



विद्युत – काही संकल्पना

अनुक्रमणिका

विषयप्रवेश

विज्ञान आणि तंत्रज्ञान

थोडे अणूसंबंधी

विद्युतप्रभार (Electric charge)

विद्युत सुवाहक, दुर्वाहक, अर्धवाहक म्हणजे काय?

विद्युतप्रभाराचे गुणधर्म आणि वैशिष्ट्ये

कुलोमचा नियम

सुवाहक, दुर्वाहक आणि विद्युतधारा

विद्युतधारेचे एकक

विभवांतर

रोध Resistance



विद्युत – काही संकल्पना

विषयप्रवेश

असं म्हटलं जातं कीं भौतिकशास्त्र हे उर्जेसंबंधीचं शास्त्र आहे. Physics is a 'Science of Energy'. खरं आहे. तुम्हाला कोणकोणत्या उर्जा किंवा उर्जेचे प्रकार माहित आहेत? तुम्ही अगदी पटापट सांगाल कीं गतिज, स्थितीज, उष्णता, प्रकाश, विद्युत ह्याशिवाय रासायनिक, लवचिकता, गुरुत्वाकर्षण वगैरे. ह्यातील कांहीं उर्जा गतीमुळे प्राप्त होतात तर कांहीं स्थितीमुळे. आपण आज अशा एका उर्जेचा अभ्यास करणार आहोत कीं जिच्यात गतीचा कांहीतरी संबंध आहे. तुम्ही म्हणाल, दाखवा पाहूं. अरे, कोणतीही उर्जा (Energy) दाखविता येत नाही परंतु त्याचे परिणाम किंवा उपयोग दाखविता येतात. आपण ह्या लेखात जे अभ्यासणार आहोत त्या उर्जेशिवाय तर आपलं पानही हल्ली हलत नाही. उदाहरणार्थ, अंधार पडला की पटकन दिवा लावला, On-line शिक्षण म्हटलं की मोबाईल नाहीतर संगणक हवाच, शेताला पाणी कालव्यातून उचलायचंय, हवाच पंप. आता मी काही तुम्हांला सांगायला नको की आम्ही कोणत्या उर्जेबद्दल बोलतोय ते!

विज्ञान आणि तंत्रज्ञान

कोणताही अभ्यास म्हटला कीं त्यासाठी आपल्याला वैज्ञानिक दृष्टिकोन म्हणजे Scientific attitude असावा लागतो. म्हणजे काय? तर त्यासाठी कुठल्याही गोष्टीबद्दल तर्कशुद्ध विचार (Logic), कारणमीमांसा (Reasoning) आणि योग्य पुरावे (Proof) असणं आवश्यक असतं. आणि 'असे का व कसे?' आणि 'तेव्हांच का?' असे प्रश्न मनात निर्माण होणं आवश्यक असतं. हाच संशोधनाचा पाया असतो नंतर त्यावर मोठ्या इमारती बांधता येतात. एवढंच नव्हे तर त्याचं उपयोजन करणं जमू शकतं. म्हणजे 'Technology is the application of science'. विज्ञान आणि तंत्रज्ञान हातात हात घालून चालत राहिले तर मोठी प्रगती होऊ शकते. आपण ह्या दोन्ही गोष्टी आमच्या सर्व लेखांतून पहाणार आहोत.



चला तर मग, आपण प्रथम विज्ञानात फेरफटका मारूया. ते तुम्हाला समजलं की तुम्हाला खूप आनंद होईल, आणि मग, 'अशी गंमत आहे कां,' असं विचारत तुम्ही विज्ञान Enjoy कराल!

थोडे अणूसंबंधी

आपण ह्या लेखात अणूबद्दल जरी विशेष काही उल्लेख केला नसला तरी देखील अनेकदा विज्ञानातील प्रश्नांची उत्तरे मिळवण्यासाठी अणू-रेणूंपासून सुरुवात करावी लागते. चला तर मग, थोडी उजळणी करूया. आपल्याला माहित आहेच की विश्वातील सर्व पदार्थ अणू-रेणूंपासून बनलेले आहेत आणि अणू-रेणू प्रत्येक मूलद्रव्यात असतात. हवेतील ऑक्सिजन, नायट्रोजन असे वायू, वर्गातल्या खिडक्यांच्या गजातलं लोखंड(Fe) ही मूलद्रव्ये असतात किंवा त्यांची संयुगे असतात. विद्युत वाहक तारा Cu, Al अशा मूलद्रव्यांपासून, तर पाणी O₂ व H₂ ह्या मूलद्रव्यांपासून बनतात होय ना? पुस्तकात अणूचे चित्र द्विमितीत असते पण प्रत्यक्षात अणू त्रिमितीत चेंडूसारखा (spherical) असतो. खालील, आपल्याला माहित असलेले मुद्दे आठवा.

- 1) प्रत्येक अणूत प्रोटॉन व न्यूट्रॉन केंद्रकात आणि इलेक्ट्रॉनस् बाहेरील कक्षेत.
- 2) प्रोटॉनवर धन(+)भार, इलेक्ट्रॉनवर ऋण(-)भार तर न्यूट्रॉनवर +ve किंवा -ve कोणताच प्रभार (charge) नाही.
- 3) ज्याअर्थी अणू प्रभार रहित असतो त्याअर्थी प्रत्येक अणूत जेवढे प्रोटॉन तेवढेच इलेक्ट्रॉन असतात, तर न्यूट्रॉनची संख्या वेगवेगळी असू शकते. मात्र हायड्रोजन(H)मध्ये न्यूट्रॉन नसतोच.
- 4) अणूअंक (Atomic number) प्रोटॉन्सची संख्या दर्शवितो. अर्थात तेवढीच इलेक्ट्रॉन्सची संख्या असते. उदा, $_{11}\text{Na}$ म्हणजे सोडियममध्ये 11 प्रोटॉन्स व तेवढेच 11 इलेक्ट्रॉन्स असतात. तसेच $_{18}\text{Ar}$ म्हणजे अरगॉनमध्ये 18 प्रोटॉन्स व तेवढेच 18 इलेक्ट्रॉन्स असतात. जेवढे प्रोटॉन्स तेवढेच (म्हणजे +ve प्रभार नाहीसा होईल एवढे) इलेक्ट्रॉन्स असतात. ह्याचप्रमाणे $_{29}\text{Cu}$, $_{13}\text{Al}$ वगैरे.



