंवा द्रव्य अवस्थेत पूर्णतः विघटित होत नाही
स्ट्राँग लेक्ट्रोलाईट हा विद्युत सुवाहक आहे	विद्युत ची वाहकता कमी असते
डिग्री ऑफ आयओनायझेशन ची व्हॅल्यू अधिक असते	डिग्री ऑफ आयोनायझेशन कमी असते
Strong acid (आम्ल) –HCl, HNO_3, $H2SO_4$. Strong base (आम्लारी) - NaOH,KOH Salts (क्षार) -NaCl,KCl	Weak acid (आम्ल) –Acetic acid (CH_3COOH), Boric Acid (H_3BO_3) Weak base (आम्लारी) - Ammonium Hydroxide (NH_4OH)



इलेक्ट्रोकेमिकल सेल **इलेक्ट्रोलिटिक सेल**

वोल्टाइक /गॅलव्हानिक सेल:

इलेक्ट्रोकेमिकलसेल

जो सेल म्हणजे संच जो संच विद्युत ऊर्जेचा रासायनिक ऊर्जेत रूपांतरित करतो त्या संचाला इलेक्ट्रोलिटिक सेल/संच असे म्हणतात उदाहरणार्थ इलेक्ट्रोप्लेटिंग electroplating, इलेक्ट्रोटायपिंग electrotyping ,इलेक्ट्रोलिसिस electrolysis

इलेक्ट्रोलिटिक सेल

जो संच रासायनिक ऊर्जेचा विद्युत ऊर्जेत रूपांतरित करतो त्या संचाला इलेक्ट्रोकेमिकल संच असे म्हणतात ड्राय सेल म्हणजेच लॅकलान्च सेल ,लीड ऍसिड बॅटरी,निकेल कॅडमियम बॅटरी इत्यादी .

इलेक्ट्रोकेमिकल सेल आणि इलेक्ट्रोलिटिक सेल यामधील फरक

इलेक्ट्रोकेमिकल सेल	इलेक्ट्रोलिटिक सेल
जो संच रासायनिक उर्जेला रासायनिक ऊर्जेचा विद्युत ऊर्जेत रूपांतरित करतो त्या संचाला इलेक्ट्रोकेमिकल संच असे म्हणतात	जो संच विद्युत ऊर्जेचा रासायनिक ऊर्जेत रूपांतरित करतो त्या संचाला इलेक्ट्रो लिटिक सेल असे म्हणतात
इलेक्ट्रो केमिकल सेल मध्ये रासायनिक अभिक्रिया एकाच दिशेने प्रभावित होते आणि त्यातूनच विद्युत ऊर्जेचा निर्माण केला जातो	इलेक्ट्रो लिटीक सेल मध्ये रासायनिक अभिक्रिया दोन्ही दिशेने प्रभावित होते आणि त्यातूनच विद्युत ऊर्जेचा वापर केला जातो
यात कॅथोड वर धन आणि ॲनोड वर ऋण प्रभार असतो.	यात ॲनोड वर धन आणि कॅथोड वर ऋण प्रभार असतो .
डॅनियल सेल	इलेक्ट्रोप्लेटिंग, इलेक्ट्रोलिसीस

कॅथोड आणि ॲनोड cathode and Anode:
इलेक्ट्रोलाईट मधून विद्युत प्रवाह पास करण्यासाठी दोन रोड (rod) किंवा प्लेट ची आवश्यकता असते ह्या दोन्ही रोडचे एक टोक बॅटरीला(battery)जोडलेले असतात .या दोन रोडला इलेक्ट्रोड (electrodes) असे म्हणतात .ज्या इलेक्ट्रोड मधून विद्युत प्रवाह इलेक्ट्रोलाईट मध्ये प्रवेश करतो त्याला त्या इलेक्ट्रोडला अनोड किंवा पॉझिटिव्ह इलेक्ट्रोड असे म्हणतात आणि ज्या इलेक्ट्रोड मधून विद्युत प्रवाह हा इलेक्ट्रोलाईट मधून बाहेर पडतो त्या इलेक्ट्रोडला कॅथोड किंवा निगेटिव्ह इलेक्ट्रोड असे म्हणतात .

इलेक्ट्रोड च्या प्रभावावर आयनाची विस्थापन अवलंबून असते धन प्रभारीत इलेक्ट्रोडवर ऋण प्रभार असलेले आयन (Anion) आकर्षित होतात तसेच ऋणप्रभारित इलेक्ट्रोड कडे धनप्रभारित आयन (Cations)आकर्षित होतात इलेक्ट्रॉन च्या दान केल्यामुळे किंवा इलेक्ट्रॉन ग्रहण केल्यामुळे ऑक्सिडेशन आणि रिडक्शन अभिक्रिया इलेक्ट्रोडवर होतात

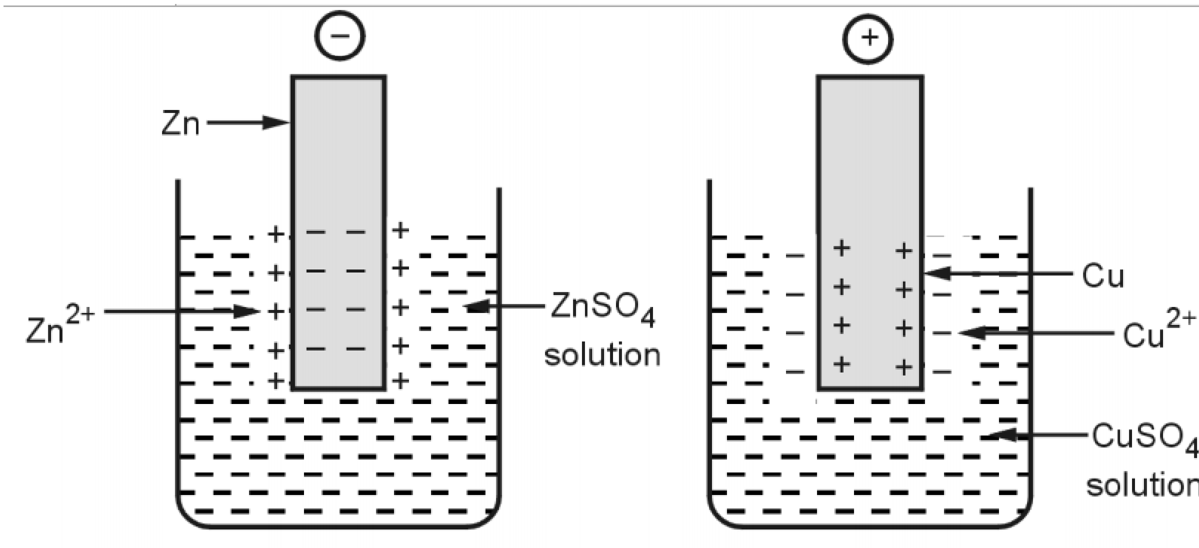
कॅथोड ह्या इलेक्ट्रोड वर रिडक्शन(reduction) अभिक्रिया होते जिथे इलेक्ट्रॉन स्वीकारले जातात(gain of electrons)अनोड या इलेक्ट्रोडवर ऑक्सिडेशन (oxidation)अभिक्रिया होते जिथे इलेक्ट्रॉन दान केले जातात(loose of electrons)

कॅथोड आणि ॲनोड यामध्ये फरक (difference between cathode and Anode):

कॅथोड	ॲनोड
हा ऋणप्रभारित इलेक्ट्रोड आहे जो बॅटरीच्या ऋण प्रभाराला जोडला जातो .	हा धनप्रभारित इलेक्ट्रोड असून बॅटरीच्या धनप्रभाराला जोडला जातो
इथे रिडक्शन अभिक्रिया होते	ह्या इलेक्ट्रोडवर ऑक्सिडेशन अभिक्रिया होते
इलेक्ट्रॉलिसिसच्या वेळी इलेक्ट्रॉनचा प्रवाह हा ऋणप्रभाराकडून कॅथोड कडे होतो	इलेक्ट्रॉलिसिसच्या वेळी इलेक्ट्रॉनचा प्रवाह ॲनोड कडून धनप्रभाराकडे असतो

इलेक्ट्रोड विभावंतर किंवा इलेक्ट्रोड पोटेन्शियल
जेव्हा मेटलरॉड त्याच्याच क्षारयुक्त द्रावणात बुडवला जातो तेव्हा दोन शक्यता उद्भवतात

- पहिली शक्यता मेटल इलेक्ट्रोड, इलेक्ट्रॉन दान करतो आणि मेटल आयन हा इलेक्ट्रोलाईट मध्ये विरघळतो आणि परिणामी मेटल रोडला ऋणप्रभार तसेच इलेक्ट्रोलाईट ला धनप्रभार येतो ही परिस्थिती ऑक्सिडेशन अभिक्रिया झाल्यामुळे उद्भवते म्हणून या शक्यतेला ऑक्सिडेशन इलेक्ट्रोड पोटेन्शियल असे म्हणतात .
- दुसरी शक्यता मेटल इलेक्ट्रोड इलेक्ट्रॉन ग्रहण करतो परिणामी मेटल रोडला धनप्रभार तसेच इलेक्ट्रोलाईटवर ऋण प्रभार येतो ही परिस्थिती रिडक्शन अभिक्रिया झाल्यामुळे उद्भवते म्हणून या शक्यतेला रिडक्शन इलेक्ट्रोड पोटेन्शियल असे म्हणतात.



(a) De - electronation (b) Electronation

आयोनेजेशन आणि डिसोसिएशन (Ionization and Dissociation)

आयनिक बंध (ionc bond) असलेले पदार्थ पाण्यात विरघळल्यामुळे आयन ची निर्मिती होते. त्या प्रक्रियेला डिसोसिएशन असे म्हणतात .सहसंयुज बंध (Covalent Bond) असलेले पदार्थ जेव्हा आयन ची निर्मिती करतात त्या प्रक्रियेला आयोनेजेशन असे म्हणतात .

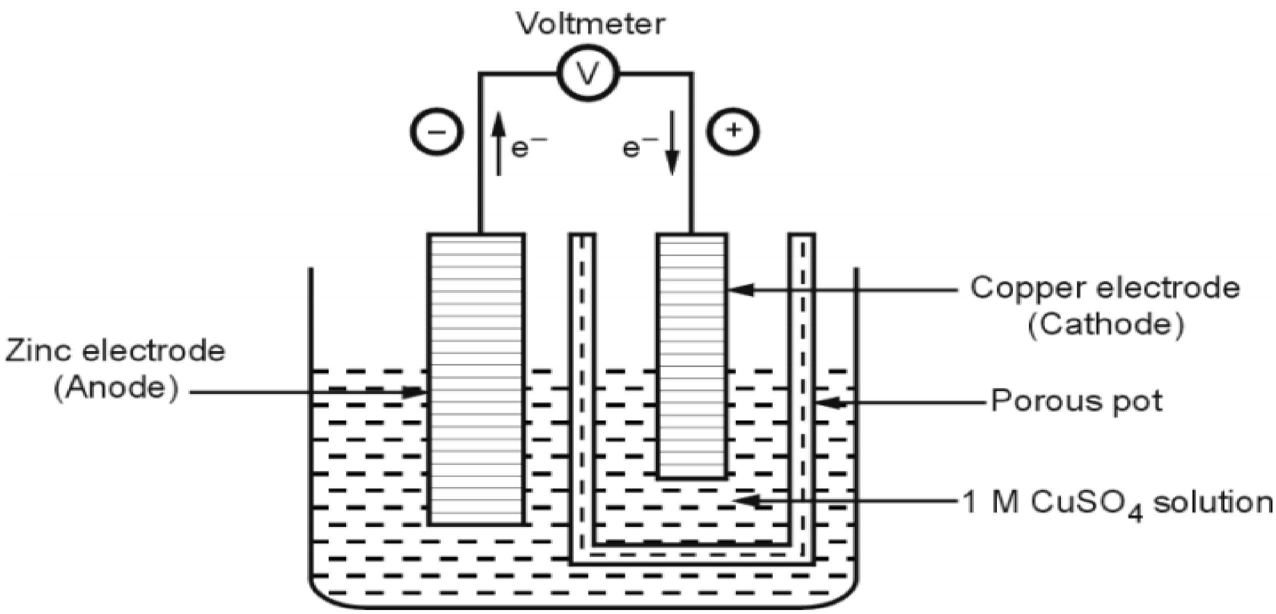
प्राथमिक आणि सेकंडरी सेल(Primary & Secondary)

जे संच रासायनिक ऊर्जेचे इलेक्ट्रिक ऊर्जेत रूपांतरित करतात आणि कालांतराने निष्क्रिय होतात(used only once) अशा संचाला प्राथमिक संच किंवा प्रायमरी सेल असे म्हणतात .उदा .ड्राय सेल ,डॅनियल सेल जे संच रासायनिक ऊर्जेचे इलेक्ट्रिक ऊर्जेत रूपांतरित करतात आणि कालांतराने निष्क्रिय होत नाही (use for many times)त्या संचाला सेकंडरी(secondary) सेल असे म्हणतात सेकंडरी सेल ची चार्जिंग वारंवार . .करू शकतोउदा .लीड ऍसिड बॅटरी ,निकेल कॅडमियम बॅटरी

प्राथमिक सेल	**सेकंडरी सेल**
वारंवार चार्जिंग होत नाही	वारंवार चार्जिंग होते
रासायनिक अभिक्रिया ही एकाच दिशेने कार्यान्वित होते	रासायनिक अभिक्रिया दोन्ही दिशेने कार्यान्वित होते
कालांतराने निष्क्रिय होतो कमी वेळेसाठी उपयोगी	कालांतराने निष्क्रिय होत नाही म्हणूनच याला स्टोरेज सेल असे सुद्धा म्हणतात जास्त वेळेसाठी उपयोगी
किंमत कमी	जास्त किंमत
ड्राय सेल	निकेल कॅडमियम बॅटरी,लीड ऍसिड बॅटरी

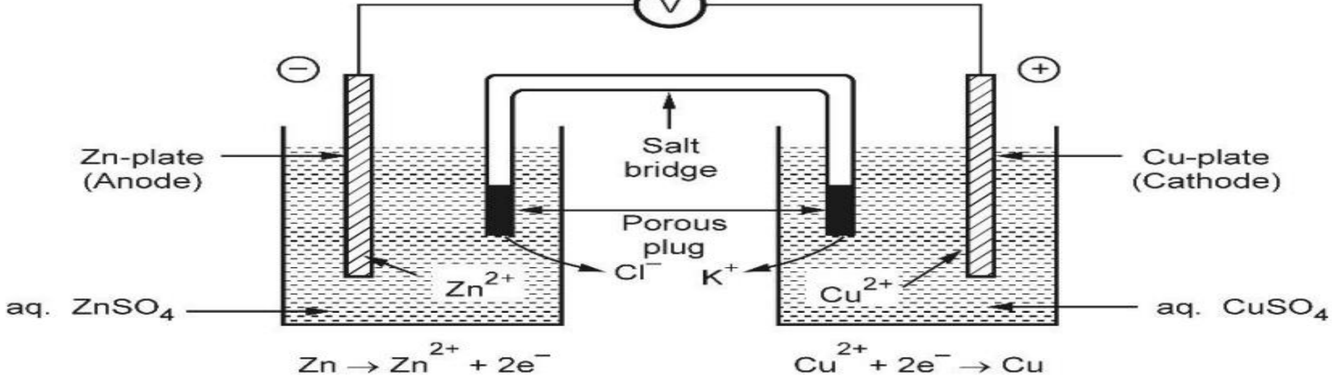
डॅनियल(Daniel) सेलची संरचना

डॅनियल सेल हा इलेक्ट्रोकेमिकल सेलचा उत्तम उदाहरण आहे.यात झिंक इलेक्ट्रोड ,झिंक सल्फेट सोल्युशन मध्ये बुडवला जातो.तसेच कॉपर इलेक्ट्रोड कॉपर सल्फेट सोल्युशन मध्ये बुडवला जातो दोन्ही इलेक्ट्रोलाईट कॉपर सल्फेट आणि झिंक सल्फेट हे पोरस पार्टिशन च्या माध्यमाने वेगळे केले जातात झिंकचे .ऑक्सिडेशन पोटेन्शिअल अधिक असल्यामुळे ॲनोड म्हणून कार्यरत होतो तसेच कॉपर कॅथोड म्हणून कार्यरत होतो वरील रासायनिक अभिक्रियेमुळे सेल वर 1.1 वोल्ट तयार होतो .



डॅनियल सेल सॉल्ट ब्रिज सोबत

यामध्ये दोन हाफ सेल असतात पहिल्या हाफ सेलमध्ये जिंक रॉड झिंक सल्फेट मध्ये बुडवला जातो दुसऱ्या हाफ सेलमध्ये कॉपर प्लेट कॉपर सल्फेट मध्ये बुडवली जाते दोन्ही वेगवेगळे हाफ सेल सोल्ट ब्रिज च्या साह्याने जोडले जातात सॉल्ट ब्रिज विद्युत प्रवाह खंडित न होण्यासाठी वापरला जातो हाफ सेलवर ऑक्सिडेशन अभिक्रिया होते तसेच कॉपर हाफ सेलवर रेडक्शन अभिक्रिया होते नेट अभिक्रियेमुळे सेलवर 1.1 वोल्ट तयार होतो .



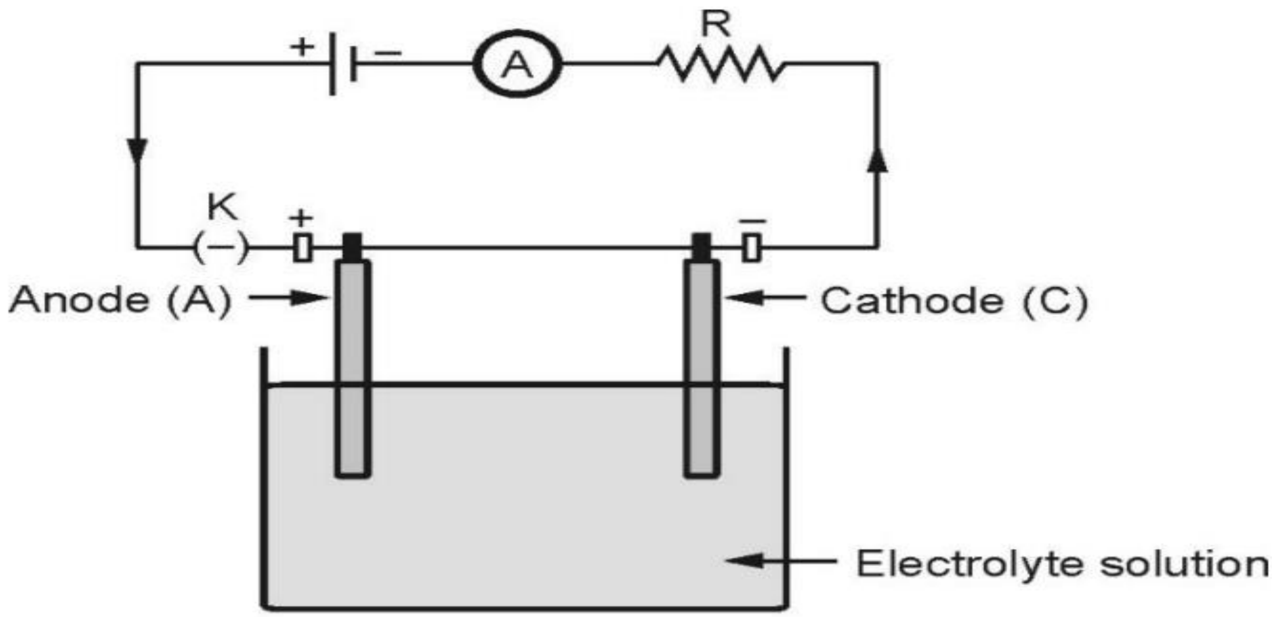
$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ ....Oxidation Reaction

$Cu^{++} + 2e^- \rightarrow Cu$ ....Reduction Reaction

$Zn + Cu^{++} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$ ....Net Reaction

इलेक्ट्रॉलिसिस चा फॅरेडे पहिला नियम:

इलेक्ट्रोड वर जमा झालेले किंवा उत्सर्जित झालेले पदार्थाचे वजन (W) हे क्वान्टिटी ऑफ इलेक्ट्रिसिटी (Q) च्या समप्रमाणात (Directly Proportional) असतो.



$W \alpha Q$

$W \alpha Ct$ ....(Q= Ct)

जिथे

W= इलेक्ट्रोड वर जमा झालेले किंवा उत्सर्जित झालेले पदार्थाचे वजन(gm)

Q= क्वान्टिटी ऑफ इलेक्ट्रिसिटी

C= करंट (ampere)

t = वेळ (second)

$W \alpha Ct$

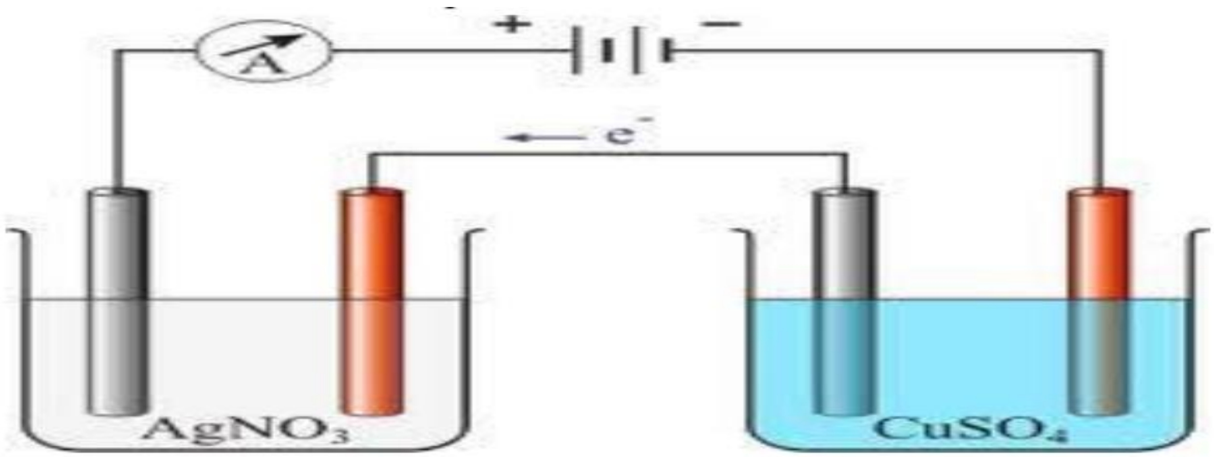
$W = zCt$

परंतु वरील समीकरणात ही किंमत z स्थिर (E.C.E.) आहे. या स्थिरांकाला इलेक्ट्रोकेमिकल इक्विवॅलेंट असे म्हणतात .

एक एंपियर करंट एक सेकंद साठी प्रवाह केल्यामुळे जितका पदार्थ जमा किंवा उत्सर्जित होतो त्यालाच इलेक्ट्रो केमिकल इक्विवॅलेंट असे म्हणतात

इलेक्ट्रॉलिसिस चा फॅरेडे चा दुसरा नियम:

जेव्हा वेगवेगळे इलेक्ट्रोलाइट्स(different electrolyte) एकेरी जोडणी (series मध्ये जोडले असता आणि त्यात एकसमान क्वान्टिटी ऑफ इलेक्ट्रिसिटी प्रवाह केले असता इलेक्ट्रोडवर जमा (deposited)होणारे व उत्सर्जित (liberated)होणारे पदार्थ चा वजन(W) हा केमिकल इक्विवॅलेंट समप्रमाणात (E) असतो.



जर एक समान कॉन्टिटी ऑफ इलेक्ट्रिसिटी $CuSO_4$ आणि $AgNO_3$ या दोन इलेक्ट्रो लाईन मधून प्रवाह केले असता .

W_{Cu} = जमा झालेले कॉपर

W_{Ag} = जमा झालेले सिल्वर

E_{Cu} = केमिकल इक्विवॅलेंट कॉपर

E_{Zn} = केमिकल इक्विवॅलेंट सिल्वर

$$\frac{WCu}{WAg} = \frac{WCu}{Wag}$$

फॅरेडे:

एक ग्राम इक्विवॅलेंट वेट इतका पदार्थ डिपॉझिट किंवा उत्सर्जित करण्यासाठी जी ऊर्जा लागते त्याला एक फॅरेडे असे म्हणतात .

कुलोम्ब :

जेव्हा एक एंपियर करंट एका सेकंदासाठी सर्किट मधून पास केला जातो त्या क्वांटिटी ऑफ इलेक्ट्रिसिटी ला कुलोम्ब असे म्हणतात.

महत्वाची सूत्रे (Important Formulae)

1) W = Z X C X t or W = ZQ

2) CE = 96500 × ECE (Z)
3) Equivalent weight =Atomic weight/Valency
4) $\frac{WA}{WB} = \frac{EA}{EB}$
5) Equivalent weight of base=Molecular weight of base/Acidity of base
6) Equivalent weight of acid =Molecular weight of acid/Basicity of acid

उदाहरण-१ :सिल्वर नाइट्रेट ($AgNO_3$) द्रावणातून 3 ampere करंट 20 मिनिटांसाठी प्रवाह केले असता 4.09 ग्रॅम सिल्वर जमा होते तर सिल्वर चे इलेक्ट्रोकेमिकल इक्विवॅलेंट आणि इक्विवॅलेंट वेट काढा .

W = ZCt

W=4.09gm
C=3amp
t=20min=20X60sec=1200sec
Z=?

4.09 = Z X 3 x 1200

Z= $\frac{4.09}{3\ X\ 1200}$ = 0.01136 gm/coulomb

CE = 96500 × 0.01136
= 109.21gm

उदाहरण-२ :कोपर सल्फेट ($CuSO_4$) द्रावणातून 5 ampere करंट 10 मिनिटांसाठी प्रवाह केले असता 0.99 ग्रॅम कोपर जमा होते तर सिल्वर चे इलेक्ट्रोकेमिकल इक्विवॅलेंट आणि इक्विवॅलेंट वेट काढा .

W = ZCt

W=0.99gm
C=5amp
t=10min=10X60sec=600sec
Z=?

0.99 = Z X 5 x 600

Z= $\frac{0.99}{5\ X\ 600}$ = 0.00033 gm/coulomb
CE = 96500 × 0.00033
= 31.84gm

उदाहरण-3: $CuSO_4$ आणि $AgNO_3$ द्रावणातून एकसमान क्वान्टिटी ऑफ इलेक्ट्रिसिटी 0.99 , gm सिल्वर 0.29gm कॉपर जमा (deposite) तर .होते कॉपरचे इक्विवॅलेंट वेट काढा .(सिल्वरचे इक्विवॅलेंट वेट31.6=)

W_{Cu} = 0.29
W_{Ag} = 0.99

$E_{Cu} = ?$

$E_{Zn} = 31.6$

$\frac{WCu}{WAg} = \frac{WCu}{Wag}$

$\frac{0.29}{0.99} = \frac{WCu}{31.6}$

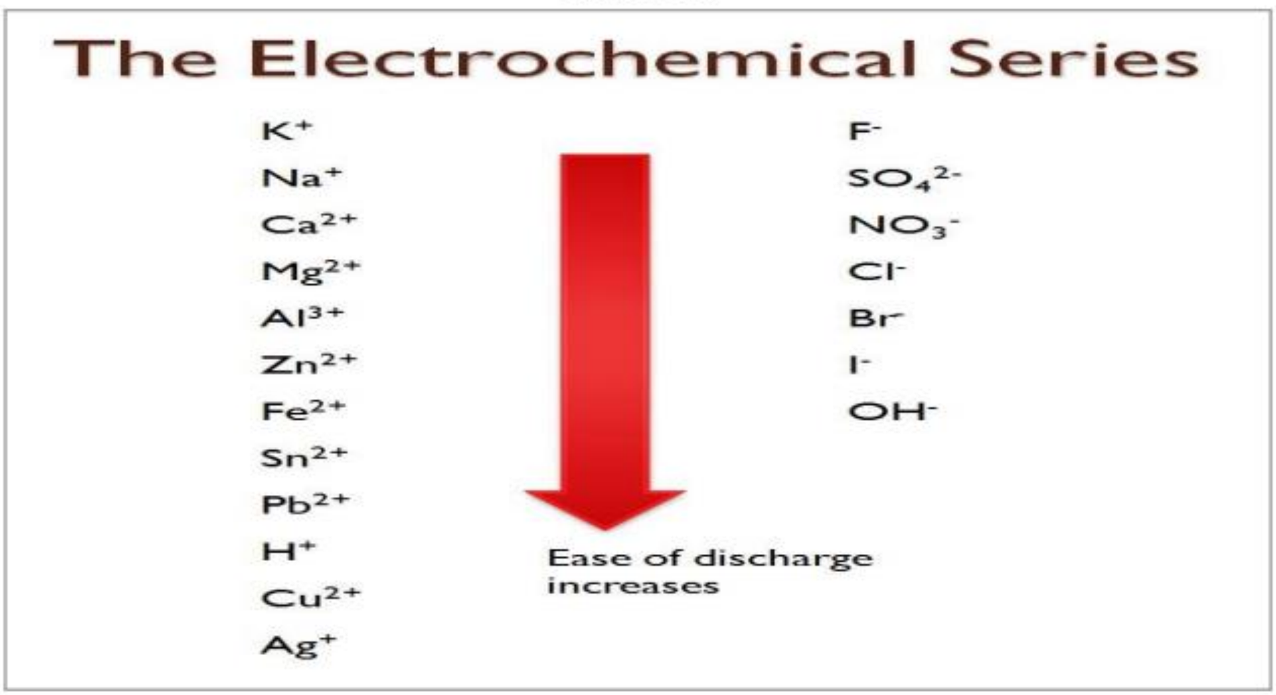
$W_{Cu} = \frac{0.29 X 31.6}{0.99} = 107.87$

इलेक्ट्रोलिसिसचे मेकॅनिझम:

पदार्थातून विद्युत ऊर्जा प्रवाहित केल्यामुळे रासायनिक बदल घडवून आणून पदार्थाचे रासायनिक विघटन होते त्या प्रक्रियेला इलेक्ट्रॉलिसिस असे म्हणतात

इलेक्ट्रोकेमिकल सिरीज:

इलेक्ट्रोकेमिकल सिरीज मध्ये कटायन आणि अनायन ॲक्टिव्हिटीच्या उतरत्या क्रमाने मांडणी करण्यात आलेली आहे . जो मेटल ॲक्टिव्हिटी सिरीज मध्ये वरच्या स्थानकावर आहे तो तेवढा जास्त ॲक्टिव्ह आहे त्यामुळे त्या मेटल वर ऑक्सिडेशन ही अभिक्रिया सहज होणार तसेच .जो मेटल ॲक्टिव्हिटी सिरीज मध्ये खालच्या स्थानकावर आहे तो तेवढा कमी ॲक्टिव्ह असल्या कारणांमुळे तिथे रीडक्शन ही अभिक्रिया सहज होणार .



