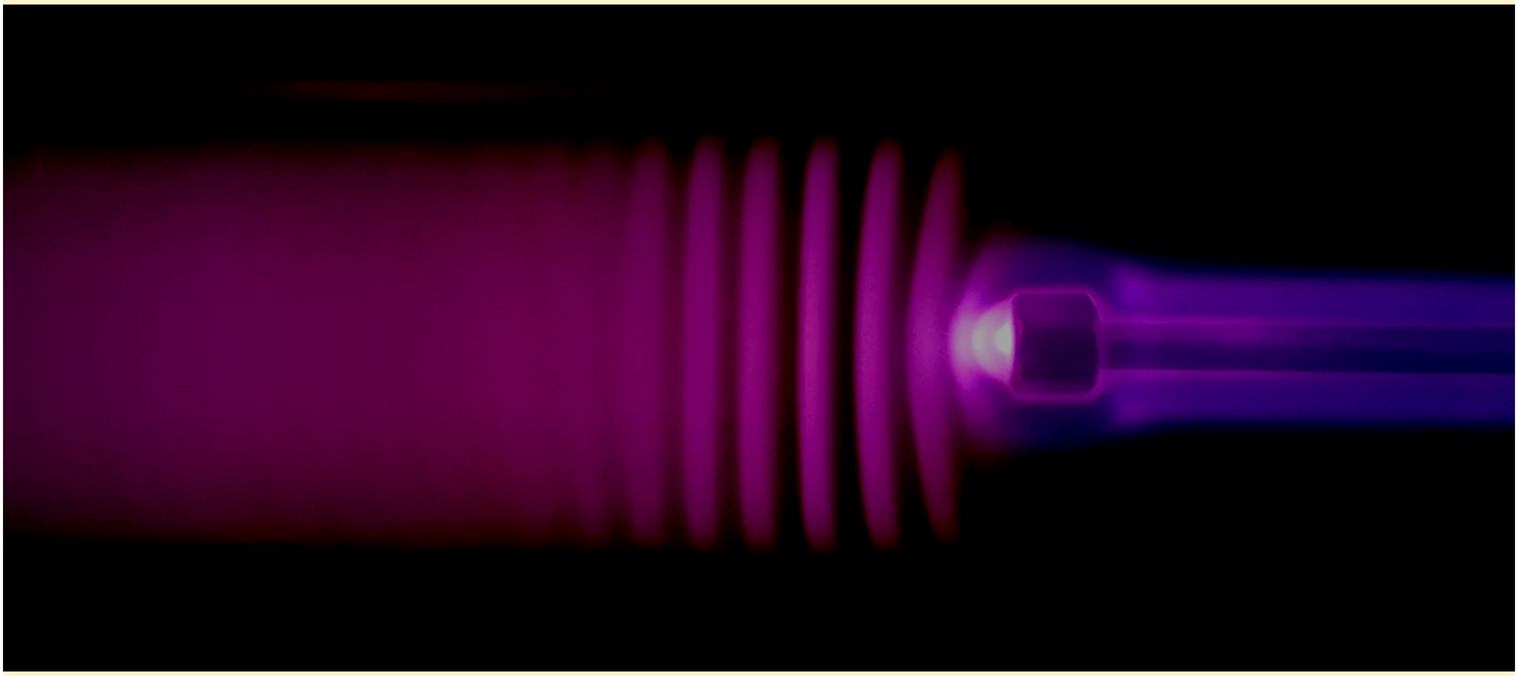
This file has been cleaned of potential threats.

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

प्लाज्मा विज्ञान और प्रौद्योगिकी तथा परमाणु संलयन से ऊर्जा पर जागरूकता और प्रशिक्षण कार्यक्रम

विज्ञान गतिविधि किट



सूचना पुस्तिका

राविप्रौसंप NCSTC

प्लाज्मा अनुसंधान संस्थान (गांधीनगर, गुजरात)
और
विज्ञान और प्रौद्योगिकी संचार के लिए राष्ट्रीय परिषद (नई दिल्ली)
का एक संयुक्त पहल

<u>प्लाज्मा किट क्रियाएँ विस्तृत दस्तावेज़</u>

अनुक्रमणिका

प्लाज़्मा किट - गतिविधियाँ

क्रम सं.	शीर्षक	प्रकार	पृष्ठ
1	प्रकृति में प्लाज़्मा	(I)	2
2	दैनिक जीवन में प्लाज़्मा	(I)	3
3	पदार्थ की अवस्थाएँ	(A)	4
4	प्लाज़्मा ग्लोब	(D)	6
5	गैसों के माध्यम से विद्युत का डिस्चार्ज	(A)	6
6	साधारण इलेक्ट्रोस्कोप	(A)	8
7	CD स्पैक्ट्रोसकोप	(A)	9
8 (A)	विद्युतधारा से युक्त चुंबकीय क्षेत्र	(A)	10
8 (B)	दाहिने हाथ का नियम		12
9	एक समान चुंबकीय क्षेत्र में आवेश की गति	(A)	12
10	एक समान विद्युत क्षेत्र में आवेश की गति	(A)	13
11	इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन	(A)	15
12	सोलेनॉइड (परिनालिका)	(A)	16
13	सूर्य ऊर्जा पैदा करता है	(I)	18
14	क्वांटम टनलिंग	(I)	20
15	पृथ्वी पर संलयन - D-T प्रतिक्रिया	(I)	21
16	टोकामक का एक सरल मॉडल	(A)	22
17	नाभिकीय संलयन का अनुकरण	(A)	23
18	आदित्य : भारत का पहला स्वदेशी टोकामक	(I)	25
19	स्थिर अवस्था अतिचालक टोकोमक (एसएसटी –	(I)	26
20	प्लाज़्मा में प्रवाह: EXB प्रवाह	(A)	27
21	रेले-टेलर अस्थिरता	(A)	29
22	इटर की कहानी	(B)	30
23	प्लाज़्मा से झलाई एवं कटाई	(I)	34
24	प्लाज़्मा से पर्यावरण की स्वच्छता	(I)	35
25	चिकित्सा में प्लाज़्मा का उपयोग	(I)	36
26	प्लाज़्मा भौतिकी के निर्माता	(B)	37

I - सूचना शीट A – गतिविधि शीट D – प्रदर्शन शीट B – बुकलेट

1: **प्रकृति में प्लाज़्मा**

महाविस्फोट (बिग बैंग) से ब्रह्माण्ड की शुरूआत होने के तुरंत बाद इसमें अत्यधिक तापमान पर प्लाज़्मा ही प्रमुख रूप से था (चित्र 2)। यह रोचक तथ्य है कि आज भी हमारा दृश्यमान ब्रह्माण्ड 99 प्रतिशत प्लाज़्मा से ही बना है। आरंभ में केवल प्लाज़्मा ही सर्वत्र था और हम सब की उत्पत्ति इसी से हुई।

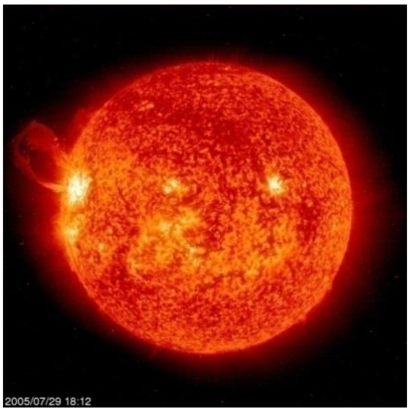
पहले प्लाज़्मा ठंडा होकर गैस बना, गैस और ठंडा होने पर द्रव, और फिर ठोस पदार्थ बना। ठंडा होने पर पदार्थ ऐसे तापमान पर पहुँच जाता है, जब अणु एवं परमाणु एक दूसरे से जुड़कर, संघनित होकर पदार्थ की अगली अवस्था का निर्माण करते हैं। संपूर्ण ब्रह्माण्ड में विद्यमान पदार्थों का सबसे बड़ा अंश प्लाज़्मा अवस्था में है। ब्रह्माण्ड का लगभग सारा दृश्यमान पदार्थ प्लाज़्मा अवस्था में है, जो सूर्य एवं तारों के अंदर तथा ग्रहों एवं तारों के बीच के क्षेत्र में व्याप्त होता है।

क्या प्लाज़्मा पृथ्वी पर भी पाया जाता है? तड़ित विद्युत (बिजली चमकना) एवं औरोरा प्लाज़्मा के उदाहरण हैं। प्लाज़्मा निऑन तथा फ्लोरोसेन्ट ट्यूबों, ठोस धातु की क्रिस्टल संरचनाओं तथा अन्य कई परिघटनाओं व वस्तुओं में होता है। पृथ्वी स्वयं सौर वायु नामक एक महीन प्लाज़्मा में डूबी हुई है तथा आयन मण्डल नामक एक घने प्लाज़्मा से घिरी हुई है।

(स्रोत: wikigag.com)

(स्रोत: images.nationalgeographic.com)

बिजली और औरोरा बोरेलिस



सूर्य और तारें जो लगातार चमकते हैं, वे लगभग सभी प्लाज़्मा अवस्था में मौजूद हैं
(स्रोत: www.universesimplified.com)

सूर्य और तारें जो लगातार चमकते हैं, वे लगभग सभी प्लाज़्मा अवस्था में मौजूद हैं। चूंकि सूर्य और तारें लगातार प्रकाश बिखेरते रहते हैं, ऐसी स्थिति में पदार्थ पूरी तरह आयनीकृत होता है हालांकि हमेशा ऐसा ही हो, यह जरूरी नहीं है, प्लाज़्मा आंशिक रूप से भी आयनीकृत हो सकता है। अंतरिक्ष में प्लाज़्मा निर्माण की प्रमुख प्रक्रिया फोटो आयनीकरण होती है, जिसमें सूर्य अथवा तारों के प्रकाश से आ रहे फोटॉन कण अवस्थित गैस में अवशोषित होकर इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन करते हैं। एक पूर्णतया आयनीकृत हाइड्रोजन प्लाज़्मा, जो सिर्फ इलेक्ट्रॉनों तथा प्रोटॉनों (हाइड्रोजन नाभिकों) से मिलकर बना होता है, सबसे मौलिक प्लाज़्मा है।

2: दैनिक जीवन में प्लाज़्मा

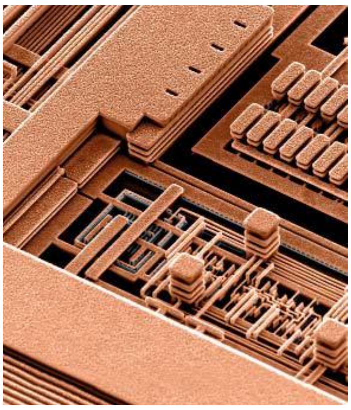
हम दिन-रात प्रकाश के लिए ट्यूब लाइट या सीएफएल का उपयोग करते हैं, उसमें भी प्लाज़्मा निहित है। प्लाज़्मा को देखना हमारे जीवन का हिस्सा बना गया है। हम दुकानों के साइन बोर्ड पर और बड़े स्क्रीन पर विज्ञापनों में, सपाट (फ्लैट) प्लाज़्मा टीवी में प्लाज़्मा देख सकते हैं। आजकल टीवी बाजार में सपाट प्लाज़्मा टीवी बहुत लोकप्रिय है।

पैनासॉनिक का 145 इंच का प्लाज़्मा टीवी
(स्रोत: पैनासॉनिक कॉर्पोरेशन)

प्लाज़्मा साइनेज
(स्रोत: news.slacs.stanford.edu)

लगभग सभी विद्युत उपकरण इलेक्ट्रॉनिक चिप(चित्र 8) पर आधारित है। कम्प्यूटर ही नहीं, बल्कि हमारी कार, माइक्रोवेव ओवन, अलार्म घड़ी - इन सभी गैजेटों के भीतर चिप होती है। और खास बात

यह है कि प्लाज़्मा का इस्तेमाल किये बिना ये चिप नहीं बनाई जा सकतीं। क्योंकि प्लाज़्मा तकनीक, ऐसे ट्रांजिस्टरों और तारों को बनाने में सक्षम है, जो मनुष्य के एक बाल से भी बहुत पतले होते हैं। बिना प्लाज़्मा के, ट्रांजिस्टर ज्यादा बड़ा बनता है, जिससे चिप अधिक महंगी, धीमी गति की और कम शक्तिशाली होती है।

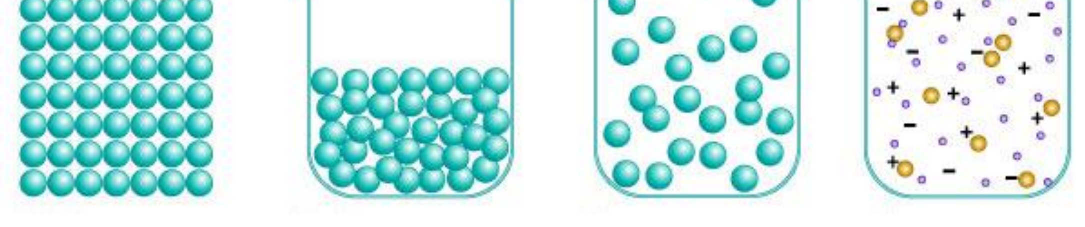


(स्रोत: कंप्यूटर चिप एण्ड प्लाज़्मा, www.plasmacoalition.org)

इस सूक्ष्मदर्शी तस्वीर में चिप पर तारों की सबसे छोटी तार एक बाल की तुलना में 100 गुना पतली होती है। कार, पुल, जहाज, जेट इंजन, पाइपलाइन, गर्म-पानी के यंत्र, इमारतों के धातु ढांचें – वास्तव में अधिकांश विनिर्मित वस्तुएँ धातुओं को आपस में जोड़ने से बनती हैं। इनमें से कई धातुओं को जोड़ने के लिए वेल्डिंग करने में प्लाज़्मा का उपयोग किया जा रहा हैं।

3: पदार्थ की अवस्थाएँ

हम पदार्थ की तीन अवस्थाओं- ठोस, द्रव एवं गैस से परिचित हैं जैसा कि हमें स्कूल में सिखाया गया था। हमें यह भी पढ़ाया गया था कि पदार्थ को गरम करने से अणुओं के बीच के बंधन टूट जाते हैं, जिससे पदार्थ एक अवस्था से दूसरी अवस्था में परिवर्तित हो जाता है – जैसे कि - ठोस से द्रव या फिर द्रव से गैस में। उदाहरण स्वरूप, बर्फ को गरम करने पर वह पिघल कर पानी बन जाता है, तथा पानी को गरम करने पर वह वाष्प यानी गैस में बदल जाता है। यदि हम गैस को और अधिक गरम करें तो क्या होगा? गैस को गरम करने पर उसके अलग-अलग परमाणुओं के आंतरिक बंधन टूट जाते हैं। इस प्रक्रिया में परमाणुओं से कुछ इलेक्ट्रॉन मुक्त हो जाते हैं तथा परमाणुओं का आयनीकरण हो जाता है। जब इस प्रक्रिया से काफी अधिक परमाणु आयनित हो जाते हैं तब यह गैस विद्युत आवेशित कणों का समूह यानि आयनित गैस बन जाता है, जिसे प्लाज़्मा कहते हैं।



ठोसः इसमें अणु एक नियमित ढांचे में व्यवस्थित होते हैं। वे अपने स्थान पर मजबूती से संघठित होते हैं तथा अपने औसत स्थान के इर्द-गिर्द सीमित क्षेत्र में ही हिल-डुल सकते हैं। इनका आकार निश्चित होता हैं।

द्रवः द्रव के अणु एक दूसरे के आस-पास आसानी से आ-जा सकते हैं। हालांकि अणुओं के बीच आकर्षण बल होने के कारण वे एक दूसरे से दूर नहीं जा सकते। जिस पात्र में द्रव को रखा जाता है वह उसका आकार धारण कर लेता है।

गैसः गैस के अणु सभी दिशाओं में तीव्र गति से भागते रहते हैं। ये अणु एक दूसरे से इतने दूर होते हैं कि इनके बीच का आकर्षण बल नगण्य होता है।

प्लाज़्माः अत्यधिक तापमान पर, जैसे तारों में अणु अपने इलेक्ट्रॉनों से मुक्त हो जाते हैं, इलेक्ट्रॉनों तथा नाभिकों का यह मिश्रण ही पदार्थ की प्लाज़्मा अवस्था है।
पदार्थ की अवस्थाएँ (चित्र स्रोत: विश्वकोश ब्रिटेनिका)