हयापुढच्या विद्युतसंबंधीच्या चर्चेत न्यूट्रॉनचा संबंध येणार नाही. म्हणून आपण फक्त प्रोटॉन व इलेक्ट्रॉनचा विचार करू कारण प्रोटॉनवर धनप्रभार व इलेक्ट्रॉनवर ऋणप्रभार असतो.

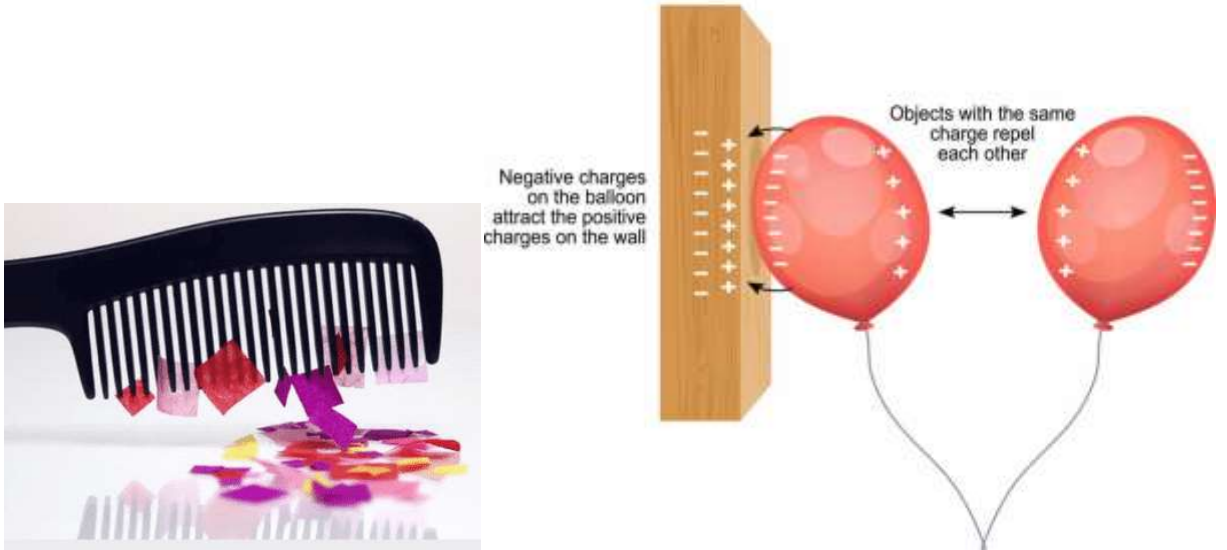
विद्युतप्रभार (Electric charge)

आपल्या हया 'अभ्यासयात्रेतील' एक पायरी आपण चढलो. अणूच्या वरील माहितीच्या आधारे आपण विद्युतसंबंधीचा आणखी विचार करू. आपलं काय ठरलंय माहित आहे ना? 'असे का व कसे?' हे प्रश्न आपण मनात निर्माण करायला हवेत. मग आता सांगा बरं, अणूवर कोणता प्रभार असतो? +ve की -ve? अणू तर उदासिन असतो. हे कसं काय? प्रोटॉनवर धन व इलेक्ट्रॉनवर ऋण प्रभार असतो ना, मग सांगा ना की जेवढा प्रोटॉनसचा धनप्रभार तेवढ्याच संख्येने त्याला निष्प्रभ करणाऱ्या इलेक्ट्रॉनसचा ऋणप्रभार, ह्यामुळे तो निष्प्रभ (cancel) होतो. त्यामुळे काय झालं? प्रोटॉनवर $+1.6 \times 10^{-19}$ कुलोम आणि इलेक्ट्रॉनवर -1.6×10^{-19} कुलोम इतका प्रभार असतो. हं. आता बरोबर कळले हो ना? (आता निबंध लिहा तुमची कल्पना लढवून, 'जर अणू प्रभारित असता तर?' बघा, किती मजा येईल!) आता मात्र माझ्या प्रश्नाचं तुम्ही उत्तर द्या. पाहू तुम्हाला किती समजलंय ते! समजा, अणू +ve किंवा -ve प्रभारित करायचा आहे, तर काय करायला हवं सांगा? बरोबर. अणूमधे इलेक्ट्रॉन हे प्रोटॉनपेक्षा कमी तरी झाले पाहिजेत किंवा इलेक्ट्रॉन हे प्रोटॉनपेक्षा जास्त तरी झाले पाहिजेत. म्हणजेच इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन ह्यांच्या संख्येत फरक झाला पाहिजे. एखाद्या अणूमधे इलेक्ट्रॉनसची संख्या प्रोटॉनपेक्षा जास्त झाली तर अणू -ve प्रभारित होईल आणि ह्याउलट इलेक्ट्रॉनसची संख्या कमी झाली तर? हे तुम्हीच ठरवा बरं कां? तो +ve प्रभारित होईल.