इलेक्ट्रॉलिसिस:

प्लॅटिनम इलेक्ट्रोड वापरून कॉपर सल्फेट चे इलेक्ट्रॉलिसिस(Electrolysis $CuSO_4$ of by using Platinum Electrode)

कॉपर सल्फेट च्या सोल्युशन मध्ये खालील चार आयन्स आहेत Cu^{++} , SO_4^{--},H^+ आणि OH^- . त्यापैकी Cu^{++} हा आयन जास्त ॲक्टिव्ह असल्याकारणाने इलेक्ट्रोड वर जमा होणार . कॉपर हा हायड्रोजन पेक्षा

जास्त ॲक्टिव्ह आहे इलेक्ट्रो केमिकल सिरीज नुसार कॉपरचे स्थान हायड्रोजनच्या स्थानाच्या वरती आहे त्यामुळे कॉपर इलेक्ट्रोड वर जमा होणार .

Diagram:

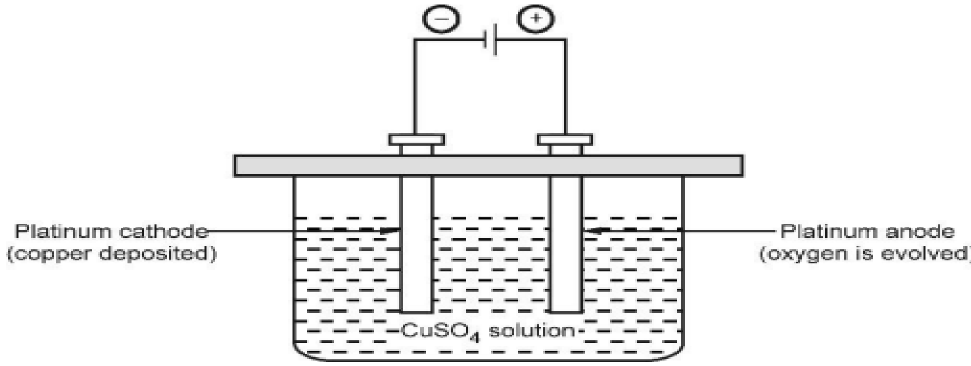


Fig. 5.9.1

Ionization: $CuSO_4$ solution is ionized to Cu^{++} + SO_4^{--}

$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + So_4^{--}$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^{+} + OH^{-}$$

इलेक्ट्रो केमिकल सिरीज च्या नियमानुसार हे आयन OH^- ॲनोड वर डिस्चार्ज होईल आणि ऑक्सिजन गॅस उत्सर्जित होणार परिणामी ऑक्सिजन गॅसची गॅसचे उत्सर्जन होते

Reaction at Cathode: (Reduction Reaction)

$$Cu^{++} + 2e^{-} \longrightarrow Cu \downarrow$$

Reaction at Anode: (Oxidation Reaction)

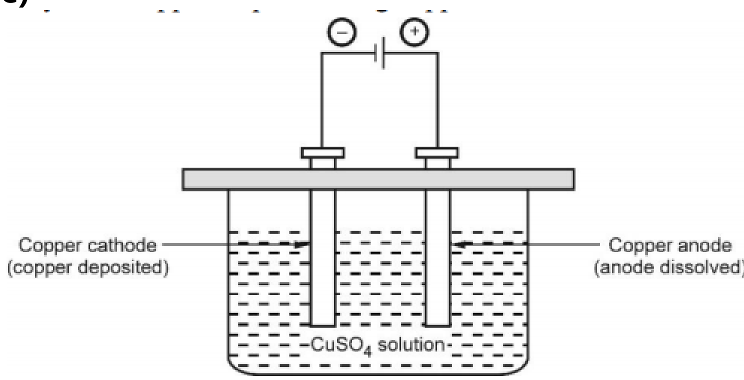
$$2OH^{-} \longrightarrow 2OH + 2e^{-} \text{ (Primary reaction)}$$

$$4(OH) \longrightarrow 2H_2O + O_2 \uparrow \text{ (Secondary reaction)}$$

निष्कर्ष:

कॅथोड वर कॉपर जमा होतो आणि ॲनोड ऑक्सिजन वायू उत्सर्जित होतो .

कॉपर इलेक्ट्रोड वापरून कॉपर सल्फेट चे इलेक्ट्रॉलिसीस(Electrolysis $CuSO_4$ of by using Platinum Electrode)



दोन कॉपर इलेक्ट्रोड कॉपर सल्फेट मध्ये बुडवणे एक कॉपर इलेक्ट्रोड बॅटरीच्या धनप्रभाराला जोडणे दुसरा कॉपर इलेक्ट्रोड बॅटरीच्या ऋणप्रभाराला जोडणे धनप्रभार असलेला कॉपर इलेक्ट्रोड म्हणून कार्य करतो ऋण प्रभार असलेला कॉपर इलेक्ट्रोड म्हणून कार्य करतो वापर सल्फेट चे द्रावण हे एक इलेक्ट्रो लाईट असून त्याचे विघटन खालील प्रमाणे होते सोल्युशन मध्ये चार प्रकारचे आयन्स आहे इलेक्ट्रिक प्रवाह सुरू झाल्यावर कॉपर इलेक्ट्रोडवर डिपॉझिट होतो तसेच कॉपर नोट चे क्षयहोते

Ionization: $CuSO_4$ solution is ionized to $Cu^{++} + SO_4^{--}$

$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + So_4^{--}$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^{+} + OH^{-}$$

इलेक्ट्रिक करंट प्रवाहित केल्यानंतर कॉपर2 इलेक्ट्रॉन दान करतो आणि कॉपर कॅथोडवर जमा होतो .

$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e^{-}$ ....Oxidation Reaction

ॲनोड वर कॉपर दोन इलेक्ट्रॉन ग्रहण करतो आणि इलेक्ट्रोलाईट मध्ये विरघळतो .

$Cu^{++} + 2e^{-} \rightarrow Cu$ .... Reduction Reaction

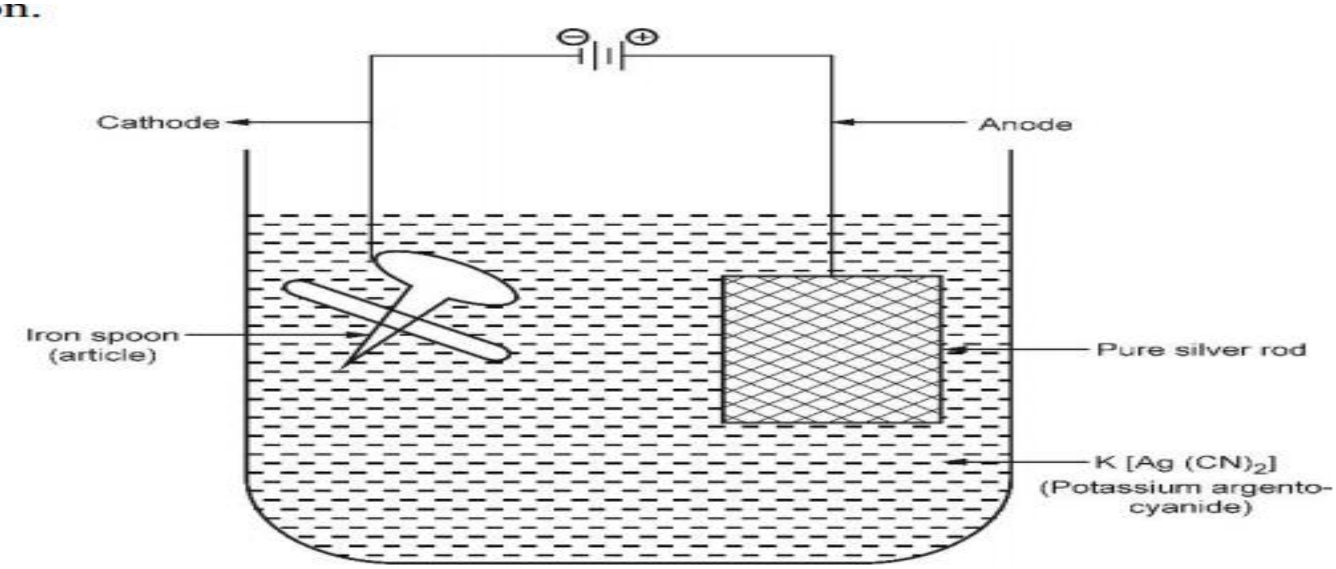
निष्कर्ष:

कॉपर कॅथोडवर जमा झाल्यामुळे कॅथोडचा आकारमान वाढतो आणि ॲनोड वरील कॉपर विरघळल्यामुळे ॲनोडचा आकारमान कमी होतो .

इलेक्ट्रोप्लेटिंग(Electroplating)

इलेक्ट्रॉलिसिस द्वारे एका श्रेष्ठ धातू (Superior metal) च्या पातळ(Thin) थराने(Layer) दुसऱ्या धातूवर लेपआवरण (Coating) बनवण्याची प्रक्रिया म्हणजे इलेक्ट्रोप्लेटिंग उदा सिल्वर प्लेटिंग .

on.



१. ज्या धातूवर इलेक्ट्रोप्लेटिंग करावयाची आहे सर्वप्रथम त्या धातूला आम्ल, आम्लारी आणि पाण्यासहित स्वच्छ धुऊन घेणे.
२. स्वच्छ केलेले धातू ज्यावर कोटिंग बनावयाची आहे तो बॅटरीच्या ऋणप्रभाराला जोडणे त्यामुळे हा धातू कॅथोड म्हणून कार्य करणार.
३. शुद्ध सिल्वर रॉड बॅटरीच्या धनप्रभारावर सोडावा आणि तो म्हणूनकार्य करतो.
४. पोटॅशियम अर्जेंटो सायनाईड $K(Ag(CN)_2)$ हा द्रावण इलेक्ट्रो लाईट म्हणून वापरला जातो.
५. सिल्वर आयन कॅथोड वर स्थलांतरित होतात इलेक्ट्रॉन ग्रहण केल्यामुळे सिल्वर जमा होतो
६. सिल्वर सिल्वर आयन मध्ये विघटीत होऊन द्रावणात विरघळतो आणि इलेक्ट्रॉन दान करतो

इलेक्ट्रिक करंट प्रवाहित केल्यानंतर कॅथोड सिल्वर जमा होतो .

$Ag \rightarrow Ag^{+1} + e^-$ ....Oxidation Reaction

ॲनोड वर सिल्वर इलेक्ट्रॉन ग्रहण करतो आणि लेक्ट्रोलाईट मध्ये विरघळतो .

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag \downarrow$ .... Reduction Reaction

इलेक्ट्रोरिफायनिंग ऑफ कॉपर (electro-refining of copper):

या प्रक्रियेत द्रावणातून विद्युत प्रवाह केले असता अशुद्ध धातूपासून शुद्ध धातू तयार करण्याच्या प्रक्रियेला लेक्ट्रोलाईट रिफायनिंग असे म्हणतात.

अशुद्ध कोपर मध्ये तीन ते पाच टक्के सक्रिय मूलद्रव्य (active elements) लोखंड, निकेल तसेच निष्क्रिय (passive) मूलद्रव्य प्लॅटिनम, सोने, सिल्वर असते.

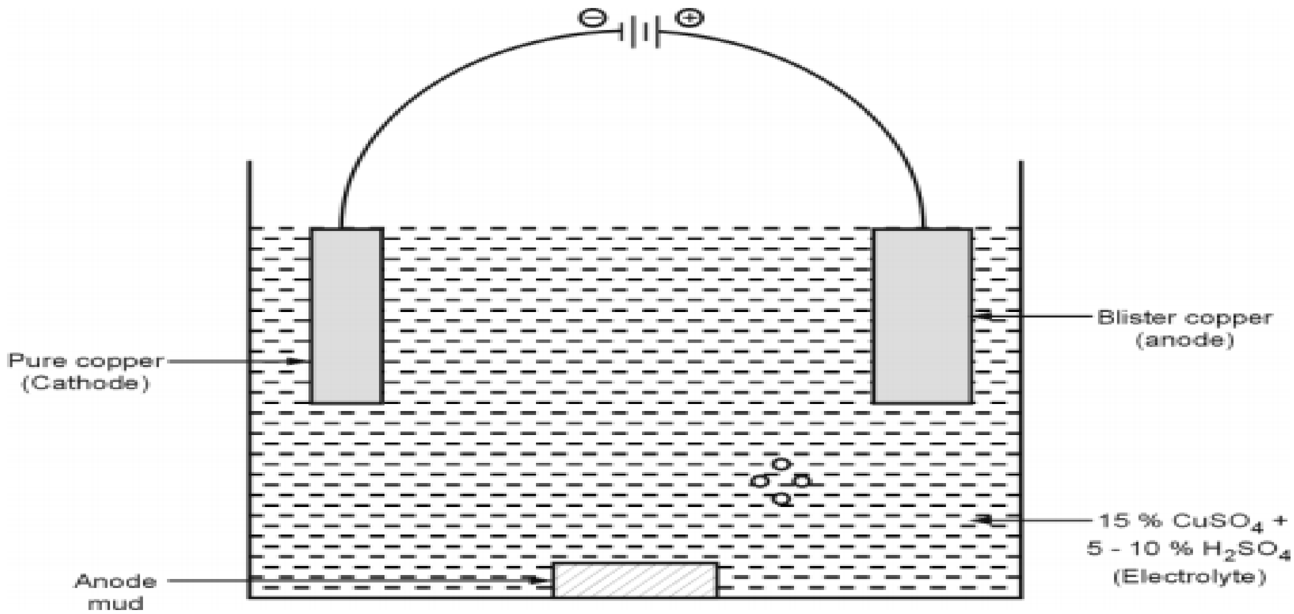
१. एक मोठ्या टँक मध्ये दोन कॉपर इलेक्ट्रोड बुडवणे शुद्ध कॉपर बॅटरीच्या ऋणप्रभाराला जोडणे त्यामुळे शुद्ध कॉपर कॅथोड म्हणून कार्य करते .
२. अशुद्ध कॉपर बॅटरीच्या धन प्रभाराला जोडल्यामुळे अशुद्ध कॉपर ॲनोड म्हणून कार्य करते .
३. हे द्रावण 15 %$CuSO_4$ and 10% H_2SO_4 इलेक्ट्रोलाइट म्हणून वापरले जाते .

इलेक्ट्रिक करंट प्रवाहित केल्यानंतर कॅथोड कॉपर जमा होतो .

$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e^-$ ....Oxidation Reaction

ॲनोड वर कॉपर इलेक्ट्रॉन ग्रहण करतो आणि लेक्ट्रोलाईट मध्ये विरघळतो .

$Cu^{++} + 2e^- \rightarrow Cu$ .... Reduction Reaction



Corrosion मेटलचे गंजणे

गंजण्याचा अभ्यास करण्याचे महत्व (significance of corrosion)

जेव्हा धातू वेगवेगळ्या स्वरूपात वापरले जातात तेव्हा ते कोरडे वायू(Dry gases) ओलावा(moisture)पातळ पदार्थ(liquid) इत्यादी वातावरणात सामोरे जातात तेव्हा उघडकीस आलेल्या धातूच्या पृष्ठभागाचा कमी जास्त वेगाने क्षय (destruction)होणे सुरू होते हा धातूचा क्षय गंज (corrosion)आहे जो थेट रासायनिक हल्ला (chemical attack) किंवा पर्यावरणाच्या इलेक्ट्रो रासायनिक हल्ल्यामुळे असू शकतो गंजण्यामुळे होणारे नुकसान प्रचंड आहे म्हणूनच अभियानास गंजांची यंत्रणा (corrosion process)समजून घेणे आवश्यक आहे जर त्याचे परिणाम कमी केले गेले तर शिवाय तो तीव्रगंज परिस्थिती (severe corrosion condition) टाळण्यास(avoid) सक्षम होईल आणि एकाच वेळी गंजविरुद्ध संरक्षण प्रदान करेल(protection against corrosion)

परिचय (introduction)

उद्योगात गंज हा एक गंभीर शब्द आहे ज्यामुळे आज पासच्या वातावरणाद्वारे धातूचा नाश होतो ज्यामध्ये वायू आद्रता किंवा द्रव पदार्थाचा समावेश असतो दैनंदिन जीवनात गंज येण्याचे बहुतेक सामान्य उदाहरण म्हणजे लोखंडाचे गंजणे . गंज ही एक धीमी प्रक्रिया आहे परंतु परिणामी होणारे नुकसान जबरदस्त आणि धोकेदायक आहे.

गंज व्याख्या

गंज ही धातूच्या पृष्ठभागापासून प्रारंभ होणाऱ्या रासायनिक किंवा इलेक्ट्रोकेमिकल प्रक्रियेद्वारे धातूचा नाश म्हणून परिभाषित केले जाते .

गंजण्याचे प्रकार (types of corrosion)

गंज अभिक्रिया मुख्यतः दोन प्रकारच्या असतात

1.वातावरणीय गंज /थेट रासायनिक गंज /कोरडे गंज (atmospheric /direct /dry corrosion)

2.विसर्जित गंज /इलेक्ट्रोकेमिकल गंज /ओले गंज(Immersed /Electrochemical /Wet Corrosion)

<u>थेट रासायनिक गंज(वतावरणीय गंज /direct chemical corrosion /atmospheric corrosion)</u>

गंज अभिक्रियेचा दर दमट वातावरणात आणि प्रदूषित वातावरणात जास्त असल्याचे दिसून आले आहे अशा प्रकारच्या गरजांचा वातावरणीय परिस्थिती जबाबदार असल्याने त्याला वातावरणीय गंज असे म्हणतात

वातावरणीय गंज चे प्रकार

१. ऑक्सिजनमुळे होणारा गंज (Corrosion due to oxygen)
२. इतर वायूमुळे होणारे गंज.(corrosion due to other gases)

ऑक्सिजनमुळे होणारा गंज (Corrosion due to oxygen)

जेव्हा धातूचा पृष्ठभाग वातावरणीय ऑक्सिजन वायूच्या संपर्कात येतो तेव्हा त्यामध्ये ऑक्सिडेशन अभिक्रिया होते आणि संबंधित धातूच्या ऑक्साईड ची पातळ फिल्म(thin film) धातूच्या पृष्ठभागावर (Metallic surface) तयार होते .गंजण्याचे दर ऑक्साईड फिल्मच्या स्वरूपावर (nature oxide film) अवलंबून आहे .

सामान्यत: आद्रता नसताना(absence of moisture)धातूवर ऑक्सिजनची थेट रासायनिक अभिक्रिया मुळे या प्रकाराचा गंज उद्भवतो .

१. जेव्हा धातूचे अनु वायुमंडलिय ऑक्सिजनच्या संपर्कात येतात तेव्हा ते धातूचा आयन तयार करण्यासाठी इलेक्ट्रॉन गमावतात ऑक्सिजनचे अनु ते इलेक्ट्रॉन स्वीकारतात (accept electrons)आणि ऑक्साईड आयन तयार करतात .
२. इलेक्ट्रोस्टॅटीक आकर्षणांच्या बळामुळे हे तयार झालेले मेटल आयन आणि ऑक्साईड एकत्र येतात व धातूचे ऑक्साईडचे (Metal Oxide)रेणू तयार करतात .
३. अशा प्रकारचे गंज उद्भवते (corrosion occurs)जेव्हा धातूचा पृष्ठभाग वायु मंडलातील इतर वायूच्या संपर्कात येतो जसे O_2 (Oxygen), Cl_2 (Chlorine), Br_2(Bromine), I_2(Iodine),H_2S(Hydrogen Sulphide), CO_2(Carbon Dioxide),SO_2(Sulphur Dioxide) इत्यादी म्हणजेच वातावरणीय परिस्थितीमुळे निर्माण झालेल्या गंजण्याला वातावरणीय गंज (atmospheric corrosion) lम्हणतात.

उदाहरणे (Examples):

1. लोखंडाचे गंजणे (Rusting of Iron)
2. तांब्याच्या (Copper) पृष्ठभागावर ग्रीन फिल्मची निर्मिती
3. रसायनशास्त्र प्रयोगशाळेमध्ये चांदीच्या (Silver) धातूच्या पृष्ठभागावर काय रंगाची चांदीच्या सल्फाईड (silver Sulfide) फिल्मची निर्मिती.

ऑक्साईड फिल्म चे प्रकार:

A. स्थिर ऑक्साईड फिल्म(Stable Oxide Film)

B. अस्थिर ऑक्साईड फिल्म (Unstable)

C. व्होलाटाईल ऑक्साईड फिल्म (Volatile)

A.स्थिर ऑक्साईड फिल्म:

या प्रकारची ऑक्साइड फिल्म स्थिर असते आणि ती धातूच्या पृष्ठभागावर कठोरपणे (tightly) चिटकते स्थिर ऑक्साईड फिल्म पुन्हा दोन प्रकार मध्ये विभागली जाते.

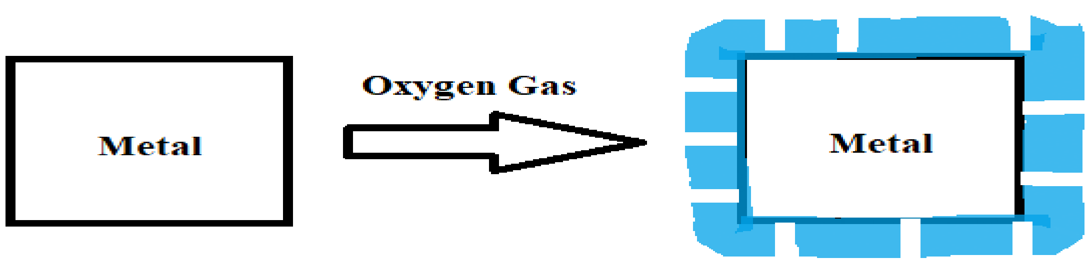
I) सच्छिद्र / पोरस ऑक्साईड फिल्म (porous)

2) सच्छिद्र नसलेले/ नॉन पोरस ऑक्साईड फिल्म. (non porous)

1) सच्छिद्र / पोरस ऑक्साईड फिल्म:

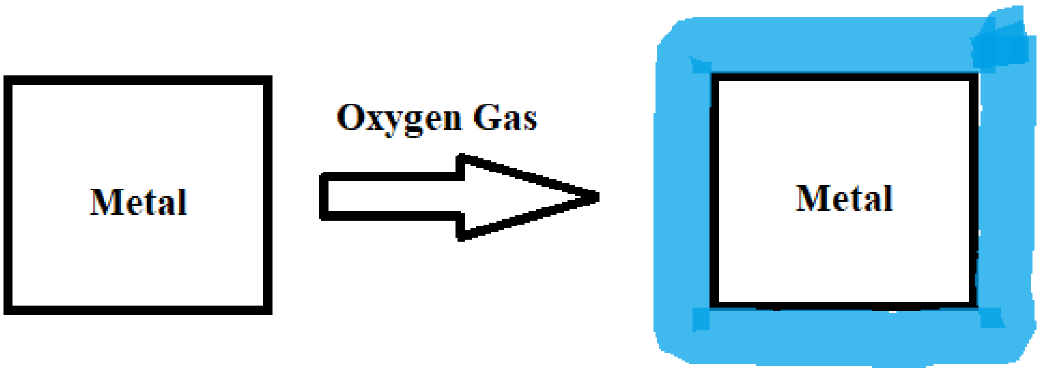
नॉन प्रोटेक्टिव्ह ऑक्साईड फिल्म ऑक्सिडेशन अभिक्रिया अल्कली आणि अल्कलाइन अर्थ मेटल धातूपेक्षा कमी प्रमाणात मेटल ऑक्साईड तयार करतात याचा परिणाम म्हणजे सचिद्र ऑक्साईड फिल्म तयार होते छिद्रयुक्त नेचर मुळे ऑक्सिजन चित्रांमधून आत प्रवेश करतो आणि मोठ्या प्रमाणात धातू नष्ट करतो. या प्रकारात गंजण्याची प्रक्रिया वेगवान आणि सतत होते.

उदाहरणार्थ अशा प्रकारची ऑक्साईड फिल्म अल्कली मेटल जसे की लिथियम (Li),पोटॅशियम(K), सोडियम (Na) आणि अल्कलाइन अर्थ मेटल जसे की कॅल्शियम (Ca), मॅग्नेशियम (Mg) तयार करतात.



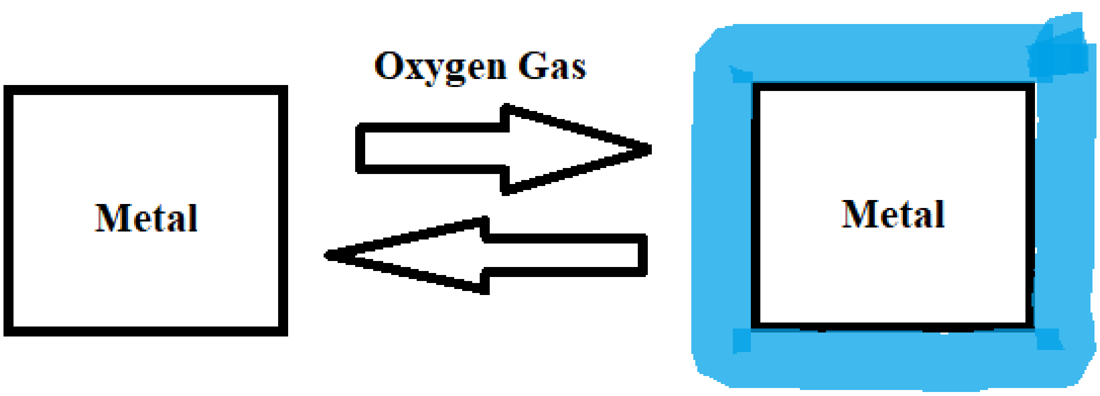
Porous Metal Oxide Film

2) सच्छिद्र नसलेले / नॉन पोरस मेटल ऑक्साइड फिल्म:_प्रोटेक्टिव्ह ऑक्साईड फिल्म ॲल्युमिनियम सारख्या धातूशी संबंधित धातूपेक्षा जास्त ऑक्साईड फिल्म तयार होते या प्रकारची ऑक्साईड फिल्म गुळगुळीत (smooth) सतत (continuous) आणि नॉन सचिद्र (non-porous) आहे. ही नॉन सचिद्र ऑक्साईड फिल्म एक संरक्षण थर (protective layer) म्हणून कार्य करते आणि मोठ्या प्रमाणात धातूच्या गंजना प्रतिबंध करते .
उदाहरणार्थ अल्युमिनियम क्रोमियम आणि कॉपर



Non Porous Metal Oxide Film

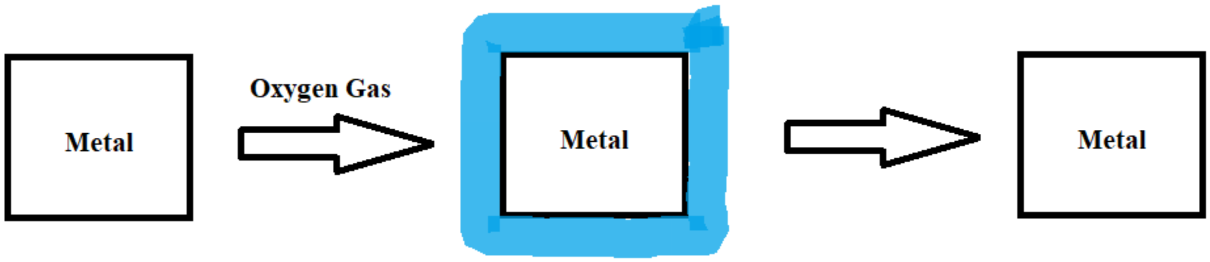
<u>३) अस्थिर/ अनस्टेबल मेटल ऑक्साईड फिल्म</u>:
सोने(Au), चांदी(Ag), आणि प्लॅटिनम(Pt) सारखे धातू च्या पृष्ठभागावर अस्थिर मेटल ऑक्साईड फिल्म तयार होते. या प्रकारची ऑक्साइड फिल्म तयार होतात तिचे परत धातू आणि ऑक्सिजन मध्ये विघटन होते. म्हणूनच अशा परिस्थितीत ऑक्सिडेशन शक्य नसते किंवा शून्य करोजन असते.