गतिविधिः

1. आपको शिल्प की दुकान में उपलब्ध लगभग 50 कांच / प्लास्टिक के मोती (संगमरमर के आकार के); और बहुत छोटे कांच / प्लास्टिक के मोती की जरूरत होगी। बहुत कम मात्रा में गोंद का प्रयोग करते हुए, गोंद की एकदम छोटी बूंद से हर एक बड़े मोती के साथ छोटे मोती को छिपकाए। दोनों को ढीले से एक दूसरे से चिपकाना चाहिए। बड़ा मोती आयन का प्रतिनिधित्व करता है, जबकि उससे जुड़ा हुआ छोटा मोती इलेक्ट्रॉन का प्रतिनिधित्व करता है। दोनों एक साथ जुड़कर अनावेशित अणु का प्रतिनिधित्व करते हैं।
2. एक पारदर्शी प्लास्टिक बॉक्स को 'अणुओं' से भरें। जब इसे स्थिर रखते है, तो यह पदार्थ की ठोस अवस्था को दर्शाता है।
3. अब बॉक्स को धीरे से दोनों हाथों में रखकर पलटें। ऐसा करने से बॉक्स के अणु एक-दूसरे के चारों ओर आसानी से घूमते हैं, मानो वे तरल रूप में तरल अवस्था को दर्शा रहे हों।
4. यदि आप बॉक्स को धीरे से हिलाते हैं, तो 'अणु' सभी दिशाओं में उछलने लगते हैं, लेकिन इलेक्ट्रॉन अलग नहीं होते, जैसा कि गैस में होता है।
5. अब, यदि आप जोर से बॉक्स को हिलाते हैं, तो 'इलेक्ट्रॉन', अनावेशी 'अणुओं' से अलग होकर 'आयनों' और 'इलेक्ट्रॉनों' का मिश्रण बनाते हैं, जैसा कि प्लाज़्मा अवस्था में होता है।

याद रखें, जितना जोर से आप बॉक्स को हिलाते हैं, उतनी तेजी से अणु घूमते हैं और इस वजह से प्रणाली का तापमान भी अधिक होता है। इस प्रकार ठोस से तरल, तरल से गैस, और गैस से प्लाज़्मा अवस्था तक पहुंचने के लिए प्रत्येक अवस्था में ताप देने की आवश्यकता होती है।

4: प्लाज़्मा ग्लोब (प्रदर्शन)

इस चित्र में प्लाज़्मा को गोलाकार कांच के बर्तन में दर्शाया गया है, जिसमें भीतरी इलेक्ट्रोड से बाहरी कुचालक कांच तक फैले हुए रेशेदार रंगीन प्रकाश के कई किरणपुंज देखें जा सकते हैं। यह गोलक साफ-सुथरे कांच का बना है, जो निऑन, आर्गन एवं जिनॉन जैसी निष्क्रिय गैसों के मिश्रण से एक वायुमण्डलीय दाब पर भरा है। गोले के केंद्र में उच्च वोल्ट का इलेक्ट्रोड है। गोला सिर्फ निऑन गैस से भरा होने पर रेडियो-आवृत्ति की विद्युतशक्ति के चालू करने से संपूर्ण गोला बिखरे हुए लाल रंग के प्रकाश से चमकता है। यदि इसमें थोड़ी आर्गन गैस मिला दी जाए तो कई रेशे बन जाते हैं। अब यदि बहुत कम मात्रा में जिनन गैस मिला दें तो रेशों के सिरे पर फूल खिलते दिखते हैं। चालू रहते समय गोलक को स्पर्श करने से रंगीन प्रकाश की एक लड़ी उंगली तक खींची चली आती है। गोलक के भीतर स्थित गैस एवं कांच से भी कम प्रतिरोध का विसर्जक पथ बनने के कारण इसे छूने पर ऐसा होता है।

5: गैसों के माध्यम से विद्युत का प्रवाह

गैसों में विद्युत प्रवाह तब होता है जब गैस का आयनीकरण होने से गैस के माध्यम से विद्युत् धारा प्रवाहित होती है। कई कारकों पर निर्भर करते हुए प्रवाह में से दृश्य प्रकाश निकल सकता है। यदि विद्युत आवेश की आपूर्ति निरंतर है, तो प्रवाह स्थायी है, अन्यथा यह अस्थायी है। आमतौर पर, गैस एक माध्यम है, जो कि प्रायः वायुमंडल है, और संभावित अंतर कुछ सौ वोल्ट से लाखों वोल्ट तक हो सकता है। दो बिंदुओं के बीच पदार्थ का अंतरण जरूरी है, क्योंकि पदार्थ ही विद्युत आवेश धारण कर सकता है। ये पदार्थ प्रायः इलेक्ट्रॉन होते हैं। जहाँ इलेक्ट्रॉन और आयन दोनों उपलब्ध हैं वहाँ इलेक्ट्रॉन

अधिक मात्रा में विद्युत धारा धारण करते हैं। आयन, धनात्मक या ऋणात्मक हो सकते हैं, लेकिन प्रायः धनात्मक ही होते हैं।

19वीं सदी के मध्य से विद्युत निर्वहन/प्रवाह पर अध्ययन किया जा रहा है। आंशिक रूप से खाली ट्यूबों में होने वाले प्रयोगशाला प्रवाह से हम परिचित है, लेकिन प्रकृति में भी विद्युत निर्वहन होते हैं, जिसमें बिजली का चमकना प्रमुख उदाहरण है। औरोरा बोरेलिस और औरोरा ऑस्ट्रेलिस, शुष्क मौसम में रग पर चलने और फर रगड़ने से चिंगारी निकलना और स्थिर बिजली की उच्च क्षमता से उत्पन्न इसी तरह की कई घटनाएं प्रकृति में विद्युत प्रवाह के उदाहरण हैं। तकनीकी कई ऐसे उदाहरणों को प्रस्तुत करती हैं, जैसे चिंगारी की वेल्डिंग, फ्लोरेसेंट लाइट, नियोन विज्ञापन के बोर्ड, नियोन और आर्गन ग्लो लैंप, मरक्यूरी और सोडियम लैंप, और कई अन्य उपकरण। इस प्रक्रिया में हम प्लाज़्मा प्रवाह के दो उदाहरणों पर चर्चा करेंगे जिसे आप उत्पन्न कर सकते हैं।

प्रक्रिया 1: एक गैस लाइटर प्लाज़्मा प्रवाह उत्पन्न करता है ।

गैस प्रवाह को उत्पन्न करने के लिए आपको एक गैस लाइटर की आवश्यकता होगी, जिसका इस्तेमाल आप अपने रसोई घर के स्टोव के बर्नर में रसोई गैस को जलाने के लिए करते हैं। जब आप लाइटर का बटन दबाते हैं, तो आप संकीर्ण क्षेत्र में एक चिंगारी को देखते हैं, जो कि प्लाज़्मा है। यदि आपकी उंगलियाँ इस क्षेत्र के नजदीक होती है तो आपको शॉक भी लग सकता है! गैस लाइटर ज्यादातर बेलनाकार में होता है और इसमें एक पीज़ोइलेक्ट्रिक क्रिस्टल होता है, जिस पर एक स्प्रिंग-लोडेड हैमर लगाया हुआ है। हैमर और स्प्रिंग का सेट अप एक बटन से जुड़ा हुआ होता है। जब इस बटन को दबाया जाता है, तब हैमर पीज़ोइलेक्ट्रिक क्रिस्टल से दूर जाता है। और जब बटन को एक निश्चित सीमा में दबाया जाता है, तब स्प्रिंग हैमर को छोड़ देती है, जिससे हैमर पीज़ोइलेक्ट्रिक क्रिस्टल को हिट करता है। पीज़ोइलेक्ट्रिक प्रभाव के कारण 800 वोल्ट की रेंज में उच्च वोल्टेज का उत्पादन होता है। लाइटर को तार से इस तरह बांधा जाता है जिससे यह पूरा वोल्टेज दो धातु बिंदुओं के बीच हवा के अंतर के एक छोटे से क्षेत्र में प्रयुक्त होता है। उच्च वोल्टेज उत्पन्न होने के कारण हवा आयनित होती है और प्लाज़्मा बनकर डिस्चार्ज होती है। इस प्रक्रिया में आप इन दो बिंदुओं के बीच एक चिंगारी को देखते हैं। यह इलेक्ट्रिक डिस्चार्ज वह चिंगारी है जिसे स्टोव की दहनशील गैस पर छोड़ने से लौ उत्पन्न होकर प्रज्वलित होती है।

गैस लाइटर

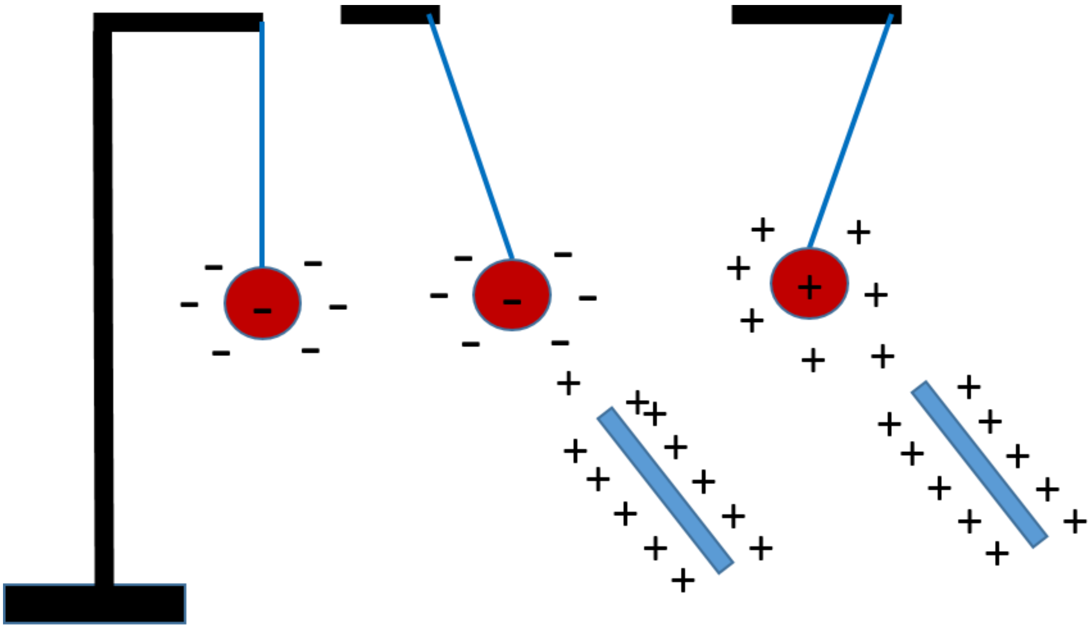
प्रक्रिया 2: अपने बालों में कंघी करके प्लाज़्मा डिस्चार्ज का उत्पादन करें!

यदि हवा काफी सूखी है, और आपके बाल भी पूरी तरह से सूखे हैं, तो आप एक अंधेरे कमरे में एक दर्पण के सामने खड़े हो जाएं और प्लास्टिक की सूखी कंघी को अपने बालों में फेरें। ऐसा करते हुए आप उड़ती हुई चिंगारी देखने के साथ चिंगारी के साथ कर्कश आवाज भी सुनेंगे! कंघी और बालों के बीच हो रहा घर्षण, उनके बीच वायु को आयनित करने के लिए एक पर्याप्त संभावित अंतर उत्पन्न

करता है और इससे प्लाज़्मा का उत्पादन होता है जो बिजली के प्रभारों के डिस्चार्ज के लिए रास्ता देता है! जिसे आप चिंगारी के रूप में देख रहे हैं! बेशक, मानसून में यह प्रकिया काम नहीं करेगी! लेकिन क्यूं?

6: साधारण इलेक्ट्रोस्कोप

सदियों से यह जाना जाता था कि कुछ पदार्थों को आपस में रगड़ने के बाद वे आकर्षण बल का अनुभव करते हैं। 18वीं सदी में यह खोज कि गई थी कि धनात्मक और ऋणात्मक नाम के दो प्रकार के आवेश उपयुक्त पदार्थों के रगड़ने से अलग हो जाते हैं और समान आवेश एक दूसरे से पीछे हटते हैं तथा विपरित आवेश एक दूसरे से आकर्षित होते हैं। इस प्रभाव को आप एक साधारण इलेक्ट्रोस्कोप का इस्तेमाल करके अनुभव कर सकते हैं। दी गई किट में एल्युमिनियम से लेपित स्टायरोफोम गेंद का इस्तेमाल करके इस इलेक्ट्रोस्कोप को बनाया जा सकता है।



सुई का इस्तेमाल करके लगभग 15 सेमी की लंबाई के रेशम के धागे से गेंद को गांठ बांधे। किट में दिये गये L-आकार के प्लास्टिक स्टैण्ड को सीधा रखें। एक पैंडुलम की तरह गेंद को हुक से लटकाए। एक ग्लास रॉड (किट में नहीं दिया गया!) को रेशम के टुकड़े से रगड़े और रॉड को स्टायरोफोम गेंद के पास ले जाएं। आप यह अनुभव करेंगे कि पहले गेंद आकर्षित होती है, फिर पीछे हट जाती है। ग्लास रॉड को रेशम से रगड़ने पर इसके धनावेशित होने की स्थिति में जब इसे स्टायरोफोम गेंद के निकट लिया जाता है तो यह गेंद से आकर्षित होता है, लेकिन जैसे ही यह गेंद को स्पर्श करता है तो इसका आंशिक धनावेश गेंद में अंतरित हो जाता है। चूंकि समान आवेश पीछे हटते हैं, इसलिए धनावेशित रॉड अब धनावेशित गेंद को पीछे हटाता है। यदि आप ग्लास रॉड को दूर ले जाते हैं और रेशम से रगड़ने के बाद दुबारा गेंद के पास लाते हैं, तो गेंद पीछे हट जाएगा।

इसी तरह एक प्लास्टिक की कंघी को ऊन के एक टुकड़े के साथ रगड़ें और कंघी को अनावेशित गेंद के पास ले जाए। गेंद पहले कंघी से आकर्षित होती है और फिर पीछे हट जाती है। इस स्थिति में कंघी ऋणावेशी होती है और ऋणावेश का अंश स्पर्श करने पर गेंद में अंतरित होता है। यदि आप ऊन से रगड़ने के बाद कंघी को आवेशित गेंद के पास ले जाते हैं तो यह पीछे हट जाती है।

हालांकि यदि ऋणावेशी कंघी को धनावेशी गेंद के पास ले जाते है तो गेंद कंघी से आकर्षित होती है। इसी तरह यदि आप धनावेशी ग्लास रॉड को ऋणावेशी गेंद के पास ले जाते हैं तो गेंद आकर्षित होती है।

सन् 1897 तक विद्युत की प्रकृति रहस्य ही बनी रही जब तक जे. जे. थॉमसन ने सूक्ष्म अणुओं में ऋणात्मक विद्युत की खोज नहीं कर ली थी, जिसे बाद में इलेक्ट्रॉन कहा गया। बाद में परमाणु नाभिक में प्रोटॉन नामक भारी कणों के विद्यमान रहने के लिए धनात्मक विद्युत की खोज की गई। विद्युत धाराओं को इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह होना दिखाया गया था। हमारे प्रयोग में एक धनावेशी पदार्थ है, जो इलेक्ट्रॉनों की कमी का संकेत देता है (यानी, परमाणु से युक्त एक पदार्थ जिसमें से कुछ इलेक्ट्रॉनों को छीन लिया गया है), और एक ऋणावेशी पदार्थ, जो इलेक्ट्रॉनों की अधिकता का संकेत देता है (यानी, परमाणु से युक्त पदार्थ जिसमें अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन हो)। दोनों स्थिति में जब आप अनावेशी स्टायरोफॉम गेंद को धनावेशी ग्लास रॉड या ऋणावेशी कंघी के पास लाते हैं, तो पहले यह आकर्षित होता है और स्पर्श करने पर ही यह पीछे हटता है! क्या आप समझा सकते हैं क्यों?