हे ऐकल्यावर आणखी एक प्रश्न मनात रूजी घालत असेल तुमच्या, मी असं कां बरं म्हणलं की इलेक्ट्रॉनसची संख्या कमी असेल तर किंवा इलेक्ट्रॉनची संख्या जास्त असेल तर? कारण प्रोटॉन आपली स्वतःची जागा सोडत नाही (काही विशिष्ट परिस्थिती वगळता). आणि इलेक्ट्रॉनस हे मात्र 'भटकंती' करणारे. जरा उर्जा मिळाली की झाली त्यांची पळायला सुरवात!

आपल्याला एखाद्या पदार्थावर सोप्या पध्दतीने प्रभार आणता येईल का? चांगला प्रश्न विचारलात. जरा विचार करा. येईल ना! समजा केसावर कंगवा फिरविला आणि तो कागदाच्या छोट्या तुकड्यांजवळ नेला तर तो कागदाच्या तुकड्यांना आकर्षित करेल किंवा फुगा फुगवून थोडासा भिंतीवर घासून तिथेच ठेवला तर तो भिंतीला थोडावेळ तरी चिकटून राहील, तुम्ही करून पाहिलंय का? अशी अनेक उदाहरणे देता येतील नाही का? म्हणजेच ह्या बाबतीत केवळ घर्षणाने प्रभार जमा झाला. आता तुम्हाला आठवेल की, काचेच्या दांड्यावर रेशमी कापड घासले तर काचेवर +ve प्रभार जमा होतो आणि त्याच वेळी रेशमी कापडावर -ve प्रभार जमा होतो.

STATIC ELECTRICITY



म्हणजे वरील प्रत्येक उदाहरणात थोडक्यात,

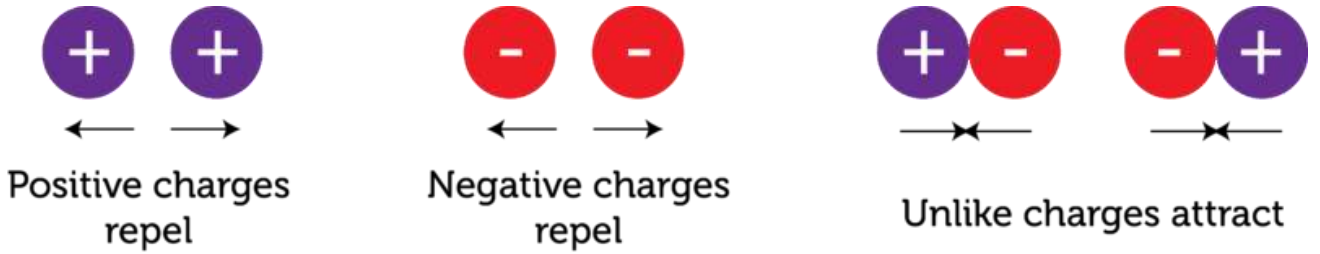
- 1) घर्षणाने प्रभार जमा झाला कारण एका वस्तूवरील काही इलेक्ट्रॉन्स दुसऱ्या वस्तूवर गेले किंवा दुसऱ्या वस्तूवरील काही इलेक्ट्रॉन्स पहिल्या वस्तूवर आले. ह्यापैकी काहीतरी एक गोष्ट झाली.
- 2) एका वस्तूवर धन प्रभार तर दुसऱ्या वस्तूवर ऋण प्रभार जमा झाला आणि दोन्ही प्रभार एकाच वेळी तयार झाले.
- 3) ज्या ठिकाणी घर्षण केलं त्याच्याच आजूबाजूला प्रभार तयार झाला.

समजा आपण तांबे किंवा इतर धातूवर घर्षण करून प्रभार जमा करायचा प्रयत्न केला तर मात्र तसे होणार नाही. कां ते आपण नंतर ठरवू. मात्र तांबे हा विद्युतचा सुवाहक आहे एवढी नोंद करून ठेवू.

विद्युत सुवाहक(Cu,Al), दुर्वाहक (rubber,wood,plastic), अर्धवाहक (Si, Ge) म्हणजे काय?

विद्युतचे सुवाहक (Conductor) म्हणजे ज्यामध्ये वीज वाहू शकते ते, दुर्वाहक (Insulator) म्हणजे ज्यातून वीज वाहू शकत नाही ते आणि जे अर्धवाहक (Semiconductor) असतात उदा, Germanium, Silicon वगैरे, ह्यामध्ये वहन उपयोगी इलेक्ट्रॉन्स खूपच कमी असतात. ह्यातून वीज काही परिस्थितीत वाहू शकते पण काही परिस्थितीत ती बंद करता येते. आत्ता इतकी माहिती पुरेशी आहे.

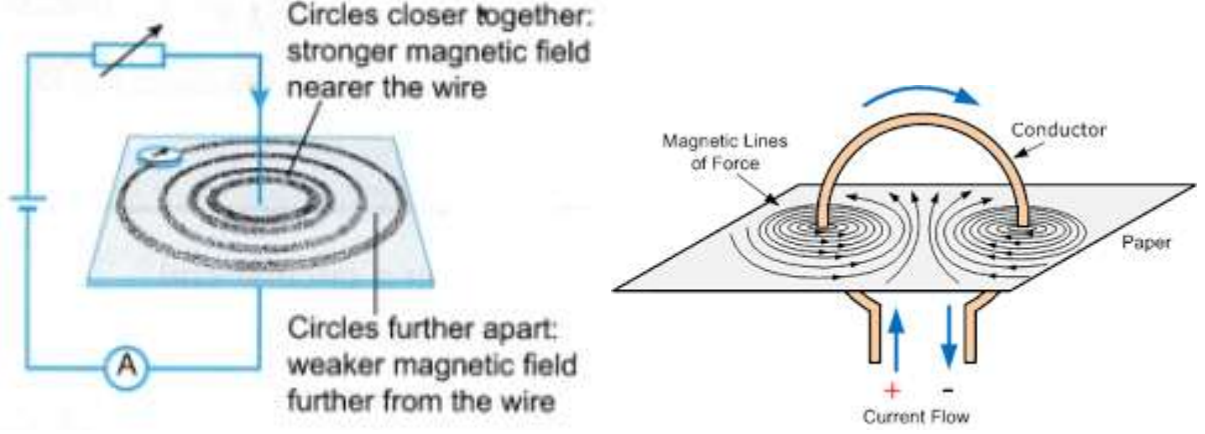
विद्युतप्रभाराचे गुणधर्म आणि वैशिष्ट्ये



विद्युतमध्ये + + मध्ये व - - मध्ये प्रतिकर्षण आणि + - मध्ये आकर्षण असते.