Unstable Metal Oxide Film

उदाहरणार्थ अशा प्रकारचे ऑक्साईड फिल्म चांदी,सोने आणि प्लॅटिनम यासारख्या उदात्त (Noble)धातूंमध्ये तयार केले जाते.

<u>४)व्होलाटाईल ऑक्साईड फिल्म(Volatile)</u>
मोलीबडेनम (Mo)सारखा धातू जेव्हा वातावरणीय ऑक्सिजन वायूच्या संपर्कात येतो तेव्हा तो पृष्ठभागावर व्होलाटाईल ऑक्साईड फिल्म तयार करतो अशा प्रकारची ऑक्साइड फिल्म फ्रेश धातूच्या पृष्ठभागाच्या सतत त्वरित बाष्पीभवन (vaporized)करते म्हणून या प्रकारात गंजण्याची प्रक्रिया सतत आणि वेगवान आहे.



वातावरणातील गंजांची यंत्रणा(mechanism of Atmospheric Corrosion)

१. वातावरणातील ऑक्सिजन गॅस ऑक्सिडेशन करोजनला जबाबदार असत ऑक्साईड फिल्म तयार . करण्याच्या यंत्रणेमध्ये पुढील चरणांचा समावेश आहे (following steps)

२. वातावरणीय ऑक्सिजन वायूचा जेव्हा धातूच्या पृष्ठभागाशी संपर्क येतो तेव्हा तो त्याचे व्हॅलेंस इलेक्ट्रॉन/संयुजक इलेक्ट्रॉन (valence electron)गमावतो (loses)आणि ऑक्सिडेशन अभिक्रिया होते .

a) $M \rightarrow M^{+2} + 2e^{-}$ ....Oxidation Reaction

३. वातावरणीय ऑक्सिजन वायू हे इलेक्ट्रॉन स्वीकारतो आणि रीडक्शन अभिक्रिया होते

b) $\frac{1}{2}O_2 + 2e^{-} \rightarrow O^{-2}$ ....Reduction Reaction

a आणि b एकत्रित केल्याने असल्यास नेट अभिक्रिया मिळेल .

नेट सेल रिएक्शन :

$M + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow M^{+2} + O^{-2} \rightarrow MO$ (मेटल ऑक्साइड फिल्म)

व्याख्या:
जेव्हा दोनभिन्न धातू (Disssimilar metals) कण्डक्टींग मेडीयम उपस्थितीत एकमेकांच्या संपर्कात असतात तेव्हा आयोनिक रिएक्शन मधून झालेल्या करो जनला इलेक्ट्रोकेमिकल किंवा इमर्स करोजन किंवा वेट करोजन असे म्हणतात

उदाहरणे:

1. जॉईंटच्या अंतर्गत (under joints) कुंपण (fencing) वायरचे रस्टिंग(corrosion)
2. तांबे प्लंबिंगला (copper plumbing) जोडलेल्या स्टील पाईपचे गंजणे.
3. तांब्याच्या वायरच्या (copper wire) भोवती शिसाच्या अँटीमनी (lead antimony) सोल्डर (solder) चे रस्टिंग.
4. ब्रास हार्डवेअर मध्ये स्टीलच्या स्क्रूचे गंजणे
5. तांब्याच्या शीट्स ला जोडण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या लोखंडी नेल्सचे(iron nails) गंजणे.
6. कोरड्या आणि मातीमधून (dry & wet soil) जात असलेल्या भूमिगत पाईपलाईनचे रस्टिंग .

हे एक तर गॅलव्हानिक सेल असेल किंवा कॉन्सन्ट्रेशन सेलच्या निर्मितीद्वारे होते इमर्स करो जन खाली दोन प्रकारचे सेल तयार झाल्याने होते.

A) गॅलव्हानिक सेल (Galvanic Cell):

जेव्हा दोन भिन्न धातू लिक्विड कण्डक्टींग मेडीयम किंवा ओलसर हवेच्या (moist air) उपस्थित एकमेकांच्या संपर्कात असतात .

या गॅलव्हानिक सेलमध्ये अधिक सक्रिय धातू (active metal) ॲनोड म्हणून कार्य करतो आणि गंजतो तर कमी सक्रिय धातू (less active metal)कॅथोड म्हणून कार्य करतो आणि गंजण्यापासून संरक्षित होतो .

गॅलव्हानिक सेल ॲक्शन मुळे होणाऱ्या करोजनची उदाहरणे:

१. तांबे प्लंबिंगला जोडलेल्या स्टील पाईपचे गंजणे .
२. ब्रास हार्डवेअर मध्ये स्टीलच्या स्क्रूचे गंजणे .
३. तांब्याच्या शीट्स ला जोडण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या लोखंडी नेल्सचे गंजणे .
४. तांब्याच्या वायरच्या भोवती शिसाच्या अँटीमनी शोल्डरचे रेस्टिंग.

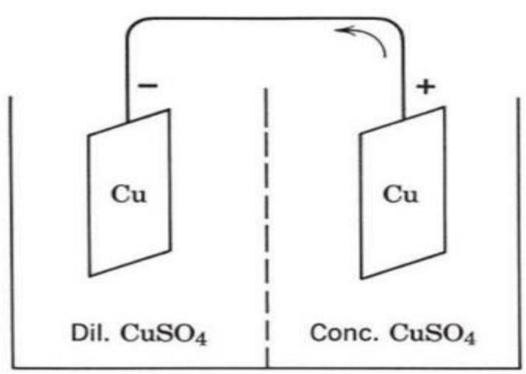
B कॉन्सन्ट्रेशन सेल concentration सेल :

जेव्हा एक धातू वेगवेगळ्या वातावरणाच्या संपर्कात येतो वि.भेदित वायू(differential aeration) विजन कॉन्सन्ट्रेशन सेल मध्ये कमी ऑक्सिजनयुक्त क्षेत्र (less oxygenated area)ॲनोड म्हणून कार्य करते आणि गंजते तर जास्त ऑक्सिजन युक्त क्षेत्र (high oxygenated area)कॅथोड म्हणून कार्य करते आणि अप्रभावित राहते .

मेटल आयन कॉन्सन्ट्रेशन सेलमध्ये धातूच्या आयनच्या उच्च कॉन्सन्ट्रेशन सेलच्या संपर्कात असलेल्या धातूचे क्षेत्र संरक्षित केले जाईल कारण तो कॅथोड म्हणून कार्य करतो आणि धातूच्या आयन च्या लो कॉन्सन्ट्रेशन सेलच्या संपर्कात असलेले असणाऱ्या धातूचे क्षेत्र सुरक्षित केले जाणार नाही कारण तो ॲनोड म्हणून कार्य करतो.

कन्सन्ट्रेशन सेल ॲक्शन मुळे होणाऱ्या करोजनची उदाहरणे (examples of corrosion due to concentration cell action)

१. मातीच्या पोरोसिटी (porosity) मध्ये असणारा फरक(difference)ऑक्सिजन कॉन्सन्ट्रेशन सेल होण्यास कारणीभूत ठरू शकतो .
२. असमान(uneven) किंवा उग्र (rough) पृष्ठभाग(surface) ऑक्सिजन एकाग्रता असेल तयार करतात .
३. अंशतः पुरलेल्या भूमिगत पाईपचे ऑक्सिजन कॉन्सन्ट्रेशन सेल तयार झाल्याने गंजणे .
४. वॉटर लाईन(water line) करोजन
५. पीटिंग(pitting)करोजन



कॉन्सन्ट्रेशन सेल चे प्रकार :

१. **इलेक्ट्रोलाईट कॉन्सन्ट्रेशन सेल(electrolyte concentration cell:)**
इलेक्ट्रोड समान सामग्रीचे (material)असतात आणि इलेक्ट्रोलाईट समान पदार्थाचे बनलेले असतात परंतु भिन्न(different) कॉन्सन्ट्रेशन असते.

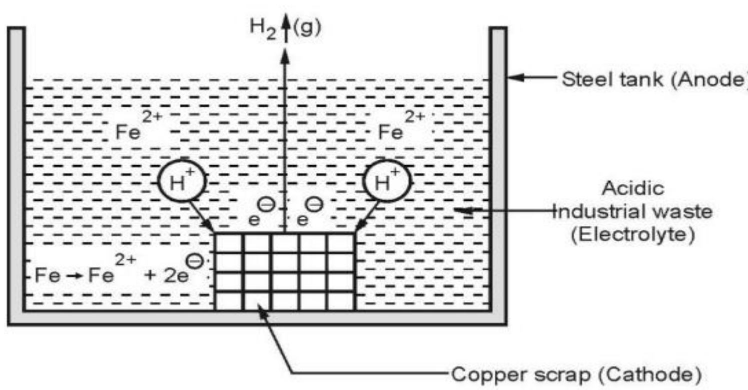
२. **इलेक्ट्रोड कॉन्सन्ट्रेशन सेल (electrode concentration cell)**
या प्रकारात इलेक्ट्रोड समान सामग्रीचे असतात परंतु भिन्न कॉन्सन्ट्रेशनचे असतात इलेक्ट्रोड एकाच इलेक्ट्रोलाईट(electrolyte) मध्ये बुडवलेले असतात .

वेट करो जन यंत्रणा mechanism of wet corrosion :

अ हायड्रोजन इवोल्युशन यंत्रणा गॅलव्हानिक सेल ॲक्शन

१. उदाहरणार्थ, ऍसिडिक औद्योगिक कचरा (acidic industrial waste)असलेल्या एका स्टीलच्या (Steel tank) टाकीमध्ये त्याच्या संपर्कात असलेला तांब्याचा छोटा तुकडा (small copper scrape)
२. ऍसिडिक कण्डक्टींग मेडीयम च्या उपस्थितीत तांब्याच्या छोटा तुकडा कॅथोड (cathode) आणि स्टीलची टाकी ॲनोड(anode)म्हणून कार्य करते .
३. लोह (Fe ॲनोड) दोन इलेक्ट्रॉन दान केल्यामुळे ऑक्सिडेशन होते आणि मुक्त झालेले दोन इलेक्ट्रॉन प्रवाहित होतात, इलेक्ट्रोलाईट(electrolyte) मधून हायड्रोजन आयन हे मुक्त केलेले इलेक्ट्रॉन स्वीकारतात आणि हायड्रोजन वायूच्या उत्सर्जनाने कॅथोड येथे रिडक्शन (reduction)ही अभिक्रिया होते .

$Fe \rightarrow Fe^{+2} + 2e^-$ ....Oxidation Reaction
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \uparrow$ ....Reduction Reaction
नेट सेल रिएक्शन
$Fe + 2H^+ \rightarrow Fe^{+2} + H_2 \uparrow$



या प्रकारच्या करोजन मध्ये कॅथोडिक क्षेत्र(cathodic area) लहान असते आणि ॲनोडीक क्षेत्र (anodic area)मोठे असते.

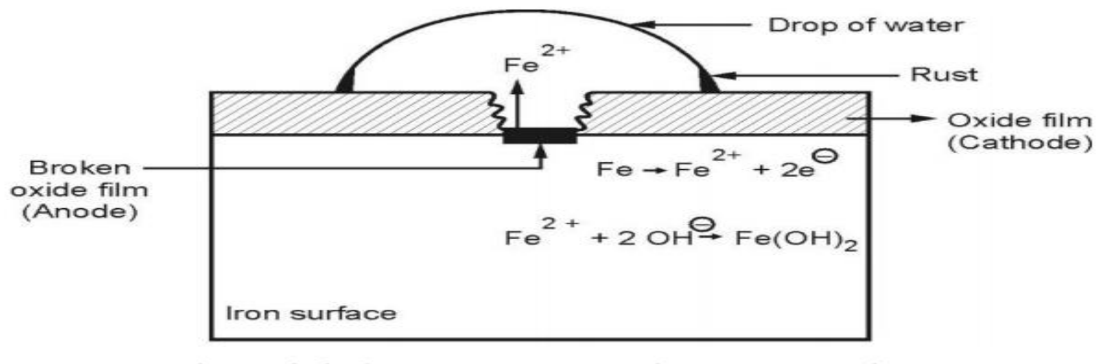
ब ऑक्सीजन शोषण यंत्रणा कॉन्सन्ट्रेशन सेल अभिक्रिया:

Absorption of Oxygen Gas

१. उदाहरणार्थ जेव्हा पाण्याचा थेंब लोह किंवा स्टीलच्या पृष्ठभागावर (iron or steel surface) असतो तेव्हा वायुमंडली ऑक्सिजनच्या उपस्थितीत(in presence of)उदासीन जलीय द्रावण(neutral aqueous solution)मध्ये लोहाचे गंजणे .

२. सहसा लोखंड ऑक्साईडच्या पातळ फिल्म(thin film)सह कव्हर केले जाते फिल्ममध्ये क्रॅक विकसित झाल्यास पाण्याचे थेंब किंवा आद्रताच्या उपस्थितीत क्रॅक ॲनोड म्हणून कार्य करते आणि उर्वरित लोह ऑक्साईड फिल्म कॅथोड म्हणून कार्य करते ॲनोडच्या पृष्ठभागावरील धातूच्या अणूचे इलेक्ट्रॉनच्या मुक्तीसह ऑक्सीकरण (oxidation)होते.

$Fe \rightarrow Fe^{+2} + 2e^-$ ....Oxidation Reaction



मुक्त झालेल्या इलेक्ट्रॉन पाण्याचे थेंब स्वीकारतो आणि रिडक्शन ही रासायनिक अभिक्रिया होते.

$2H_2O + O_2 + 4e^- \rightarrow 4(OH)^-$ ......Reduction Reaction

Fe^{+2} आयन आणि $(OH)^-$ आयन एकत्र येतात आणि आणि फेरस हायड्रॉक्साइड तयार करतात .

$Fe^{+2} + 4(OH)^- \rightarrow Fe(OH)_2$

पुरेशा प्रमाणात ऑक्सिजनच्या उपस्थितीत फेरस हायड्रॉक्साइड चे ऑक्सिडेशन (oxidation) होते आणि फेरीक हायड्रॉक्साइड तयार होते त्यानंतर त्याचे विघटन होते आणि फेरी ऑक्साईड तयार होते तर ज्याला पिवळा रंगांचा गंज म्हणतात.

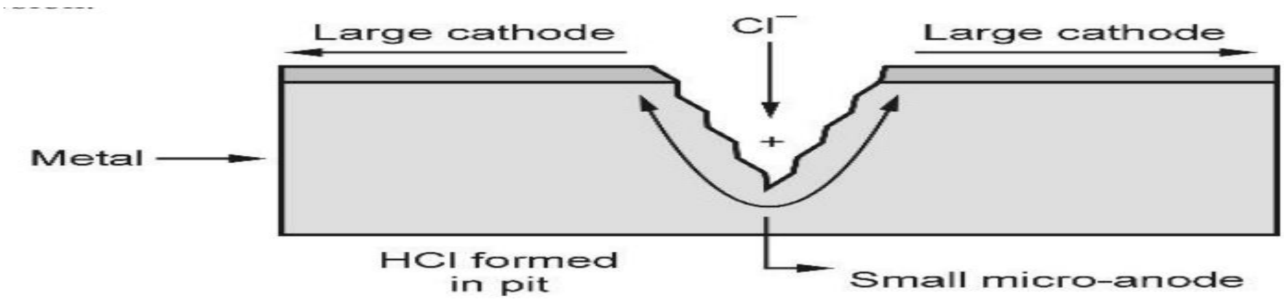
$Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow Fe_2O_3 .2H_2O$ yellow rust

या प्रकारात कॅथोडीक क्षेत्र मोठे (large cathode)असते आणि ॲनोडीक क्षेत्र लहान (small anode)असते .

पीटिंग करोजन(Pitting Corrosion)

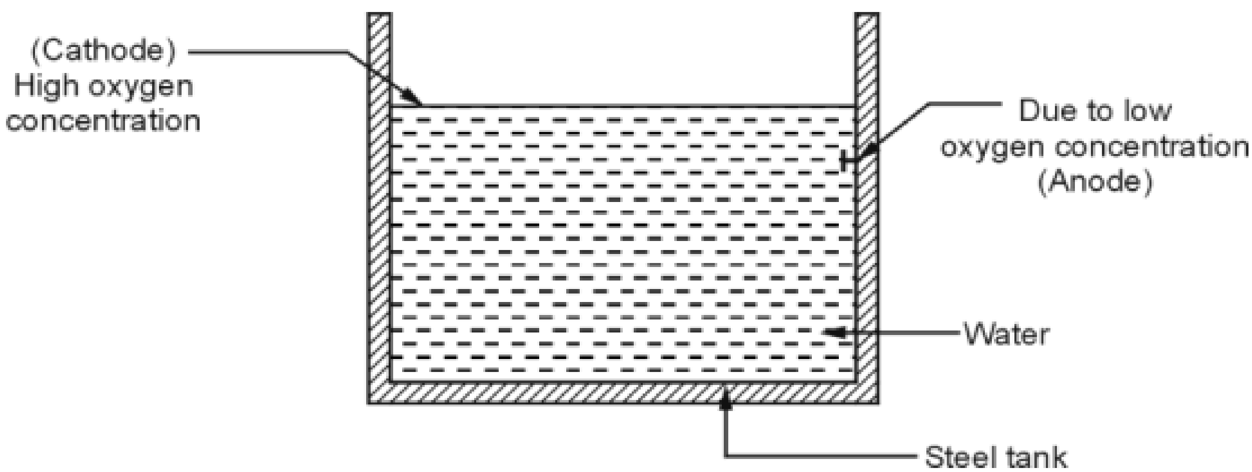
करोडिंग वातावरणाच्या (Corroding Environment)उपस्थितीत धातूच्या पृष्ठभागांमध्ये विषमतेमुळे पीटिंग गंज उद्भवते (occurs) एखाद्या पर्यावरणीय स्थितीच्या उपस्थितीत धातूवरील संरक्षण पृष्ठभागाच्या (protecting surface) फिल्मवर विकसित क्रॅकमुळे छिद्र किंवा खड्डे तयार होतात म्हणजेच फिटिंग गंज हा एक स्थानिक हल्ला (localized attack)आहे ज्याचा परिणामामुळे धातूच्या पृष्ठभागावर छिद्र बनतो . गुळगुळीत पृष्ठभाग असलेला शुद्ध(pure) आणि एकसंध/एकजीव (homogeneous metal) धातू दोष

(defects)आणि खडबडीत पृष्ठभागापेक्षा(rough surface) फिटिंगला अधिक प्रतिरोधक असतो . स्वच्छ (clean) पृष्ठभाग आणि योग्य सामग्रीचा निवड(selection of proper material) पिटिंग गंजला प्रतिकार करू शकते असे दिसून आले आहे की पॉलिश केलेला पृष्ठभाग असलेले नमुने पिटिंग करोजन अधिक प्रतिरोधक असतात सुमारे दोन टक्के मॉलिब्डेनम(molybdenum) सह स्टेनलेस स्टील(stainless steel) अलोईंग (alloying)पिटिंग करोजनच्या दिशेने प्रतिरोधकता वाढवते .



वॉटरलाईन करोजन (waterline corrosion)

विभेदित वायूविजनामुळे(differential aeration) ऑक्सिजन कॉन्सन्ट्रेशन सेल तयार होतो ज्यामुळे जल लाईनगंज(waterline corrosion)वाढते . जेव्हा स्टीलच्या टाकीमध्ये पाणी बऱ्याच दिवसापासून स्थिर (stagnant) राहते तेव्हा असे दिसून येते की पाण्याच्या पातळीच्या अगदी खाली(just below the water level) गंज तयार होतो.

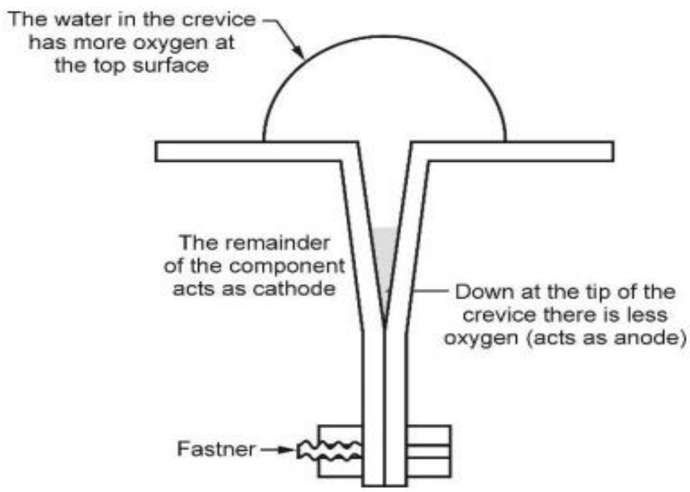


पृष्ठभागाच्या खाली असलेल्या पाण्याच्या (under water surface)तुलनेत पृष्ठभागाच्या पाण्यात (surface water)विसर्जित ऑक्सिजनचे कॉन्सन्ट्रेशन जास्त असते .यामुळे ऑक्सिजन कॉन्सन्ट्रेशन सेल तयार होतो ज्यामध्ये पृष्ठभागाचे पाणी कॅथोड म्हणून कार्यकरते आणि पृष्ठभागाच्या खाली असलेले पाणी ॲनोड म्हणून कार्यकरते म्हणूनच पाण्याच्या पातळीच्या खाली असलेल्या धातूचे करोजन होते .

<u>क्रिविस गंज</u> <u>(Crevice Corrosion)</u>:

क्रिविस गंज हे स्थानिक करोजनचे(local corrosion) उदाहरण आहे या प्रकारचे करोजन घाणीच्या साठ्यामुळे (dirt deposite)पेंट कोटिंग वर विकसित होणाऱ्या क्रॅकमुळे (crack developed on paint

coatings)होते जे सामान्यतः गॅस्केट(gaskets)बोल्टस् (bolts)आणि रिव्हेट(रिवेट्स) जवळ दिसून येते असलेला ऑक्सिजनचा अभाव यामुळे या प्रकारचे करोजन होते .



योग्य मटेरियलची निवड(selection of proper material) योग्य डिझाईन(proper design) आणि स्वच्छता (clean)क्रिविस गंजला नियंत्रण करण्यासाठी केल्या गेलेल्या उपाययोजना आहेत .

धातूचा संयुक्त (joints)वेल्डेड बोर्ड (welded)वापरून आणि नॉन अबोर्बिंग गॅसकिट(non absorbing gasket) वापरून देखील हे प्रतिबंधित केले जाऊ शकते.

<u>करोजन वर परिणाम करणारे घटक (factors affecting the corrosion)</u>

A) वातावरणीय गंजावर परिणाम करणारे घटक

१ .वातावरणातील अशुद्धी (impurities in the atmosphere)

सामान्य वातावरणामध्ये ऑक्सिजन(२० %), नायट्रोजन(७८ %), कमी प्रमाणात कार्बन डायऑक्साइड (CO_2), H_2O आणि दुर्मिळ वायु (rare gases)) परंतु औद्योगिकीकरनामुळे .असतात industrialization) वातावरणात CO_2 ,Cl_2 ,H_2S, CO_2 सारखे प्रदूषक असतात जे धातूवर सहज आक्रमण करतात आणि जे ऑक्साईड सह कार्बोनेट (carbonates), क्लोराइड (chlorides), सल्फाइड्स (sulphide), सल्फेट्स (sulphates) इत्यादी सारखी संयुगे तयार करतात औद्योगिक क्षेत्राजवळील वातावरणीय हवेमध्ये अशुद्धता जास्त असते औद्योगिक क्षेत्राजवळील वातावरणीय हवेमध्ये अशुद्धता जशी ती यांच्यासोबत हायड्रोक्लोरिक ऍसिड (HCl), आणि सल्फ्युरिक ऍसिड (H_2SO_4) यांच्या वेपर्स (VAPOURS) जास्त असतात त्यामुळे औद्योगिक क्षेत्राजवळ करोजनचा रेट जास्त असतो.

१. **आद्रता(humidity)** गंजाचे दर (rate of corrosion) दमट वातावरणात जास्त असल्याचे आढळते आद्र वातावरणात गंज दर वाढण्याचे मुख्य कारण हे आहे की वातावरणातील उपस्थित वायू आद्रतेत विरघळतात (dissolve)ज्यामुळे धातूच्या पृष्ठभागावरील रासायनिक आणि इलेक्ट्रो केमिकल अभिक्रिया chemical and electrochemical corrosio होतात त्यामुळे जास्त करोजन होते .हल्ल्याची व्याप्ती extend of attack गॅलव्हानिक मालिकेतील galvanic series धातूच्या नेचर गुणधर्म स्थितीवर अवलंबून असते .

२. **तापमान(temperature)** तापमानात वाढ झाल्याने गंजण्याचे प्रमाण वाढते तापमान जितके जास्त असेल तितके गंजन्याचे प्रमाण देखील जास्त आहे एक निष्क्रिय धातू (inert metal)उच्च तापमानात सक्रिय (active) होतो कॉस्टिक ईम्ब्रीटलमेंट (caustic embrittlement) सारख्या अंतर्गंजांचे (Intergranular Corrosion) प्रकार केवळ उच्च तापमानात हाय प्रेशर बॉयलर मध्ये होतात.

३. **पीएच चा प्रभाव (effect of pH):** सर्वसाधारणपणे ऍसिडिक(आम्ल) मिडीयम, अल्कलाइन(आम्लारी) मेडीयम आणि उदासीन (neutral) माध्यमांपेक्षा अधिक corrosive असतात.

४. **भिन्न वायू विजन(Differential aeration)** धातूचा एका भागामध्ये ऑक्सिजनच्या कॉन्सन्ट्रेशन मध्ये वाढ झाल्याने ऑक्सिजनचा कॉन्सन्ट्रेशन सेल तयार होतो ज्यामध्ये ऑक्सिजन कॉन्सन्ट्रेशन कमी असेल तेथे करोजन होते .

B] ईमरस्ड वेट/करोजनवर परिणाम करणारे घटक

१. **धातूची शुद्धता (purity of metal)**शुद्ध धातू गंजण्याच्या प्रक्रियेस प्रतिकार करते म्हणूनच 100% शुद्ध धातूच्या बाबतीत गंजण्याचे प्रमाण कमी असल्याचे आढळले आहे. धातूमध्ये असणारी अशुद्धता लहान गॅलव्हानिक सेल(tiny galvanic cell)ची निर्मिती करते ज्याचा परिणाम म्हणून अनोडिक भाग खराब होतो अशुद्धीच्या(impure) वाढत्या प्रदर्शनासह गंजण्याचे प्रमाण वाढते अशाप्रकारे धातूची गंज प्रतिकार शुद्धता वाढवून प्रभावित होऊ शकते(thus corrosion resistance of metal can be impressed by increasing its purity)

२. **ऑक्साइड फिल्मचे स्वरूप (nature of oxide film)**ऑक्साइड फिल्मचे स्वरूप गांजन्याच्या दारावर खूप परिणाम करते. अस्थिर (unstable ऑक्साइड)फिल्मच्या बाबतीत जवळजवळ शून्य (zero corrosion).दिसून येते (व्होलाटाईल ऑक्साईड) फिल्मच्या बाबतीत गंज दर जास्त दिसून असल्याचे आढळले आहे नॉन सछिद्र .(non porousऑक्साईड फिल्म एक अडथळा म्हणून कार्य करते आणि मोठ्या प्रमाणात मेटलला पुढील गंजण्यापासून संरक्षण देते लोहसारखे धातू छिद्र युक्त ऑक्साइड .फिल्म(porous oxide film)जिथे गंजण्याचा दर अधिक दिसत ,तयार होतात form (high corrosion rate)

३. **गंज उत्पादनाची विद्रव्यता (Solublity of the corrosion product)**
जर गंज उत्पादन(corrosion product) करोडिंग मिडीयम मध्ये विरघळत नसेल तर ते अडथळा (barrier) म्हणून कार्यकरते आणि धातूच्या पुढील गंजण्यावर प्रतिबंध करते (resist further corrosion) परंतु गंज उत्पादन कोरोडिंग मिडीयम मध्ये विरघळणारा (soluble)असेल तर फ्रेश धातूच्या निरंतर प्रदर्शनामुळे गंज प्रक्रिया सतत आणि वेगवान असते.