7: सीडी स्पेक्ट्रोस्कोप: सीडी के साथ स्पेक्ट्रा का अवलोकन

जिस तरह सूर्य और तारों की संरचना का अध्धयन उनकी स्पेक्ट्रम के निरीक्षण से किया जा सकता है ठीक उसी तरह प्रयोगशाला-प्लाज़्मा के गुण-धर्मो के अध्ययन के लिए ऑप्टिकल स्पेक्ट्रोस्कोपी का उपयोग एक साधन के रूप में किया जाता है। क्योंकि स्पेक्ट्रोस्कोपी मापन से प्लाज़्मा संघटक के अलावा ताप और उर्जा वितरण को निर्धारित किया जा सकता है। प्रत्येक तत्व का अपना एक विशिष्ट तरंग दैर्ध्य होता है। 5890 Å and 5896 Å के दो पीली डी रेखायें सोडियम तत्व (जिसमें Å आंग्स्ट्रॉम की ईकाई को दर्शाता है, $1 \text{ Å} = 10^{-10}$ metres) के कारण बनी प्रसिद्ध D लाईनें हैं। अन्य रेखाएँ अन्य तत्वों के कारण उत्पन्न होतीं हैं। अणुकणिका भी अपना अभिलाक्षणिक स्पेक्ट्रम उत्सर्जित करते हैं।

CD स्पेक्ट्रोस्कोप

विभिन्न तत्वों से निकलने वाले स्पेक्ट्रम रेखाओं को दी गई CD द्वारा स्पेक्ट्रोस्कोप कि तरह देखा जा सकता है। CD एक विवर्तनजाली की तरह, अलग-अलग आवृत्तियों वाले प्रकाश को अलग-अलग कोण पर प्रकीर्ण करने का काम करती है। मरक्यूरी के स्पेक्ट्रम को देखने के लिये किसी CD को अपने आगे और जिसमें ट्यूब लाइट आपके पीछे करीबन 10 मीटर की दूरी होने पर देखा जा सकता है। फिर CD को थोड़ा झुकाएँ। अब आप चमकती पट्टीयाँ देख सकतें हैं। ट्यूब लाइट के ज्यादा दूर होने पर बैंड पतली दिखेंगी और (टेढ़ी) लाइनों जैसी दिखेंगी। आपके द्वारा देखी जा रही गाढ़ी लाइनें मरक्यूरी की स्पेक्ट्रल लाइनें है जबकि निरंतर स्पेक्ट्रम ट्यूब के अंदर लेपित फोस्फोरस के कारण है। यह फोस्फोरस मर्क्युरी कणों से उत्सर्जित पराबैंगनी को दृश्यमान प्रकाश में तबदील करता है। इस प्रयोग को रात में स्ट्रीट लाइट जो मरक्यूरी, नियोन या सोडियम लाइटों के समान अपने से 100 मीटर की दूरी पर अपने से पीछे दोहराएँ। क्या आप इस मामलें में विभिन्न स्पेक्ट्रम को देख सकते हैं? अच्छे उपकरणों के साथ इस प्रकार का स्पेक्ट्रा, सूर्य के स्पेक्ट्रम को दिखाएगा जिसकी गाढ़े रंग की लाइनों को फ्रॉनहॉफर लाइनें कहा जाता है। सूर्य पर विभिन्न तत्वों द्वारा उत्सर्जित लाइनें, सूर्य के वायुमंडल (जिसे कोरोना कहा जाता है) द्वारा शोषित हो जाती है, जो प्लाज़्मा अवस्था में होती हैं और इसीलिए गाढ़े रंग की दिखती हैं।

प्रत्यक्ष रूप से सीडी से सूर्य की प्रतिबिंबित छवि को न देंखें। सूर्य की उज्ज्वलित छवि आपकी आँखो को नुकसान पहुँचा सकती हैं।

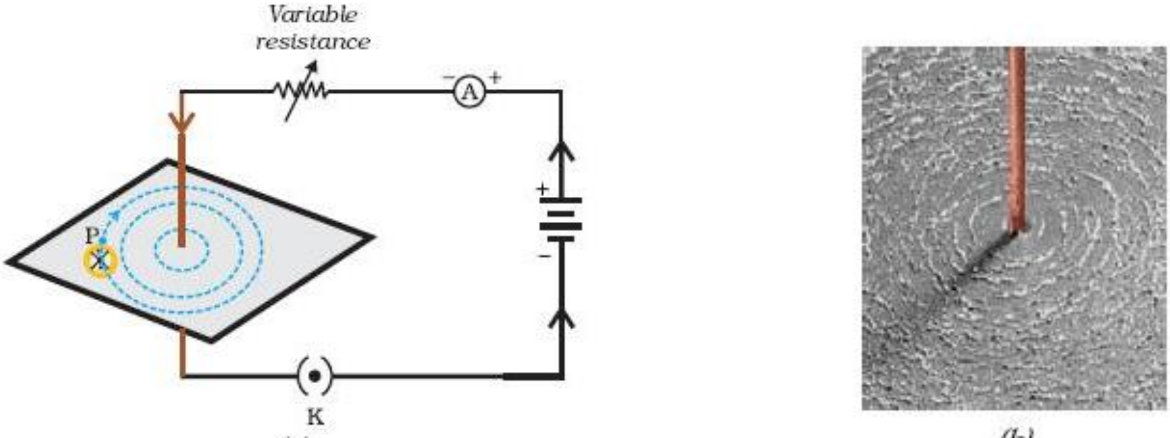
8 (A): विद्युतधारा से युक्त चुंबकीय क्षेत्र

गतिविधि: विद्युत धारा से चुबकीय क्षेत्र की संबद्धता को दर्शानें के लिए।

यदि आप एक कम्पास को बिजली के तार के पास ले जाएँ तो कम्पास की सूई हिलती हुई नज़र आएगी। इसका तात्पर्य यह है कि बिजली के तार के पास चुंबकीय क्षेत्र होना चाहिए। एक (9-12 V) की बैटरी, एक variable resistance (a rheostat), एक एम्मीटर (0-5 A), एक plug key, और एक लंबी सीधी मोटी कॉपर की तार लें। एक सामान्य आकार वाले आयताकार पुठ्ठे के मध्य में से इस मोटी तार को डालें। इस बात का ध्यान रखें कि पुठ्ठा किसी भी तरह ऊपर या नीचे ना फिसले। कॉपर के तार को चित्र में दर्शाए अनुसार लंबवत रूप से क्रमश: बैटरी, एक प्लग और चाबी के साथ जोड़ें। पुठ्ठे पर समान रूप से कुछ लोहे के बुरदों को छिड़कें। आप इसके लिए नमक छिड़कने वाले डब्बे का उपयोग कर सकते हैं। रियोस्टेट के वेरिएबल को एक निश्चित स्थान पर रखें और एमीटर से करंट को नोंट करें।

चाबी को बंद कर दें जिससे तार से बिजली प्रवाहित हो सके। ध्यान रखें की कॉपर का तार सीधा रहे। धीरे से पुठ्ठे को कुछ बार ठोकें। लोहें के बुरदों के आकार (पैटर्न) को देखें। आप देखेंगे कि लोहे की बुरदें कॉपर के तार के आसपास संकेंद्रित वृत्ताकार पैटर्न बनाते हैं। ये संकेंद्रित वृत्त क्या दर्शाते हैं? ये चुंबकीय लाइनों को दर्शाते हैं। चुंबकीय क्षेत्र की दिशा का पता लगाने के लिए कंपास को (पी) केंद्र पर मानकर बने वृत्त के ऊपर रखें। सुई से दिशा को देखें। कम्पास की सुई के उत्तर ध्रुव दिशा पी बिंदु पर सीधी तार के माध्यम से विद्युत प्रवाह द्वारा उत्पादित क्षेत्र लाइनों की दिशा को दर्शाएंगी। तीर का निशान

बनाकर दिशा को दर्शाएँ। इस बात पर ध्यान दें कि यदि सीधे कॉपर के तार से विद्युत की दिशा को विपरीत दिशा में करने पर चुंबकीय क्षेत्र की रेखाओं की दिशा भी विपरीत हो जाती है।



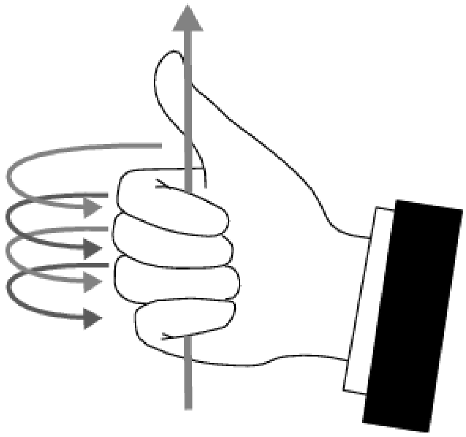
(a) (b)

(अ) एक सीधे विद्युत तार के आसपास चुंबकीय क्षेत्र की क्षेत्र लाइन को इंगित करते गाढ़े गोलाकार पैटर्न। वृत्त में बने तीर क्षेत्र लाइनों की दिशा को दर्शाते हैं। (b) प्राप्त पैटर्न का नज़दीकी चित्र।

कॉपर के तार की धारा को यदि बदला जाए तो किसी बिंदु पर कंपास की सुई का झुकाव का क्या होता है? इसे देखने के लिए तार में विद्युत धारा को बदलें। हम देंखेंगे कि सुई की दिशा में बदलाव आ जाता है। वास्तव में यदि धारा को बदलें तो विचलन भी बढ़ जाता है। यह इस बात को दर्शाता है कि यदि किसी भी बिंदु पर तार की धारा को बढ़ाने से उत्पादित चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण बढ़ जाता है। तार की धारा में बिना किसी बदलाव के यदि कम्पास को कॉपर के तार से दूर किया जाए तो सुई का विचलन क्या होगा? इसे देखने के लिए अब कम्पास को प्रवाहित तार से दूर रखें। आप देंखेंगे कि सुई के विचलन में कमी आएगी। इस प्रकार कंडक्टर से दूरी के बढ़ाने से दी गई धारा द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र घट जाता है। इसे चित्र से देखा जा सकता है कि त्वरित सीधे तार से ज्यादा से ज्यादा दूर जाने पर चुंबकीय क्षेत्र को दर्शाते समेकित वृत्त बड़े से बड़ा होता जाता है।
नोट: आपके पास एक रियोस्टेट और एक एमिटर के ना होने पर भी आप चुंबकीय क्षेत्र की मुख्य प्रभाव को त्वरित कंड्क्टर के कारण देख सकते हैं।

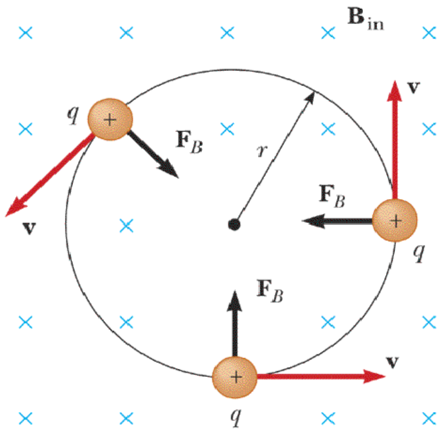
8(B) : दाहिने हाथ का नियम

गतिविधि: चालक से प्रवाहित विद्युत धारा के चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा कैसे निर्धारित करें ?



चुम्बकीय क्षेत्र का संबंद्ध विद्युत धारा से है और चुम्बकीय क्षेत्र के दिशा को चुम्बकीय कम्पास से जाना जा सकता है। परन्तु किसी चालक से प्रवाहित विद्युत धारा और उस चालक के चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा को उनके परस्पर संबंद्ध द्वारा बहुत ही साधारण विधि से जाना जा सकता है। इस विधि को दाहिने हाथ का नियम कहते हैं। दाहिने हाथ के नियम के अनुसार विद्युत -प्रवाही तार से उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा व्यक्ति के दाहिने हाथ की अँगुलियों के घुमाव तथा अंगूठा विद्युत प्रवाह की दिशा को बताते हैं। क्षेत्र रेखाओं को वृत तथा उनकी दिशा को तीर से बताया गया है। विद्युत क्षेत्र रेखाओं की तरह, किसी क्षेत्र में रेखाएँ जितनी अधिक (या सघन) होंगी चुम्बकीय क्षेत्र उतना ही प्रबल होगा।

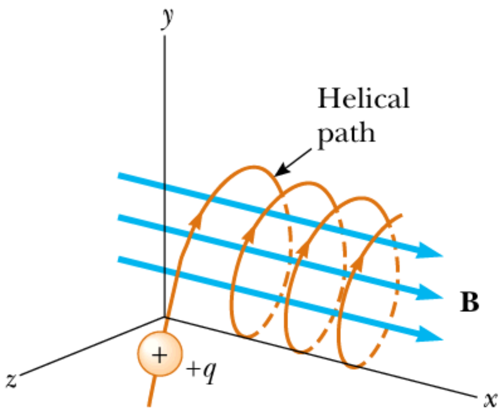
9: एक समान चुंबकीय क्षेत्र में आवेश की गति



एक समान चुबंकीय क्षेत्र में एक धनात्मक चार्ज के एक केस को ध्यान में रखें। चित्र में चुंबकीय क्षेत्र की दिशा कागज़ से भीतर की ओर है (जहाँ पर 'x' कागज़ के भीतर की ओर जाते तीर के पिछले सिरे को दर्शाता है!)। यदि धनात्मक चार्ज को लंबवत रूप से इस पर डाला जाए तो ये वृत के केंद्र की ओर चुंबकीय बल को वर्णित करने के साथ एक समान परिपत्र गति का वर्णन करती है। एक इलेक्ट्रॉन विपरीत दिशा में परिपत्र गति का वर्णन करेगा।

एक तार से बने लूप या एक प्लास्टिक की चूड़ी को एक सिरे को काट लें और इसमें से एक मनके अंदर डालें। मनके के साथ लूप को क्षैतिज रुप से पकड़ें। चुँबकीय क्षेत्र ऊपर की ओर है। अब मोती को ऊपर की तरफ से देखते हुए घड़ी की विपरीत दिशा में समान रूप से घुमायें। इसी प्रकार एक धनात्मक चार्ज समान रूप से चुंबकीय क्षेत्र में घूमता है। यदि मोती को घड़ी की दिशा में घुमाएँ तो मोती की गति, एक समान चुंबकीय क्षेत्र में एक इलेक्ट्रॉन कैसे घूमेगा यह दर्शाती है।

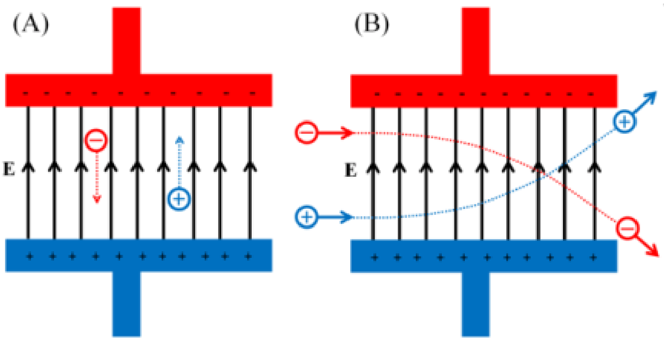
क्या हो यदि चुंबकीय क्षेत्र की दिशा में जाते हुए विद्युत चार्ज में कुछ प्रारंभिक वेग हो? ऐसी स्थिति में चार्ज, चुंबकीय क्षेत्र के साथ एक पेचदार गति को अंकित करेगा (चित्र देंखें)। एक इलेक्ट्रॉन क्षेत्र की विपरित दिशा में पेचदार गति को दर्शाएगा।



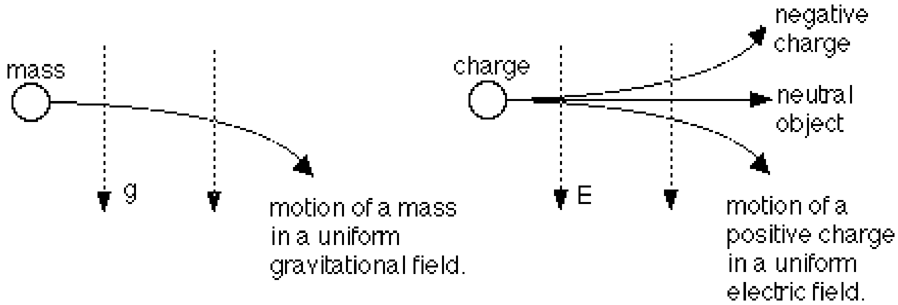
किट में से तार (या मुलायम स्प्रिंग) लें और एक सर्पिल आकार बनाएँ। अपने मित्र से इस सर्पिल में से एक छड़ को डालने को और इसे कसकर पकड़े रहने को कहे जो चुंबकीय क्षेत्र बी की दिशा को दर्शाता है जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। अब तार में एक मोती को डालें और इसे ऐसे तार में खिसकाएं जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। मोती एक धनात्मक चार्ज को दर्शाता है जो चुंबकीय क्षेत्र की दिशा में हेलिकल पथ से गुजरता है जिसे बी के रूप में दर्शाया गया है। मोती को विपरीत दिशा में ढकेलने पर ये एक इलेक्ट्रॉन की दिशा को निर्देशित करता है।

10: एक समान विद्युत क्षेत्र में आवेश की गति

प्लाज़्मा एक विद्युत चालक माध्यम के रूप में माना जाता है, जिसमें धनावेशित तथा ऋणावेशित कणों की संख्या लगभग बराबर होती है एवं जो गैस के आयनीकरण की वजह से पैदा होती है। ऋणात्मक आवेश इलेक्ट्रॉन वहन करता है, प्रत्येक इलेक्ट्रॉन में एक ऋणात्मक आवेश होता है। धनात्मक आवेश उन अणुओं या परमाणुओं द्वारा वहन किया जाता है, जिनमें से ये इलेक्ट्रॉन अलग हो चुके हैं। प्लाज़्मा एक विशिष्ट अवस्था है, जिसमें गुरुत्वाकर्षण बल के अलावा विद्युत एवं चुंबकीय बल भी प्रभावी होते हैं। इलेक्ट्रिक एवं चुंबकीय क्षेत्रों द्वारा चार्ज की गति के प्रभाव को समझने के लिए हम कुछ सरल उदाहरणों द्वारा निरूपण कर इस गतिविधि को समझेंगें।