तुम्ही लोहचुंबकाच्या गमती अगदी लहानपणापासून पहात आहात. त्याला North(N) व South(S) हे दोन ध्रुव असतात. त्यातील सजातीय ध्रुवांमध्ये प्रतिकर्षण आणि विजातीय ध्रुवांमध्ये आकर्षण असते. चुंबकाच्या भोवती ठराविक अंतरापर्यंत चुंबकीय क्षेत्र असते. त्याच्या बलरेषा (Lines of force) आपण चुंबकाभोवती लोखंडाचा कीस भुरभुरवून दाखवू शकतो.

अगदी असेच विद्युतप्रभारांचेही असते. विद्युतप्रभाराभोवती विद्युतक्षेत्र असते. त्या क्षेत्रात (त्रिमितीत) त्या प्रभाराचा प्रभाव असतो. खालील आकृत्या पहा.



सर, आम्ही ह्या आकृतीत ते पाहिले पण प्रयोगाने कसे पहाता येईल? नक्कीच येईल. एका पुढ्यातून विद्युत सुवाहक, जसे तांबे, ह्याच्या 10-15 वायर्स घट्ट पिरगळून, पुठ्याला छिद्र पाडून त्यात घाला. परिपथात बॅटरीचे सेल जोडा. व पुढ्याच्या वरच्या भागावर लोखंडाचा कीस भुरभुरवून (Sprinkle) टाका. विद्युतचुंबकीय रेषा तयार होतील. सेलचे connection काढले तर त्या नाहीशा होतील. तुमच्या लक्षात नसलेले आणखी एक साम्य म्हणजे चुंबकीय परिणाम, गुरुत्वाकर्षणाचे परिणाम जसे लांबून कार्य करतात तसेच विद्युतबलाचे परिणाम लांबून कार्य करतात (Action-at-a-distance). मुलांनो, तुम्ही आकृती मधील विद्युतक्षेत्रातील बलरेषांचे निरीक्षण करा पाहू. निरीक्षणाला महत्व आहे हे लक्षात ठेवा. काय दिसतंय? त्या बलरेषा कशा दिसताहेत पहा. त्यातील लागोपाठच्या बलरेषातील अंतरे पहा. सगळी सारखी आहेत का काही फरक दिसतोय? फरक आहे ना? प्रभाराजवळील रेषात अंतर कमी आहे व जसजसे लांब जाऊ तसतसे ते वाढत जात आहे. असे का होते विचारताय? याचा अर्थ असा आहे की, प्रभारापासून लांब लांब गेल्यास प्रभाराचे बल कमी होत जात असले पाहिजे. प्रभाराभोवती विद्युतक्षेत्र असे असते. चुंबकीय क्षेत्रातही तसंच तुम्हाला दिसेल.

कुलोमचा नियम

एक फ्रेंच शास्त्रज्ञ चार्ल्स द कुलोम (1736 - 1806) ह्यांनी दोन विद्युतप्रभारांमध्ये असणाऱ्या आकर्षण अथवा प्रतिकर्षण यातील बलासंबंधी एक नियम 1785 साली शोधून काढला. तो 'कुलोमचा नियम' ह्या नावाने प्रसिध्द आहे. चार्ल्स कुलोम ह्यांची आठवण म्हणून प्रभाराच्या एककाला कुलोम हे नाव दिले आहे.



अगोदर 'कुलोमचा नियम' काय आहे हे पाहू. ह्याचे सूत्र आहे, $F \propto (q_1 q_2) / r^2$, येथे α हे समानुपाती दाखवण्याचे चिन्ह आहे, बल F हे दोन प्रभारांमधील आकर्षण/प्रतिकर्षणाचे बल F (newton), q_1, q_2 हे दोन बिंदूप्रभार (Point charges) कुलोम, आणि r हे दोन प्रभारातील अंतर (मीटर). म्हणजे जर दोन धन किंवा ऋण प्रभार q_1 व q_2 हे एकमेकांपासून r एवढ्या अंतरावर असतील तर त्यांच्यातील बल हे $q_1 \times q_2$ ह्या गुणाकाराला r मीटरच्या वर्गाने भागून येणाऱ्या किमतीला समानुपाती असते. आता समानुपातीचे चिन्ह α काढून टाकून, K हा स्थिरांक वापरला तर कुलोमचा नियम, $F = K (q_1 q_2)/r^2$ असा होईल. येथे $K=8.987 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ हा स्थिरांक आहे. म्हणजे, विद्युतबल हे दोन प्रभारांच्या गुणाकाराच्या समप्रमाणात असते आणि त्या दोन प्रभारातील अंतर जसजसे वाढेल तसतसे अंतराच्या वर्गाच्या प्रमाणात ते कमी होत जाते. एक प्रोटॉनचा धनप्रभार असतो $+1.6 \times 10^{-19}$ कुलोम, तर एक इलेक्ट्रॉनचा ऋणप्रभार असतो -1.6×10^{-19} कुलोम. हे प्रभार एक कुलोम प्रभाराच्या तुलनेत अगदीच नगण्य आहेत. कारण 1Cची (1कुलोमची) किंमत खूपच जास्त आहे. म्हणजे एक कुलोम प्रभार तयार व्हायचा असेल तर त्यासाठी 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉन्स हवेत. हे उत्तर वरच्या गणितात किंमती घालूनही काढता येईल. म्हणजे लक्षात ठेवा की, 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉन्सचा एकत्रित प्रभार म्हणजे एक कुलोम प्रभार होतो. एक कुलोम प्रभाराचे विस्थापन व्हायचे असेल तर एवढ्या इलेक्ट्रॉन्सचे विस्थापन झाले पाहिजे.