४. **गॅलव्हानिक मालिकांमध्ये धातूची स्थिती/स्थान (Position of metal in galvanic series)**
गॅलव्हानिक मालिकांमध्ये उच्च स्थान (top position)असणाऱ्या धातूंची ऑक्सिडेशनची क्षमता उच्च असते आणि ते सहजपणे गंजतात गॅलव्हानिक मालिकांमध्ये कमी (bottom position)स्थान असलेल्या धातूंमध्ये रिडक्शन करण्याची क्षमता उच्च असते आणि ऑक्सिडेशनची क्षमता कमी असते ज्यामुळे त्यांची गंजण्याची प्रवृत्ती कमी असते

५. **पी एच चा प्रभाव(effect of pH)**
गंज अभिक्रिया सर्वात महत्त्वाचा घटक म्हणजे हायड्रोजन आयन चे कॉन्सन्ट्रेशन आम्ल (acid)आणि आम्लारी(basic) कंडक्टिंग मिडीयम मध्ये करोजनचा दर अधिक असतो तर उदासीन (neutral) माध्यमांमध्ये करोजनचा दर कमी असतो .

गंज नियंत्रक(corrosion control :

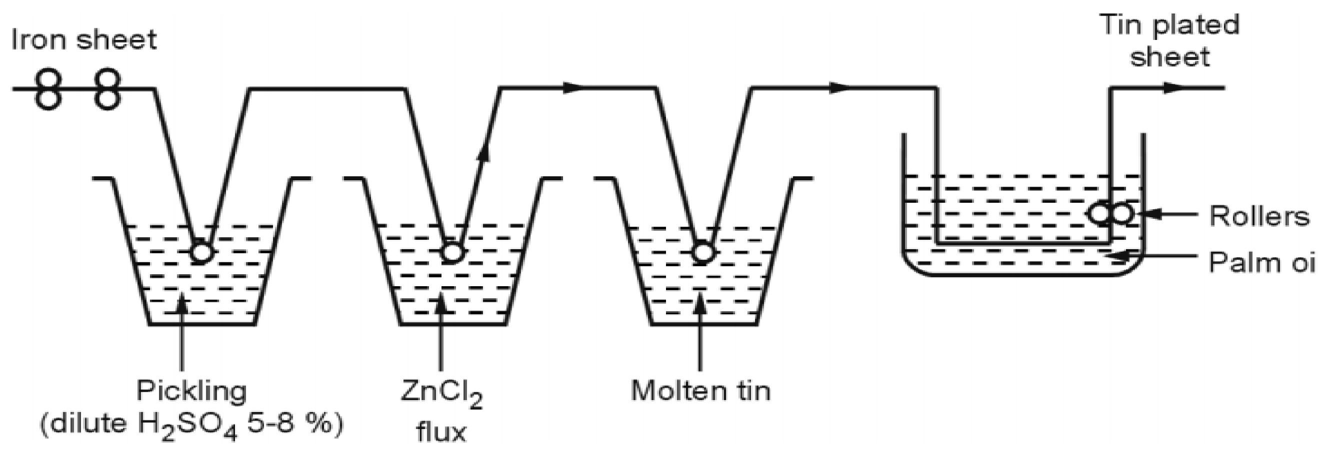
अ) वातावरणात बदल (modification of the environment :

खालील मार्गांनी वातावरणात बदल करून धातूची गंज कमी केला जाऊ शकते .
१. हानिकारक गंज उत्तेजक काढून टाकणे (Removal of harmful corrosion stimulants)
२. गंज प्रतिबंधकांचा वापर (use of corrosion inhibitors)

a. अल्पधर्मी उदासीनिकरण (Alkaline Neutralization)ऍसिडिक वातावरणामुळे होणाऱ्या गंजला रोखण्यासाठी(prevent corrosion)NH_3, चुनखडी (limestone), इत्यादी वाफेच्या(vapour) किंवा द्रव (liquid) स्वरूपात उदासीनीकरण (neutralizers) वापरुन केले जाते .
b. डीह्युमिडीफिकेशन (Dehumidification) वातावरणातील आद्रता किंवा आद्रता (moisture or humidity in atmosphere)हा एक महत्त्वपूर्ण घटक आहे जो गंजण्यास कारणीभूत आहे . ओलाव्यामुळे होणाऱ्या गंजाला रोखण्यासाठी सिलिका जेल वापरून डीह्युमिडीफिकेशन केले जाते .

ब) संरक्षक कोटिंग चा वापर (Use of protective coating :

१ .कोटिंग साठी कमी सक्रिय धातूचा (less active metal)वापर या प्रक्रियेत टिन (tin) धातू कोटिंग साठी म्हणून वापरला जातो टिनिंग ही स्टीलच्या गंजण्यापासून रोखण्यासाठी पातळ(thin) आणि एकसमान (uniform)टिन कोट असलेली कोटींगचि प्रक्रिया आहे .



टिन हा कमी द्रवणांक असणारा धातू(low melting point 232-°C) आहे. लोहा पेक्षा कमी इलेक्ट्रोपॉझिटिव्ह नोबलर (nobler) आणि म्हणूनच ते रासायनिक हल्ल्याचा प्रतिरोधक आहे.

प्रक्रिया (process):

१. स्टील शीटच्या पृष्ठभागावर असणारी ऑक्साईड फिल्म आणि अशुद्धता (impurity) काढून टाकण्यासाठी ते सौम्य(dilute) सल्फ्युरिक ऍसिड (H_2SO_4) ने स्वच्छ वॉश केले जाते.
२. स्वच्छ केलेली शीट झिंक क्लोराइडच्या ($ZnCl_2$) वितळलेल्या फ्लक्स (flux)मधून पास केले जाते ज्यामुळे वितळलेला धातूची शीट चीटकण्यास मदत होते .
३. वितळलेल्या टिन टाकीमधून स्टीलची शीट पास केली जाते नंतर टीन लिपीत(tin coated) पृष्ठभागाचे ऑक्सीकरण रोखण्यासाठी पाल्म (palm oil) तेलाच्या टाकीमधून गरम टिन लिपीत शीट पास केले जाते जास्तीचे (excess) असलेले टीन काढून टाकण्यासाठी समान कोटिंग (uniform coating) मिळवण्यासाठी गरम रोलरच्या (hot rollers) मालिकेतून पास केली जाते.
४. टिनिंग प्रक्रियेचे ऑपरेटिंग तापमान 250 डिग्री सेल्सिअस ते 290 डिग्री सेल्सिअस आहे .

फायदे (advantages) :

१. टिन लिपीत कंटेनर्स खाद्यपदार्थ (food stuff) साठवण्यासाठी (store) वापरतात कारण टिन हा कमी सक्रीय धातू (less active metal) असल्यामुळे खाद्यपदार्थांवर ॲसिडिक वातावरणाच्या परिणाम होत नाही आणि खाद्यपदार्थ सुरक्षित राहतात .

२. बेस मेटलला गंजण्यापासून प्रतिबंधित (prevents rusting base metal) करते गंज प्रतिकारशक्ती (corrosion resistance) सुधारते.

तोटे (disadvantages) :

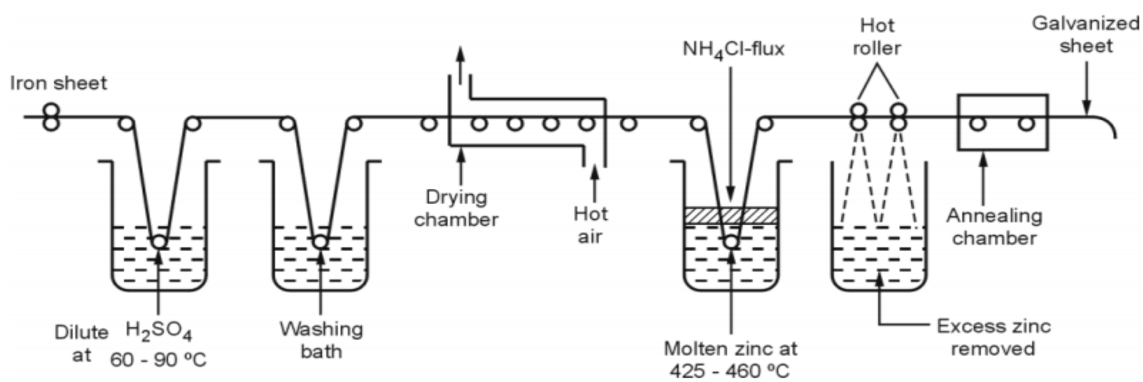
टिन कोटिंग अखंड असेपर्यंत टिनच्या धातूचे रक्षण करते ,कोटिंग मध्ये क्रॅक किंवा कोटिंग खराब झाल्यास मात्र गंजण्याचा रेट वाढतो .

उपयोग (applications):

एरोस्पेस, ऑटोमोटिव्ह, नाणी, खाद्यसेवा, इलेक्ट्रिकल, इलेक्ट्रॉनिक्स, दूरसंचार, वैद्यकीय, ऊर्जा आणि दागिने (Aerospace ,automotive ,Coin ,Food service ,Electrical ,Electronics ,Telecommunication , Medical,Energy and Jewellery) .

३. कोटींगसाठी अधिक सक्रिय धातूचा वापर (गॅलव्हानाईझिंग) use of more active metal for कोटींग (Galvanizing):

या प्रक्रियेत जस्त (zinc) धातू कोटिंग साठी म्हणून वापरला जातो गॅलव्हानाईझिंग ही स्टील स्टीलच्या गंजण्यापासून रोखण्यासाठी (prevent) पातळ (thin) आणि एक समान पोट असलेले कोटींग प्रक्रिया आहे.



प्रक्रिया (process) :

१. गॅलव्हानाईझिंग करण्यात येणारी लोखंड (iron) किंवा स्टील शीट (steel) प्रथम सल्फ्युरिक ॲसिड (H_2SO_4) मध्ये स्वच्छ केली जाते नंतर वॉशिंग बाथ मध्ये स्वच्छ करून ड्रॉइंग चेंबर मध्ये वळवली जाते

२. स्वच्छ लोखंड आणि स्टील शीट नंतर वितळलेल्या जस्त च्या बाथ (zinc bath) मध्ये बुडविले जाते

३. 425 ते 460 डिग्री सेल्सियस तापमानाला वितळलेल्या झिंक चे वातावरणीय ऑक्सिडेशन अभिक्रिया टाळण्यासाठी त्याला अमोनियम क्लोराईड या फ्लक्स (flux) ने कव्हर करतात .

४. जास्तीचे असलेले झिंक काढून टाकण्यासाठी आणि समान कोटिंग मिळवण्यासाठी झिंक लेपित (zinc coated) गरम रोलरच्या मालिकेतून (hot rollers series) पास केली जाते .

५. झिंक लिपिक शीट शेवटी 650 डिग्री सेल्सियस ला या तापमानाला केली जाते नंतर हळूहळू थंड केली जाते

फायदे (advantages) :
झिंक कोटिंग अबाधित (intact) असेपर्यंत झिंक धातूचे संरक्षण (protection) करते, कोटिंग मध्ये क्रॅक किंवा नुकसान बेस मेटलला गंज पासून संरक्षण देते कारण बेस धातूपेक्षा जास्त अधिक सक्रिय असतो.

तोटे (disadvantages) :
गॅलव्हनाईस्ड कंटेनर (galvanised container) खाद्यपदार्थ साठवण्यासाठी (store) वापरले जात नाहीत कारण जस्त डायल्युट ऍसिड मध्ये विरघळते आणि संयुगे बनवते ते आरोग्यासाठी हानिकारक असतात .

उपयोग (Application) :
१. गॅलव्हनाईस्ड स्टीलच्या प्रेम छतावरील उत्कृष्ट बांधकामासाठी (roof top construction) वापरल्या जातात.
२. दरवाजाच्या चौकटी, खिडकीच्या चौकटी, बार, घरगुती वस्तू, जसे की बांधल्या टॉप आणि इतर कंटेनर गॅलव्हनाईस्ड करतात .
३. मशीनचे भाग, साधने, जहाजे, टाक्या आणि तारा गॅलव्हनाईस्ड करतात .
४. मेटल पाईप्स आणि तारा सर्वात लोकप्रिय गॅलव्हनाईस्ड (popular galvanised item) वस्तू आहेत ज्या औद्योगिक वापरात तसेच घरगुती वापरासाठी बनवलेल्या वस्तूंमध्ये वापरतात .
५. संरक्षक गिअर, हायवे चिन्हे, हाय टेन्शन इलेक्ट्रिक टावर इत्यादी मध्ये वापरतात .

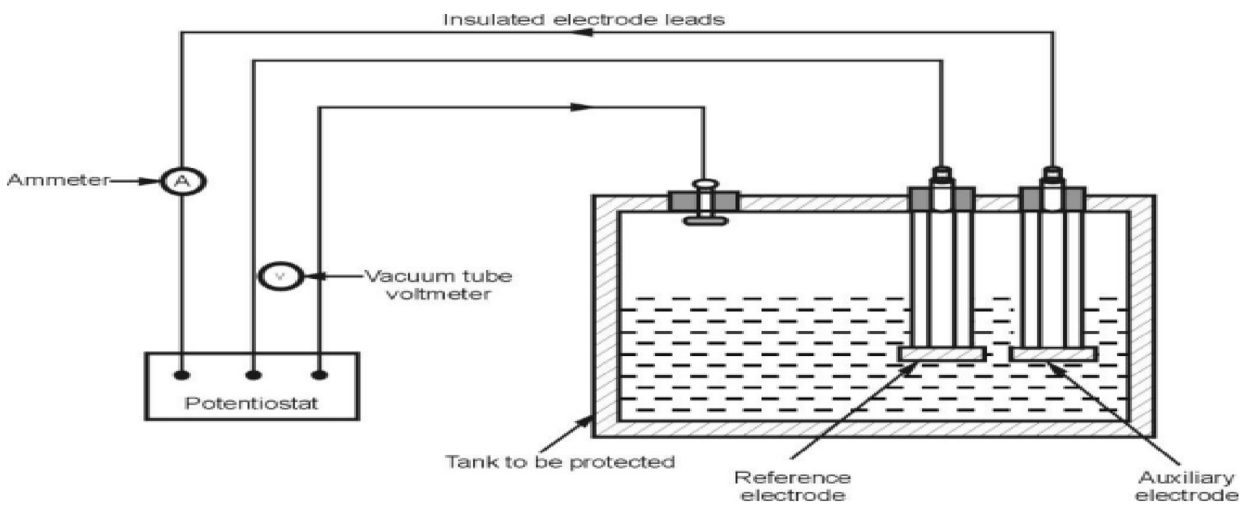
गॅलव्हानाईझिंग आणि टिनिंग मधील फरक :

क्र .	गॅलव्हानाईझिंग (galvanizing)	टिनिंग (tinning)
१	गंज टाळण्यासाठी लोखंड किंवा स्टीलची पातळ कोट देण्याची प्रक्रिया म्हणजे गॅलवनायझिंग	गंज टाळण्यासाठी लोखंड किंवा स्टीलची शीट तीनच्या पाताळ कोट देण्याची प्रक्रिया म्हणजे
२	खाद्य सामग्री ठेवण्यासाठी वापरले जात नाही	टिनींग केलेले कंटेनर खाद्य सामग्री साठवण्यासाठी वापरतात
३	झिंक गैलवानिक सेलेक्शनद्वारे बेस्ट मेटलचे सतत संरक्षण करते	कोटिंग अखंड असेपर्यंत तीन बेस मेटल रक्षण करते कोटिंग मध्ये क्रॅक किंवा खराब झाल्यास . .गंजाची क्रिया जलद गतीने होते
	गॅलव्हानाईझिंग मध्ये झिंक बेस मेटलचे रक्षण करते कारण ते लोहा पेक्षा अधिक इलेक्ट्रोपॉझिटिव असते.	तीन वेस्ट मेटलचे गंजा पासून संरक्षण करत नाही कारण ते लोहा पेक्षा कमी विद्युत प्रवाह इलेक्ट्रोपॉझिटिव्ह असते.

ॲनोडीक आणि कॅथोडीक संरक्षण (Anodic &Cathodic Protection) :

१. ॲनोडीक संरक्षण: प्रभावित ॲनोडीक करंट (impressed anodic current) पद्धतीचा वापर करून गंज रोखण्यासाठी ॲनोडीक संरक्षण म्हणतात .क्रोमियम, टिटॅनियम आणि स्टील सारख्या धातूंच्या नियंत्रित ॲनोडीक करंट सहाय्याने निष्क्रिय (inert) बनवतात कारण ते त्यांच्या पृष्ठभागावर संरक्षणात्मक ऑक्साईड फिल्म तयार करतात ज्याच्यामुळे गंज दर कमी होतो .

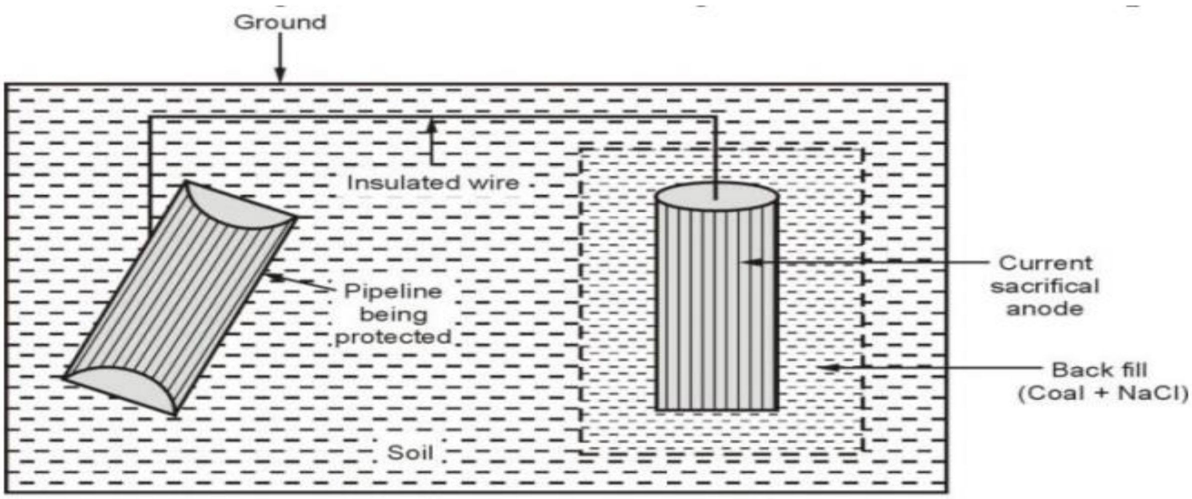
२. संरचनेचे ॲनोडीक संरक्षण करण्यासा पोटेंशिओस्टॅट (potentiostat) नावाचे साधन वापरले जाते.हे एक इलेक्ट्रॉनिक डिव्हाईस (device) आहे जे संदर्भ (reference) इलेक्ट्रोडच्या संदर्भात स्थिर विभावंतर संभाव्यतेने (metal at constant potential) धातूची देखभाल करते .
३. पोटेंशिओस्टॅट (potentiostat) तीन टर्मिनल्स असतात ,एक संरक्षित करण्यासाठी टाकी किंवा सरचनेशी जोडलेले असते दुसरे टर्मिनल सहाय्यक (auxiliary cathode) जोडलेले असते आणि तिसरे टर्मिनल संदर्भ (reference) इलेक्ट्रोडला जोडलेले असते खरंतर पोटेंशिओस्टॅट अनेक संदर्भ इलेक्ट्रोड दरम्यान स्थिर क्षमता राखाते ,परिणामी करोजन रेट कमी होतो .



फायदे (advantages) :
१. कमी करण्याची गरज असते आणि अत्यंत संवेदनशील (extreme) वातावरणात लागू होते .
२. ऑपरेटिंग ची किंमत कमीत कमी असते .(operating cost is low)
तोटे (disadvantages) :
१. संदर्भ इलेक्ट्रोड, सहाय्यक इलेक्ट्रोड आणि पोटेंशिओस्टॅट साठी उच्चस्थापना किंमत (high installation cost) आवश्यक असते .
२. सक्रिय निष्क्रिय (active –passive) वर्तन (behaviour) दर्शविणाऱ्या केवळ मेटल कॅारोडेन्ट सिस्टीम साठी उपयुक्त असते.

कॅथोडीक संरक्षण (Cathodic Protection):
बलिदानात्मक संरक्षण (sacrificial anodic protection)
१. पद्धतीत संरक्षित केलेले आर्टिकल अधिक सक्रिय धातूशी (active metal) जोडले जाते, अधिक सक्रिय धातू ॲनोड म्हणून वर्तन करतो आणि आपल्या आर्टिकलचे संरक्षण करतो.
२. संरक्षित केलेला आर्टिकल इन्सुलटिंग वायरच्या वापर करून अधिक सक्रिय दातूशी कनेक्ट केला जातो त्याला सॅक्रिफिशियल ॲनोड असे म्हणतात. विद्युतिय संपर्क वाढवण्यासाठी सॅक्रिफिशियल ॲनोड बॅक फिल (mixture of coal +NaCl) मध्ये ठेवला जातो .
३. सामान्यतः Mg }magnesium) ,Al (Aluminium) आणि यांचे मिश्र धातू / संयुग साखरेविषयी म्हणून वापरले जातात .

४. जेव्हा क्रिफिशियल अॅनोड पूर्णपणे सेवन केले जाते तेव्हा ते फ्रेश मेटल पीस ने बदलले जाते .



अनुप्रायोग (Application):

१. पुरलेल्या पाईपलाईन (buried pipeline) गरम पाण्याची टाकी (hot water tank) आणि भूमिगत केबल यांचे सॉइल करोजन पासून संरक्षण करण्यासाठी ही मेथड वापरतात .
२. केबल ,शिप हल्स ,शिफ्ट पियर्स इत्यादींचे समुद्री गंजापासून संरक्षण करण्यासाठी ही मेथड वापरतात .
३. घरगुती वॉटर बॉयलर (domestic water boiler) मध्ये गंज रोखण्यासाठी मॅग्नेशियम शीट (magnesium sheet) चा वापर करतात .

फायदे (advantages):

१. ऑपरेटिंग (operating cost) आणि स्थापना किंमत (installation cost) कमीत कमी असते .
२. जटील संरचनांचे (complex structure) संरक्षण (protect) करण्याची क्षमता असते .

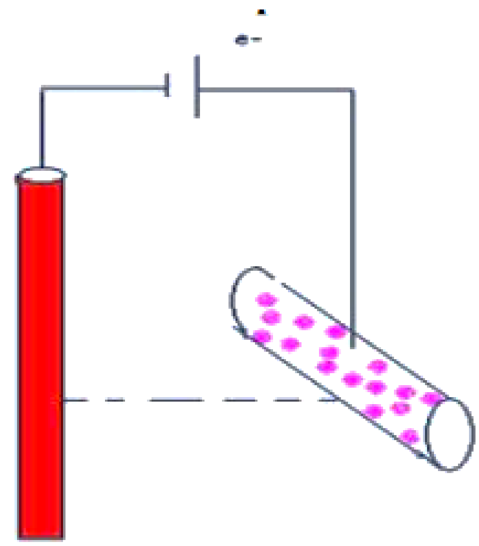
तोटे (disadvantages) :

१. उच्च प्रारंभिक प्रवाह आवश्यक असतो.(high starting current is required)
२. अनकोटेड भाग (uncoated part) संरक्षित केले जाऊ शकत नाही .

इम्प्रेस्ड करंट कॅथॉडिक संरक्षण (impressed current cathodic protection):

१. या पद्धतीत गंजाचा प्रवाह निरर्थक (nullify the corrosion) करण्यासाठी आणि संरक्षक धातूचे अनोड मधून कॅथोड मध्ये रूपांतर करण्यासाठी एक प्रभावी प्रभाह (impressed current) उलट दिशेने (opposite direction) पास केला जातो .
२. सामान्यतः प्रभावित प्रवाह डायरेक्ट करंट मधून (एसी लाईन वरील बॅटरी किंवा रेक्टिफायर सारखे) इनर्ट अॅनोड (जसे की ग्राफाईट, स्क्रॅप लोह, स्टेनलेस स्टील, प्लॅटिनम किंवा उच्च सिलिका लोह) पासून (current) प्राप्त होते.

३. एक जबरदस्त ॲनोड पुरेसा डीसी करंट लावला जातो जमिनीत पुरला जातो (किंवा करोडिंग माध्यमात बुडविला जातो) आणि संरक्षित करण्यासाठी धातूच्या संरचनेशी जोडला जातो (connected to the metallic structure to be protected) आज पासच्या मातीशी विद्युत संपर्क वाढविण्यासाठी (to increase electrical connection) अनोड सहसा बॅकफील मध्ये ठेवला जातो बॅकफील कोप ब्रिज किंवा जिप्समच्या बनलेला असतो .



उपयोग application :

१. ओपन वॉटर बॉक्स कुलर पाण्याच्या टाक्या, दफन केलेले तेल किंवा पाण्याचे पाइप (buried oil or water pipes) कंडेन्सर (condenser), ट्रान्समिशन लाईन टावर (transmission line towers) सागरी पीयर्स घातलेली जहाजे इत्यादींसाठी प्रभावित वर्तमान कॅथोडीक संरक्षण लागू केले गेले जाते .

२. दीर्घकालीन कामकाजासाठी (long term operation) मोठ्या संरचनेसाठी (large structure) या प्रकारचे संरक्षण तंत्र विशेषतः उपयुक्त असते .

सामग्रीची निवड:

शुद्ध धातू वापरणे आणि धातूंचे मिश्रण वापरणे (choice of material –using pure metal and using metal alloys) योग्य प्रकारच्या सामग्रीची निवड करणे हे गंज नियंत्रणासाठी (corrosion control) महत्त्वाचे असते .

शुद्ध धातूचा वापर करणे (using pure metal):

नोबल किंवा अक्रिय धातू गंजण्याकरिता सर्वाधिक प्रतिकारक (immune to corrosion) असतात परंतु ती अत्यंत महाग असल्याने सामान्य हेतूसाठी वापरली जाऊ शकत नाहीत .पुढील पर्याय म्हणजे शुद्ध शक्य धातूचा (pure metal) वापर करणे जे परीष्करण प्रक्रिया (refining process) द्वारे केले जाते .

शुद्ध धातू गंजण्याच्या प्रक्रियेत प्रतिकार करते अतिरिक्त शुद्ध धातू मिळवण्यासाठी आणि गंज कमी करण्यासाठी रिफायनिंग प्रोसेस वापरली जाते.

धातूंचे मिश्र धातू वापरणे (using metal alloys) :

उपयुक्त धातूंचे मिश्रण (alloying) करून त्यांना गंज प्रतिरोधक बनवता येते, क्रोमियम (chromium), निकेल (Nickel) इत्यादी घटक स्टीलला गंजण्यापासून प्रतिरोध करते .

१. करोजनच्या वेळी माध्यमातून हायड्रोजन वायू उत्सर्जित होतो..................
अ) आम्ल ब) आम्लारी क) उदासीन
ड) वरीलपैकी एकही नाही

२. वाटर लाईन .... चे उदाहरण आहे .
अ) स्ट्रेस करोजन ब) भिन्न वायुवीजन करोजन क) पीटिंग करोजन ड) भिन्न धातूवीजन करोजन

३. बुजलेल्या वॉटर पाइप लाइनचे करोजन पासून नियंत्रण करण्यासाठी ....पद्धत वापरली जाते
अ) ॲनोडीक मेटॅलिक कोटींग ब) ॲनोडीक प्रोटेक्शन क) कॅथोडीक प्रोटेक्शन ड) गंज प्रतिबंधकांचा वापर

४. इलेक्ट्रो प्लेटिंग मध्ये ....चा समावेश आहे .
अ) इलेक्ट्रोलिसिस ब) धातूचे इलेक्ट्रॉड वर जमा होणे
क) रेडॉक्स अभिक्रिया ड) वरीलपैकी सर्वे

५. गॅलव्हानाईझिंग प्रक्रिया ....तापमानवर होते .
अ) 425 ते 460 डिग्री सेल्सियस ब) 325 ते 860 डिग्री सेल्सियस
क) 155 ते 200 डिग्री सेल्सियस ड) 50 ते 200 डिग्री सेल्सियस

१	अ	२	ब	३	ब	४	अ	५	अ

युनिट .६ पेंट, वार्निश, इन्सुलेटर,पॉलिमर ,अढेसिव्हस, ल्युब्रिकंट आणि कॅटॅलीस्ट

विषय दर्जा विद्यार्जन निष्पत्ती Course Level Learning Outcome):

उदयोगात संबंधित अभियांत्रिकी मटेरियल आणि उतप्रेरक वापर.