विद्युत क्षेत्र की दिशा, तीर की दिशा में है जिसे काले रंग में ऊपर की ओर दर्शाया गया है। क्षेत्र की दिशा की ओर जाता हुआ (नीले रंग में दर्शाया गया) धनात्मक विद्युत चार्ज उसी दिशा में तेज़ी से बढ़ता है जबकि इलेक्ट्रॉन विपरित दिशा में बल मिलने से उसी दिशा की ओर आगे बढ़ता है। यदि धनात्मक चार्ज (या इलेक्ट्रॉन) को क्षैतिज दिशा में डाला जाए तो ये परवलयक पथ के साथ आगे बढ़ेगा जैसा कि चित्र में (नीले रंग में दर्शाया गया) है। इसके ऋणात्मक चार्ज के कारण इलेक्ट्रॉन, विपरीत दिशा में आगे बढ़ेगा (जिसे लाल रंग में दर्शाया गया है)। जबकि एक तटस्थ कण क्षेत्र में बिना किसी रूकावट के अपनी गति से आगे की ओर बढ़ता है।



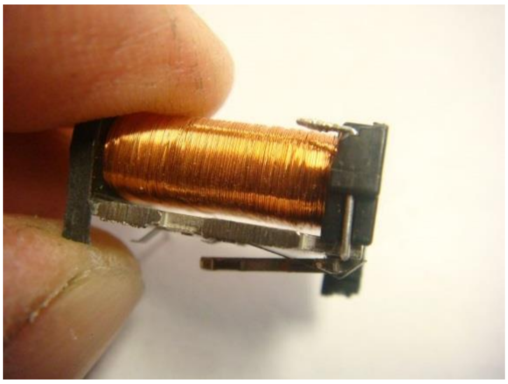
यदि आप थोड़ी ऊँचाई से एक पत्थर (द्रव्यमान) को नीचे की ओर छोड़ते हैं तो वो गुरूत्वाकर्षण बल के खिंचाव के कारण सीधे नीचे आ जाएगा। और यदि आप इसे क्षैतिज रुप से फैंकते हैं तो ये एक पैराबोला को प्रदर्शित करता नीचे की ओर आएगा जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। यह स्थिति विद्युत क्षेत्र में एक धनात्मक चार्ज के नीचे की ओर (बिना किसी गुरुत्वाकर्षण) के बढ़ने के समान पायी गयी है। एक धनात्मक चार्ज का कुछ ऊँचाई से नीचे की ओर छोड़ने पर नीचे की ओर बढना, और यदि क्षैतिज रूप से फैंके जाने पर पैराबोला को प्रदर्शित करना बिल्कुल एक पत्थर को गुरूत्वाकर्षण क्षेत्र में फेंकने जैसा है। हाँलांकि इलेक्ट्रॉन विपरीत दिशा में जाएगा और तटस्थ कण बिना किसी रूकावट के आगे की ओर बढता रहेगा।

सभी धनात्मक चार्ज, इलेक्ट्रॉन (ऋणात्मक चार्ज), एवं तटस्थ वस्तुएँ गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव में आती है, जो चार्ज और बिना चार्ज हुए तत्वों में अंतर न करके सभी को एकमात्र आकर्षित करने का कारण है और इसलिए ये सभी गति को एक जैसे वर्णित करेंगे जैसे गुरूत्वाकर्षण क्षेत्र में पत्थर!

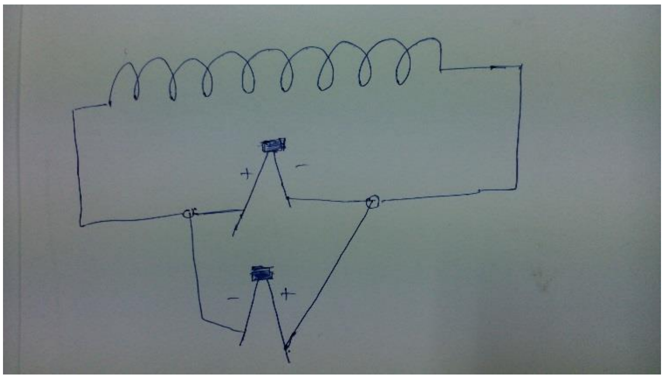
11: इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन (विद्युतचुंबकीय प्रेरण)

यह प्रक्रिया दर्शाती है कि विद्युत और चुंबकत्व का कितना घनिष्ठ संबंध है। हम मात्र एक चुंबक का इस्तेमाल करके एक तार के कॉयल में विद्युत धारा को उत्पन्न कर सकते हैं। इसके लिए आपको कई सैकड़ों मोड़ वाले सॉलेनॉयड, दो LEDs, (एक लाल और दूसरा हरा) और एक चुंबक छड़ की आवश्यकता होगी। LED से तात्पर्य लाइट इमिटिंग डायोड से है।

यदि एक कॉयल (सोलेनॉयड) और एक चुंबक के बीच सापेक्षिक गति की जाती है तो कॉयल से विद्युत धारा प्रवाहित होने लगती है - इस परिघटना को विद्युतचुंबकीय प्रेरण कहते हैं। आप बाजार से 'रीले' नाम का एक तैयार सोलेनॉयड खरीद सकते हैं। नीचे दर्शाये गये चित्र के अनुसार दो LEDs को सोलेनॉयड के दो खुले सिरों पर जोड़ें। सोलेनॉयड से LEDs के धनात्मक और ऋणात्मक लीड्स को जोड़ने में सावधानी बरतें।



एक रीले कॉयल (सोलेनॉयड)



रीले कॉयल के सिरों पर LEDs की कनैक्टिंग

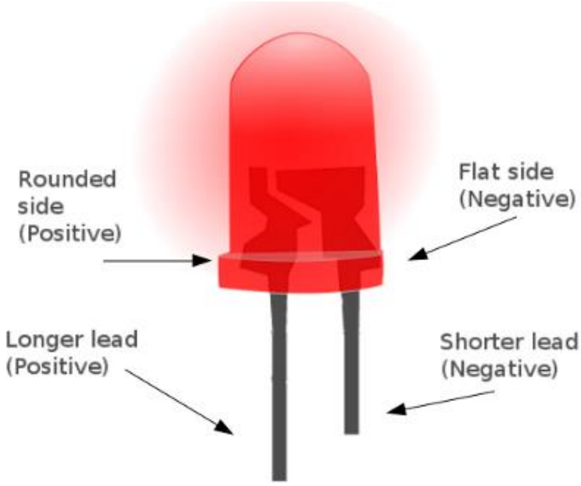
LEDs के दोनों लीड्स एक जैसे नहीं होते। करंट स्रोत से धनात्मक लीड को धनात्मक टर्मिनल से जोड़ना है और दूसरे लीड को ऋणात्मक टर्मिनल से जोड़ना है ताकि LED के माध्यम से विद्युत धारा प्रवाहित हो सकें और उसे प्रकाशमान कर सकें। यदि कनैक्शन उलट गये हैं तो LED नहीं जलेगा। इस प्रक्रिया में हम LEDs की इस विशिष्टता का उपयोग करते हैं।

अब चुंबक छड़ को तेजी से सोलेनॉयड की दिशा में ले जाएं। आप देखेंगे की एक LED जलना शुरू हो गया है। अब चुंबक छड़ सोलेनॉयड से दूर अपनी ओर तेजी से लाएं। ऐसा करने से दूसरा LED जलने लगता है। अब चुंबक छड़ को सोलेनॉयड के अंदर या बाहर स्थिर रखें। इस स्थिति में कोई भी LED नहीं जलता। अब चुंबक छड़ को स्थिर रखते हुए सोलेनॉयड को चुंबक के किसी एक छोर की ओर ले जाएं। ऐसा करने से एक LED जलता है। यदि आप सोलेनॉयड को चुंबक छड़ से दूर ले जाएंगे तो दूसरा LED जलेगा। यह ध्यान देने योग्य है कि सोलेनॉयड (कॉयल) और चुंबक के बीच सापेक्षिक गति होने पर ही कोई एक LED जलने लगता है।

चुंबक और सोलेनॉयड के बीच सापेक्षिक गति होने के कारण सोलेनॉयड में इलेक्ट्रोमोटिव बल उत्पन्न होता है। सोलेनॉयड का एक सिरा करंट स्रोत का धनात्मक टर्मिनल, जबकि दूसरा सिरा ऋणात्मक टर्मिनल हो जाता है। सोलेनॉयड का कौन सा सिरा धनात्मक और कौन सा सिरा ऋणात्मक है, यह इस पर निर्भर करता है कि सोलेनॉयड की दिशा में चुंबक का कौन सा छोर है, और साथ ही गति की दिशा

पर भी यह निर्भर करता है। इसलिए जब गति की दिशा को उल्टा करते हैं तो दूसरा LED जलने लगता है और जो सिरा धनात्मक होता है, वह ऋणात्मक और इसके विपरित बन जाता है। इसलिए जब पहला LED जलना बन्द होता है तो दूसरा LED जलना शुरू हो जाता है।

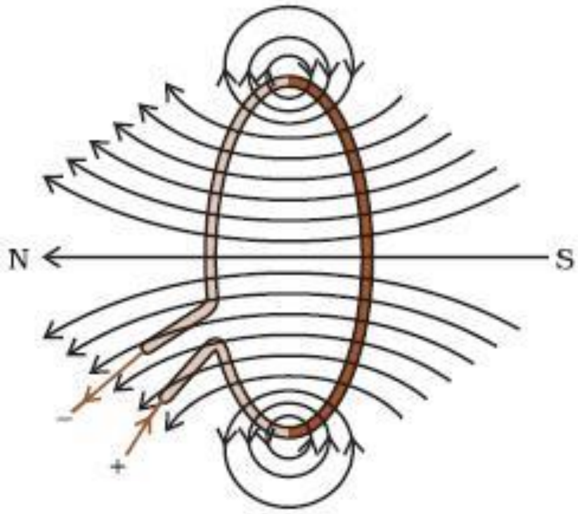
आपको कैसे पता चलेगा कि LED का कौन सा लीड धनात्मक है और कौन सा ऋणात्मक?



यदि LED के दो लीड्स हैं, जिनमें से एक लंबा है, तो लंबा लीड धनात्मक (जिसे एनोड भी कहते हैं) लीड है। यदि LED के दोनों लीड्स लंबाई में बराबर है, तो आप LED के अंदर की धातु प्लेट को देखें, इसमें छोटी प्लेट धनात्मक (एनोड) लीड को इंगित करती है और बड़ी प्लेट ऋणात्मक (कैथोड) लीड से संबंधित है। यदि LED का क्षेत्र समतल है (प्लास्टिक हाउसिंग पर) तो समतल क्षेत्र से जुड़ा लीड ऋणात्मक (कैथोड) लीड है।

12: सोलेनॉइड (परिनालिका)

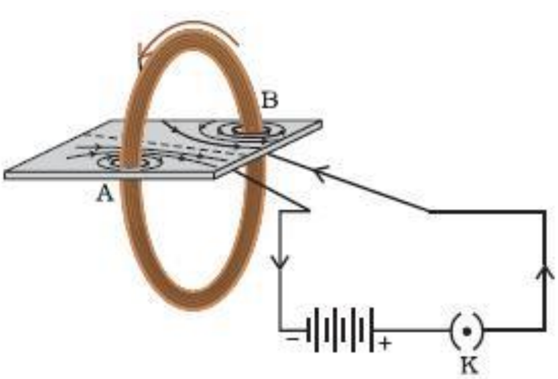
मान लीजिए कि एक सीधे तार को गोलाकार रूप में मोड़ा जाए और उसमें से विद्युत धारा को गुजरने दें तो चुंबकीय क्षेत्र की रेखाएँ कैसी दिखेंगी? चूंकि विद्युत धारा-चालित सीधे तार द्वारा उत्पादित चुम्बकीय क्षेत्र कमजोर हो जाता है, लेकिन विद्युत धारा-चालित गोलाकार लूप के प्रत्येक बिंदु पर चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र का प्रतिनिधित्व करने वाले संकेन्द्रिक चक्र नीचे दिखाए गए चित्र के अनुसार तार से दूर किये जानेपर और बड़े हो जाते हैं। जब तक हम गोलाकार लूप के केन्द्र में पहुंचते हैं, तब तक इन बड़े चक्रों की आर्क सीधी रेखाओं में दिखाई देती हैं। तार में चालित धारा का प्रत्येक बिंदु लूप के केन्द्र में सीधी रेखाओं के रूप में चुंबकीय क्षेत्र को बढ़ाता है। दाएं हाथ के नियम को लागू करने से, यह जांचना आसान है कि तार का प्रत्येक भाग लूप के भीतर एक ही दिशा में चुंबकीय क्षेत्र लाइनों में योगदान देता है।

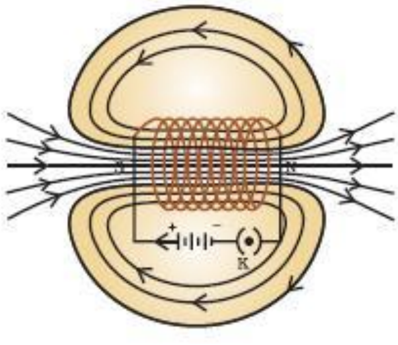


विद्युतधारा-चालित गोलाकार लूप द्वारा उत्पादित चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ

प्रक्रिया A: विद्युतधारा-चालित गोलाकार लूप द्वारा उत्पादित चुंबकीय क्षेत्र

विद्युतधारा-चालित तार से उत्पादित चुंबकीय क्षेत्र दिये गये क्षेत्र में गुजरने वाली विद्युत धारा पर प्रत्यक्ष रूप से निर्भर करता है। इसलिए यदि कोई n मोड़ वाली गोलाकार कॉयल है तो उसमें उत्पादित क्षेत्र भी एकल मोड़ में उत्पादित क्षेत्र के जितना ही बड़ा होगा। इसका कारण है प्रत्येक गोलाकार मोड में विद्युत धारा समान दिशा और क्षेत्र में है, जिससे प्रत्येक मोड तुरंत जुड़ जाता है। एक आयताकार कार्डबोर्ड लिजिए, जिसमें दो छिद्र A और B हो, जैसा कि चित्र (A) में दर्शाया गया है। कार्डबोर्ड की सतह पर बड़ी संख्या में मोड़ वाली गोलाकार कॉयल को इन दो छिद्रों में डालें। जैसा कि चित्र(A) में दिखाया गया है, कॉयल के सिरों को एक बैटरी और एक कुंजी के साथ श्रृंखला में जोड़ें। कार्डबोर्ड पर समान रूप से लोहे का बुरादा छिड़कें। कुंजी प्लग करें। कार्डबोर्ड को धीरे से कुछ बार टैप करें (थपथपाएं)। कार्डबोर्ड पर उभरने वाली लोहे के बुरादे की पैटर्न को ध्यान से देखें। आप चुंबकीय कंपास का इस्तेमाल करके भी सोलेनॉएड के केन्द्र में चुंबकीय क्षेत्र की दिशा का पता लगा सकते हैं।





(A) (B)

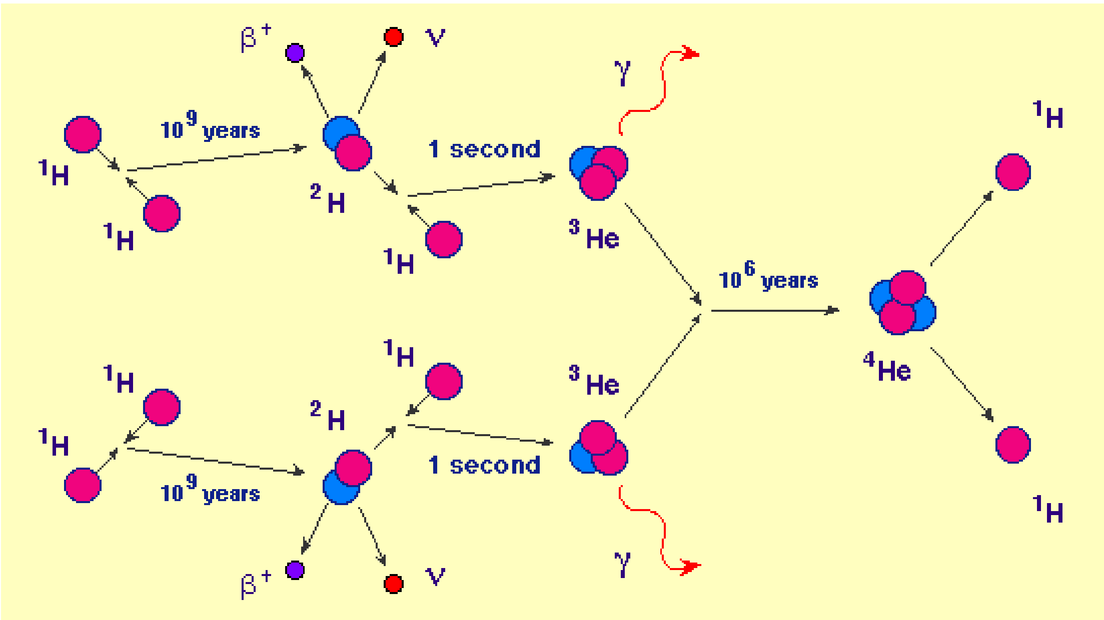
(A) धारा-चालित गोलाकार कॉयल से उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र, एवं (B) विद्युत धारा प्रवाहित कर रही सोलेनॉएड से व उसके इर्दगिर्द चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ

प्रक्रिया B: सोलेनॉएड द्वारा उत्पादित चुंबकीय क्षेत्र

गोलाकार में बारीकी से लिपटे रोधक तांबे के तार के गोलाकार मोड की कॉयल को सोलेनॉएड कहते हैं (चित्र B)। आप एक लचीले तार का इस्तेमाल करके सोलेनॉएड बना सकते हैं। जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है तार को एक गोलकार पाइप पर या एक बेलनाकार में घुमाकर सोलेनॉएड बना सकते हैं। जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है कॉयल के सिरों को बैटरी और कुंजी से जोड़ें। अलग-अलग बिंदुओं पर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की दिशा का पता लगाने के लिए आप एक चुंबकीय कंपास का उपयोग कर सकते हैं। विद्युत धारा प्रवाहित सोलेनॉएड के इर्दगिर्द चुंबकीय क्षेत्र की रेखाओं की आकृति दिखाई देती हैं। सोलेनॉएड का एक छोर (कौन सा?) चुंबकीय उत्तर ध्रुव के रूप में व्यवहार करता है, जबकि दूसरा (कौन सा?) चुंबकीय दक्षिण ध्रुव के रूप में व्यवहार करता है। चुंबकीय कंपास का इस्तेमाल कर इसका पता लगाएं। आप देखेंगे कि सोलेनॉएड के भीतर क्षेत्र रेखाएँ, समानांतर सीधी रेखाओं के रूप में है। इससे इंगित होता है कि चुंबकीय क्षेत्र सोलेनॉएड के भीतर अपने अक्ष के समीप एक जैसा है। इसलिए सोलेनॉएड के भीतर चुंबकीय क्षेत्र एक समान है। एक चुंबक छड़ के आसपास के चुंबकीय क्षेत्र की तुलना सोलेनॉएड के क्षेत्र की आकृति से करें। दोनों समान दिखेंगे।

13: सूर्य ऊर्जा पैदा करता है: प्रोटॉन-प्रोटॉन चक्र

संलयन ब्रह्मांड की ऊर्जा का स्रोत है, जो सूर्य और तारों के गर्भ में होता है। हाइड्रोजन नाभिक टकराते हुए भारी हीलियम परमाणुओं में फ्यूज होते हैं और इस प्रक्रिया में ऊर्जा की भारी मात्रा उत्पन्न करते हैं। हम प्रकाश के रूप में जो देखते हैं और गर्मी महसूस करते हैं वह सूर्य में उत्पन्न ऊर्जा का परिणाम है। ब्रह्मांड में गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव ने संलयन के लिए आदर्श परिस्थितियां बनाई हैं। अरबों वर्षों से इन बलों के कारण प्रारंभिक ब्रह्मांड के हाइड्रोजन बादल विशाल तारकीय पिंडों में इकट्ठा हुए। उनके गर्भ में अत्यधिक घनत्व और तापमान से संलयन होता है।



प्रोटॉन-प्रोटॉन चक्र

परमाणु कभी भी स्थिर नहीं रहतें। वे जितने गर्म होते हैं, उतनी तेजी से चलते हैं। हमारे सूर्य के गर्भ में तापमान 15,000,000 डिग्री सेल्सियस तक पहुंच जाता है। हाइड्रोजन परमाणु बहुत तीव्र गति से टकराते हुए निरंतर हलचल की स्थिति में रहते हैं। इस प्रक्रिया में उनके नाभिक के धनात्मक आवेशों के बीच मौजूद प्राकृतिक इलेक्ट्रोस्टैटिक प्रतिकर्षण दूर होते हैं, जिससे परमाणु फ्यूज हो जाते हैं। हल्के हाइड्रोजन नाभिक के संलयन से एक बड़ा तत्व हीलियम उत्पन्न होता है, जिसे प्रोटॉन-प्रोटॉन (पीपी) चक्र कहा जाता है। दो प्रोटॉन एक साथ संलयन एवं β-क्षय प्रक्रिया से गुजरते हैं एंव एक पोज़ीट्रॉन एक न्युट्रॉन एवं एक ड्युटेरॉन या एक भारी हाइड्रोजन नाभिक की उत्पत्ति करते हैं। पोजीट्रॉन आकस्मिक रुप से अति शीघ्र ही सूर्य के अदंर एक मुक्त इलेक्ट्रॉन से मिलता है, एवं दोनों कण परस्पर मिल जाते हैं। इनकी स्थिर ऊर्जा दो गामा कणों के रुप में निकलती है। डयूटेरॉन जब दूसरे ^{1}H से प्रतिक्रिया करता है तब हीलियम के एक नाभिक की उत्पत्ति होती है जिसमें दो प्रोटॉन एवं एक न्यूट्रॉन $^{3}He_2$ एवं एक गामा किरण होते हैं। फिर दो अलग-अलग प्रक्रियाओं द्वारा उत्पन्न दो $^{3}He_2$ नाभिक आपस में विलय द्वारा एक $^{4}He_2$ एवं दो प्रोट्रॉनों की रचना करते हैं। पूरी प्रक्रिया का सारांश यह है कि हाइड्रोजन, हीलियम में परिवर्तित होता है एवं इससे उत्सर्जित ऊर्जा, प्रकिया में भाग लेने वाले कणों एवं उत्पन्न गामा किरणों को प्राप्त होती हैं। हम देख सकते हैं की दो प्रोट्रॉनों से प्रारभं कर प्रक्रिया के अंत में हमें दो प्रोटॉन एवं एक हीलीयम नाभिक ($^{2}He_4$) प्राप्त होता है। इसे प्रोटॉन चक्र कहते हैं।

एक प्रोटॉन चक्र के संपूर्ण अवलोकन से पता चलता है कि यह चार प्रोट्रॉनों एवं दो इलेक्ट्रॉनों के संयोग द्वारा उत्पन्न एक अल्फा कण ($^{4}He_2$ नाभिक) के द्वारा निर्धारित होता है। जिसके परिणामस्वरूप हीलियम परमाणु का द्रव्यमान चार प्रोटॉन (प्लस दो इलेक्ट्रानों) की सटीक राशि नहीं है, लेकिन कुछ हद तक कम है। बड़े पैमाने पर खो जाने वाली ऊर्जा बहुत बड़ी ऊर्जा के रूप में दिखाई देती है यह है कि आइंस्टीन का सूत्र **$E = mc^2$** वर्णन करता है: हल्के द्रव्यमान (**m**) का छोटा सा भाग, प्रकाश की गति (**C^{-2}**) के गुणा से गुणा किया जाता है, जिसके परिणामस्वरूप बहुत बड़ी संख्या (**E**) होती है, जो संलयन प्रतिक्रिया से निर्मित ऊर्जा की मात्रा है।

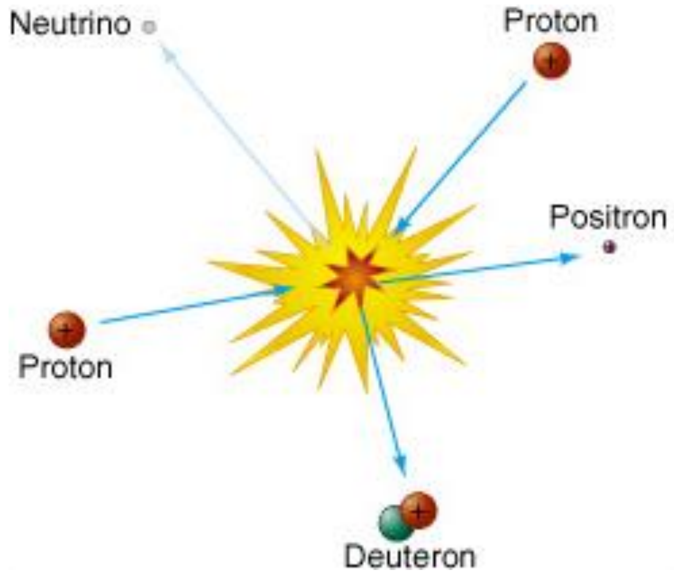
एक स्टेलार के भीतरी भाग में एक नाभिक के इस अनुक्रम के प्रत्येक पद से होकर गुजरने में लगे औसत समय को चित्र में दिखाया गया है। उदाहरण स्वरुप, एक हाइड्रोजन नाभिक एक दूसरे हाइड्रोजन नाभिक से प्रतिक्रिया एवं अनुक्रमों के प्रारंभ के पूर्व लगभग एक अरब वर्षों तक प्रक्रियाओं से गुजरता है। चूंकि इस प्रक्रिया के अन्य सोपान, इस समय से काफी कम समय वाला होता है, उपरोक्त प्रारंभिक कदम ही इस प्रक्रिया के दर को संचालित करता है। इस प्रकार की अविश्वसनीय रूप से मंद गति की प्रतिक्रिया दर ही आकाश में सामान्य तारों के चमकने का कारण है क्योंकि इन तारो (ग्रहों) के भीतर इतने सारे हाइड्रोजन कण हैं कि किसी भी एक समय पर कई हाइड्रोजन कण प्रोटॉन कड़ी वाली प्रक्रियाओं से गुजर रहे होते हैं।

हर दूसरे क्षण, हमारा सूर्य 600 मिलियन टन हाइड्रोजन को हीलियम में बदल देता है, जिससे भारी मात्रा में ऊर्जा निकलती है। तथापि, हम नोट कर सकते हैं कि हमारे ब्रह्मांड की रचना में गुरुत्वाकर्षण बल के लाभ के बिना, पृथ्वी पर संलयन को प्राप्त करने के लिए बहुत अलग दृष्टिकोण की आवश्यकता है।

14: टनलिंग और संलयन

अ. कुलम्ब बैरियर

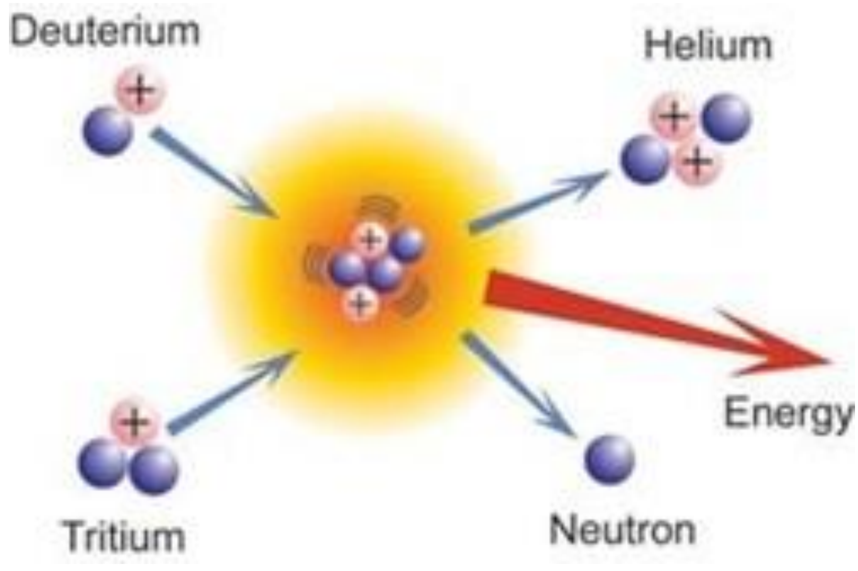
सितारे अपनी ऊर्जा को परमाणु संलयन प्रक्रियाओं से उत्पन्न करते हैं जिसमें दो हल्के नाभिक आपस में जुड़कर एक भारी नाभिक पैदा करते हैं और इससे ऊर्जा की उत्पत्ति होती है। सूर्य की तरह सितारों में प्रोटॉन –प्रोटॉन संलयन प्रक्रिया प्रमुख है जो लगभग उसकी आंतरिक तापमान को 15 लाख डिग्री सेल्सियस तक पहुँचाती है। जिसे प्रोटॉन-प्रोटॉन (पी-पी) चक्र कहा जाता है। अधिक बड़े सितारों के लिए जो उच्च तापमान प्राप्त कर सकते हैं, कार्बन संलयन चक्र प्रभावी तंत्र बन जाता है। हालांकि, टकराने वाले नाभिक पॉजिटिव चार्ज के होते हैं, और इसलिए वे एक दूसरे से इलेक्ट्रोस्टेटिक कुलम्ब नियम के अनुसार विरूपित होते हैं। वे जितने करीब है, उनमें प्रतिकारक शक्ति उतनी ही उच्च होती है। टकराने वाले नाभिक में पर्याप्त गतिज ऊर्जा होनी चाहिए, जो उच्च तापमान में उनके बीच इलेक्ट्रोस्टेटिक प्रतिकारक शक्ति को दूर करते हैं, जिसे तथाकथित कुलंब बैरियर कहते हैं। सामान्य तापमान पर एक कण की तापीय गतिज ऊर्जा काफी छोटी है, और इसलिए इससे संलयन प्रतिक्रिया की उम्मीद नहीं की जा सकती। यहाँ तक कि सूर्य के केंद्र में भी औसत तापीय गतिज ऊर्जा 100 गुणा कम होता है जो कुलंब बैरियर को दूर करने के लिए आवश्यक है। और फिर भी हम यह जानते है कि तापनाभिकीय संलयन ना केवल सूर्य के आंतरिक भाग में होता है, जो कि इसकी मुख्य और प्रभावशाली विशेषता है। तो फिर परमाणु संलयन प्रतिक्रिया सूर्य के भीतर किस प्रकार कार्य करती है? सूर्य के अभ्यंतर में कण उनकी औसतन तापीय ऊर्जा की तुलना में अधिक ऊर्जा वाले कण हो सकते हैं जो कि कुलंब बैरियर को दूर कर सकते हैं, लेकिन उनकी संख्या बेहद कम है। हालांकि एक ऐसा अनूठा तंत्र मौजूद है जो कि बैरियर ऊर्जा के नीचे कणों की गतिज ऊर्जा के साथ एक महत्वपूर्ण स्तर तक "टनल" कर जाता है। यह एक विशुद्ध रुप से क्वांटम यांत्रिक घटना है। यह क्वांटम टनलिंग प्रक्रिया के माध्यम से होता है कि संलयन प्रक्रिया मुख्य रुप से सूर्य के अंदर और सूर्य की तरह तारों में होती हैं।



परमाणु नाभिक आसानी से एक साथ जुड़ते नहीं है। प्रोटॉन के पास एक सकारात्मक विद्युत प्रभार होता है जो दो नाभिकों के बीच विद्युत चुम्बकीय बल की वजह से प्रतिकर्षण के कारण उन्हें अन्य प्रोटॉन के साथ संयोजन करने से रोकता है। हालांकि 10^{-15} मीटर की दूरी पर, एक आकर्षक बल होता है जो नाभिक पर काम करता है ताकि उन्हें एक साथ रख सकें और यह विद्युत चुंबकीय बल से बहुत अधिक शक्तिशाली है। उचित रूप से इस बल को मजबूत बल कहा जाता है। इस तरह के छोटी दूरी पर विद्युत बल के बल पर मजबूत बल जीत जाता है और इसलिए नाभिक कण एक साथ रहते हैं। आरेख में दिखाया गया प्रोटॉन-प्रोटॉन (पी-पी) प्रतिक्रिया है जो ड्यूटेरॉन नाभिक को जन्म देती है और पॉजिटॉन (पॉजिटीव इलेक्ट्रॉन) और न्यूट्रोनों का उत्सर्जन करती है।