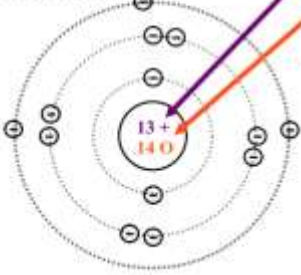
सुवाहक, दुर्वाहक आणि विद्युतधारा

आपण घर्षणाने प्रभार कसा तयार होतो ते पाहिले. काय होतं दोन पदार्थांचं घर्षण झाल्यावर? एका पदार्थावरील काही इलेक्ट्रॉन्स दुसऱ्या पदार्थावर गेले असतील किंवा दुसऱ्या पदार्थाचे पहिल्यावर आले असतील. अशा प्रकारे दोन्ही पदार्थांवर प्रभार जमा झाला होता. हे प्रभार काही वेळातच नाहीसेही झाले होते. त्यानंतर आपण म्हटले की लोखंड, तांबे आणि अॅल्युमिनियम ह्यांवर प्रभार जमा होईल का? होईल का नाही आपण पाहू आणि अर्थातच तुम्ही विचाराल की लोखंड, तांबे, अॅल्युमिनियम, चांदी हे काय आहेत? हे आहेत धातू. आणि

मघाशी पाहिलेले काच, प्लॅस्टिक, रबरी फुगा वगैरे धातू नाहीत. म्हणजे काही धातू आहेत तर काही नाहीत. ह्याचा अर्थ पदार्थावर प्रभार जमा होणे किंवा न होणे ह्यात धातूचा नक्की काहीतरी वेगळेपणा असणार! मग काय? चला, शोधून काढूया. त्यासाठी धातूंची अणूरचना पाहूया. आपल्याला जरा जास्त खोलवर जाऊन बघायला लागेल. आता बघा, कोणत्याही अणूत इलेक्ट्रॉन्सची विभागणी ठराविक नियमाने झालेली असते. इलेक्ट्रॉन्स केंद्रकाभोवती वेगवेगळ्या कक्षांमध्ये फिरत असतात. त्याचा नियम आहे की कक्षेतील जास्तीत जास्त इलेक्ट्रॉन्स $2n^2$ असतात. ह्यात n हा कक्षा क्रमांक आहे. म्हणजे केंद्रकाजवळच्या पहिल्या कक्षेत $2 \times 1^2 = 2$, तर दुसऱ्यात $2 \times 2^2 = 8$. ह्यानुसार काही धातूंची रचना कशी असेल ते पाहू.