सिद्धांत विद्यार्जन निष्पत्ती

- दिलेल्या पेंट्सचे घटक ओळखा.
- दिलेल्या पेंट आणि वार्निश चे ठळक गुणधर्म वेगळे करा.
- दिलेल्या अनुप्रयोगांसाठी इन्सुलेट सामग्रीच्या गूणधर्माचे वर्णन करा.
- दिलेल्या प्रकारच्या स्ट्रक्चरल पॉलिमर्समध्ये फरक करा.
- दिलेल्या पॉलिमरच्या पॉलिमरायझेशन प्रक्रियेचे वर्णन करा.
- दिलेल्या पॉलिमरए इलॅस्टोमर आणि अड्हेसिव गुणधर्म आणि उपयोग समजावून सांगा.
- दिलेल्या सामग्रीसाठी आवश्यक असलेल्या अड्हेसिव अनुप्रयोगाचे वर्णन करा.
- दिलेल्या प्रकारच्या वंगणांचे गुणधर्म समजावून सांगा.
- उतप्रेरकाच्या अनूप्रयोगा संबंधित स्वीकार करणे

युक्तिवाद (Rationale) :

पॉलिमर, प्लास्टिक, रेंझीन (resin) ही अशी सामग्री (material) आहे ज्यांना 19 व्या शतकात महत्त्व प्राप्त झाले. इलेक्ट्रॉनिक्स्, वाहन उदयोग (automobile sector)) रसायन उद्योग (chemical industries)) घरगुती वापरामध्ये पॉलिमर्सचा मोठया प्रमाणात वापर केला जातो.

पेंट आणि वार्निश, हे विविध पर्यावरणीय घटकांविरूध्द धातूचे संरक्षक कोट म्हणून संरक्षण करतात. धातू, लाकूड, प्लास्टिक, सिरेमिक वेअर, भिंत यासारख्या पदार्थांच्या पृष्ट भागावर हे वापरले जातात. तसेच पेंट आणि वार्निश चा वापर कलात्मक कारणांसाठी तसेच आकर्शक दिसण्यासाठी केला जातो.

वंगण हा एक पदार्थ आहे जो दोन फिरत्या पृश्ठभागांच्या दरम्यान घर्षण आणि उष्णता कमी करतो. योग्य वंगण वापरल्याने तेथील यंत्रणेचे आयुश्य जास्तीत जास्त टिकते व पैसा, वेळ आणि मनुश्यबळाची बचत होण्यास मदत होते.

उष्णता, वीज आणि मोठया ध्वनीच्या हल्ल्यापासून आपल्याला सुरक्षित ठेवण्यासाठी इन्सुलेटरचे ज्ञान आवश्यक आहे. इन्सुलेटर असे पदार्थ आहेत जे उष्णता, ध्वनी आणि वीज यांचे हस्तांतरण रोखतात म्हणजेच ते उष्णता, ध्वनी आणि वीज यांना ट्रान्स्फर होण्यापासून रोखतात.

1.1 रंग (Paints):

रंग (Paints) आणि वार्निश (Varnish)

सजावटीसाठी आणि संरक्षक हेतूसाठी म्हणजेच पृश्ठभाग कव्हर करण्यासाठी मोठया प्रमाणात वापरले जातात. रंग आणि वार्निश चे ज्ञान तंत्रज्ञास (technologist) अभियांत्रिकी अनुप्रयोगासाठी (engineering applications) ध्द्योग्य पेंटिंग सामग्री निवडण्यास मदत करते. वाढते शहरीकरण तसेच विकसित अर्थषास्त्र, पेंट आणि वार्निश बाजारावर सकारात्मक परिणाम करीत आहे.

जहाजांना दिल्या जाणा-या रंगांमध्ये गंजप्रतिरोधकता व खा-या पाण्याचा धातूवर होणा-या परिणामांपासून संरक्षण, हे महत्त्वाचं ठरतं. धूळ व पावसापासून इमारतीचं रक्षण करणं, हे महत्त्वाचं असतं. मोटारीसाठी वापरण्यात येणा-या रंगामध्ये वर्शांनुवर्शे चकचकीतपणा टिकणं, वातावरणाचा त्यावर कमीत कमी परिणाम होणं, हे आवश्यक आहे.

घरगुती वापरातील रंगामध्ये पापुद्रा न पडणारा तसेच पाण्याने स्वच्छ करता येणारा, हा विषेश गुणधर्म पाहिला जातो. लहान मुलांच्या रंगीत खडूंमध्ये विशारी द्रव्यांचा वापर न करणं आवश्यक असतं. त्या त्या व्यवसायातील आवश्यकतेचा विचार रंगनिर्मिती करताना आवश्यक असतो.

''पेंट हे वाहनातील (vehicle) एक किंवा अधिक रंगद्रव्यांचे यांत्रिक फैलाव (mechanical dispersion mixture) मिश्रण आहे.

रंग बनवताना घन स्वरूपातील रंगाला द्राव्य माध्यमामध्ये (vehicle, thinner) मिसळलं जातं**.**

जे कोरडे झाल्यावर विविध पृश्ठभागांवर संरक्षक किंवा सजावटीची फिल्म बनवते. पेंट ऑक्सिडेशन, पॉलिमरायझेशन(polymerization) किंवा त्याच्या घटकांच्या बाश्पीभवनाने (evaporation) कोरडी होते आणि एक पातळ**,** अपारदर्शक फिल्म देते ज्यामध्ये पृश्ठभाग लपण्याची शक्ती **(**hiding power) असते. पेंटचा वापर खासकरून लोखंडी वस्तू गंजू नयेत, वातावरणाचा परिणाम वस्तूवर होऊ नये व वस्तू ब-याच काळापर्यंत टिकून राहव्यात यासाठी मोठया प्रमाणावर होतो. पेंट फिल्म अपारदर्षक असते, त्यामुळे पृश्ठभाग पूणपणे झाकून ठेवणे आणि लपविणे खूप महत्त्वाचे असते. पेंट वेगवेगळया स्वरूपात उपलब्ध आहे: तेल आधारित (oil based), सिमेंट आधारित (cement based), पाणी आधारित (water based).

1.1 रंग लागू करण्याचे उद्दिष्टे (Purposes of applying paint):

पेंट्सचा वापर सामान्यपणे धातू आणि अधातूचा पृश्ठभाग कव्हर करण्यासाठी **/** झाकण्यासाठी आणि बांधकाम कामासाठी केला जातो**.** पेंट लावण्याचे मुख्य उददृषे खालीलप्रमाणे आहेत**:**

1) पेंट लोखंडाला गंजण्यापासून वाचवते**.**
2) पेंट लाकडी पृश्ठभागाचे कीटक आणि बुरषीपासून संरक्षण करते**.**
3) पेंट लाकडी पृश्ठभागाचे ओल्याव्यापासून संरक्षण करते**.**
4) पेंट उष्णता आणि प्रकाश प्रतिबिंबित (reflects) करते**.**
5) पेंट पृश्ठभाग आकर्शक दिसण्यासाठी लागू केले जाते**.**
6) पेंट पृश्ठभागांना गुळगूळीतपणा देतो**.**
7) पेंटचा वापर कलात्मक देखाव्यासाठी (aesthetic look) केला जातो**.**

1.2 चांगल्या रंगाची वैषिश्टय (Characteristics of good paint):

1) पेंट उप पृश्ठभाग पूर्णपणे संरक्षित करेल**.** पृष्टभागावर पेंट**,** ब्रश **,** रोलर किंवा वारणी उपकरणाने सहजपणे लागू करता यावे**.**
2) भिंतीवर सहजपणे पेंट लागू करता यावा व प्रसार किंवा आच्छादन करण्याची शक्ती जास्त असावी**.**
3) ज्यावर ते लागू केले आहे त्यावर एकसमान (uniformly) आणि एकसंधपणे(homogeneously) कव्हर झाले पाहिजे**.**
4) त्याचा रंग आणि गुळगुळीतपणा बराच काळ टिकवून राहिला पाहिजे**.**
5) रंग (Paint film) धुण्यायोग्य (Washable) असावा-

6) चकचकीत आणि आकर्षित असावा
7) पृष्टभाग रासायनिक आणि पर्यावरणीय प्रभावापासून (chemical and environmental effect) संरक्षण करणारा असावा.
8) रंग (Paint film) लवचिक असावा.
9) पृष्टभागावर चिकटण्याची क्षमता चांगली असणे आवश्यक आहे.
10) स्वस्त आणि वापरायला सोपा असावा.
11)रंग कोरडा झाल्यावर तडा किंवा आक्रसून जाऊ नये.
12)पेंट धातूवर लावल्यावर त्याने गंजण्यापासून धातूंचे संरक्षण केले पाहिजे.

1.2 रंगाचे घटक (Constituents of Paint) :

1) पिगमेंट (Pigment)
2) वाहन (Vehicle)
3) थीनर (Thinner)
4) ड्रायर (Drier)
5) पिगमेंट विस्तारक किंवा फिलर (Pigment extender / Filler)
6) प्लास्टीसायझर्स (Plasticizers)
7) ॲटीस्किनिंग एजंट्स (Anti-skinning agents)

1)पिगमेंट (Pigment):

हा पेंटचा एक अनिवार्य घटक (constituent) आहे. पिगमेंट हा पेंट तयार करताना मिसळला जाणारा एक घन पदार्थ आहे जो पेंटला रंग आणि अपारदर्षकता (opacity) प्रदान करतो. रंग बनवताना घन स्वरूपातील रंगाला द्राव्य माध्यमामध्ये मिसळले जाते.
उदाहरणे:

पांढरा-पांढरा शीसे (White lead), झिंक ऑक्साईड (ZnO) टायटॅनियम ऑक्साईड (TiO_2)

रंगीत पिगमेंट (Colored pigments)
लाल -लाल शीसे (red lead), फेरिक ऑक्साईड (ferric oxide: FeO_3), (chrome red)
हिरवा -क्रोमियम ऑक्साईड (chromium oxide)

निळा -पर्शियन निळा (prussion blue)

काळा -कार्बन ब्लॅक (carbon black)
तपकिरी-अंबर तपकिरी (umber brown)

रंगद्रव्याची कार्ये:
1) पिगमेंट पेंट फिल्मला आपरदर्शकता (opacity) प्रदान करते.
2) पेंटला इच्छित रंग प्रदान करते.
3) हानिकारक अल्ट्राव्हायोलेट किरणोत्सव (UV rays) प्रतिबंधित करून पेंट फिल्मला संरक्षण देते.
4) पेंट फिल्मला टिकाऊपणा (durability) आणि सामर्थ्य Z (strength) प्रदान करते.
5) पिगमेंट पेंट फिल्मची ओल्याव्यापासून अभेदयता (impermeability) सुधारते.

2) वाहन (Vehicle or Film Forming Constituents): -

पेंट फिल्म बनण्यासाठी या घटकाचे (vehicle) महत्त्व असते. पेंटच्या (non-volatile) घटकांसाठी (vehicles) वाहक (carrier) असतात.

उदाहरणे:

सामान्यत: तेलांच्या पेंट्ससाठी (Oil paints) वापरली जाणारी व्हेईक्लस (vehicles) अशी आहेत -
जवस तेल (linseed oil)) सोयाबीन तेल (soyabean oil) निर्जलीकरण एरंडेल तेल (dehydrated castor oil) माशाचे तेल (fish oil) इत्यादी. पाणी आधारित रंगासाठी (Water based paint) पाणी हे मुख्य वाहन (vehicles) आहे.

वाहनांची/ वेहिकल कामे (function of vehicle):

1) रंगला मजबूती, कडकपणा (toughness) आणि टिकाउपणा (duranility) प्रदान करते.
2) रंगाला चिटकण्यास मदत करते.
3)रंगाला पाण्यापासून संरक्षण (water proofness) प्रदान करते.
4) बाष्पीभवन (evaporation), ऑक्सीडेशन (oxidation) आणि पोलीमेरईझेशन (polymerization) पेंट फिल्म तयार करण्यास मदत करते.

3) थिनर : (Thinner):

हा एक रंगहीन, रंग पातळ करणारा पदार्थ आहे. रंग तयार करताना thinner कहा वापर केला जातो जेणेकरून पृष्टभागावर (surface) पेंट लागू करणे सोपे होईल . पेंट सुकताना थिणर चे बाष्पीभवन होते आणि कोरड्या रंगद्रव्याची पेंट फिल्म तयार होते

उदाहरणे :

tarpentine , खनिज (minerals) बेंजीन (benzene), naptha , Tolune , रॉकेल (kerosene).

थिनरची कार्ये :

1) यामुळे रंगाची तरलता (fluidity) कमी होते .
2) पेंट नितळ (smooth) बनवते.
3) पेंटला सच्छिद्र रचनामद्धे (porous) प्रवेश करण्यास मदत करते .
4) बाष्पीभवन करून पेंट फिल्म कोरडे होण्यास मदत करते .

ड्रायर (oxygen carrier catalyst):

ऑक्सिजन (oxygen) वाहक (carrier) उतप्रेरक catalyst **आहे**.
उदाहरणे : resinets , लीनोलेट्स (linolates), टंगस्टाट (tungstate). अँड नॅपथानेटस (napthanets) ऑफ cobalt , मॅगणीज (manganese) , शिसे **(**लिड**),** जस्त **(**जिंक**)**

ड्रायर ची कार्ये (Function of oxygen carrier catalyst):

1. ऑक्सीडेशन **,** पोलीमरायजेशन , condensation **(**कंडेनसेशन **)** रंग (paint film) कोरडे होण्यास प्रमाण वाढवते.

2) तेल पेंट फिल्म च्या (oil paint) कोरडेपणा सुधारते .

पिगमेंट विस्तारक / फिलर (pigment extender / filler):

पिगमेंट फिलर रंगावर परिणाम करत नाही परंतु ते काही गुणधर्म बदलतात. उदाहरणे क्वाट् र्ज (quartz), वाळू (sand) टाल्क (talk), barium सल्फेट (BaSO 4), कोओलीन .(kaoline) चिकानमाती (clay) $CaCO_3$,इत्यादि

फिलर किवा विस्तरारकांचे कार्य (Function of fillers or extenders):

पिगमेंट

1) रंगाचा (paint film) टिकाउपणा वाढवते .
2) पेंट कोरडा झाल्यावर तडा /भेग (crack) कमी करते .
3) रंगद्रव्याच्या कणांची यादरुचिक (randomness) वाढवतात .
4) रंगद्रव्याची वाहक पदार्थ म्हणून काम करतात .
5) त्यांचा उपयोग पेंटमद्धे छिद्र (void) भरण्यासाठी केला जातो.
6) रंगाला चिकटपणा, कठोरता आणि कडकपणा येतो.
7) रंगाला पणूयाचे प्रतिरोध प्रदान करते याचा अर्थ पेंटची पानी शोषून घेण्याची क्षमता प्रतिबंध करते.

प्लास्टीसाइझर्स (Plasticizers) :

प्लास्टीसाइझर्स पदार्थ रंगाला (paint film) लवचिकता प्रदान करतात आणि कोरडे झाल्या नंतर रंगाला (पेंट film) तडा / भेगा पडण्यास पतिबंधीत करतात.
उदाहरणे ,tricresyl phosphate, ट्राय फेनिल (Triphenyl phosphate)tributyl tartarate , .

Antiskinning एजेंट :

पोली हाइडरोक्सी , ट्राय फेनिल फिनोल्स सारख्या अँटीस्कीनिंग एजेंट कधीकधी पेंटमद्धे वापरले जातात ते पेंट ला जेलिंग आणि स्किनिंग पासून प्रतिबंधित करतात.

अनु.	रंगाचे घटक (Constituents of Paints)	कार्य (Functions)
१	रंगद्रव्याची कार्ये (Pigment)	पेंटला इच्छित रंग प्रदान करते.
२	वाहन (Vehicle or Film Forming Constituents)	रंगाला मजबुती, कडकपणा आणि टिकाऊपणा प्रदान करते.
३	थिनर (रंगाला पातळ करणारा पदार्थ)	बाष्पीभवन करून पेंट फिल्मला कोरडे होण्यास मदत करते.
४	ड्रायर्स	ऑक्सिडेशन, पॉलिमरायझेशन आणि कंडेन्सेषनव्दारे कोरडे होण्याचे प्रमाण वाढवते.
५	पिगमेंट विस्तारक किंवा फिलर (Pigment extender / filler)	पेंटचा टिकाऊपणा वाढवते. पेंटला किफायतषीर मूल्य देते.
६	प्लास्टीसाइझर्स	रंगाला तडा / भेगा पडण्यास प्रतिबंधित करतात.

७	अँटीस्किनिंग एजंट.	अँटीस्किनिंग एजंट पेंटला जेलिंग आणि स्किनिंग पासुन प्रतिबंधित करतात.

वार्निश:

वार्निश हे कोरडे तेल किंवा व्होलाटाइल सॉल्व्हेंटमध्ये (drying oil or in volatile solvent) किंवा कोरडे तेल आणि व्होलाटाइल सॉल्व्हेंट दोन्हींमध्ये नॅचरल किंवा सिंथेटिक रेझीनचे (natural or synthetic resins) मिश्रण आहे. जेव्हा ते पृष्टभागावर लागू होते तेव्हा ते पारदर्शक, कठिण, संरक्षणात्मक थर देते. वार्निश फिल्म त्यामधील घटकांचे बाश्पीभवन ऑक्सीकरण आणि पॉलिमरायझेशन होऊन सुकते आणि चमकदार, टिकाऊ फिल्म तयार होते.

वार्निशचे प्रकार

वार्निशचे दोन मुख्य प्रकार आहेत.

1) ऑइल वार्निश /ऑलिवोरेसिनस वार्निश (Oil varnish/ Olioresinous varnish)

हे नैसर्गिक किंवा कृत्रिम रेझीन आणि व्होलाटाइल सॉल्व्हेंटयांचे (natural or synthetic resin) मिश्रण आहे. ऑइल वार्निश व्होलाटाइल (volatile solvent) सॉल्व्हेंट चे बाश्पीभवन व कोरडया तेलाचे ऑक्सीकरण आणि पॉलिमरायझेशन होऊन सुकते. तेलामुळे वॉर्निश फिल्मचा ठिसूळपणा कमी होतो.
उदाहरण: कोपल वार्निश
कोपल वार्निश : जवस तेल (कोरडे तेल) आणि तारपेनटाईन (थिनर /Thinner) मध्ये कोपल मिसळले जाते.

2) स्पिरीट वार्निश

हे व्होलाटाइल सॉल्व्हेंट / थिनर (thinner) मध्ये रेंझीन यांचे मिश्रण आहे. व्होलाटाइल सॉल्व्हेंटच्या बाश्पीभवनानंतर स्पिरीट वार्निश कोरडे होते व फिल्म ठिसूळ तयार होऊन त्यावर भेगा पडू शकतात हे टाळण्यासाठी त्यामध्ये थोडया प्रमाणात प्लास्टीसाइझर्स (plasticizers)मिसळले जाते. अशा प्रकारचे वार्निश सामान्यतः लाकडी पृश्ठभाग पॉलिश करण्यासाठी वापरले जातात.
उदाहरणार्थ: अल्कोहोलमधील रेझीन शेलॅकचे (resin shellac½मिश्रण.

पेंट्स आणि वार्निश मधील फरक

Sr. No.	Paints	Varnishes
१	पेंट हे वाहनातील रंगद्रव्याचे मिश्रण आहे.	वार्निश कोरडे तेल किंवा थिनर किंवा दोन्हीमध्ये रेकजीन यांचे मिश्रण आहे.
२	पेंटमध्ये रंगद्रव्ये असतात	वार्निश मध्ये रंगद्रव्ये नसतात
३	पेंट अपारदर्शक फिल्म तयार करते	वार्निश पारदर्षी फिल्मची निर्मिती करते.
४	पेंट केलेले पृश्ठभाग उष्णता आणि प्रकाश प्रतिबिंबित करते	वार्निश केलेले पृश्ठभाग उष्णता आणि प्रकाश प्रतिबिंबित करत नाही
५	पेंट भिन्न भिन्न रंगाचे असतात	वार्निश ला रंग नसतो किंवा थोडा असतो.

थर्मल इन्सुलेटर:

महत्व:

वीज निर्मिती, प्रसारण आणि वितरण या तीन क्षेत्रांमध्ये इन्सुलेटर महत्वाची भूमिका बजावतात.
उच्च-व्होल्टेज पॉवर ट्रांसमिषन लाइनसाठी वापरलेले इन्सुलेटर ग्लास, पोर्सिलेन किंवा कंपोझिट पॉलिमर मटेरियलपासून बनविलेले असतात. दोन किंवा अधिक कंडक्टर दरम्यान प्रभावी इन्सुलेषन सुनिश्चित करण्यासाठी एअर गॅप तयार करण्यासाठी औदयोगिक इन्सुलेटर वापरतात.

इन्सुलेटर: औष्णिक इन्सुलेटर (Thermal Insulators)प्देनसंजवतेद्धउश्णतेच्या हस्तांतरणास प्रतिबंधित करणारी सामग्री थर्मल इन्सुलेटर म्हणून परिभाशित केले जातात. संवहन (convection), वहन (conduction), किंवा रेडिएशनच्या (radiation), प्रक्रियेव्दारे सामग्री दरम्यान उष्णता संक्रमित केली जाऊ शकते. दोन्ही पृश्ठभागाचे तापमान समान होईपर्यंत उष्णता नेहमीच उश्ण ते थंड पृश्ठभागांवर वाहते. थर्मल इन्सुलेटर उश्णतेच्या या प्रवाहापासून बचाव करतात.

3.3 थर्मल इन्सुलेटरची वैषिश्ट्य

एक आदर्श इन्सुलेटर सामग्रीमध्ये खालील वैषिश्ट्ये असली पाहिजेत.

1) त्यात अत्यंत कमी औष्णिक प्रवाह असावा.
2) ते रासायनिक द्दश्ट्या निश्क्रिय (chemically inert) असले पाहिजे.
3) कंप (vibration), घर्षण आणि वाकण सहन करण्यास सक्षम असावे.
4) वेगवेगळया कार्यरत तापमानात ते स्थिर असले पाहिजे.
5) ते पेट न घेणारे असावे.
6) ते भार सहन जीम सवंकेद्धकरण्यास सक्षम असावे. (withstand the loads)
7) हे गंधहीन असावे (odourless)
8) याची घनता कमी असावी.
9) ते जलरोधक (ज्यातून पाणी शीरकाव करू षकत नाही असे i.e. water-proof असले पाहिजे.

औष्निक इन्सुलेटरचे वर्गीकरण: (Classification of Thermal Insulator) :

सेंद्रिय थर्मल इन्सुलेटर:

हे हायड्रोकार्बन पॉलिमरवर आधारित आहेत, जे उच्च षुन्य रचना (high void structure) मिळविण्यासाठी विस्तृत केले जाऊ श कतात. हे तापमान 150 डिग्री सेल्सियस पर्यंत वापरण्यास योग्य आहे.
उदाहरणार्थ: Thermocole (विस्तारित पॉलिस्टीरिन), पॉलीयुरेथीन फोम (Polyurethane foam i.e. PUF), लोकर कापुस, कागद, लोणारी कोळसा पावडर भूसा (Charcoal powder), कोळसा पावडर, रबर.

अजैविक थर्मल इन्सुलेटर:

हे तंतुमय, ग्रॅन्युलर किंवा पावडर स्वरूपात सिलिसियस कॅल्षियम सामग्रीवर आधारित आहेत. हे 150 डिग्री सेल्सियसपेक्षा जास्त तापमानास वापरण्यास योग्य आहे.
उदाहरणार्थ: खनिजलोकर कॅल्षिअम सिलिकेट ग्लास वूल रेफ्रेक्टरी इन्सुलेटिंग विटा एस्बेस्टोस पेपर एएस्बेस्टोस फायबर इत्यादी.

ग्लास वूल (Glass wool):

ग्लास वूल काचेच्या तंतूपासून तयार केलेली एक इन्सुलेटिग सामग्री आहे. काचेचे तंतू वितळलेल्या काचेपासून तयार केले जातात, लहान छिद्र असलेल्या बेलनाकार कंटेनरमध्ये वितळलेल्या गारगोटी टाकतात. कंटेनर वेगाने फिरतो आणि काचेचा क्षैतिज प्रवाह छिद्रांमधून वाहतो. वितळलेल्या काचेचे प्रवाह तंतूमध्ये रूपांतरित होतात आणि ग्लास वूल (Glass wool) तयार केले जाते.

ग्लास वूल वेगवेगळया थर्मल आणि यांत्रिक गुणधर्म असलेल्या रोलमध्ये किंवा स्लॅबमध्ये तयार केले जातात.

ग्लास वूलचे गुणधर्म

1) औष्णिक प्रवाह अत्यंत कमी असते. (low conductivity)
2) ते रासायनिक दृश्ट्या निश्क्रिय असते. (chemically inert)
3) हे गंज संक्षारक आहे. (corrosion resistant)
4) ओलावा प्रतिकार करणार आहे. (waterproof)
5) त्यात चांगली तन्य शक्ती असते.
6) ते पेट न घेणारे आहे. (fire proof)
7) याची घनता कमी आहे.(light weight)

ग्लास वूलचे वापर

1) ओव्हन, रेफ्रिजरेटरमध्ये याचा वापर केला जातो.
2) याचा उपयोग पोकळीच्या भिंतीवरील (cavitywall insulation)इन्सुलेषन फरशा (ceiling tiles),पडदयाच्या भिंती (curtain walls), तसेच डक्टिंगसारख्या सपाट पृष्टभागावर पृथक् (Insulate) करण्यासाठी केला जातो. याचा उपयोग पाइपिंग इन्सुलेषन (piping insulation) करण्यासाठी आणि ध्वनी प्रुफिंगसाठी (sound proofing) केला जातो.
3) याचा उपयोग विदयुत इन्सुलेषनसाठी (electrical insulation) केला जातो.
4) एअर फिल्टरमध्ये धूळ फिल्टरिंग सामग्री (dust filtering material) म्हणून वापरले जाते.

थर्माकोल:

पॉलीस्टीरिनमध्ये गॅस ब्लो करून थर्माकोल बनविला जातो, ज्यामुळे ते थर्मोकोल किंवा (Expandable Polystyrene) नावाच्या मटेरियलसारख्या घन फोममध्ये विस्तारते. हे स्पंजदार, सच्छिद्र फोम सारख्या संरचनेत प्रति लिटर 3-6 दशलक्ष लहान छिद्र असतात ज्यामुळे त्याला उत्कृश्ट उष्णतारोधक गुणधर्म मिळतो.

थर्माकोलचे गुणधर्म:

1) औष्णिक प्रवाह (thermal conductivity) अत्यंत कमी आहे.
2) वजनाने हलके असते
3) ते रासायनिक दृश्ट्या निश्क्रिय असते. (chemically inert)
4) विदयुत प्रवाह रोधक आहे.
5) त्याची घनता कमी आहे (15 - 30 किलो / मीटर).
6) मजबूत व कठिण असते.
7) स्पंजयुक्त सच्छिद्र आणि फोम सारखे आहे
8) चाकू किंवा करवती सारख्या साध्या साधनांनी सहज कापता येतो.

9) ओलाव्यासाठी अत्यंत प्रतिकारक आहे. (resistance to moisture)
10) याची तन्य शक्ती चागली असते (3-6 किलो / सेमी).

थर्माकोलचे उपयोग

1) याचा उपयोग औदयोगिक रेफ्रिजरेषन, कोल्ड स्टोरेज, थंड खोल्याघरगुती रेफ्रिजरेटर आणि वातानुकूलनमध्ये (air conditioning) केला जातो.
2) हे छत, खोटी छतावरील (false ceilings roofs) छप्पर, भिंती, मजले, दरवाजा, विभाजने आणि सिमेंटेड वॉटर टँक तयार करण्यासाठी वापरतात.
3) सिनेमा हॉल, कारखाने, कार्यालयामध्ये याचा वापर केला जातो.
4) इलेक्ट्रॉनिक वस्तू, काचेच्या वस्तू इत्यादी नाजूक उपकरणांच्या पॅकिंगसाठी याचा उपयोग होतो.
5) हे सजावटीसाठी वापरले जाते.
6) याचा उपयोग साऊंड प्रूफिंगसाठी

पॉलिमर्स

महत्व (Significance) :
पॉलिमर हे अत्यंत उच्च आण्विक वजनाचे मटेरिअल आहे. ज्यांचे आपल्या आधुनिक समाजात बरेच उपयोग आहेत. पॉलिमर प्रथिने, सेल्युलोजसह सजीवांच्या जीवनात बरीच सामग्री साधने / उपकरणे बनवतात. ते डायमंड, क्वार्ट्ज, फेल्डस्पार आणि कांक्रीट, काच, कागद, प्लास्टिक आणि रबर यासारख्या मानवनिर्मित साहित्यांसारख्या खनिजांचा आधार आहेत. विषिश्ट आवश्यक तेनुसार, पॉलिमरचा उपयोग त्यांच्या विषिश्ट भौतिक आणि यांत्रिक गुणधर्मांमुळे कमतरतेचे किंवा अर्धवट भाग बदलण्यासाठी किंवा षरीराच्या वेगवेगळया का-यासाठी सहाय्य करण्यासाठी असलेल्या उपकरणांमध्ये केला जातो. नॅनो बायोटेक्नॉलॉजीच्या विकासासह, अधिक अत्याधुनिक पॉलिमर विकसित केले गेले आहेत.