15: D-T प्रतिक्रिया

सैद्धांतिक रूप से इटर में ऊर्जा उत्पादन एक सरल तरीका है। हाइड्रोजन के दो आइसोटोप ड्युटेरियम व ट्रिशियम को एक दूसरे के साथ अत्यधिक दबाव की स्थिति में रखा जाए तब हमें एक अणु हीलियम एवं अत्यधिक ऊर्जा वाले न्यूट्रॉन प्राप्त होते हैं (चित्र 1)। यह उत्पाद प्रारंभ में लिये गए अवयवों से भार में थोड़ा कम होता है एवं इस सूक्ष्म द्रव्यमान में कमी एक बड़ी ऊर्जा के रूप में पैदा होती है। इसे हम आइंस्टीन के द्रव्यमान-ऊर्जा के समीकरण $E=mc^2$ से व्यक्त कर सकते हैं। एक बार इस उत्पादित ऊर्जा को योग्य तरीके से सुसज्जित कर लिया जाए तो हम नियंत्रित नाभिकीय संलयन द्वारा विश्व में ऊर्जा की समस्या का समाधान कर सकते हैं। यह ऊर्जा प्राप्त होगी D-**T** प्रतिक्रिया से।



चित्र: D-T प्रतिक्रिया

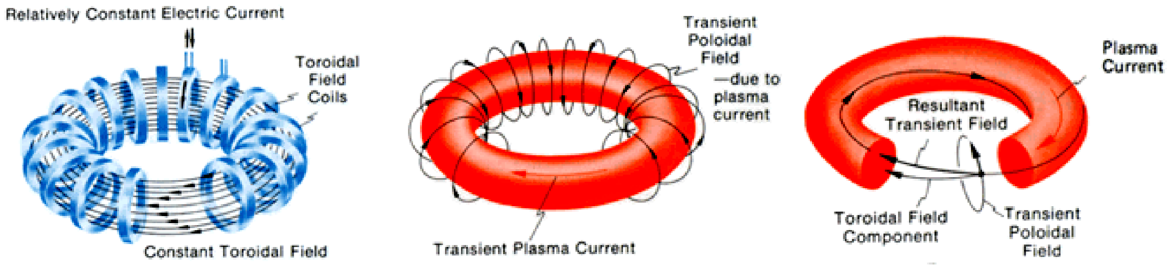
परंतु यहाँ एक समस्या है। संलयन के आण्विक घटक जिनसे हमने आरंभ किया था वे धनावेशित हैं एवं प्रत्येक नाभिक के समान एक दूसरे को विकर्षित करते हैं। सूर्य के केंद्र में अत्यधिक गुरुत्वीय दबाव की वजह से 15 मिलियन डिग्री सेन्टीग्रेड़ पर संलयन की प्रतिक्रिया होती है। परंतु इटर जैसी मशीन में संलयन के लिए 150 मिलियन डिग्री सेंटीग्रेड़ तापमान की आवश्यकता है। पृथ्वी पर कोई भी

सामग्री इस तापमान को सहन नहीं कर सकती। अतः संलयन को हासिल करने के लिए इटर टोकामक मशीन का उपयोग करेगा। टोकामक तीव्र चुम्बकीय क्षेत्र के प्रभाव से प्रतिक्रिया करने वाले प्लाज़्मा को, रिएक्टर की दीवार से दूर रखता है।

16: टोकामक का एक सरल मॉडल

अंतर्राष्ट्रीय तापनाभिकीय प्रायोगिक रिएक्टर (ईटर) टोकामक की अवधारणा पर आधारित है। टोकामक शब्द रूसी शब्द "टोकामक" का एक लिप्यंतरण है, जो रूसो में "टोरोइडल चैम्बर चुम्बकीय कुण्डल है।

टोकमक एक ऐसा उपकरण है जो उच्च चुम्बकीय क्षेत्रों के माध्यम से अधिक आयतन में उच्च तापमान प्लाज़्मा – इलेक्ट्रॉनों और आयनों का मिश्रण – एक टोरोइडल आकार (डोनट आकृति) का बनाने में सक्षम है। मूल डिज़ाइन सिद्धांत 1960 के दशक में मॉस्को में कचटोव, इंस्टिट्यूट में विकसित किया गया था। प्लाज़्मा में तापमान बनाए रखने की अपनी क्षमता के कारण, टोकामक दुनिया में सबसे उन्नत चुंबकीय रूप से सीमित संलयन प्लाज़्मा अवधारणा बन गया है। क्योंकि संलयन प्लाज़्मा बेहद गर्म होता है -100 मिलियन डिग्री सेल्सियस से ऊपर – यह जरूरी है कि कणों को टोकामक की दीवार से दूर रखना होगा। इसे चुम्बकीय क्षेत्र के संयोजनों से प्राप्त किया जाता है, जो कि बाहरी कॉयल के माध्यम से और प्लाज़्मा में विद्युत धारा प्रवाह से उत्पन्न होता है। यह "चुबकीय पिंजरे" मशीन में पेचदार क्षेत्र की रेखा बनाता है, जिसके चारों ओर प्लाज़्मा चार्ज कण घुमते हैं और इन्हें इसमें सीमित रखा जाता है। एक टोकामक में चंबकीय क्षेत्र 'टोरोइडल' और 'पोलोइडल' चुंबकीय क्षेत्र का एक संयोजन है। टोरोइडल चुम्बकीय क्षेत्र प्लाज़्मा के चारों ओर घेरे एक टोरस (डोनट) के आकार का होता है और प्लाज़्मा के चारों ओर वृत्त आकार में पोलोइडल क्षेत्र बनता है। नतीजा यह है कि ऐसा चुंबकीय क्षेत्र बनता है जो प्लाज़्मा के आकार का है (टोरोइडल) और प्लाज़्मा के कणों को उसके चारो ओर सीमित रखता है और उसमें फँसने लगता है।



(A) (B) (C)

टोकामक चुंबकीय क्षेत्र और विद्युत धारा

गतिविधि: टोकामक का एक सरल मॉडल बनाना

आप प्लास्टिक के बने खोखले प्ले-रिंग लेकर एक टोकामक का साधारण मॉडल बना सकते हैं और चित्र में दिखाए गए जैसे तार को घुमाकर कॉइल बना सकते हैं। आपने जो रिंग का उपयोग किया है (गुलाबी रंग में दर्शाया गया है) उस उपकरण को बताता है जो गर्म प्लाज़्मा को धारण करता है। जबकि मुडे हुए तार (नीले रंग में दिखाया गया) कॉयल के रूप में है, जिसके माध्यम से विद्युत धारा प्रवाहित होती है, जो टोरोइडल चुंबकीय क्षेत्र और प्लाज़्मा धारा पैदा करता है, चित्र (ए) में दर्शाया गया है। प्लाज़्मा द्वारा उत्पादित पोलोइडल चुंबकीय क्षेत्र को लाल रंग में दर्शाया गया है, जैसा कि चित्र (बी) में है। परिणामी मुडे हुए चुंबकीय क्षेत्र जब दोनों जुड़ जाते है चित्र (सी) में दर्शाया गया है। जिसके नतीजन एक गर्म सीमित प्लाज़्मा उत्पन्न होता है।

17: नाभिकीय संलयन का अनुकरण

परमाणु संलयन में दो नाभिक एक साथ मिलकर समान एक नया नाभिक बनाते हैं। लेकिन यह प्रतिक्रिया कई विभिन्न प्रक्रिया पर निर्भर करती है। इस गतिविधि में हम एक वास्तविक संलयन रिएक्टर में होने वाली प्रक्रियाओं को अनुकरण करने का प्रयास करेंगे। किसी निश्चित समय में विशेष नाभिक के लिए, एक रिएक्टर में मिलने वाली संलयन की संख्या उस तापमान पर निर्भर करती है जिस पर संलयन होता है, जो बदले में उस दर पर निर्भर करता है जिस पर नाभिक "टकराने" या संलयन होने के लिए पर्याप्त नजदीक आते हैं। यह उच्च गतिज ऊर्जा, जिससे पोज़िटिव कणों के बीच प्रतिकारक विद्युत बल के बावजूद काफी निकट आने पर निर्भर करता है। उच्च तापमान पर (T) लगभग 100-150 मिलियन डिग्री सेल्सियस पर प्लाज़्मा को बनाने के लिए आवश्यक गतिज ऊर्जा जरूरी है। प्लाज़्मा में स्वतंत्र रूप से चार्ज कण होते हैं। इसके अलावा जितने समय के लिए जब नाभिक आपस में अंतः क्रिया करते हैं, उतनी अधिक संलयन प्रतिक्रियाएँ होती हैं। इस समय को एक पत्रक τ (ग्रीक में 'ताउ') द्वारा चिह्नित किया गया है।

कणों के टकराव की कुल संख्या उस समय पर निर्भर करती हैं, जब प्लाज़्मा टकराव करने के लिए ज्यादा गर्म होता है। टकराव की दर पर यह निर्भर करता है कि दिये गये आयतन में कितने नाभिक हैं। इसे कणों का घनत्व (n) कहते हैं। नाभिक कितनी तेजी से आगे बढ़ रहे हैं उस पर टकराव की दर निर्भर होनी चाहिए। हालांकि वास्तविक प्रयोग में हम एकल नाभिक की गति को नहीं माप सकते हैं।

इसके बजाय हमें एक वेरिएबल की आवश्यकता है जो प्लाज़्मा को पूरी तरह जोड़ता है जो कि उसकी गति पर निर्भर करता है और मापने योग्य है। यह वेरिएबल तापमान “T” है।

गतिविधि: परमाणु संलयन का अनुकरण

पारदर्शी बॉक्स

बॉटल टॉप

वेल्क्रो

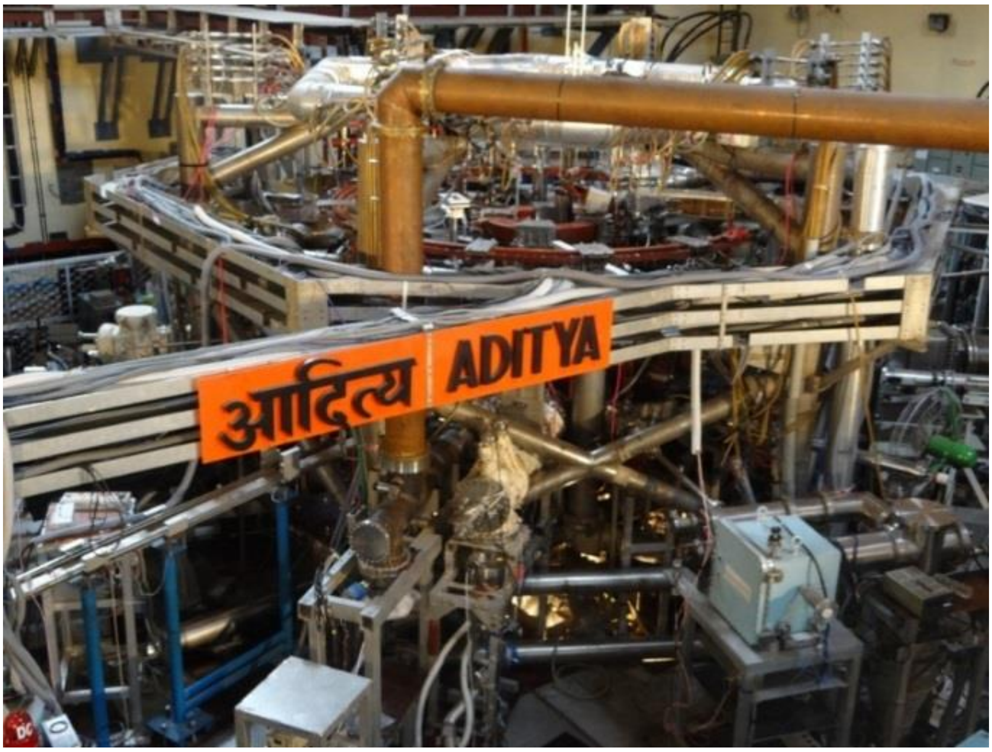
एक प्लास्टिक से बना पारदर्शी बॉक्स लें। हम बॉटल टॉप के साथ कणों को मॉडल करेंगे (वेल्क्रो के साथ) और बॉक्स में उन्हें सीमित रखेंगे। चूंकि तापमान कणों की गति से संबंधित है, आप कितनी तेजी से अपनी प्रणाली को कंपन देते हैं, उसे तापमान को सिमुलेट करेंगे (बोतल के सबसे ऊपर)। आप वेल्क्रो के साथ संलग्न 50 बोतल के ढ़क्कन के साथ शुरू कर सकते हैं।

1. बॉक्स को सख्ती से हिलाएँ, लेकिन अलग-अलग समय अंतराल पर एक स्थिर दर के लिए (10s, 20s, 30s)। और देखें कि कितने नाभिक ‘फ्यूज’ हुए हैं। जैसा कि पहले से जानते हैं, समय के इस पैरामिटर को τ कहा जाता है। आप पाएंगे कि जितनी देर तक आप कंपन करेंगे (ज्यादा τ), अधिक मात्रा में एक साथ संलयन होंगे। बॉक्स को लगातार दर पर कंपन करते हुए, आप निरंतर तापमान बनाए रखते हैं और नाभिक की लगातार टकराव दर को बनाए रखते हैं।
2. विभिन्न गति पर बॉक्स को हिलाएँ। जब आप धीरे से कंपन देते हैं (कम तापमान और इसलिए कम टकराव की गति), शायद कोई भी नाभिक संलयन हो सकता है जैसा कि आप थोड़ा अधिक सशक्त कंपन देंगे (उच्च तापमान और इसलिए उच्च टकराव की गति), अधिक नाभिक संलयन होंगे। यह तापमान पैरामिटर T है। जब आप अधिक सशक्त कंपन देते हैं (अभी भी उच्च तापमान और उच्च टकराव की गति), तब और अधिक मात्रा में नाभिक संलयन होते हैं। इससे संलयन प्रतिक्रियाओं के लिए बहुत उच्च तापमान की आवश्यकता होती है। आपको ऐसा करने की आवश्यकता होगी।
3. किसी भी विस्तार में कितने नाभिक होते हैं उस पर टकराव की दर पर निर्भर करता है। यह कण घनत्व n है। यह प्रयोग अब एक समय में 15, 30 और 50 नाभिक (बोतल के ऊपरी

छोर) के साथ कीजिए। बॉक्स को उसी दर और उतने समय तक कंपन दें (10s, 20s, 30s) और देखें कि कितने नाभिक कणों के घनत्व के साथ बदलते हैं। आप देखेंगे कि कण घनत्व के कारण अधिक नाभिक संलयन होते हैं।

इस गतिविधि के रूप में एक वास्तविक परमाणु संलयन रिएक्टर में भी समय को अनुकूलित करना जरूरी है, जिस दौरान हम नाभिक को पकड़ रख सकतें हैं, तापमान 'T' और रिएक्टर के कुशल कार्य के लिए कण घनत्व n एवं अधिकतर ऊर्जा उत्पाद करने के लिए यह आवश्यक है। इसके अलावा संलयन ऊर्जा का व्यवसायिक रूप से व्यवहार रहे, यह जरूरी है कि संलयन रिएक्टर द्वारा उत्पादित ऊर्जा, ऊर्जा खपत से अधिक हो। उत्पाद "nτT" एक संलयन रिएक्टर के संचालन के लिए एक सीमा निर्धारित करता है। यह सीमा आज सामान्यत: "संलयन उत्पाद" के रूप में जाना जाता है, और इसका मूल्य **$n\tau T > 3.10^{28}$ K m^{-3} s** है।

18: आदित्य: भारत का पहला स्वदेशी टोकामक



भारत का पहला टोकामक आदित्य, देश में ही अभिकल्ति एवं निर्मित किया गया है, जो कि प्लाज़्मा अनुसंधान संस्थान, गांधीनगर, गुजरात में स्थापित है। टोकामक एक टोरोइडल संरचना है जो साइकिल के ट्यूब के आकार जैसी है। आदित्य एक मध्यम माप का टोकामक है और सन् 1989 से काम कर रहा है। इसके प्लाज़्मा की दीर्घ त्रिज्या 75 सेमी और लघु त्रिज्या 25 सेमी है। टोरस के चारों ओर संतुलित रूप से रखे 20 चुंबकीय टोरोइडल कुण्डलियों की सहायता से अधिकतम 1.2 टेस्ला टोरोइडल