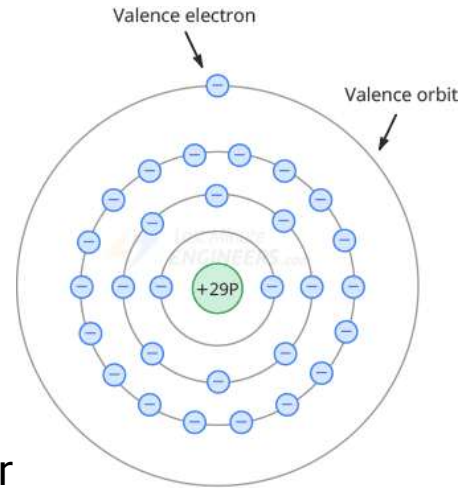
Bohr's Atom

Aluminum

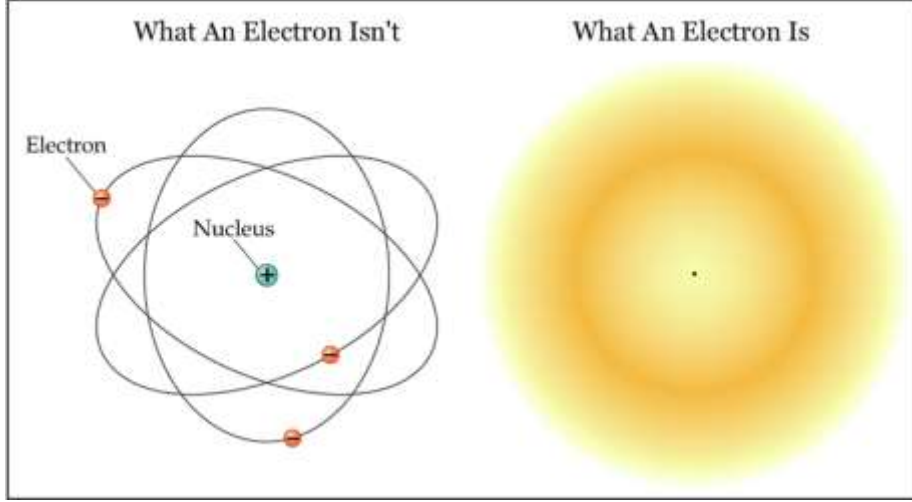


Atomic #	= 13
AMU	= 27
Protons	= 13
Neutrons	= 14 (AMU-Atomic #)
Electrons	= 13

Copper

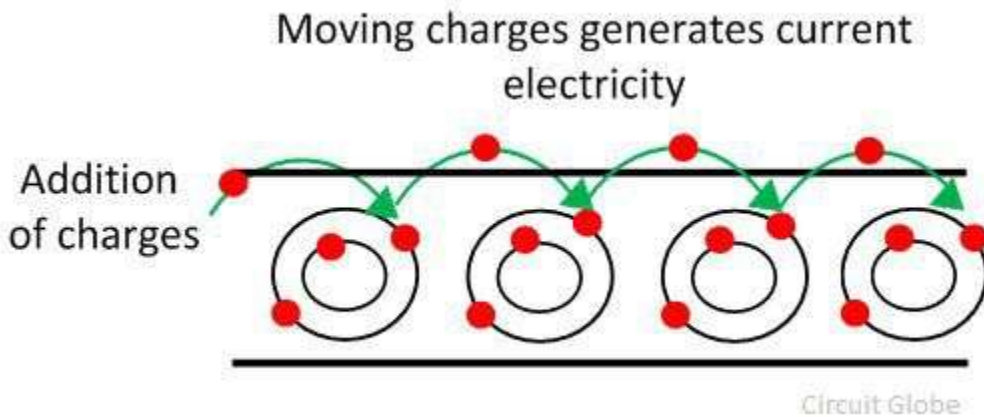


अॅल्युमिनियम धातू म्हणजे $_{13}\text{Al}$, इलेक्ट्रॉन्स 13: पहिल्या कक्षेत 2, दुसऱ्यात 8, आणि तिसऱ्यात 3. म्हणजेच त्यांची विभागणी 2, 8, 3 अशी झाली. ह्याप्रमाणे कॉपर (तांबे) $_{29}\text{Cu}$, इलेक्ट्रॉन्स 29: 2, 8, 18, 1 अशी विभागणी आहे. धातूंमध्ये सर्वात बाहेरच्या (Outermost orbit) कक्षेत 1ते3 इलेक्ट्रॉन्स असतात आणि धातूंची रचना अशी असते की हे इलेक्ट्रॉन्स मुक्त असतात. हे आपापल्या अणूपासून दूर कोठेही, इलेक्ट्रॉन cloud/ढगामध्ये असतात (अशा cloud ला electron sea असेही म्हणतात). असे इलेक्ट्रॉन्स दूर असल्यामुळेच धातूंच्या अणूंना 'धन आयन' म्हणतात.



वरील आकृतीत उजवीकडे इलेक्ट्रॉन cloud/ढग दाखवला आहे. त्यात रंग जिथे गडद असेल त्या भागात इलेक्ट्रॉन असण्याची शक्यता जास्त असते.

एखाद्या परिपथात विद्युतधारा कशी वहाते? ती पाण्यासारखी वहात नाही. तर परिपथात वाहकामधील मुक्त इलेक्ट्रॉन्सना उर्जा मिळाली की ते अणूमधून बाहेर पडून दुसऱ्या अणूच्या इलेक्ट्रॉन्सना उर्जा देतात, मग ते बाहेर पडून आणखी इलेक्ट्रॉन्सना उर्जा देतात, असे होत होत विद्युतउर्जा पुढे-पुढे जाते म्हणजेच आपण म्हणतो, विद्युतप्रवाह वहातो. जणू काही इलेक्ट्रॉन्स पुढच्या-पुढच्या इलेक्ट्रॉनला खो देत जात असतात! अशा प्रकारे इलेक्ट्रॉन्सच्या रांगांमधून उर्जा पुढे जाते. त्यामुळे परिपथातील वाहकाच्या एका टोकाला उर्जा मिळाली की सर्व इलेक्ट्रॉन्सना ताबडतोब उर्जा मिळते. ह्या उर्जेच्या वहनाला आपण विद्युतधारा म्हणतो. अशाप्रकारे अणूमधील इलेक्ट्रॉन्समार्फत विद्युतउर्जेचे वहन होत जाते.



आकृती पहा.

ह्याउलट प्लॅस्टिक, रबर ह्यातून विद्युतधारा वहात नाही कारण ह्यांच्या अणूंमधे मुक्त इलेक्ट्रॉन्स नसतात. अशा वस्तूंत घर्षणामुळे एकातील काही इलेक्ट्रॉन्स दुसऱ्या वस्तूवर जातात किंवा दुसऱ्या वस्तूचे ह्यावर येतात, पण ते इलेक्ट्रॉन्स अशा वस्तूंमधून वहात नाहीत. हा प्रभार आहे त्याच जागी रहातो. म्हणून ह्या उर्जेला 'स्थितीज उर्जा' म्हणतात व त्या वस्तूंना किंवा पदार्थांना विद्युतचे दुर्वाहक म्हणतात. मग तुमच्या मनात प्रश्न निर्माण झाला का? सुवाहकावर घर्षण केले तर त्यावर प्रभार जमा होत नाही का? तर तो होतो, परंतु त्याच्या सुवाहकतेच्या गुणधर्मांमुळे प्रभार लगेच त्याच्या सर्व भागावर पसरतो