पॉलिमर: ग्रीकमध्ये, Poly = पुष्कळ, mer= भाग किंवा विभाग
''पॉलिमर हे खूप मोठे रेणू आहेत जे हजारो अणूंनी बनलेले आहेत जे पुनरावृत्ती करण्याच्या पध्दतीमध्ये एकत्र आहेत''. ''पॉलिमर साखळीतील मॉलेक्यूलर युनिट्सला पुनरावृत्ती एकक म्हणतात. पॉलिमर साखळीतील पुनरावृत्ती युनिट्सला मोनोमर्स म्हणतात.'' पॉलिमर तयार करण्यासाठी, मोनोमरमध्ये एकतरी दुहेरी बॉण्ड तिहेरी बॉण्ड किंवा क्रियाषील फंक्षनल ग्रूप असावा लागतो.

पॉलिमरायझेशन

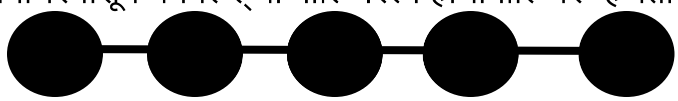
ज्या प्रक्रियेमध्ये तापमान, दाब आणि उत्प्रेरक यांच्या उपस्थितीत मोठया प्रमाणात लहान रेणू (मोनोमर्स) एकत्र जोडले जातात त्या प्रक्रियेला पॉलिमरायझेशन म्हणून ओळखले जाते.ज्या प्रक्रियेमध्ये तापमानए दाब आणि उत्प्रेरक यांच्या उपस्थितीत मोठया प्रमाणात लहान रेणू एकत्र जोडले जातात त्या प्रक्रियेला पॉलिमरायझेशन म्हणून ओळखले जाते.
''पॉलिमरमध्ये असलेल्या पुनरावृत्ती केलेल्या युनिट्सची म्हणून ओळखली जाते.'' हे पॉलिमरिक साखळीतील पुनरावृत्ती केलेलया युनिट्सची संख्या दर्शवते.
उदाहरणार्थ, पॉलिमरमध्ये 1000 पुनरावृत्ती युनिट्स असल्यास डीग्री ऑफ पॉलिमरायझेशन 1000 आहे.

पॉलिमर किंवा प्लास्टिकचे वर्गीकरण:
मोनोमर्सच्या आधारे वर्गीकरण:

होमोपॉलिमर (Homopolymer)
कोपॉलिमर (Copolymer)

होमोपॉलिमर :

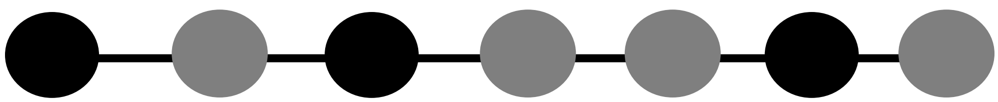
एकाच प्रकारच्या मोनोमरपासून बनवलेल्या पॉलिमरला होमोपॉलिमर म्हणतात.



उदाहरणार्थ: पॉलिथिलीन (Polyethene)) पीव्हीसी (PVC)) पॉलीस्टीरिन(Polystyrene) इत्यादी.

कोपॉलिमर (Copolymer) :

दोन किंवा अधिक भिन्न पुनरावृत्ती करणा-या मोनोमरपासून बनवलेल्या पॉलिमरला कोपॉलिमर म्हणतात.



उदाहरण: स्टायरिन अक्रिलोनिट्रिल (Styrene acrylonitrile)) स्टायरीन बुटाडीन (styrene butadiene)) बेकलाईट (bakelite)) नायलॉन (Nylon 66)

औष्णिक वर्तनाच्या आधारे वर्गीकरण:

१) थर्मोप्लास्टिक्स (Thermoplastics) २) थर्मोसेटिंग (Thermosetting)

थर्मोप्लास्टिक्स (Thermoplastics) :

हे एडिशन पोली मरायझेशन व्दारे तयार केले जातात. थर्मोप्लास्टिक रेंझीन गरम केल्यावर मऊ होते आणि थंड झाल्यावर गुणधर्म न बदलता कठिण बनते.

उदाहरणार्थ: पॉलिथिलीन (Polyethylene)) पॉलीस्टीरिन (polystyrene)) पीव्हीसी (PVC)) सेल्युलोज नायट्रेट

थर्मोसेटिंग

थर्मोसेटिंग प्लॅस्टीक संक्षेपण पॉलिमरायझेशन व्दारे तयार केले जातात. या प्रकारचे प्लॅस्टीक कायमस्वरूपी कठिण बनते व गरम केल्यावर ते मऊ होत नाहीत.

उदाहरणार्थ: बेकलाईट (Bakelite), नायलॉन 66 ,यूरिया - फॉर्माल्डिहाइड इत्यादी.

थर्मोप्लास्टिक आणि थर्मोसेटींग प्लास्टिक्समधील फरक

अनु. क्र.	थर्मोप्लास्टिक	थर्मोसेटींग प्लास्टिक
१	हे अतिरिक्त पॉलिमरायझेशनव्दारे तयार केले गेले आहेत.	हे संक्षेपण पॉलिमरायझेशन व्दारे तयार केले गेले आहे.
२	ते रेखीय रचना प्रदर्षित करतात.	ते क्रॉस-लिंक्ड रचना प्रदर्षित करतात.
३	त्यांचे आण्विक वनज कमी आहे.	त्यांचे आण्विक वनज जास्त असते.

४	ते मऊ, कमकुवत, कमी ठिसूळ आहेत	ते कठोर, मजबूत, अधिक ठिसूळ आहेत.
५	त्यांचे इंटरमोलिक्युलर बंध कमकुवत आहेत.	त्यांचे इंटरमॉलेक्युलर बंध मजबूत सहसंयोजक बंध आहेत.
६	ते संद्रिय सॉल्व्हेंट्समध्ये विद्रव्य असतात.	ते अजैविक सॉल्व्हेंट्समध्ये विद्रव्य असतात.
७	ते गरम झाल्यावर मऊ होतात, म्हणूनच आकार बदलून पुन्हा वापरता येतात.	ते गरम झाल्यावर मऊ होत नाहीत, म्हणूनच आकार बदलू षकत नाहीत आणि पुन्हा वापरले जाऊ षकत नाहीत.

मोनोमर रचनेच्या आधारे वर्गीकरण

(Classification on the basis of monomer structure)

1) रेशात्मक पॉलिमर (Linear)
2) जाळीदार पॉलिमर (Cross linked)

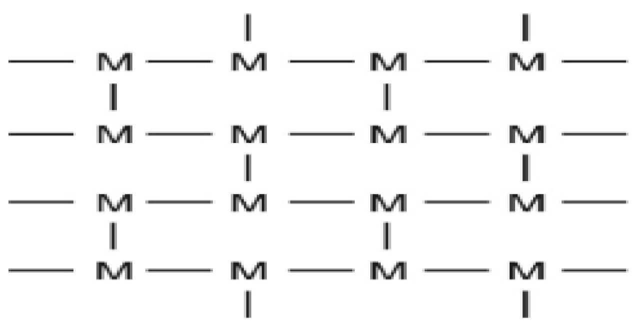
1) रेशात्मक पॉलिमर (Linear) :

या प्रकारच्या पॉलिमरमध्ये मोनोमर एकमेकांषी जोडले जातात आणि लांब आणि सरळ साखळी तयार करतात. उदाहरणार्थ: पॉलिथीन, पीव्हीसी पॉलीस्टीरिन टेफ्लॉन इ.

-M-M-M-M-M-M-M-M-M-

2) जाळीदार पॉलिमर (Cross linked):

अशा प्रकारच्या पॉलिमरमध्ये, मोनोमर एकमेकांषी जोडले जातात आणि जाळीदार रचना तयार करतात. उदाहरणार्थ: बेकलाईट, नायलॉन 66



रेशात्मक पॉलिमर आणि जाळीदार पॉलिमर

अनु. क्र	रेखीय पॉलिमर	क्रॉस-लिंक्ड /ब्रॅन्चड पॉलिमर
१	मेनोमर एकमेकांषी जोडले जातात आणि रेशीय रचना तयार करतात.	मोनोमर एकमेकांषी जोडले जातात आणि क्रॉस-लिंक्ड रचना तयार करतात.
२	हे एकाच प्रकारचे मोनोमर्सव्दारे तयार करतात.	हे वेगवेगळया प्रकारच्या मोनोमर्सव्दारे तयार केले जातात.
३	उदा. पीव्हीसी, पॉलिथिलीन, पॉलिस्टीरिन इ.	उदा. बेकलाईट, नायलॉन 66 इ.

पॉलिमरायझेशन प्रतिक्रियांचे प्रकार . (Types of Polymerization Reactions) :

अ) अतिरिक्त पॉलिमरायझेशन (Addition Polymerization)

ब) सक्षेपण पॉलिमरायझेशन (Condensation Polymerization)

अ) अतिरिक्त पॉलिमरायझेशन

पाणी, अमोनिया, मिथेनॉल यासारख्या उत्पादनांचे निर्मूलन न करता एकाच प्रकारच्या मोनोमरच्या वारंवार जोडण्याव्दारे तयार केलेल्या पॉलिमरना अतिरिक्त पॉलिमरायझेशन म्हणतात.

उदाहरणार्थ: पॉलिथीलीन पीव्हीसी पॉलीस्टीरिन टेफ्लॉन इ.

ब) सक्षेपण पॉलिमरायझेशन

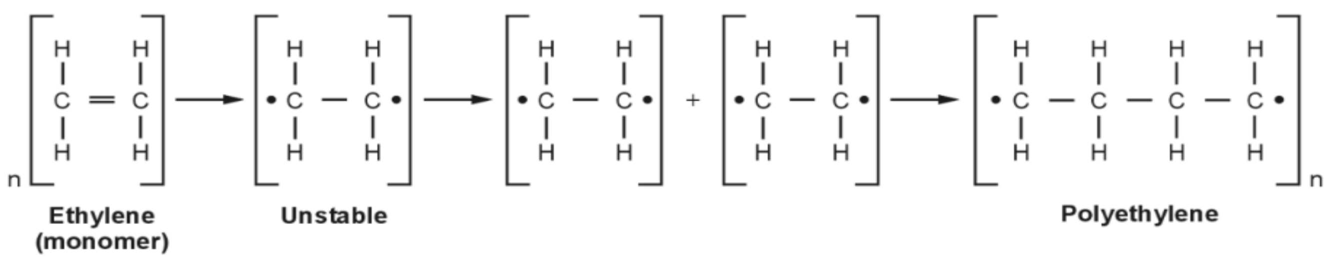
पाणी, अमोनिया, मेथॅनॉल सारख्या घटकांचे निर्मूलन करून वेगवेगळया प्रकारच्या मोनोमर्सच्या संक्षेपणातून तयार केलेल्या पॉलिमरला संक्षेपण पॉलिमरायझेशन म्हणतात.

उदाहरणार्थ: फेनोल-फॉरमाल्डेहाइड रेंझीन (बेकलाइट), पॉलिस्टर, इपॉक्सी रेंझीन, नायलॉन 66.

पॉलिमरचे संश्लेशण (Synthesis of Polymers) :

अ) पॉलिथिलीनचे सिंनथेसिस

या निर्मितीमध्ये वापरलेला मोनोमर इथिलीन आहे. दोन कार्बनमध्ये दुहेरी किंवा तिहेरी बंध असणे गरजेचे असते. दोन कार्बन मधील दुहेरी किंवा तिहेरी बंध तुटून प्रत्येक कार्बनवर एक इलेक्ट्रॉन सोडून अस्थिर रेणू तयार होतो प्रत्येक अस्थिर रेणू एकत्र येऊन पॉलिथिन तयार होतो.



गुणधर्म: -

1) उच्च घनता पॉलिथिलीन (High Density Polythylene: HDPE) मध्ये उच्च तन्यता शक्ती , उच्च घनता आहे,
ते तुलनेने ठिसूळ आहे आणि कमी प्रभाव शक्ती असते व त्यात आर्द्रता कमी असते.

2)कमी घनता पॉलिथिलीन (Low Density Polythylene: LDPE) मध्ये कमी घनता, कमी तन्य शक्ती आणि कमी ठिसूळपणा असतो. त्यात कमी आर्द्रता पारगम्यता आहे म्हणजेच याची आर्द्रता षोशून घेण्याची क्षमता कमी असते (low moisture permeability).

उपयोग

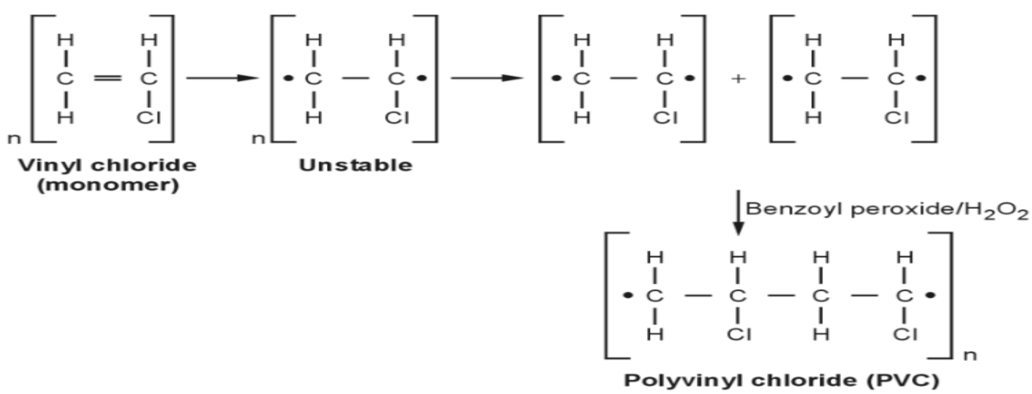
1) पाण्याचे पाईप्स, खेळणी, डिटर्जंट बाटल्या यांच्या उत्पादनामध्ये आणि पॅकेजिंगमध्ये उच्च घनतेची पॉलिथिलीन वापरली जातात.
2) कमी घनता असलेल्या पॉलिथिलीनचा वापर प्लास्टिकच्या पिषव्या आणि फिल्म रॅप सारख्या कठोर कंटेनरसाठी तसेच प्लास्टिक फिल्मसाठी केला जातो.
   उदाहरणार्थ: ऑर्थोपेडिक उत्पादनांमध्ये, ग्राहकांच्या पॅकेजिंग पिषव्या, बाटल्या आणि लाइनरमध्ये.

ब) पॉलिव्हिनिल क्लोराईड चे सिंनथेसिस

यामध्ये विनाइल क्लोराईड हा मोनोमर वापरतात. विनाइल क्लोराईड हा मोनोमर उत्प्रेरक बेंझॉयल पेरोक्साइड किंवा हायड्रोजन पेरॉक्साईड च्या उपस्थितीत गरम करून पॉलिव्हिनिल क्लोराईड तयार केले जाते.

गुणधर्म: -

1) ते रायासनिक दृश्ट्या निश्क्रिय आहे. (chemically inert)
2) हे रंगहीन, गंधहीन आहे. (odourless)
3) हा पाण्याला उत्कृश्ट प्रतिरोधक आहे.
4) हा ज्वलनशील नाही (fire proof)
5) हा प्रकाश आणि वातावरणीय ऑक्सिजनला प्रतिरोध करतो
6) हे जलीय द्रावणास उत्कृश्ट प्रतिरोधक आहे, परंतु त्यावर हायड्रोकार्बन्स, किटोन्स, ईस्टर, क्लोरिनेटेड सॉल्व्हेंट्स इत्यादी तीव्र सॉल्व्हेंट्सव्दारे : आक्रमण केले जाते.



उपयोग

1) प्लॅस्टीसाइज्ड पीव्हीसीचा वापर रेन-कोट्स, पडदे, टेबल क्लॉथ, विदयुत इन्सुलेषनसाठी, बाटल्या, दार आणि खिडकीचे घटक, फिल्म आणि फॅब्रिक कोटिंग्ज, रेडिओ घटक, रासायनिक कंटेनर पॅक करण्यासाठी केला जातो.

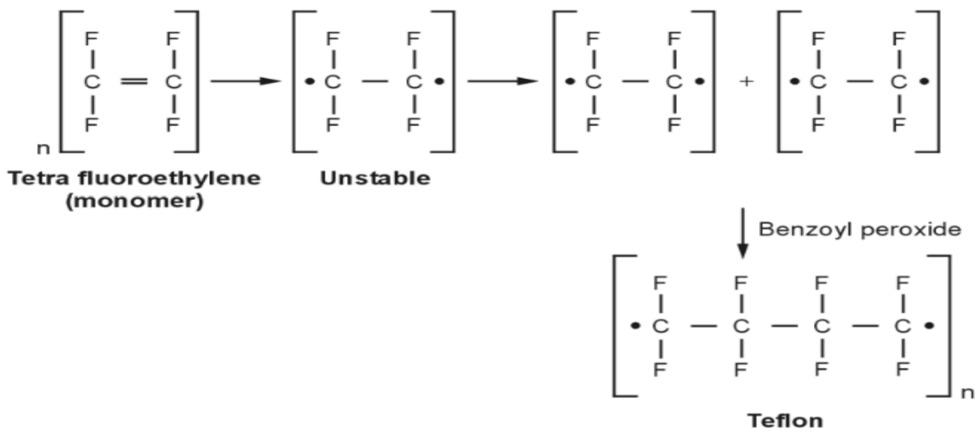
2) अनप्लॅस्टीसाइज्ड पीव्हीसीमध्ये उच्च कडकपणा आणि उत्कृश्ट रासायनिक प्रतिरोधक आहे. हे टँक लाइनिंग्ज, लाईट फिटिंग्ज, सेफ्टी हेल्मेट्स, सायकल व मोटर सायकल मडगार्ड्स आणि रेफ्रिजरेटर घटकांसाठी वापरले जाते.

क)टेफ्लॉनचे संश्लेशण

यामध्ये टेट्राफ्लोरोएथिलीन हा मोनोमर वापरतात. बेंझोयल पेरोक्साइड या उत्प्रेरकाच्या उपस्थितीत टेट्राफ्लोरो ईथिलिनचे पॉलिमरायझेशन करून टेफ्लॉन तयार केले जाते.

गुणधर्म:-

1) याचे आण्विक वनज जास्त आहे. (light weigth)
2) त्यात कमी गुणांक घर्षण आहे. (low friction)
3) ते रासायनिक दृश्ट्या निष्क्रिय आहे. (chemically inert)
4) हे पाणी तसेच अल्कोहोल प्रतिरोधक आहे (alcohol proof)
5) इतर पॉलिमर्सपेक्षा ते कडक आणि मजबूत असते.



उपयोग:

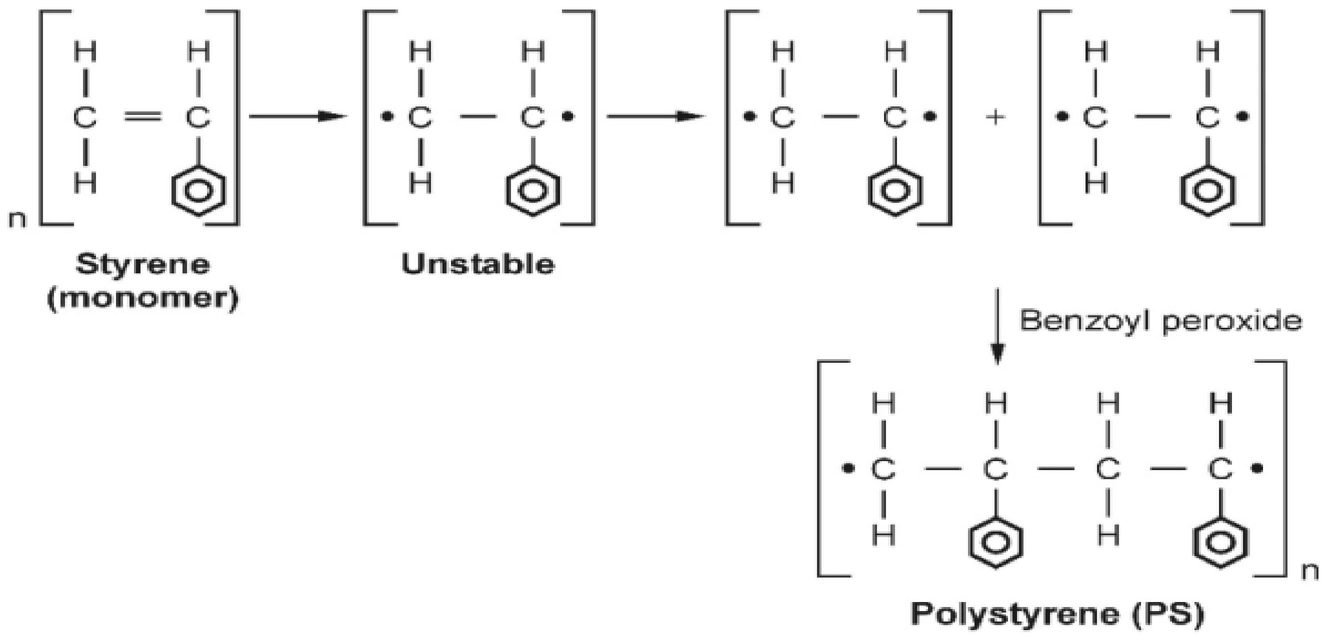
1) याचा वापर कंटेनर व पाइपवर्कमध्ये रिएक्टीव व करोजीव रसायनांसाठी होतो.
2) मोटर, ट्रान्सफॉर्मर्स, केबल्स, तारा इत्यादींसाठी इन्सुलेटिंग मटेरियल म्हणून वापरतात.
3) याचा उपयोग गॅस्केट, टाकीसाठी लाइनिंग्ज, पॅकिंग तयार करण्यासाठी केला जातो.
4) शस्त्रक्रिया हस्तक्षेपामध्ये हा वापरला जातो.

ड) पॉलिस्टेरीनचे संश्लेशण:

यामध्ये स्टायरिन हा मोनोमर वापरतात. बेंझोयल पेरोक्साइड या उत्प्रेरकाच्या उपस्थितीत स्टायरिनचे पॉलिमरायझेशन करून पॉलिस्टेरीन तयार केले जाते.

गुणधर्म:

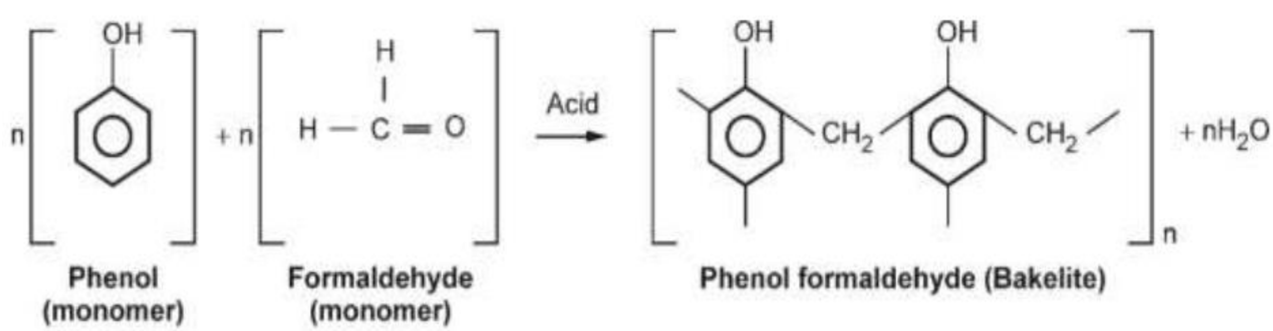
1) हे पारदर्शक (transparent) , कठोर आणि ठिसूळ आहे.
2) याचा द्रवणांक (melting point) कमी आहे.
3) हा एक चांगला विदयुतरोधक आहे. (good electrical insulator)
4) याला उत्कृश्ट ऑप्टिकल स्पश्टता आहे.
5)सौम्य आम्ल आणि अल्कली यांचा त्यांच्यावर परिणाम होत नाही, म्हणजेच रासायनिक दृश्ट्या ते निष्क्रिय आहे.
6) ते सहजपणे मोल्ड केले जाऊ शकते (can be easily moulded)-



1) याचा वापर फूड पॅकिंग (food packing)) ऑप्टिकल, (optical) इलेक्ट्रॉनिक्स्, वैदयकीय आणि ऑटोमोटिव्ह
(automotive parts) भांगामध्ये केला जातो.
2) जेवणाची भांडी, प्लास्टिकचे कप, घरातील भांडी, खेळणी, सीडी केसेस, कॉस्मेटिक कंटेनर, कव्हर्स आणि फिक्स्चर यासारखी उत्पादने बनवण्यासाठी याचा उपयोग केला जातो.
3) याचा उपयोग बॅटरी केसेस, रेफ्रिजरेटर चे भाग इत्यादी बनवण्यासाठी केला जातो.

ई)फिनॉल फॉर्मल्डिहाइड / बॅकेलाईटचे संश्लेशण:

फिनॉल आणि फॉर्मल्डिहाइड हे दोन वेगवेगळया प्रकारचे मोनोमर वापरून हा पॉलिमर तयार केला जातो. एसिडिक किंवा अल्कधर्मी उत्प्रेरकांच्या उपस्थितीत फिनॉल आणि फॉर्मल्डिहाइडच्या पॉलिमरायझेशनव्दारे बॅकेलाईट तयार केले जाते.



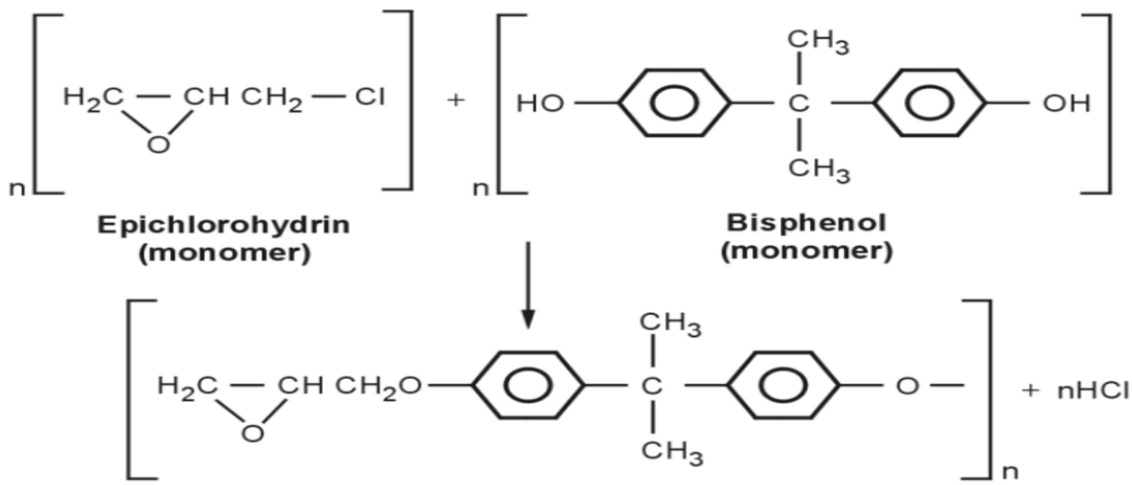
गुणधर्म:

1) हे कडक, कठोर आणि ठिसूळ आहे या मध्ये लवचिकता नसते.
2) हे उष्णता , स्क्रॅच आणि विनाषकारी सॉल्व्हेंट्सला प्रतिरोध करते.
3) हे विजेला प्रतिरोध करते.
4) अत्यंतउ च्च तापमानाचा त्यावर परीणाम होत नाही.

उपयोग
1) याचा उपयोग रेडिओ, टेलिफोन कॅसिंग्ज, प्लग्स, स्विच बोर्ड इत्यादीं बनविण्यासाठी केला जातो.
2) शीट्स , रॉड्स आणि नळया तयार करण्यासाठी वापरला जातो.
3) हे अडहेसिव म्हणून वापरले जाते.
4) बीयरिंग बनविण्यासाठी, पेपर उदयोगासाठी, रोलिंग गिरण्यासाठी आणि प्रोपेलर शाफ्टमध्ये वापरले जाते.

फ) इपॉक्सी रेंझीनचे संश्लेशण

हे अल्कधर्मी उत्प्रेरकांच्या उपस्थितीत बीस-फिनोल आणि एपिक्लोरोहायड्रिनच्या संक्षेपणातून तयार केले जाते.