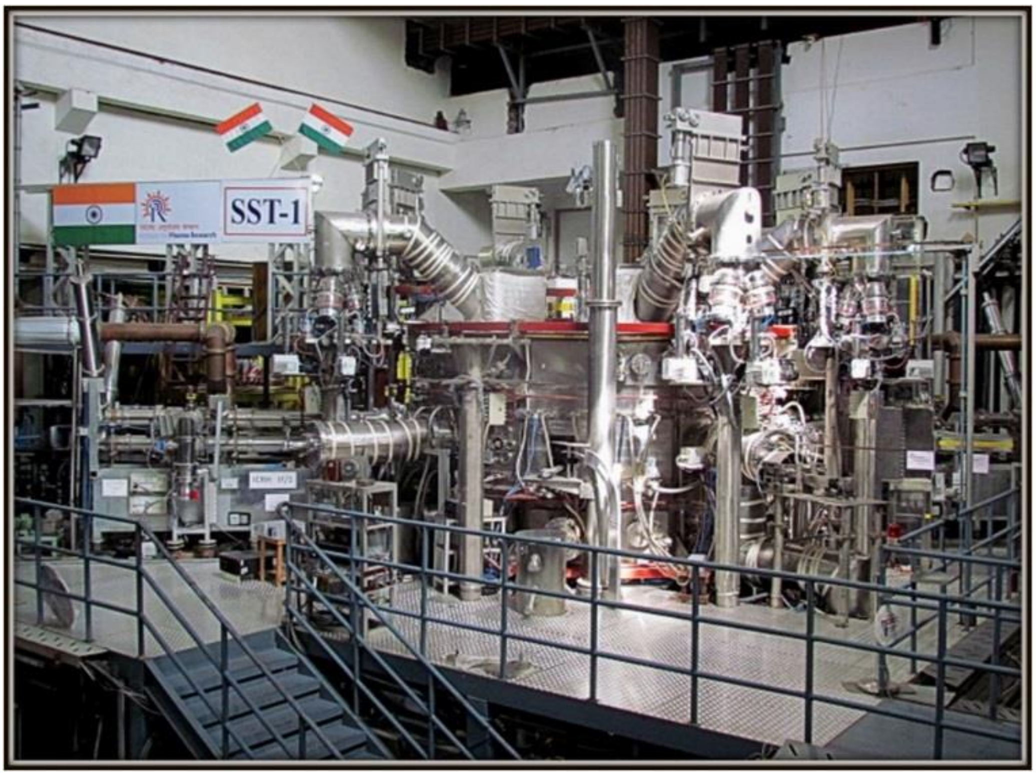
चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न किया जाता है। यह ध्यान दें कि 1 टेस्ला,10^4 गॉस के बराबर है। संयोग से पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र पृथ्वी की सतह पर केवल 0.36 गॉस है।

आदित्य टोकामक मशीन में ओमिक ट्रान्सफॉर्मर प्रणाली की सहायता से विद्युत निर्वहन उत्पन्न किये जाते हैं। टोकामक मशीन ट्रांसफोर्मर की सेकेंडरी की तरह काम करता है। इसमें सेकेंडरी एकल फेरा सिंगल टर्नर का होता है तथा यह स्टेप डाउन ट्रांसफार्मर की तरह काम करता है। इस ट्रांसफार्मर की प्राइमरी एक सामान्य ट्रांसफार्मर वाइंडिंग है जो 2 किलो वोल्ट, 20 किलो एम्पीयर पर काम करती है। टोरस मशीन के अन्दर गैस भेजी जाती है, जिसमें उच्च विद्युत् क्षेत्र में निर्वहन उत्पन्न किया जाता है। टोकामक मशीन में जहाँ प्लाज़्मा धारा प्रवाहित होती है उसे टोकामक पात्र कहा जाता है। इस प्लाज़्मा की एक निश्चित विद्युत प्रतिरोध क्षमता होती है जिसका प्रतिरोधीय तापन I^2R के कारण तापमान बढ़ता है । प्लाज़्मा का एक गुण है की तापमान बढ़ने के साथ इसकी विद्युत प्रतिरोध क्षमता घटती है। इससे प्लाज़्मा की तापन दक्षता कम हो जाती है। अतः एक विशेष तापमान रेंज के ऊपर गरम करने के लिए अतिरिक्त तापन की आवश्यकता होती है। यह तापन, आयन साइक्लोट्रोन अनुनाद तापन (आईसीआरएच) और इलेक्ट्रान साइक्लोट्रोन अनुनाद तापन (ईसीआरएच) के द्वारा किया जाता है जिसमें इलेक्ट्रॉन या आयन टोकामक के अंदर भेजी गयी तरंग के इर्द-गिर्द अनुनाद करते हैं।

आदित्य को नियमित रूप से प्रचालित किया जा रहा है। 0.8 टेस्ला चुम्बकीय टोरोइडल क्षेत्र पर नियमित रूप से ~100 मिली सेकंड 80-100 किलो एम्पीयर प्लाज़्मा उत्पन्न कर विभिन्न प्रकार के प्रयोग किए जा रहे हैं। इनमें प्लाज़्मा अभिलक्षणों जैसे किनारों पर प्लाज़्मा में बदलाव, प्रक्षोभ सहायक तापन का प्रभाव, भंजन एवं उसके नियंत्रण संबंधित कार्यों पर अध्ययन किए गए हैं।

19: स्थिर अवस्था अतिचालक टोकोमक (एस एस टी - 1)

एक स्थिर अवस्था अतिचालक टोकामक (एसएसटी-1) दूसरी पीढ़ी की टोकामक मशीन है, जिसे प्लाज़्मा अनुसंधान संस्थान, गांधीनगर में निर्मित किया गया है। पहली पीढ़ी के टोकामक आदित्य में चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करने के लिए तांबे की कॉयल का उपयोग किया गया है। पहली पीढ़ी के टोकामक में ये कॉयल काफी गरम हो जाते हैं क्योंकि इसकी विद्युत प्रतिरोध क्षमता बहुत अधिक होती है एवं इसमें बहुत ज्यादा विद्युत धारा प्रवाहित होती है। इसके कारण लम्बी अवधि के लिए इनमें प्लाज़्मा उत्पन्न करना संभव नहीं होता। दूसरी पीढ़ी के टोकामक में चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करने के लिए कॉयलों को बनाने में अतिचालकों का उपयोग किया जाता है। अतिचालक (Superconductor) होने के कारण इन कॉयलों में ज्यादा मात्रा में विद्युत धारा प्रवाहित करके लम्बे समय तक अधिक क्षमता के चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न किया जा सकता है जो संलयन रिएक्टर के लिए जरूरी है।



एस एस टी -1 का उपयोग लम्बी या स्थिर अवस्था प्रचालन के अध्ययन के लिए किया जायेगा। एसएसटी-1 मूलत: एक मध्यम आकार का टोकामक जिसकी बड़ी त्रिज्या 1.1 मीटर तथा छोटी त्रिज्या 0.2 मीटर है।

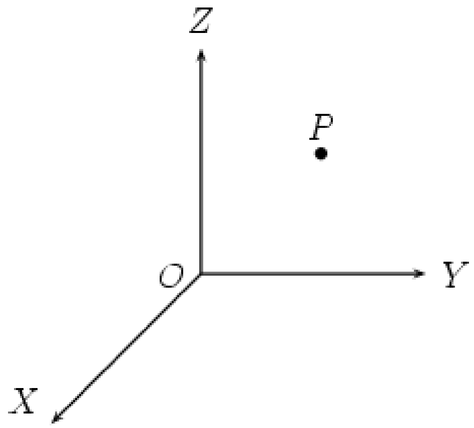
मुख्य उप-प्रणालियों में अतिचालकचुंबक, अतिचालक कॉयलों के लिए क्रायोजेनिक प्रणालियाँ, प्लाज़्मा मुखित घटक, रेडियो आवृत्ति प्रणाली, तटस्थ बीम इंजेक्शन प्रणाली, डायग्नोस्टिक्स, विद्युत आपूर्ति, प्लाज़्मा परिरोध के लिए बड़ी मात्रा, और उच्च और अल्ट्रा-उच्च वैक्यूम सिस्टम के लिए आवश्यक क्रायोजेनिक सिस्टम शामिल हैं। डिज़ाइन किए गए सिस्टम लंबी अवधि (लगभग 1000 सेकंड) प्लाज़्मा ऑपरेशन के लिए होते हैं। अधिकतम प्लाज़्मा धारा 220 किलो एम्पीयर है; और टोराइड चुंबकीय क्षेत्र 3 टेस्ला, या 3×10^4 गॉस है।

20: प्लाज़्मा में प्रवाह: EXB प्रवाह

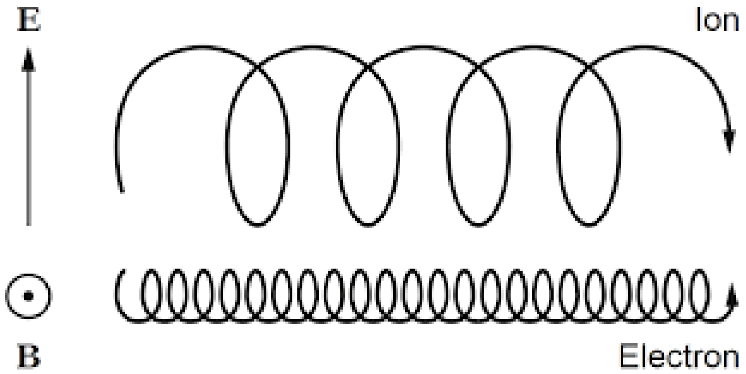
प्लाज़्मा विद्युत आवेशों का बना होता है, इसलिए चुंबकीय क्षेत्र (B) की उपस्थिति में आवेश चक्कर लगाते हैं जैसा कि चुंबकीय क्षेत्र में विद्युत आवेशों की गतिविधि में वर्णित है। कोई भी ऐसा बल जो चुम्बकीय क्षेत्र में इन कणों की गति बढ़ाने या घटाने में सक्षम है, B तथा बल के लंबवत प्रवाह उत्पन्न करेगा। यह बल विद्युत क्षेत्र, गुरुत्वाकर्षण, असमान चुंबकीय क्षेत्र या फिर वक्र चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं के कारण भी हो सकता है। इस गतिविधि में हम केवल EXB प्रवाह पर विचार करेंगे।

EXB प्रवाह को समझने के लिए आप किट में दी गई प्लास्टिक या धातु की तार का उपयोग कर सकते हैं। शुरु करने से पहले हम प्रयुक्त होने वाली कॉरडिनेट प्रणाली तथा व्यवहार को समझें। हम नीचे दिखाए

अनुसार कोहसियन को–ऑर्डिनेट प्रणाली का प्रयोग करेंगे जिसमें X-अक्ष के समानांतर चंबकीय क्षेत्र पृष्ठ से बाहर आएगा।

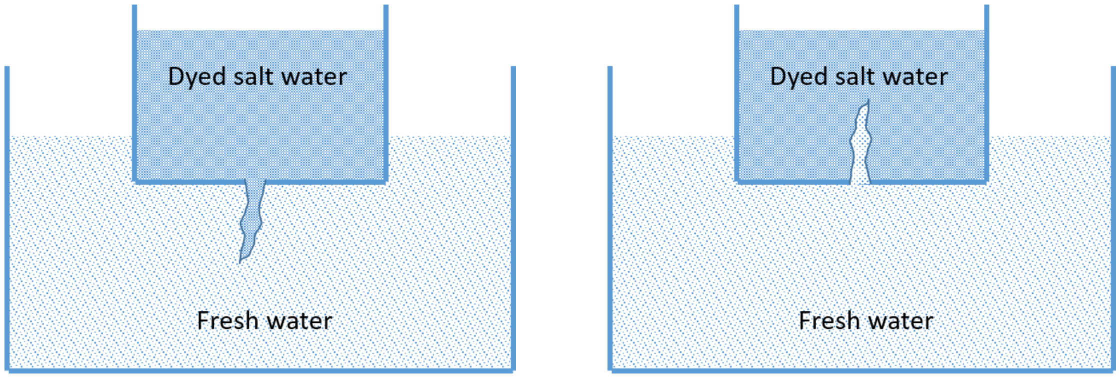


EXB ड्रिफ्ट (जिसे EXB ड्रिफ्ट कहा जाता है), समान विद्युत तथा चुंबकीय क्षेत्रों की उपस्थिति में, जब दोनों एक दूसरे के लंबवत हैं, सबसे सामान्य प्रवाह है। हम विद्युत क्षेत्र ई को ज़ेड-अक्ष एवं चुंबकीय क्षेत्र को एक्स अक्ष (पृष्ठ से बाहर आते हुए) लेंगे। एक आयन (धनात्मक आदेश) चुम्बकीय क्षेत्र के चारों ओर घड़ी की सुई की दिशा में चक्कर लगाता है, जबकि विद्युत क्षेत्र इसे ऊपर जेड की दिशा में बढ़ा देगा। परंतु दिलचस्प बात यह है कि ई तथा बी के संयुक्त प्रभाव में यह आयन दर्शाए गये चित्र के अनुसार वाय अक्ष की ओर प्रवाह वेग ई/बी से बढ़ेगा। एक इलेक्ट्रॉन चुंबकीय क्षेत्र के चारो ओर उल्टी दिशा में चक्कर लगाता है, किंतु विपरीत (नीचे) दिशा में विद्युत बल का भी अनुभव करत है। परिणामस्वरूप एक इलेक्ट्रॉन आयन के समान उसी की दिशा में, उसी गति से प्रवाहित होता है (E/B)। आयन की तुलना में बहुत हल्का होने के कारण यह सिर्फ चुंबकीय क्षेत्र से कसकर बंधा होता है। परिणामस्वरूप, उनके आवेश तथा द्रव्यमान में अंतर होने के बावजूद सभी कणों का EXB प्रवाह समान तथा विद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्रों के लंबवत होता है, तथा कोई विद्युत प्रवाह नहीं होता।



दिए गए प्लास्टिक (या धातु) के तार से आयनों एवं इलेक्ट्रॉनों को पथ दर्शाएँ, जब वे वाई-दिशा में वाईजेड-सतह के साथ प्रवाहित हो रहे हों। यह ध्यान रखने योग्य है कि अन्य प्रवाह जैसे गुरुत्वाकर्षण के कारण, असमान विद्युत या चुम्बकीय क्षेत्र के कारण, या क्षेत्रों की वक्रता के कारण, साधारणतः कणों के आवेश, द्रव्यमान तथा वेग जैसे कारकों पर निर्भर करते हैं।

21: रेले-टेलर अस्थिरता



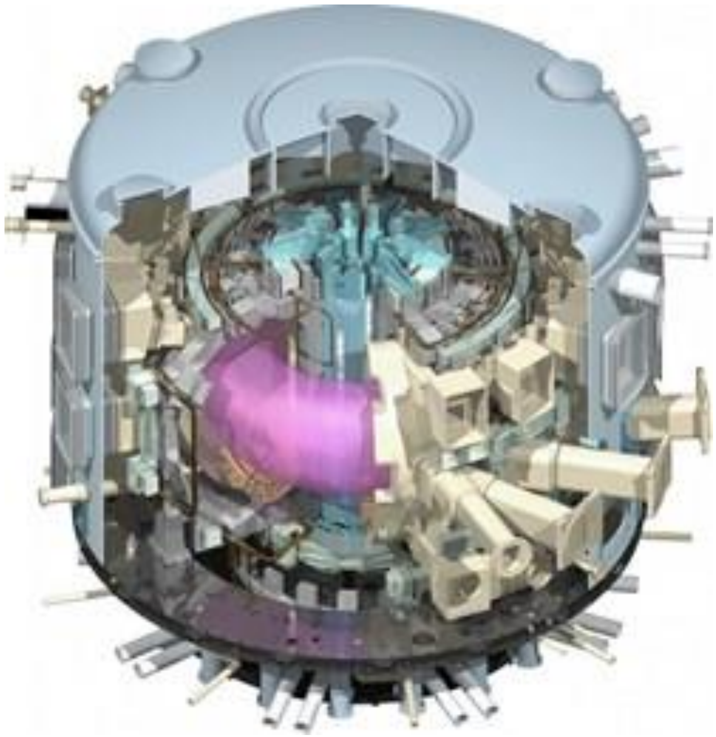
एक साधारण पारदर्शी प्लास्टिक का पात्र लें और उसके नीचे एक छोटा सा छेद करें। एक बड़े पारदर्शी सीरेंज (काँच या प्लास्टिक के) से भी यह काम किया जा सकता है। इसे संतृप्त खारे पानी से भरें और ताजे पानी में आंशिक रूप से डुबोएँ। आप अपेक्षा करते हैं कि वे दोनों आपस में मिश्रित होंगे, वे होते भी हैं, परंतु आश्चर्यजनक तरीके से 1 खारे पानी में रंग मिला दें जिससे कि दोनों का अंतर स्पष्ट हो सके। दोनों घोलों का वैकल्पिक विनिमय होगा। खारा पानी छिद्र में से होकर नीचे बह जाएगा, उसके बाद ताजा पानी ऊपर की ओर बहेगा। यह स्पंदन चार से पाँच दिनों तक चल सकता है तथा इसकी स्पंदन अवधि लगभग चार सेकण्ड की होगी। इस गतिविधि में हमनें जो देखा वो रेले-टेलर अस्थिरता (लॉर्ड रेले व जी. आई. टेलर के बाद) के नाम से जाना जाता है। जब भिन्न घनत्व के दो तरल पदार्थ आपस में मिलते हैं, अधिक घनत्व वाला पदार्थ हल्के पदार्थ के ऊपर होता है, हलका पदार्थ भारी पदार्थ को धक्का दे रहा होता है, तब यह अस्थिरता दिखाई देती है। तेल के ऊपर स्थिर जल (जो दोनों पृथ्वी के गुरूत्वाकर्षण के अधीन हैं) रेले-टेलर अस्थिरता का एक सामान्य उदाहरण है। यहाँ पर संतुलन अंतरापृष्ठ के किसी भी विचलन या बाधा से अस्थिर है; यदि भारी द्रव का एक पार्सल नीचे के विस्थापन के बराबर मात्रा में हल्के द्रव विस्थापन में साथ विस्थापित हो जाता है, तो विन्यास की स्थितिज ऊर्जा प्रारंभिक अवस्था से कम है। इस प्रकार अव्यवस्था बढ़ेगी और अधिक स्थितिज ऊर्जा निकलेगी क्योंकि अधिक घनत्व वाला द्रव नीचे जाएगा और कम घनत्व वाला ऊपर विस्थापित होगा। रेले-टेलर अस्थिरता के अन्य उदाहरण हैं – ज्वालामुखी विस्फोट और वायुमंडलीय परमाणु विस्फोट से निकले मशरुम बादल, सुपरनोवा विस्फोट जिनमें विस्तारित कोर गैस को अधिक घनी शेल गैस में बदला जाता है, प्लाज़्मा संलयन रिएक्टरों में अस्थिरताएँ जहाँ गर्म प्लाज़्मा को सदृढ़ चुम्बकीय क्षेत्रों से सीमित किया जाता है, तथा जड़त्वीय कन्फाइनमेंट संलयन मशीन।