विद्युतधारेचे एकक

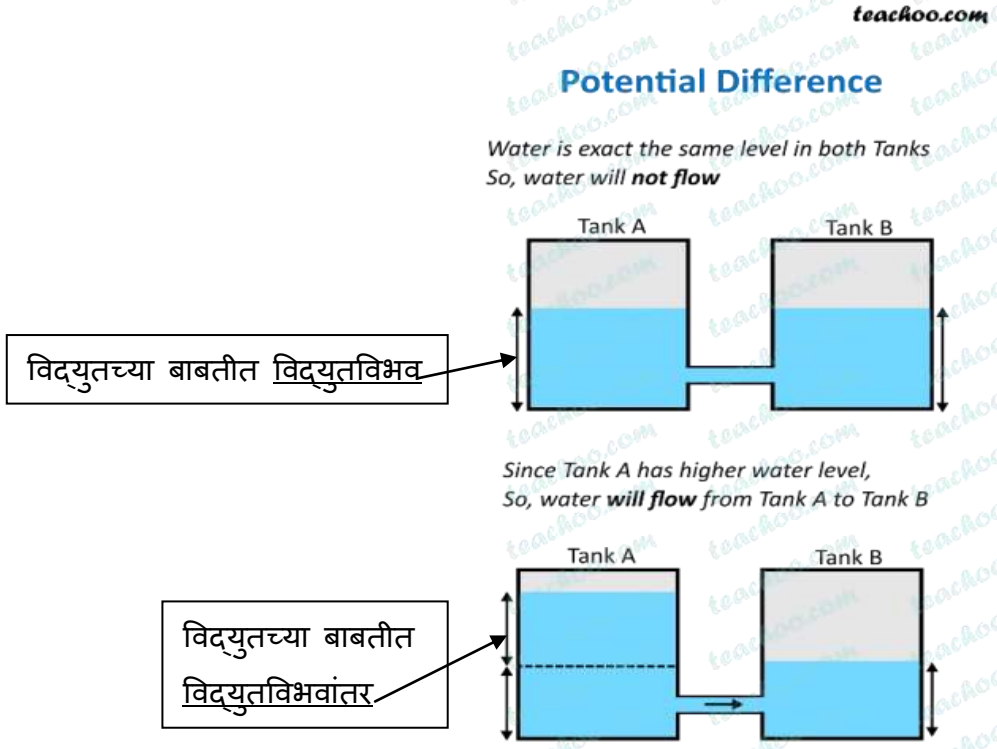
आपण प्रभार कशात मोजतो माहित आहे, कुलोममध्ये(C). एक कुलोम म्हणजे किती प्रभार तर तो असतो, 6.25×10^{18} इतक्या इलेक्ट्रॉन्सच्या एकूण प्रभाराएवढा! जेव्हा एखाद्या सुवाहकाला विद्युतउर्जा मिळते तेव्हा त्यातील इलेक्ट्रॉन्समुळे विद्युतधारा वाहू लागते म्हणजेच इलेक्ट्रॉन्सचे (उर्जेचे) वहन होते. ह्याचे मापन करताना एका सेकंदात एका काटछेदातून किती इलेक्ट्रॉन्स बाहेर पडले ह्याप्रमाणे म्हणजेच Q/t ह्याद्वारे केले जाते. हे आहे विद्युतधारेचे मापन करण्याचे एकक आणि त्याला अँम्पिअर नाव ठेवले गेले. **अँड्रे अँम्पिअर** ह्या शास्त्रज्ञाने हे संशोधन केले म्हणून विद्युतधारेच्या एककाला अँम्पिअर हे नाव दिले गेले. अँम्पिअर

विभवांतर

इलेक्ट्रॉन्सना उर्जा मिळाल्यावर विद्युतधारा तयार होते त्याला आपण धाराविद्युत असे म्हणतो. पण मुळात ही उर्जा सतत मिळणार कुठून? जर एकदाच उर्जा देऊन थांबवली तर काय होईल? बरोबर, विद्युतधाराही थांबेल. म्हणून आपल्याला पाहिजे तितका वेळ सलग विद्युतधारा हवी असेल तर काय करायचं? अर्थातच त्यासाठी सेल, बॅटरी किंवा जनित्र चालू ठेवायला लागेल. आता ह्यांच्याद्वारे उर्जा कशी मिळते आणि त्यामुळे विद्युतधारा हवी तेवढा वेळ कशी मिळत रहाते हे सविस्तरपणे ते बघूया.

विद्युतधारा धन अग्राकडून ऋण अग्राकडे वहाते असा संकेत आहे. प्रत्यक्षात ती ऋणकडून धनकडे वहाते.

खालील आकृतीत आपण पाण्याचं उदाहरण बघूया.



A आणि B ह्या दोन भांड्यात पाणी आहे. ही दोन्ही भांडी एकमेकाला आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे नळीने जोडली तर काय होईल हे तुम्हाला माहित आहे, पाणी A कडून B कडे जाईल. का बरे? कारण A मधील पाण्याची पातळी जास्त आहे. पण दोन्हीकडची पाण्याची पातळी सारखी झाली तर पाणी कुठेच वहाणार नाही. पातळी समान होणे म्हणजे विद्युतच्या बाबतीत सेलमधला चार्ज संपल्यासारखे आहे. A भांड्यात जर आपण सारखे पाणी ओतत राहिलो व दोन्हीकडच्या पातळींमध्ये फरक ठेवत राहिलो तर पाण्याची धार चालू राहिल. अर्थात पातळीत किती फरक आहे त्यानुसार धार कमी-जास्त होईल. पाण्याच्या पंपाद्वारे पाणी वर चढवत राहून पाण्याची पातळी वाढवता येते, जेणेकरून पाण्याच्या दाबात फरक ठेवता येतो. ह्या उदाहरणातील पाण्याची जशी पातळी, तशी विद्युतच्या बाबतीत विद्युतविभवाची (Electric Potential) पातळी असे म्हणता येईल. आणि पाण्याच्या पातळीतला फरक म्हणजे सेलमधील +ve आणि -ve अग्रांच्या विद्युतविभवाच्या