गुणधर्म:
1) पाणी, आम्ल आणि सॉल्व्हट यांचा त्यावर परिणाम होत नाही.
2) त्यात उत्कृश्ट चिकटून राहण्याचा गुणधर्म आहे.
3) इपॉक्सी रेंझीन थर्मोसेटिंग रेंझीन आहे ज्यात कडकपणा, चिकटपणा, गंज प्रतिकार शक्ती आहे.

उपयोग
1) हे धातूचे कोटिंग्ज, इलेक्ट्रिकल आणि इलेक्ट्रॉनिक्स् घटक / एलईडी इलेक्ट्रिकल इन्सुलेशनसाठी वापरले जाते.
2) हे औदयोगिक फ्लोरिंग्ज, अड्हेसिव आणि सोल्डर मध्ये वापरले जाते.
3) इपॉक्सी रेजिनपासून बनविलेले साचे विमान आणि मोटारगाडयांच्या घटकांच्या उत्पादनासाठी वापरले जातात
4) याचा वापर पृष्टभागावर लेप आणि गॅस स्टोरेज व्हेसल्स साठी केला जातो.

अतिरिक्त पॉलिमरायझेशन आणि संक्षेपण पॉलिमरायझेशन दरम्यान फरक

Distinguish between addition polymerization and condensation polymerization

अनु.क्र.	अतिरिक्त पॉलिमरायझेशन	संक्षेपण पॉलिमरायझेशन
१	ही अशी प्रक्रिया आहे ज्यात एकाच प्रकारचे मोनोमर्स साध्या रेणूंचे निर्मूलन न करता (जसे की H_2O, HCl लांब साखळी पॉलिमर तयार करण्यासाठी वारंवार जोडले जातात.	ही अशी प्रक्रिया आहे ज्यात वेगवेगळया प्रकारचे मोनोमर एकत्रित होऊ साध्या रेणूंच्या निर्मूलनासह (जसे की H_2O, HCl) लांब साखळी पॉलिमर तयार करतात.
२	अतिरिक्त पॉलिमरायझेशन साठी मोनोमरमध्ये कमीतकमी एक असणे आवश्यक आहे	कंडेनषेषन पॉलिमरायझेशन साठी, मोनोमरमध्ये एकापेक्षा जास्त फंक्षनल ग्रुप असणे आवश्यक आहे जेणेकरून इंटरमोलिक्युलर प्रतिक्रीया सक्षम होईल.
३	अतिरिक्त पॉलिमरायझेशनव्दारे प्राप्त केलेल्या प्लास्टिकमध्ये रेशात्मक लाँग चेन स्ट्रक्चर असते.	कंडेनषेषन पॉलिमरायझेशनव्दारे प्राप्त केलेल्या प्लास्टिकमध्ये क्रॉस-लिंक्ड स्ट्रक्चर असते
४	अतिरिक्त पॉलिमरायझेशनव्दारे प्राप्त केलेल्या प्लास्टिकमध्ये दुर्बल सहसंयोजक बंध (weak covalent bond)असतात.	पॉलिमरायझेशनव्दारे मिळविलेल्या प्लास्टिकमध्ये मजबूत सहसंयोजक बंध असतात(strong covalent bond)
५	अतिरिक्त पॉलिमरायझेशनव्दारे प्राप्त केलेले प्लास्टिक सेंद्रिय सॉल्व्हेंट्समध्ये आहे.	पॉलिमरायझेशनव्दारे प्राप्त केलेले प्लास्टिक सेंद्रिय सॉल्व्हेंट्समध्ये विरघळत नाही.
६	उदाहरणार्थ: इथिलीनपासून पॉलिथिलीन (पॉलिथिन) तयार करणे.	उदाहरणार्थ: एपोक्सी रेसिन तयार करणे.

<u>6.ॲडेसिव्ह दोन पदार्थ चिकटवू शकणारा पदार्थ</u>

महत्व:

ॲडेसिव्ह म्हणजे कायमस्वरूपी दोन पृश्ठभागांना चिकटविण्यासाठी सक्षम असा पदार्थ, औदयोगिक उत्पादनांमध्ये, बांधकाम उदयोगात, फर्निचर, प्लंबिंग, पादत्राणे, पुस्तक बांधणी, इमारत उभारणी, इलेक्ट्रॉनिक गॅजेट्स, ऑटोमोबॉइल निर्मिती, स्पेस षटलची बांधणी, दैनंदिन स्वरूपाच्या कामांमध्ये आणि इतर ब-याच विभागांमध्ये ॲडेसिव्ह अधिक महत्वपूर्ण आहे. जगभरात जवळपास 14 दषलक्ष टन ॲडेसिव्ह पदार्थांचा वापर केला जातो.

व्याख्या

दोन वेगळया वस्तूंच्या एक किंवा दोन्ही पृष्टभागावर लावला जाणारा कोणताही पदार्थ जो त्यांना एकत्र बांधतो आणि त्यांच्या विभाजनास प्रतिकार करतो त्याला ॲडेसिव्ह म्हणतात.

ॲडेसिव्हची वैषिश्ट्ये :

1) त्यात वेगवेगळे साहित्य एकत्र बांधण्याची क्षमता आहे.
2) तापमानास अत्यंत प्रतिरोधक आहे (टेम्परेचर prrof)
3) ते रासायनिक दृश्ट्या निष्क्रिय आहे.(chemically inert)
4) त्यामध्ये चांगली अडहेजन प्रॉपर्टी आहे.
5) तो ओलावा प्रतिरोधक आहे.(moisture proof)
6) तो ताण किंवा भारयासाठी उच्च प्रतिकारक आहे.
7) हे कीटक, बुरषी (algae) विरोधात अत्यंत प्रतिकारक आहे.

ॲडेसिव्हचे वर्गीकरण:

अ) संरचना आधारावर वर्गीकरण:

1)थर्मोसेटिंग सिंथेटिक ॲडेसिव्हः

हे संक्षेपण साखळी प्रक्रिया व्दारे तयार केले जाते आणि त्यामध्ये त्रिमितीय क्रॉस-लिंक्ड जाळीदार रचनासपदामक दमजूवता असते. त्यामध्ये चांगली अडहेजन प्रॉपर्टी असते.

उदाहरणे:

१. फिनॉल फॉर्मालि्डहाइड रेंझीनचा उपयोग विमान आणि जहाज बांधकाम उदयोगात, वॉटर प्रूफ
२. प्लायवुड्स, लॅमिनेट्स बनवण्यासाठी केला जातो.
३. यूरिया फॉर्मालि्डहाइड रेंझीनचा उपयोग विमान आणि जहाज उदयोगात, लाकडी पृश्ठभाग,
४. प्लायवुड्स, लॅमिनेट्ससाठी केला जातो.
५. पॉलिस्टर पातळ थर असलेली काच आणि कापड तयार करण्यासाठी केला जातो.
६. इपॉक्सी रेंझीन विमान उदयोगात, बाँडिंग काच, धातूच्या आणि सिरेमिक वस्तूसाठी केला जातो.
७. सिलिकॉन रेंझीन मेटल बाँडिंग, सिरेमिक्स, प्लास्टिक, रबर इत्यादींसाठी केला जातो.

2) थर्मोप्लास्टिक सिंथेटिक ॲडेसिव्ह:

थर्मोप्लास्टिक ॲडेसिव्ह अतिरिक्त पॉलिमरायझेशनव्दारे तयार करतात. अतिरिक्त पॉलिमरायझेशनव्दारे प्राप्त केल्याने यांची रेशात्मक लांब साखळी रचना असते. या प्रकारचे ॲडेसिव्ह गरम झाल्यावर मऊ होते आणि थंड झाल्यावर कडक होते.

उदाहरणे:

सेल्युलोज डेरिव्हेटिव्हज कापड आणि पादत्राणे उदयोगात वापरले जाते. एक्रिलिक कपडयांमध्ये, कागद, काचेच्या, चामडयाच्या वस्तू इ. बॉन्डिंग करण्यासाठी वापरले जाते. पॉलिव्हिनिल (जसे पीव्हीसी, पॉलिव्हिनिल एसीटेट): अन्न उदयोगात सीलिंग करण्यासाठी, नॉन सच्छिद्र पृश्ठभागांच्या बाँडिंगसाठी वापरले जाते.

ब) उगम /उत्पत्तीस्थान व्दारे वर्गीकरण:

1)नैसर्गिक अड्हेसिव (Natural adhesives) :

वनस्पती आणि प्राणी यासारख्या नैसर्गिक स्त्रोतांपासून नैसर्गिक अड्हेसिव तयार केले जातात.
उदाहरणे:
शेलॅक रेंझीन (Shellac resin) : बेल्ट, वाहणारे पट्टे इत्यादी बनवण्यासाठी वापरला जातो.
डांबर (Asphalt)**:**
क्लॉथ, मेटल व पेपर बाँडिंगसाठी वापरले जाते.
ॲनिमल ग्लू (Animal glue:
फर्निचर, रेडिओ कॅबिनेट्स, कार्ड बॉक्स इत्यादी तयार करण्यासाठी वापरले जातात.
भाजीपाला आधारित गोंद किंवा प्रथिने गोंद (Vegetable based glues or protein glues):
कागदी हस्तकला, इमारतींच्या भिंतींवर पोस्टर्स, स्क्रॅपबुकिंग इत्यादीसाठ वापरले जाते.

स्टार्च ॲडेसिव्ह: लिफाफे, मुद्रांक, नोटबुक, पुस्तकबांधणी इत्यादींसाठी वापरले जाते.

कृत्रिम ॲडेसिव्ह (Synthetic adhesives) :
कृत्रिम चिकट पदार्थ म्हणजेच अड्हेसिव मनुश्याने डिझाइन आणि तयार केले आहेत. हे पदार्थ निसर्गात सापडत नाहीत. कृत्रिम ॲडेसिव्ह विविध क्षेत्रांमध्ये सर्वाधिक प्रमाणात वापरले जातात कारण यांचे यांत्रिक, भौतिक आणि रासायनिक गुणधर्म नैसर्गिक ॲडेसिव्हपेक्षा अधिक श्रेश्ठ असतात.
उदाहरणे:
पॉलिव्हिनिल एसीटेट (Polyvinyl acetate) आणि कृत्रिम रेंझीन (synthetic resin) लाकूडकामासाठी गोंद (ग्लू) म्हणून वापरतात.
इपॉक्सी रेंझीन - धातू आणि प्लास्टिक बाँडिंगसाठी वापरला जातो.
कॉन्टॅक्ट ॲडेसिव्ह - पॉलिस्टीरिन आणि फॅब्रिकमध्ये बॉडिंगसाठी आणि लाकडी बेसवर प्लास्टिकच्या लॅमिनेट्स फिक्स करण्यासाठी वापरले जाते.
एक्रेलिक पॉलिमर ॲडेसिव्ह -एक्रेलीक प्लास्टिक तयार करण्यासाठी वापरले जाते, फॅब्रिक लेदर कोटींगमध्ये त्याचे ईमल्षन (emulsion) वापरले जाते.

वंगण (Lubricants)

महत्व

औदयोगिक वंगणांचे प्राथमिक कार्य म्हणजे साधने किंवा तयार घटकांमधील धातूचा संपर्क टाळणे. औदयोगिक वंगण चांगले गंज संरक्षण गुणधर्म प्रदर्षित करतात आणि उपकरणांचे आयुश्य वाढविण्यात मदत करतात. औदयोगिक क्षेत्रातील इंजिन तेल, हायड्रॉलिक तेल, बीयरिंग्ज आणि वायर रोपच्या (wire rope) अनुप्रयोगांसाठी उर्जा, वस्त्रोदयोग, रसायन, बांधकाम आणि पायाभूत सुविधा क्षेत्रांमध्ये वंगणांचा मोठया प्रमाणात उपयोग केला जातो. विकसित आणि विकसनषील अर्थव्यवस्थेत औदयोगिक वंगणाची मागणी वाढत असल्याने जागतिक बाजारातील विकासाचे श्रेय याला दिले जाते.

वंगण घालणे: - कोणत्याही प्रकारच्या यंत्रामध्ये सतत फिरणे, सरकणे किंवा रोलिंग भागांच्या पृष्टभागावर सतत घासणे चालू असते, परिणामी त्यांच्या हालचालीस (movement) प्रतिकार वाढतो. या प्रतिकारास घर्षण म्हणतात. घर्शणामुळे उश्णतेच्या स्वरूपात मोठया प्रमाणात ऊर्जा नश्ट होते ज्यामुळे मशी नची कार्यक्षमता कमी होते.शिवाय, हलणारे भाग गरम होतात आणि त्यांचे आकार बदलतात.

वंगण पदार्थ फिरत्या भागांमधील घर्षण प्रतिकार कमी करतो
(Lubricants) :- (Frictional resistance)
वंगण पदार्थ फिरत्या भागांमधील घर्षण प्रतिकार कमी करतो त्या पदार्थाला वंगण lubricant म्हणतात.
स्निग्धीकरण **(Lubrication):** वंगण घालून फिरत्या भागांमधील घर्षण प्रतिरोध (Frictional rresistance) कमी करण्याच्या प्रक्रियेस स्निग्धीकरण (Lubrication) म्हणतात.

(The good lubricant should posses)

वंगणांची वैषिश्टये

चांगल्या वंगणात खालील वैषिश्टये असणे आवश्यक आहे

1) मशीनच्या फिरत्या भागांदरम्यान तेल आवरण / तेल लेप राखतो
2) फिरत्या भागादारम्यान चा उच्च दबाव / भार असतो तो त्याने सहन करतो.
3) धातूच्या पृष्टभागावर हल्ला (metal surface) पासून बचाव करतो.
4) लवकर वायुरूप होणारा नसावा (should not volatilize excessively).
5) संपूर्ण ऑपरेषन दरम्यान तापमान स्थितीत, किंवा अगदी कमी तापमानात देखील त्याने तरलता (fluidity) टिकवून ठेवली पाहिजे.

वंगणांची कार्ये

1) पृश्ठभागा दरम्यान द्रव थर परिधान करून सरकत्या पृष्टभागावर घर्षण आणि उष्णता यांचा परिणाम होण्यापासून प्रतिबंधित करणे हे वंगणांचे प्राथमिक कार्य असते.
2) कटिंग फ्लुइडमध्ये कमी व्हिस्कोसिटी असते, कमी व्हिस्कोसिटीमुळे ते सहजपणे तयार झालेले क्रॅक भरू शकतात.

वंगणांचे वर्गीकरण (classification)

भौतिक स्थितीनुसार (physical state) वंगण तीन मुख्य वर्गात विभागले गेले आहे.
1) घन वंगण (Solid lubricants)
2) अर्ध-घन वंगण (Semi-solid lubricants)
3) द्रव वंगण (Liquid lubricants)

<u>1)घन वंगण</u>

घन वंगण एकतर कोरडया पावडरच्या स्वरूपात वापरले जाते किंवा पाणी वा तेलात मिसळून वापरले जाते. जेथे खूप जास्त भार असतो तेथे घन वंगण वापरले जाते कारण धूळ कणांचा प्रवेश अनिश्ट असतो. ते विषेशतः उच्च आणि कमी तापमानात (high and low temperatures) , उच्च व्हॅक्यूममध्ये आणि जेथे तेल वापरणे योग्य नसते अशा अनुप्रयोगांमध्ये (applications) उपयुक्त असते.
उदाहरणे: ग्राफाईट, मोलिब्डेनम डायसलफाईड (molybdenum disulphide))
हेक्सागोनल बोरॉन नायट्राइड (hexagonal boron nitride), टंगस्टन डायसलफाईड पॉलीटेट्राफ्लोरो एथिलीन इत्यादी.

घन वंगणांचे उपयोग

1) घन वंगण हे पिळून बाहेर पडण्यापासून (squeezed out) प्रतिकार करतात आणि त्यामुळे भारी लोड परिस्थितीत उपयुक्त असतात.
2) ते दूरस्थ भागांमध्ये (inaccessible) उपयुक्त आहेत जिथे वंगणांचा पुरवठा सहज करता येत नाही.

उदाहरणे: ग्राफाईट कमी किंमत आणि उत्कृश्ट वंगण घालणारी शक्ती , त्यामुळे ग्राफाईट मोठया प्रमाणात घन वंगण म्हणून वापरले जाते. ग्राफाईट एकतर चूर्ण स्वरूपात किंवा तेल वा पाण्यात मिसळून वापरले जाते.

उपयोग

1) हे एअर कॉम्प्रेसर (air compressors)) अन्न उदयोग (food industry) आणि रेल्वे ट्रॅक जोडांमध्ये वापरले जाते.
2) ते ब्रास इन्स्टुमेंट वाल्व्ह (brass instrument valves) ओपन गीअर बॉल बेयरिंग्ज मशीन (machine shop works) शॉप वर्क्स इत्यादी मध्ये वापरले जाते.

मोलिब्डेनम डायसल्फाइड (Molybdenum disulphide)

हे 400 डिग्री सेल्सियस पर्यंत वापरले जाते. त्याची पाउडर उच्च वेगाने सरकरणा-या पृष्टभागावर (sliding surfaces) शिंप डली जाऊ शकते. हे सॉल्व्हेंट्स आणि ग्रीसमध्ये देखील वापरले जाते.

उपयोग

1) हे पिगमेंट म्हणून रंगात वापरले जाते.
2) रासायनिक अभिक्रियेमध्ये याचा उपयोग उत्प्रेरक म्हणून केला जातो.

<u>अर्ध-घन वंगण</u>

ग्रीस (Greace) व्हॅसलीन , (Vaseline) मेण (wax) हे अर्ध-घन (semi solid) वंगण आहेत. ग्रीस हे सर्वाधिक प्रमाणात वापरले जाणारे अर्ध-घन वंगण आहे. त्यामध्ये साबण (soap), सोडियम, कॅल्षियम, लिथियम किंवा एल्युमिनिअम सह खनिज किंवा कृत्रिम द्रव वंगण असे थिंकनिग एजंटस् मिसळलेले असतात. ग्रीसमध्ये साधारणतः 80 टक्के खनिज किंवा कृत्रिम तेल (synthetic oil)10 टक्के साबण आणि 10 टक्के मिश्रित पदार्थ जसे की गंज प्रतिबंधक अँटीऑक्सिडंट्स / ऑक्सिडेशन रोखणारे पदार्थ, धातू निश्क्रिय करणारे न झिजणारे पदार्थ (antiwear) असतात.

अर्ध-घन वंगणाचे उपयोग .

1) हे उच्च दाब विनियोग (applications) आणि मेटल कटिंग(liquid lubricants) दरम्यान वापरले जाते जेथे द्रव वंगण टिकवून ठेवता येत नाहीत.
2) उच्च दाबामुळे तयार होणारी तेल गळति अनिश्ट(oil drip is undesirable) असते ती रोखण्यासाठी ग्रीस वापरले जाते.

ग्रीस प्रकार

१) लिथियम आधारित ग्रीस हे पेट्रोलियम तेल(petroleum oil) आणि लिथियम असलेले साबण मिसळून तयार केले जाते.
२) सोडियम आधारित ग्रीस : हे पेट्रोलियम तेल आणि सोडियम असलेले साबण मिसळून तयार केले जाते.

३) कप ग्रीस : हे पेट्रोलियम तेल आणि कॅलशीयम असलेले साबण मिसळून तयार केले जाते.
४)एक्सल ग्रीस: हे राळ आणि चरबीयुक्त तेलात चुना किंवा कोणतेही हेवी मेटल हायड्रॉक्साईड मिळवून तयार करतात.

द्रव वंगण (liquid Lubricant)

ही द्रव रूपातील वंगण तेले आहेत, जे धातूच्या पृश्ठभागाच्या (metal surface)दरम्यान अखंड पातळ लेप / थर (thinlayer) तयार करतात आणि घर्षण (friction) कमी करतात. द्रव वंगण धातूंचे कटिंग, ग्राइंडिंग, टेडिंग (denting)आणि ड्रिलिंगमध्ये (drilling)वापरतात. यंत्र ऑपरेषन मध्ये कटिंग फ्लुईडचा वापर केला जातो जेथे वर्क पीस आणि टूलमधील जवळच्या संपर्कामुळे खूप जास्त घर्षण असते, जे हे कमी करतात.

उपयोग

1) द्रव वंगण औशधांमध्ये (medicines)वापरतात.
2) इंजिन तेल कंप्रेसर तेल गीअर तेल आणि पिस्टन तेल म्हणून यंत्रांमध्ये वापरले जातात.
3) हायड्रॉलिक , ब्रेक आणि गिअर बॉक्स द्रव (gear box fluid) म्हणून वापरले जाते.

<u>पाणी</u>

पाणी हे जसे आहे तसे किंवा पाणी आणि बेस ऑइलच्या संयोजनात
वापरता येऊ शकते. हे सामान्यतः मायलिंग आणि लेथ टर्निंगमध्ये वापरले जाते.

खनिज तेल (mineral) ते क्रुड पेट्रोलियम (crude petroleum)तेलापासून मिळते
उदाहरण: पॅराफिन (parrafin) नॅपथलीन (naphthalene) इत्यादींचा वापर मोठया प्रमाणावर केला जातो.

प्राण्यांचे तेल (animal oil) हे प्राण्यांच्या स्त्रोतांमधून प्राप्त केले जाते.
उदाहरण: व्हेल तेल (whale oil) व्हेलच्या ऊर्धंपातन व्दारे तेल प्राप्त केले जाते.

लार्ड तेल (lard oil) (डुकराचे मांस तेल): मूत्रपिंड आतडयांमधून आणि डुकरांच्या चरबीमधून प्राप्त होते.

टेलो तेल (Tallo oil) मांजरीच्या चरबीपासून तयार केले जाते.
नीट्सफूट ऑईल (Neetsfoot oil) हे तेल चरबी पाण्यात उकळून मिळते. नीट्सफूट ऑईल लेदरसाठी कंडिषनिंग,
मऊ आणि संरक्षक एजंट म्हणून वापरले जाते.
भाजीपाला तेल Vegetable oil: ही तेले भाजीपाला स्त्रोतांमधून मिळतात.

उदाहरण: ऑलिव्ह तेल, पाम तेल,एरंडेल तेल (Castor oil, हेझल नट तेल Hazel nut oil इत्यादी.
मिश्रित तेलेः जेव्हा खनिज तेले प्राणी किंवा वनस्पती तेलांमध्ये मिसळली जातात तेव्हा त्या मिश्रणास मिश्रित तेले म्हणतात.

कृत्रिम तेल(synthetic oil) :

कृत्रिम तेल हे रासायनिक पध्दतीने तयार केले जातात. हे गंभीर परिस्थितींमध्ये खूप प्रभावी आहेत आणि जिथे पेट्रोलियम उत्पादने अपुरी आहेत किंवा जिथे दीर्घायुश्य, सुधारित उपकरणांची कार्यक्षमता किंवा नॉन -

ज्वलनशील तेसारखी (non-flammability) विषशे वैषिश्ट्ये आवश्यक आहेत अशा अनुप्रयोगांसाठी वापरले जातात.
उदाहरणे: पॉलीफेनिल इथर (Polyphenyl ethers) सिलिकेट इस्टर (Silicate esters), फॉस्फेट इस्टर (Phosphate esters), पॉलिअल्कलाईन ग्लाइकोल (Polyalkaline glycols), क्लोरोफ्लुरो कार्बन (Chlorofluoro carbons) फ्लुरो सिलिकॉन (Fluoro silicones).

उपयोग

1) टर्बाइन (turbines) आणि व्हॅक्युम पंपमध्ये वापरले जातात.
2) अर्धसंवाहक (Semiconductorc) उपकरणांमध्ये वापरले जाते.
3) अग्निबाण, मोटर्स, पाणबुडयांमध्ये वापरले जातात.
4) सिलिकेट ईस्टर कमी तापमानात रेफ्रिजरेषन कॉम्प्रेसरसाठी वंगण म्हणून वापरले जाते.

वंगणांची निवड (Selection of Lubricant) :

एखादया विषिश्ट हेतूसाठी योग्य वंगणांची निवड निश्चित पणे सेवा अटी आधारावर केली जाते जसे,
1) ऑपरेषनचे तापमान (Temperature of operation)
2) फिरणा-या भागां दरम्यानचा दबाव (Pressure between moving parts)
3) फिरणा-या भागांची गती (Speed of moving parts)
4) घर्षण पृश्ठभागाचे स्वरूप (Nature of frication surface)
5) ओलावाची उपस्थिती (Presence of moisture)
6) वंगण प्रणालीचा प्रकार

गीअर्ससाठी वंगणांची निवड (Selection of lubricant for gears)

गीअर्स सामान्यत: उच्च दाबाच्या (high pressure) अधीन असतात. म्हणून, वापरलेल्या वंगणात खालील गुणधर्म असणे आवश्यक असते.
1) त्याला अधिक तेलकटपणा असणे आवश्यक आहे.
2) फोमिंग प्रतिबंधक (antifoaming) असणे आवश्यक आहे.
3) त्यामध्ये जास्त भार वाहण्याची क्षमता असणे आवश्यक आहे.
4) याची धूळ कणांकडे कमी षोशण क्षमता असणे आवश्यक आहे (low adsorption capacity towards dust particles)

उदाहरण - जड खनिज तेलांमध्ये (Thick mineral oils) धातूचा साबण (metallic soaps)आणि क्लोरीन, सल्फर किंवा फॉस्फरस संयुगे यासारख्या काही पदार्थांचा समावेश आहे.

कटिंग टूल्सची निवड (Selection for cutting tools) :

मेटल कटिंग टूल्स, जेव्हा कोणत्याही मशीनिंग ऑपरेषनसाठी वापरली जातात जसे की कटिंग, सॉरींग, टर्निंग, ड्रिलिंग इत्यादीं तेव्हा त्यासाठी कटींग तेल (Cutting Oil) म्हणून ओळखल्या जाणा-या विशिष्ट्य तेलांचा वापर आवश्यक असतो.
म्हणून, वापरलेल्या वंगणात खालील गुणधर्म असले पाहिजेत.
1) ते उच्च तापमानाला स्थिर असले पाहिजे.
2) घर्शणातून (friction) उष्णता काढून टाकण्याची क्षमता असणे आवश्यक आहे
3) त्याने स्निग्धीकरण (Lubrication) प्रदान केले पाहिजे.

4) त्याने तयार झालेले उत्पादन गंजण्यापासून रोखले पाहिजे.

उदाहरण - द्रव वंगण (Liquid lubricants) कटिंग टूल्स (Cutting tools) साठी वापरतात.

स्टीम टर्बाइनसाठी निवड (Selection for steam turbine) :

स्टीम टर्बाईन मध्ये कार्यक्षमतेने वंगण घालणे ही समस्या थोडीषी अवघड आहे कारण वंगण घालणा-या तेलाला उच्च तापमान आणि ऑक्सिडायझिंगच्या स्थितीचा सामना करावा लागतो. अशा परिस्थितीत ऑइल फिल्म खूप वेगाने खराब होते. वाफ आणि थंड पाण्याची गळती उभ्दवू शकते, त्यामुळे इमल्षन आणि गाळ तयार होऊ षकतो व वंगणाचे योग्य अभिसरण (circulation) प्रतिबंधित होते.घन वंगण (solid lubricant) स्टीम टर्बाइनसाठी वापरले जातात.

वंगण गुणधर्म

1) व्हिस्कोसिटी (Viscosity):

व्हिस्कोसिटी म्हणजे दिलेल्या तापमानात प्रवाहासाठी द्रव प्रतिकार प्रवाहाचा प्रतिकार जितका जास्त असेल तितकी द्रवाची व्हिस्कोसिटी जास्त असते. कमी व्हिस्कोसिटी असलेले द्रव नाजूक उपकरणांसाठी वापरले जातात, जे उच्च वेगाने धावतात आणि ज्यावर हलका भार असतो. जसे की घडयाळे, षिवणकामाच्या मषीन इत्यादी. उच्च व्हिस्कोसिटी द्रव जड मशीनसाठी वापरले जाते, जे जड भार आणि मंद गतीसह कार्यरत असतात. उदाहरणार्थ ट्रॅक्टर(tractor)) , कॉक्रीट मिक्सर (concrete mixer) रेल्वे ट्रॅक्स (railway track) जोड इत्यादी.

2) व्हिस्कोसिटी इंडेक्स (viscosity index):

तापमानातील बदलांमुळे व्हिस्कोसिटी बदलण्याचा (rate of change) दर म्हणजे व्हिस्कोसिटी इंडेक्स. तापमान वाढल्यामुळे आणि पृश्ठभाग एकमेकांच्या संपर्कात येण्यामुळे पातळ पदार्थांची व्हिस्कोसिटी कमी होते, त्यामुळे घर्षण वाढते. तापमान कमी
झाल्यामुळे द्रवपदार्थाची व्हिस्कोसिटी वाढते आणि वंगण आवश्यक पृष्टभागावर टिकत नाही, ज्यामुळे घर्षण वाढते.एक चांगले वंगण म्हणजे ज्याची व्हिस्कोसिटी तापमानासह बदलत नाही.