पातळीतील फरक असं म्हणता येईल आणि ह्या फरकालाच विभवांतर (Potential difference) म्हणतात. तसेच, A आणि B ह्या दोन भांड्यांना जोडणारी नळी म्हणजे इलेक्ट्रिकची वायर असं समजता येईल, अशा प्रकारे विद्युतविषयीच्या संकल्पना समजणं तुम्हाला सोपं जाईल. आणखी एक म्हणजे, टाकीत पाणी वर चढवायचा पंप म्हणजे इलेक्ट्रिक सर्किट मधील बॅटरी असं म्हणता येईल, कारण पंपाने निर्माण केलेल्या पाण्याच्या दाबाच्या पातळीतल्या फरकामुळे जसे पाणी पाईपमधून फिरू लागते तसेच बॅटरीने निर्माण केलेल्या व्होल्टेजमुळे इलेक्ट्रॉन्स सर्किटमध्ये वाहू लागतात. थोडक्यात, विभवांतर म्हणजे दोन्ही बाजूंच्या (+ व -) विद्युतविभवाच्या पातळीतील फरक आणि तो असेल तरच विद्युतप्रवाह चालू राहिल, म्हणजेच इलेक्ट्रॉन्सना उर्जा मिळत राहिल. म्हणजे हे पक्कं लक्षात ठेवायचं की विद्युतधारा मिळण्यासाठी Potential difference (P.D.) म्हणजे विभवांतर हवेच. अर्थात वायर जशी जाड-बारीक असेल तसा विद्युतधारेत फरक पडेल. वरील उदाहरणात पाण्याच्या पातळीत फरक कायम ठेवण्यासाठी बल (पंप) लावून कार्य (work) करावे लागेल, म्हणजे उर्जा खर्च करावी लागेल.

असेच आणखी एक वेगळे उदाहरण घेऊ. एका टेकडीच्या रस्त्यावर एक मोटार नेली आहे. त्या मोटारचे ब्रेक सोडले तर उतारावर ती गुरुत्वाकर्षणाने खाली येईल (तेव्हा तिचे विभव कमी होईल). पण जर तिला चढावर न्यायचे असले तर आपल्याला तिला बल लावावे लागेल, आपली उर्जा खर्च करावी लागेल (तिचे विभव वाढेल) आणि विस्थापन होईल.

प्रभारांच्या बाबतीत (+ → ←+) अशा धन प्रभारांना एकमेकाजवळ आणण्यासाठी बल लावून कार्य करावे लागते आणि (- → ←-) अशा ऋण प्रभारांना एकमेकाजवळ आणण्यासाठी बल लावून कार्य करावे लागेल. आणि (←+ व →-) या प्रभारांना बाजूला करण्यासाठी बल लावून एकमेकांपासून दूर करावे लागेल.

विभव(Potential) ह्या संज्ञेची व्याख्या कशी करायची?

विभव म्हणजे विद्युतउर्जा. ही उर्जा कार्य केल्यामुळे तयार होते. कसले कार्य? तर, 'विद्युतक्षेत्रात एखादा एकक प्रभार अनंत अंतरावरून एखाद्या ठरलेल्या जागेपर्यंत विद्युतक्षेत्राच्या विरुद्ध आणण्यासाठी झालेले कार्य'. ही विद्युतविभवाची व्याख्या आहे.

विभव प्रभाराच्या मार्गावर अवलंबून नसते. ह्याचा अर्थ काय? तर ह्याचं एक उदाहरण सांगितलं की तुम्हाला पटकन कळेल. ते असं असतं की, एखादी वस्तू आपण जमिनीपासून



क्ष उंचीवर कशाही मार्गाने नेली तरी तिची 'स्थितीज उर्जा' (Potential) ही, तिचा आरंभ ते क्ष बिंदू ह्यातल्या कमीतकमी अंतरावरच (म्हणजे सरळ रेषेतील अंतरावर) अवलंबून असते. असेच विद्युत प्रभाराच्या बाबतीत विद्युत उर्जेचे म्हणजे विभवाचे असते.

विभवांतर (Potential difference) म्हणजे काय? ह्याची व्याख्या काय?

'एकक प्रभार एका जागेवरून दुसऱ्या जागेपर्यंत नेण्यासाठी करायला लागणारे कार्य'. ही विभवांतराची व्याख्या आहे. हे व्होल्ट ह्या एककात मोजतात.

विद्युत परिपथात एक कुलोम प्रभाराचे विस्थापन होताना एक ज्यूल कार्य होत असेल तर त्यासाठी एक व्होल्ट विद्युत विभवांतराची आवश्यकता असते. $1\text{व्होल्ट}=1\text{ज्यूल/कुलोम}$ होय.

सलगपणे विद्युतधारा देणाऱ्या विद्युत बॅटरीचा शोध लावणारे शास्त्रज्ञ **अलेक्सांड्रो व्होल्टा** ह्यांची आठवण म्हणून विभवाच्या एककाला 'व्होल्ट' असे नाव देण्यात आले.

रोध (Resistance)

समजा, दोन भांड्यांना जोडणाऱ्या नळीत कचरा असेल किंवा ती नळी खडबडीत असेल तर काय होईल? किंवा समजा, पाण्याच्या गटरमधून व्यवस्थित पाणी वहात असेल परंतु नंतर त्यात कचरा, खडे वगैरे टाकले गेले तर पाण्याच्या वहनाला रोध/विरोध/अडथळा निर्माण होईल ना? तसेच विद्युतधारेच्या बाबतीतही होतं. इलेक्ट्रॉन्सचे वहन होतांना वाहकातील धन प्रभारित आयॉन्सचाच विशेष अडथळा होतो. ह्या शिवाय वाहकाच्या भौतिक अवस्थेवरही रोध अवलंबून असतो.

विद्युतप्रवाहातील अशा अडथळ्यांचं (रोधाचं) मापन ओहम (Ohm) ह्या एककात करतात. ओहम ह्या शास्त्रज्ञाने 1820 साली विभवांतर, विद्युतधारा आणि रोध ह्यांच्या संबंधातला नियम तयार केला. तो नियम आहे, $V = R I$ म्हणजे **volt/amp=Resistance**. **जॉर्ज ओहम** ह्यांची आठवण म्हणून रोधाच्या एककाला ओहम ह्यांचे नाव देण्यात आले.

ओहमच्या नियमाची त्यातील मर्यादासह माहिती आणि तो पडताळून पहाण्याचा प्रयोग कसा करायचा ह्याचा व्हिडिओ पुढच्या भागात पहाता येईल.