3)तेलकटपणा (Oiliness) :

मंद वेगाने किंवा उच्च लोडवर काम करणा-या उपकरणांमध्ये सतत तेलाचा थर राखण्याच्या प्रवृत्तीला तेलकटपणा म्हणतात.प्राणी तेल (animal oil) आणि वनस्पती तेला मध्ये खनिज तेलापेक्षा जास्त तेलकटपणा (oiliness) असतो. खनिज तेलांचा तेलकटपणा ग्लिसराइड्स किंवा फॅटी ॲसिडस् किंवा विद्रव्य साबण मिसळून वाढविला जाऊ शकतो.उच्च व्हिस्कोसिटी द्रव्यांपेक्षा कमी व्हिस्कोसिटी द्रव्यांमध्ये जास्त तेलकटपणा असतो. जास्त तेलकटपणा असल्यामुळे ते सतत तेल-फिल्म बनवतात जे कोसळत नाहीत.चांगल्या वंगणात पुरेसा तेलकटपणा असावा, जेणेकरून ते हलणा-या भागांदरम्यान सतत तेलाचा थर टिकवून ठेवेल आणि घर्षण कमी होईल.

4)फ्लॅश पॉईंट आणि फायर पॉईंट (Flash point & Fire point)फ्लॅश पॉईंट

व्याख्या:- ''सर्वात कमी तापमानात तेल पुरेसे बाश्प देण्यास सुरवात करते, जेव्हा त्यावर ज्योत लावली जाते तेव्हा ज्योतीचा क्षणात फ्लॅश देते, त्याला फ्लॅश पॉईंट असे म्हटले जाते.

फायर पॉईंट

व्याख्या:- ''सर्वात कमी तापमानात तेल पुरेसे बाश्प देते, जेव्हा त्यावर ज्योत लावली जाते तेव्हा प्रकाषाचा क्षणिक फ्लॅश देते आणि सतत 5 सेंकद जळत राहते, त्याला अग्नि बिंदू (fire point) म्हणतात.
वंगणाची अस्थिरता आणि अग्निरोधक निश्चित करण्यासाठी फ्लॅश (flash) आणि फायर (fire) पॉईट्स उपयुक्त आहेत. कमी फ्लॅश आणि फायर पॉईट असणारा वंगण त्वरित अग्नि पकडते ज्यामुळे एखादया कारखान्याच्या मालमत्तेचे नुकसान आणि जिवितहानी होते.चांगल्या वंगणाचा उच्च फ्लॅश आणि फायर पॉईट असावा.

5)अस्थिरता (Volatility) :-

बाश्पीभवन करणे आणि त्याची वैषिश्ट्ये गमावणे हा वंगण गुणधर्म आहे. ज्या तापमानात तेलाचे बाश्पीकरण होते त्याला अस्थिरता म्हणतात.
अत्यंत अस्थिर वंगण कमी तापमानात देखील बाश्पीभवन करू शकते आणि त्यामुळे वंगणाचा अधिक वापर केला जातो आणि वंगण प्रक्रिया महाग होते.
चांगला वंगणात अस्थिरता कमी असणे आवश्यक आहे.

6)क्लाउड पॉइंट आणि पोवर पॉइंट (Cloud point and pour point):

ज्या तापमानाच्या खाली वंगणातील मेण ढगाळ देखावा तयार करते त्याला वंगणाचा क्लाउड पॉइट असे म्हणतात.

पोवर पॉइंट :-

ज्या कमीत कमी तापमानाच्या खाली वंगण शकते आणि ज्या तापमानाच्या खाली वंगण स्थिर होतो किंवा प्रवाह थांबतो त्याला वंगणाचा पोअर पॉइंट असे म्हणतात.चांगल्या वंगणाचा पोवर पॉइंट आणि क्लाउड पॉइंट उच्च असावा.थंड हवामानात क्लाउड पॉइंट आणि पोवर पॉइंट अधिक उच्च ठेवण्यासाठी काही विषिश्ट पदार्थ त्यामध्ये मिसळले जोडले जातात.

7)एसिडिटी (Acidity) किंवा निश्क्रियीकरण क्रमांक (Neutralization Number):

पोटॅशीयम हायड्रॉक्साईडचे मिलीग्रामधील वस्तुमान जे एक ग्रॅम तेलातील आम्ल निश्क्रियीकरण / बेअसर करण्यासाठी आवश्यक असते त्याल वंगणाचा असिडिटी किंवा न्यूट्रलायझेषन नंबर म्हणतात.

फॅटी अँसिड सारख्या रासायनिक कंपाऊंडमध्ये किंवा कंपाऊंड्सच्या मिश्रणामध्ये कार्बोक्झिलिक ॲसिड गटाच्या प्रमाणात ही मोजली जाते. इथॅनॉल सारख्या सेंदिय सॉलव्हन्ट्मध्ये ज्ञात प्रमाणातील तेलाचे नमुने विरघळतात. त्यानंतर हे फिनोक्फाथेलिन सूचक वापरून च्या पोटॅषियम हायड्रॉक्साईड च्या सोल्यूषन सोबत षीर्शकित केले जाते. तेल-चरबीची आम्लता व ट्रायग्लिसेराइड्स फॅटी ॲसिड आणि ग्लिसरॉलमध्ये रूपांतरित केली जातात.जर वंगणात मुक्त ॲसिडस् असतील तर ते धातूचा गंज वाढतील चांगल्या वंगणात मुक्त ॲसिड नसावे.

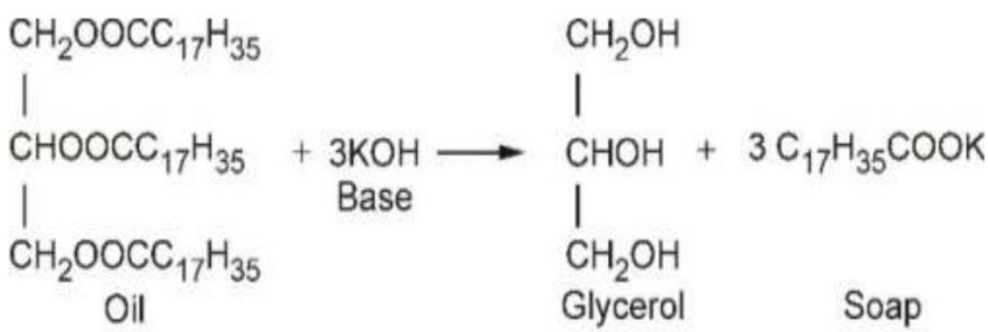
8)सपोनिफिकेशन मूल्य . (Saponificaiton Value)

1 ग्रॅम तेल / चरबी सॅपोनिफाइ करण्यासाठी आवश्यक असलेल्या पोटॅषियम हायड्रॉक्साइडच्या मिलीग्रामच्या संख्येला सॅपोनिफिकेशन व्हॅल्यू असे म्हणतात.चरबीमध्ये आढळणा-या लॉंग चेन फॅटी ॲसिडस् चे प्रमाण कमी होते कारण शॉर्ट चेन फॅटी ॲसिडच्या तुलनेने कार्बोक्झिलिक फंक्षनल ग्रुप्सचे प्रमाण

चरबीच्या प्रति युनिट मास कमी असते. जर जास्त मिलीग्रामचे पोटॅशीयम हायड्रॉक्साईड ग्रॅम तेल / चरबी सॅपोनिफाई करण्याकरिता आवश्यक असेल तर तेथे चरबीची संख्या जास्त असते आणि साखळीची लांबी तुलनेने कमी असते.चांगल्या वंगणाचे सपोनिफिकेशन मूल्य मध्यम असते.

9)इमल्सीफिकेशन (Emulsification):

तेल आणि पाण्याच्या मिश्रणाला इमल्शन म्हणतात व तेल पाण्यात मिसळण्याच्या प्रक्रियेला इमल्सीफिकेशन म्हणतात. इमल्शन सभोवतालच्या ठिकाणी असलेल्या धूळ कणांना शोषून घेतात ज्यामुळे संपर्कात असलेल्या धातूंचे घर्षण होते आणि वंगण तेलाचा स्निग्धीकरण गुणधर्म खराब होतो.चांगले वंगण कोणतेही इमल्षन तयार करत नाही आणि जर ते तयार झाले तर पटकन खंडित करते.



<u>वंगणांचे उपयोग</u>

1) वंगण पृश्ठभागांमधील घर्षण कमी करण्यासाठी वापरला जातो.
2) इंजिन तेले (engine oils)), कॉम्प्रेषन तेल , गीअर तेल , पिस्टन तेल म्हणून यंत्रांमध्ये वापरला जातो.
3) उष्णता निर्मिती (heat generation) कमी करण्यासाठी याचा उपयोग केला जातो.
4) आवाज (sound) आणि कंप (vibration)कमी करण्यासाठी वापरतात.
5) लिक्विड वंगणाचा औषधांमध्ये वापर केला जातो.
6) साबण आणि पेंट उदयोगात याचा वापर केला जातो.
7) गंज प्रतिबंधक म्हणून वापरले जातात.
8) डिइमल्सिफाईंग व इमल्सिफाईंग एजंट (demulsifying and emulsifying agents) म्हणून केलाजातो.
9) अॅटीवेअर(antiwear),अँटीऑक्सिडंट्स (antioxidants)आणि अँटीफोमिंग एजंट्स म्हणून वापरले जातात.

उत्प्रेरक / उत्प्रेरक प्रक्रिया (Catalysis/Catalysis)

महत्व:-

बरेच पदार्थ अभिक्रियेत भाग न घेता रासायनिक अभिक्रियेची गती वेग / वेग speed / rateबदलतात. (1835) बर्झेलियस पहिले वैज्ञानिक होते ज्यांनी रासायनिक अभिक्रियेच्या दर / वेगा वर Rate of Chemical Reaction विविध बाहय पदार्थांच्या परिणामाचा पध्दतषीर अभ्यास केला. अशा बाहय पदार्थांना उत्प्रेरक Catalyst म्हणतात.

जे पदार्थ रासायनिक अभिक्रियेत Chemical reaction भाग न घेता अभिक्रियेच्या दरात बदल घडवितो त्याला उत्प्रेरक असे म्हणतात. उत्प्रेरकाच्या साहय्याने रासायनिक अभिक्रियेचा दर / वेग बदलण्याच्या क्रियेला उत्प्रेरण म्हणतात.

उत्प्रेरणाचे / उत्प्रेरकांचे प्रक्रियांचे प्रकार किंवा वर्गीकरण :

अ) एकसंध उत्प्रेरक प्रक्रिया (Homogeneous Catalysis)
ब) विषम उत्प्रेरक प्रक्रिया (Heterogeneous Catalysis)

अ)एकसंध उत्प्रेरक प्रक्रिया

यामध्ये उत्प्रेरक आणि अभिक्रियाकारकांची अवस्था / स्थिती एकच असते. म्हणजे उत्प्रेरक किंवा अभिक्रियाकारक हे दोन्हीही एकाच घन किंवा द्रव किंवा वायूच्या अवस्थेत असतात.

उदाहरणार्थ:सल्फ्यूरिक ॲसिड ची चेंबर प्रक्रियेव्दारे निर्मिती. (Contact process of manufacturing of H_2SO_4)

$$2SO_{2_{(g)}} + O_{2_{(g)}} \xrightarrow{[NO]_{(g)}} 2\ SO_{3_{(g)}} + 2\ [NO]_{(g)}$$

$$H_2\ O + SO_3 \rightarrow H_2SO_4$$

विषम उत्प्रेरक प्रक्रिया

जेव्हा अभिक्रियाकारके आणि उत्प्रेरक वेगवेगळया अवस्थेत / स्थितीत असतात तेव्हा या प्रक्रियेला विषम उत्प्रेरक प्रक्रिया असे म्हणतात.

उदाहरणार्थ:हॅबर प्रक्रियेव्दारे अमोनिया तयार करणे.

$$N_{2_{(g)}} + 3H_{2_{(g)}} \underset{Solid}{\overset{Fe}{\rightarrow}} 2\ NH_{3_{(g)}}$$

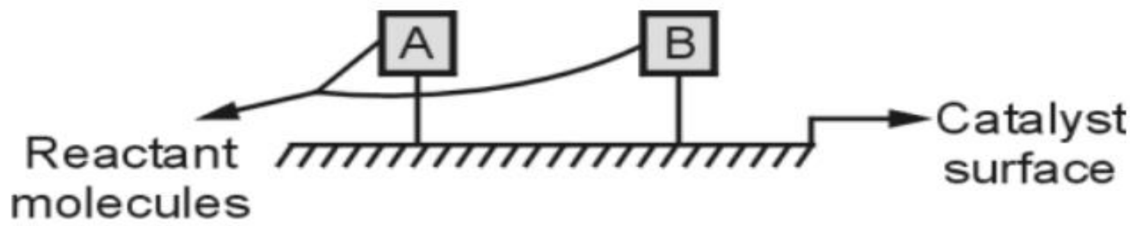
उत्प्रेरणाचे / उत्प्रेरक प्रक्रियांचे सिध्दांत

अ) शोषण सिध्दांत (absorption theory)

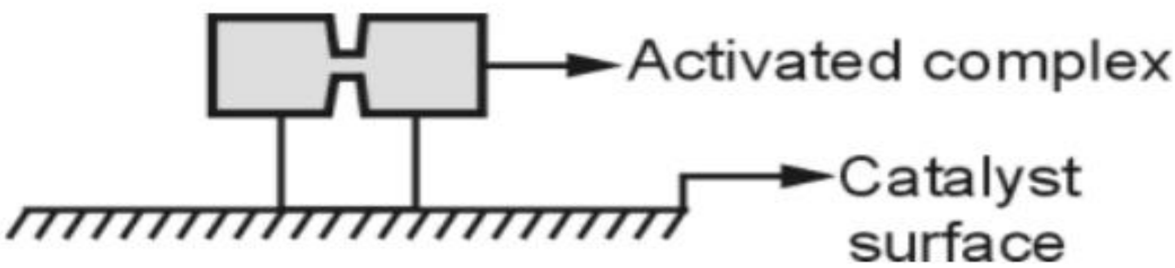
हा सिध्दांत वैज्ञानिक फॅराडे यांनी 1883 मध्ये बनविला होता. हे विशम उत्प्रेरकांच्या यंत्रणेचे स्पश्टीकरण देते. हया यंत्रणेत चार भिन्न पाय-या असतात.

पायरी – I : अभिक्रियाकारक रेणू शोषने

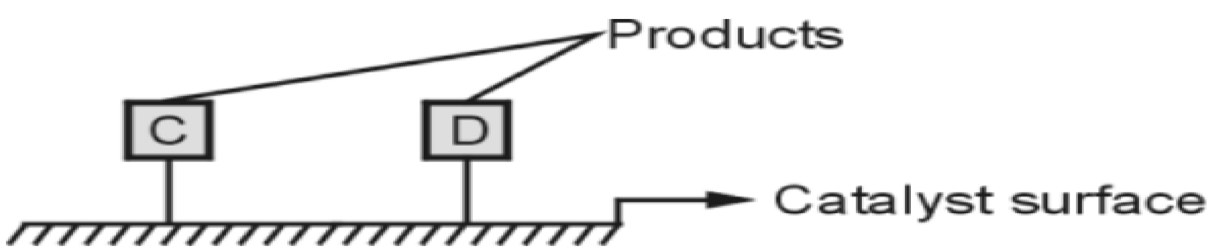
अभिक्रियाकारक रेणू 'A' आणि 'B" उत्प्रेरकाच्या पृष्टभागावर शोषले (Adsorption) जातात.



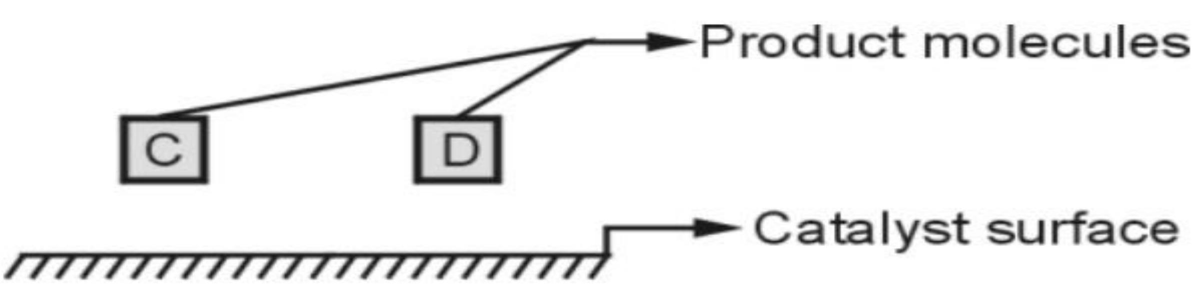
पायरी - ।।   उत्प्रेरकाच्या पृष्टभागावर शोषले गेलेले रेणू व अभिक्रियाकारक रेणू एकत्रितपणे मध्यवर्ती सक्रिय कॉम्प्लेक्स तयार करतात.



पायरी - ।।। सक्रिय कॉम्प्लेक्स खंडित होऊन उत्पादने तयार करतात.



पायरी - IV उत्पादनाचे रेणू उत्प्रेरकाच्या पृश्ठभागापासून लांब जातात व उत्प्रेरकाचा पृश्ठभाग पुन्हा नविन क्रियेसाठी तयार होतो.



वरिल यंत्रणेवरून असे स्पष्ट होते की उत्प्रेरक प्रवर्तक म्हणून काम करणा-या पदार्थांमध्ये उत्प्रेरक पृष्टभागासाठी अधिक ओढ असणे आवश्यक आहे, जेणेकरून ते सहजपणे उत्प्रेरक पृष्टभागावर शोषले जाऊ शकतात.

ब)मध्यवर्ती कॉम्प्लेक्स बनवण्याचा सिध्दांत

या सिध्दांतानुसार अभिक्रियाकारका (Reactant) पैकी एक उत्प्रेरकांषी (Catalyst) जोडला जातो आणि अत्यंत सक्रिय मध्यवर्ती कॉम्प्लेक्स तयार करतो, (highly reactive intermediate compound)

जो उत्पादन निर्मितीसाठी दुस-या अभिक्रियाकारकासह (Reactant) संयोग (React) होऊन उत्पादन (product) देतो.

सामान्य अभिक्रिया (General Reaction) वापरून हे स्पष्ट करू या.

$$A + B \xrightarrow{C} AB$$

इथे Aआणि B अभिक्रियाकारक आहेत आणि C उत्प्रेरक आहे या अभिक्रियेत पुढील पाय-यांचा समावेश होतो.

i) $A + C \rightarrow \overset{AC}{\text{Intermediate}}$

ii) $AC + B \rightarrow \overset{AC}{\text{Intermediate}} + \text{Free}\ \overset{C}{\text{catalyst}}$

शोषन सिध्दांत हा विषमउत्प्रेरणासाठी लागू आहे आणि मध्यवर्ती कॉम्प्लेक्स (Intermidiate complex) बनवण्याचा सिध्दांत एकसंध उत्प्रेरणासाठी (Homogeneous Catalysis) लागू आहे.

उत्प्रेरकांची वैषिश्ट्ये

1) अभिक्रियेचा वेग / गति वाढविण्यासाठी अतिषय अत्यल्प प्रमाणात उत्प्रेरकाची आवश्यकता असते.
2) एकच उत्प्रेरक सर्व रासायनिक अभिक्रियेमध्ये वापरू शकत नाही.
3) उत्प्रेरक अभिक्रियेचा दर बदलू शकतो परंतु तो थांबवू किंवा अभिक्रिया प्रारंभ करू शकत नाही.
4) उत्प्रेरकाची कार्यक्षमता त्याच्या भौतिक स्थितीवरअवलंबून असते.
5) अभिक्रियेच्या षेवटी उत्प्रेरकामध्ये कोणताही रासायनिक बदल होत नाही.

उत्प्रेरकाचे प्रकार (Type of Catalyst) :

सकारात्मक उत्प्रेरक (Positive Catalyst) :

''जो पदार्थ रासायनिक अभिक्रियेचा वेग /दर वाढवतो त्याला सकारात्मक उत्प्रेरक म्हणतात''.

उदाहरणार्थ: 2.5 लिटर H_2 आणि O_2 यांच्या मिश्रणापासून H_2O तयार करण्यासाठी 1 मिलीग्राम बारीक प्लॅटिनम पावडर (बारीक) उत्प्रेरक म्हणून पुरेषी असते.

$$2\,H_2 + O_2 \xrightarrow{Pt} 2\,H_2O$$

नकारात्मक उत्प्रेरक (Negative Catalyst) :

''जो पदार्थ रासायनिक अभिक्रियेचा दर वाढवतो त्याला नकारात्मक उत्प्रेरक म्हणतात''.

उदाहरणार्थ: क्लोरोफॉर्मचा उपयोग भूल देण्यासाठी केला जातो. ऑक्सिजन च्या उपस्थितीत त्याचे ऑक्सिडेशन होते आणि विशारी संयुग कार्बोनिल क्लोराईड ($COCl_2$) तयार होते. क्लोरोफॉर्ममध्ये (Chloroform) दोन टक्के इथेनॉल टाकल्यास ही ऑक्सिडेशन अभिक्रिया कमी करते म्हणजेच इथेनॉल नकारात्मक उत्प्रेरक म्हणून कार्य करते.

$$\underset{\text{Chloroform}}{4\,CHCl_3} + 3\,O_2 \longrightarrow \underset{\text{Carbonyl Chloride}}{4\,COCl_2} + 2\,H_2O + 2Cl_2$$

ऑटो उत्प्रेरक

रासायनिक अभिक्रियेच्या उत्पादनातील एक घटक, जो अभिक्रियेसाठी स्वतः एक उत्प्रेरक म्हणून काम करतो त्याला ऑटो कॅटलिस्ट म्हणतात.

उदाहरणार्थ: ईथिल ॲसिटेट्चे जलीय अपघटन करून ॲसिटिक ॲसिड आणि अल्कोहोलची निर्मिती केली जाते या अभिक्रियेमध्ये ॲसिटिक ॲसिड स्वयं उत्प्रेरक म्हणून कार्य करते.

$$\underset{\text{(Ester - Ethyl acetate)}}{CH_3COOC_2H_5} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{(Acetic acid)}}{CH_3COOH} + \underset{\text{(Ethyl alcohol)}}{C_2H_5OH}$$

उत्प्रेरक प्रवर्तक आणि उत्प्रेरक प्रतिबंधक

उत्प्रेरक प्रवर्तक: (Catalytic Pramotor / activator)स्वत: उत्प्रेरक नसतांनाही रासायनिक अभिक्रिये दरम्यान उत्प्रेरकाची क्षमता वाढवतो, अशा पदार्थाला उत्प्रेरक प्रवर्तक म्हणतात.
उदाहरणार्थ: हॅबरच्या प्रक्रियेत Haber's process) थोडया प्रमाणात मोलिब्डेनम मिसळयाने लोह उत्प्रेरकाची क्रिया वाढते. इथे मोलिब्डेनम उत्प्रेरक प्रवर्तकाचे काम करतो.

$$N_2 + 3\,H_2 \underset{Mo}{\overset{Fe}{\rightleftharpoons}} 2\,NH_3$$

उत्प्रेरक प्रतिबंधक / उत्प्रेरक विश (Catalytic inhibitor / Poison):

''उत्प्रेरकाची कार्यक्षमता कमी करणा-या पदार्थाला उत्प्रेरक प्रतिबंधक किंवा उत्प्रेरक विश असे म्हणतात''.

कधीकधी काही पदार्थांची उपस्थिती उत्प्रेरकाची कार्यक्षमता नश्ट करते. यास उत्प्रेरक प्रतिबंधक म्हणून संबोधले जाते.

उदाहरणार्थ: हॅबर प्रक्रियेमध्ये, CO (Carbon monoxide) लोह उत्प्रेरकाची क्रिया कमी करतो.

$$N_2 + 3H_2 \underset{CO}{\overset{Fe}{\rightleftharpoons}} 2NH_3$$

इथे CO (Carbon monoxide) उत्प्रेरक प्रतिबंधकाचे काम करतो.

उत्प्रेरकाचे औदयोगिक उपयोग (Industrial applications of catalyst) :

1) डिकनच्या प्रक्रियेव्दारे (Deacon's process) क्लोरीन (Cl_2) वायूचे उत्पादन

$$2HCl + \frac{1}{2}O_2 \underset{Catalyst}{\overset{CuCl_2}{\rightarrow}} H_2O + Cl_2 \uparrow$$

2) हॅबरच्या प्रक्रियेव्दारे (Haber's process) अमोमियाचे (NH_3) उत्पादन.

$$N_2 + 3H_2 \underset{Mo}{\overset{Fe}{\rightleftharpoons}} 2NH_3$$

3) चेंबर प्रक्रियेव्दारे (lead chamber process) सल्फ्यूरिक ॲसिडचे (sulphuric acid) उत्पादन

$$2\,SO_2 + O_2 \xrightarrow{[NO]} 2\,SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

4)ग्लूकोजपासून (glucose) इथेनॉल (ethanol) चे उत्पादन.

$$C_6H_{12}O_6 \underset{Catalyst}{\overset{Zymase}{\rightarrow}} 2C_2H_5OH + 2CO_2 \uparrow$$

5)ऊस साखर (Cane Sugar) पासून ग्लूकोज (Glucose) चे उत्पादन.

$$\underset{Glucose}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \underset{Catalyst}{\overset{Maltase}{\longrightarrow}} 2\,\underset{Sugar}{C_{12}H_{22}O_{11}}$$

6) contact प्रक्रियेव्दारे सल्फ्यूरिक ॲसिडचे (H_2SO_4) चे चे उत्पादन.

$$2\,SO_2 + O_2 \xrightarrow{Pt/\,V_2O_5} 2SO_3$$

$$2SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

7) इथिलीनपासून पॉलिथिन पॉलिमर तयार करणे.

$$H_2C{=}CH_2 + \underset{(Catalyst)}{\xrightarrow[Natta]{Zigler}} \underset{Polyethylene}{\left[CH_2 - CH_2 \right]_n}$$

1) .. .. हा रंगाचे घटक नाही

अ, पिगमेंट ब, वाहन क, थिनर ड, ईथर

2) कोपल वरनिश हे .. .. चे उदाहरण आहे

अ, ऑइल वारनिश ब, स्पिरिट वारनिश क, लाइन वरनिश ड, थिनर वारनिश

3) ग्लास वुल हे .. .. आहे

अ, रासायनिक दृष्ट्या निष्क्रिय ब, अज्वलनशील

क, ओलावा प्रतिकार करनारा ड, वरीलपैकी सर्वे

4) polyethene .. .. चे उदाहरण आहे

अ, ॲडिशनल पोलीमरायझेशन ब, कंडेनसेशन पोलीमरायझेशन

क, ऑक्सीडेशन ड, रीडक्शन

5) .. .. हे क्रूड पेट्रोलिअम तेलापासून मिळते

अ, लार्ड तेल ब, प्राण्यांचा तेल

क, खनिज तेल ड, टेलो तेल

उत्तर १-ड २-अ ३-ड ४-अ ५-क

LEARNING MATERIALS / BOOKS			
Sr. No.	**Author**	**Title of Book**	**Publisher**
1	Narlikar J. V., Joshi A. W., Mathur, Anuradha; et al	Physics Textbook Part I - Class XI	National Council of Education Research and Training, New Delhi, 2010, ISBN : 8174505083
2	Narlikar J. V., Joshi A. W., Mathur, Anuradha; et al	Physics Textbook Part II - Class XI	National Council of Education Research and Training, New Delhi, 2015, ISBN : 8174505660
3	Narlikar J. V., Joshi A. W., Ghatak A. K. et al	Physics Textbook Part I - Class XII	National Council of Education Research and Training, New Delhi, 2013, ISBN : 8174506314
4	Narlikar J. V., Joshi A. W., Ghatak A. K. et al	Physics Textbook Part II - Class XII	National Council of Education Research and Training, New Delhi, 2013, ISBN : 8174506713
5	Haliday, David; Resnik, Robert and Walker, Jearl	Fundamentals of Physics	John Wiley and sons, Hoboken, USA, 2014 ISBN : 812650823X

LEARNING WEBSITES & PORTALS

Sr. No.	Link / Portal	Description
1	www.sciencejoywagon.com/physicszone	Basic of fiber optics
2	https://phet.colorado.edu	Thermometry and basic of fiber optics

SUGGESTED LEARNING MATERIALS / BOOKS

Sr. No	Author	Title	Publisher
1	Jain and Jain	Engineering Chemistry	National Council of Education Research and Training, New Delhi, 2010, ISBN : 8174505083
2	Dara S. S.	Engineering Chemistry	National Council of Education Research and Training, New Delhi, 2015, ISBN : 8174505660
3	Bagotsky V.S.	Fundamental of electrochemistry	National Council of Education Research and Training, New Delhi, 2013, ISBN : 8174506314
4	Jain and Jain	Engineering Chemistry	National Council of Education Research and Training, New Delhi, 2013, ISBN : 8174506713

LEARNING WEBSITES & PORTALS

Sr.No	Link / Portal	Description
1	www.chem1.com	Chemistry instruction and education
2	www.rsc.org	Catalysis