रेले-टेलर अस्थिरता क्रैब निहारिका में भी दिखती है, जिसमें कुछ 1000 साल पूर्व क्रैण पल्सर द्वारा संचालित विस्तारित पल्सर पवन निहारिका सुपरनोवा विस्फोट से निकली सामग्री को साफ पवन निहारिका सुपरनोवा विस्फोट से निकली सामग्री को साफ कर रहा है। इस अस्थिरता को सूर्य के बाहरी वातावरण अथवा सौर कोरोना में भी देखा जा सकता है, जहाँ एक अपेक्षाकृत घना सौर उभार एक कम

घने प्लाज़्मा बुलबुले से कहीं अधिक है। चुंबकीय रूप से नियंत्रित रेले-टेलर अस्थिरता का यह एक स्पष्ट उदाहरण है।

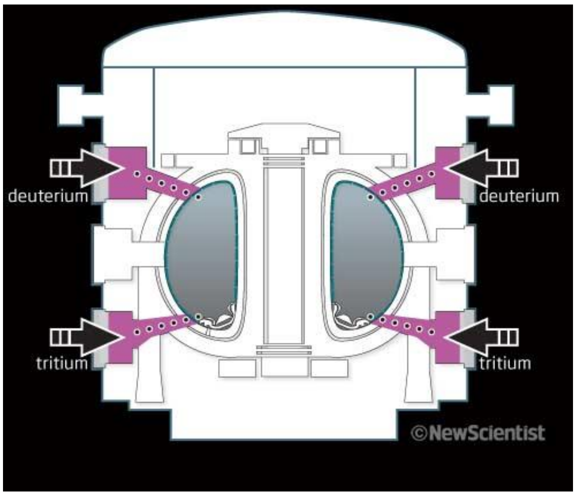
22: इटर कैसे काम करता है

इटर(अंतर्राष्ट्रीय तापनाभिकीय प्रायोगिक रिएक्टर) एक महत्वाकांक्षी अंतर्राष्ट्रीय नाभिकीय संलयन अनुसंधान एवं इंजीनियरिंग की महा परियोजना है। यह विश्व का सबसे बड़ा चुंबकीय परिसीमान प्लाज़्मा भौतिकी प्रयोग होगा। इटर एक प्रयोगिक टोकामक नाभिकीय संलयन रिएक्टर है जिसे फ्रांस के दक्षिण में कडराश में निर्मित किया जा रहा है। इटर संलयन रिएक्टर को 500 मेगावॉट जितनी ऊर्जा कई सेकण्डों के लिए उत्पादन करने के लिए डिज़ाइन किया गया है, जिसे संचालित करने में 50 मेगावॉट ऊर्जा की आवश्यकता होगी। इस प्रकार इस मशीन का उद्देश्य संलयन प्रक्रिया द्वारा निविष्ट ऊर्जा की तुलना में बहुत अधिक ऊर्जा का उत्पादन करने के सिद्धांत को प्रदर्शित करना है जिसे अभी तक किसी भी संलयन रिएक्टर में हासिल नहीं किया गया है। यह परियोजना सात सदस्य देशों - यूरोपीय संघ, भारत, जापान, चीन, रूस, दक्षिण कोरिया, और संयुक्त राज्य अमेरिका द्वारा वित्त पोषित है एवं चलाई जा रही है। इटर टोकामक का जटिल निर्माण कार्य 2013 में शुरू हुआ था। इस संयंत्र का निर्माण चरण 2019 में पूर्ण होने की उम्मीद है और उसी वर्ष रिएक्टर की कमिशनिंग शुरू की जाएगी और 2020 में प्लाज़्मा प्रयोगों को आरंभ करने के बाद पूर्ण ड्यूटेरियम-ट्रिशियम संलयन प्रयोगों को 2027 में आरंभ किया जाएगा। इटर का प्रचालन शुरू होने के बाद यह उपयोग में आनेवाला सबसे बड़ा चुंबकीय परिरोध प्लाज़्मा भौतिकी प्रयोग होगा।

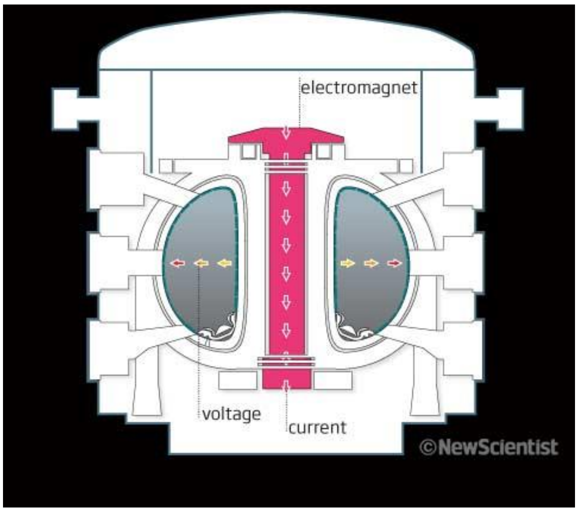


इटर टोकामक का एक कट-ऑफ दृश्य, जो निर्वात पात्र के भीतर डोनट आकार के प्लाज़्मा को दर्शाता है। क्या आप टोकामक के बायीं तरफ नीचे की ओर एक आदमी को देख रहे हैं?

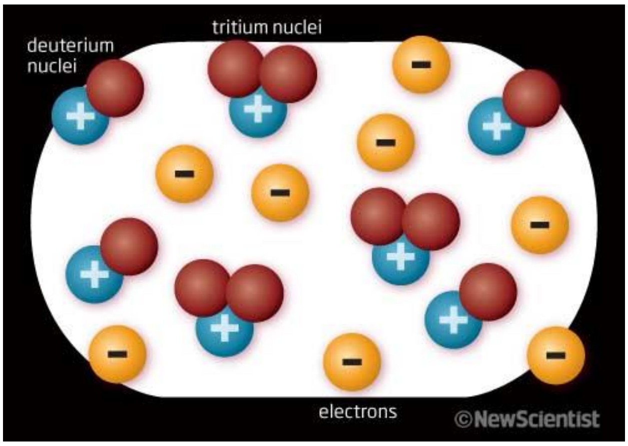
इटर कैसे काम करता है



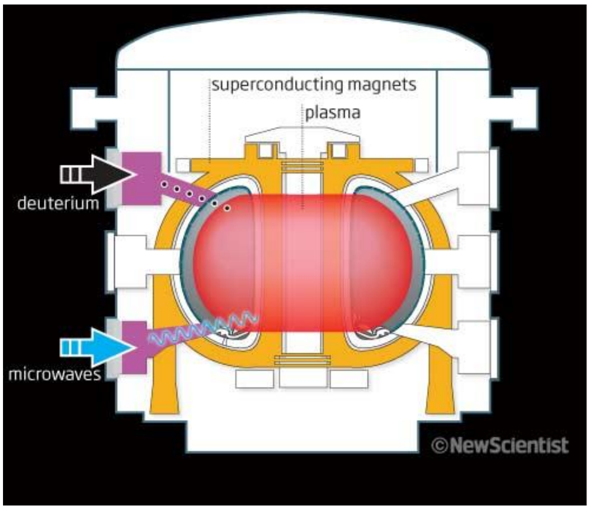
चरण 1: टोकामक नाम के डोनट आकार के निर्वात पात्र में ड्यूटेरियम और ट्रिशियम गैस के कणों को इंजेक्ट किया जाता है। इस गैस का वजन एक डाक स्टैम्प से भी हल्का होता है और इससे एक ओलंपिक स्वीमिंग पूल के एक तिहाई जितना भाग भरा जा सकता है।



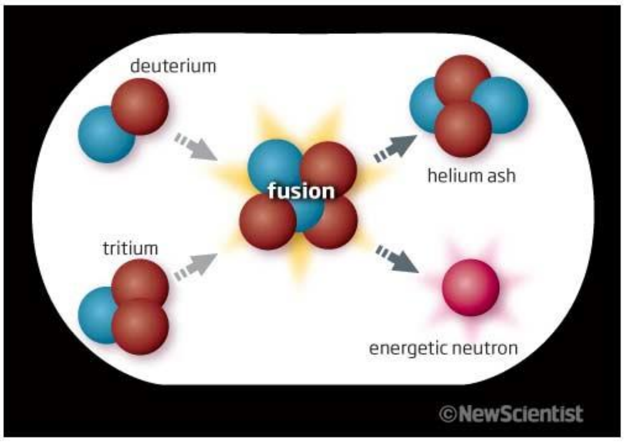
चरण 2: इस विद्युतचुंबक (केन्द्रीय सोलेनोइड) से प्रसारित विद्युत, गैस में वोल्टता उत्पन्न करती है।



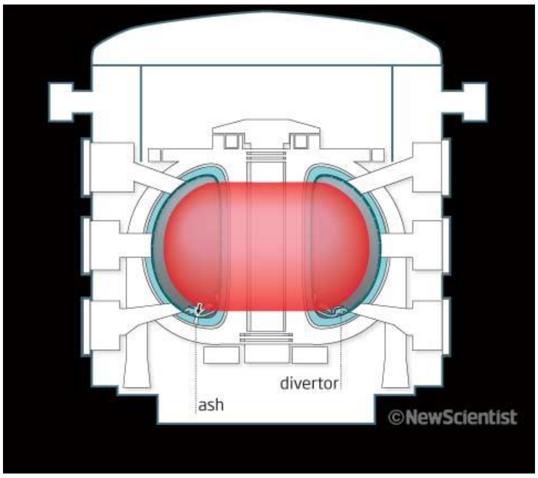
चरण 3: वोल्टेज के कारण ड्यूटेरियम और ट्रिशियम के परमाणु अलग हो जाते हैं। वे कुछ माइक्रो सेकण्ड में ही आवेशित परमाणुओं (आयनों) में बदलकर एक कण सूप बन जाते हैं, जिसे प्लाज़्मा कहते हैं।



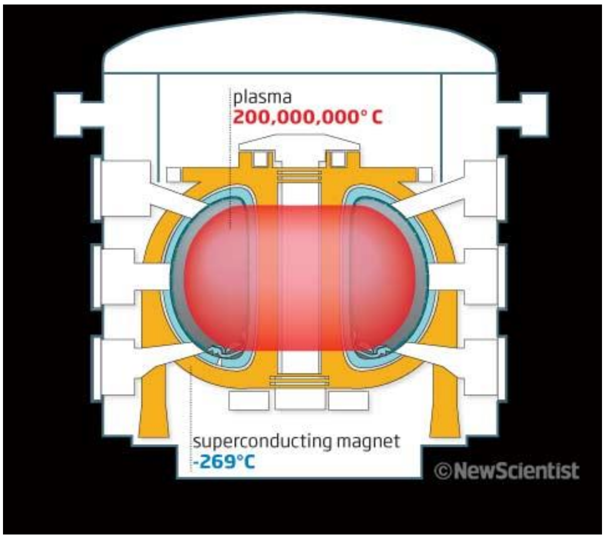
चरण 4: अतिचालक चुंबकीय कॉयलों की श्रृंखला से निर्मित चुंबकीय क्षेत्रों द्वारा निर्वात पात्र में प्लाज़्मा को बंधित किया जाता है। चुंबकीय कॉयल प्लाज़्मा में विद्युत धारा को उत्पन्न करते हुए उसे परिसीमित कर प्लाज़्मा को 10 मिलियन °C तापमान तक ले जाते हैं। लेकिन संलयन प्रक्रिया के लिए यह तापमान अभी तक पर्याप्त नहीं है।



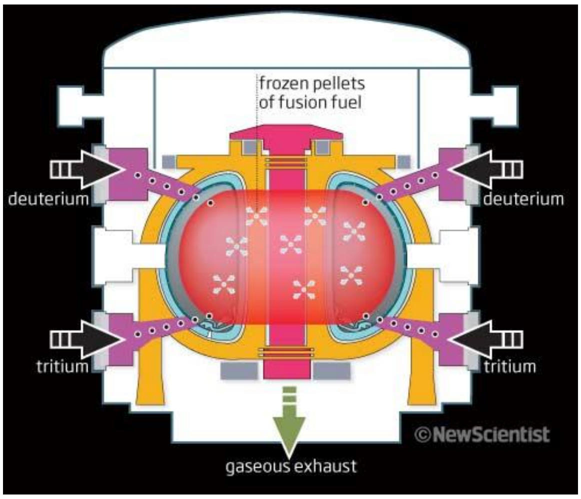
चरण 5: तापमान को और बढ़ाने के लिए वैज्ञानिक, प्लाज़्मा में रेडियो और सूक्ष्मतरंगों व ड्यूटेरियम परमाणुओं के उच्च-ऊर्जा वाले किरणपुंजों को प्रेषित कर देते हैं। इससे प्लाज़्मा 100-200 मिलियन°C के तापमान तक पहुंच जाता है, जो ड्यूटेरियम और ट्रिशियम नाभिक के फ्यूज होने के लिए पर्याप्त तापमान है।



चरण 6: संलयन प्रक्रिया से शक्तिशाली न्यूट्रॉन्स और हीलियम कण उत्पन्न होते हैं जो प्लाज़्मा में अपनी ऊर्जा निक्षेप करते हुए उसे 'राख' बनने से पहले तप्त बनाए रखते हैं। 'राख' को अंततः डायवर्टर के माध्यम से बलपूर्वक बाहर निकाला जाता है।



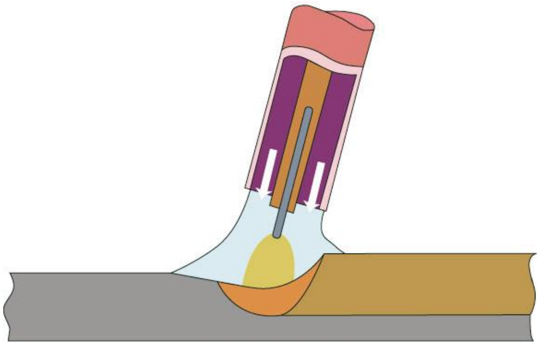
चरण 7: न्यूट्रॉन और अन्य कण, प्लाज़्मा-मुखित घटकों की टाइलों पर बमबारी कर उन्हें गरम करते हैं। भविष्य के पावर स्टेशन में यह ऊष्मा बिजली बनाने के लिए इस्तेमाल की जाएगी। अतिचालक चुंबक निरपेक्ष शून्य के निकट परिचालित होते हैं। प्लाज़्मा के मध्यभाग से चुंबकों की दूरी तक सबसे अधिकतम तापमान प्रवणता दिखाई देती है।



चरण 8: प्रक्रिया को जारी रखने के लिए प्लाज़्मा को निरंतर ड्यूटेरियम और ट्रिशियम ईंधनों से भरते रहना आवश्यक है। गैस के निकास से अनजले ईंधन को भी पुनः प्राप्त किया जाता है और संलयन के ईंधन में जमी हुई गुटिकाओं को प्लाज़्मा में गहराई तक फायरिंग करके प्रक्रिया को लयबद्ध किया जाता है।

23: प्लाज़्मा से झलाई एवं कटाई

प्लाज़्मा दुनिया को संचालित है। शायद यह अतिश्योक्ति लगे, लेकिन ऐसा नहीं है। ज्यादातर वस्तुओं का निर्माण धातु को धातु के साथ जोड़कर किया जाता है- जैसे मोटरवाहन, समुद्री जहाज, हवाई जहाज, रेलगाड़ी, घर का ढांचा, पुल इत्यादि। इनमें से बहुत से जोड़ प्लाज़्मा के उपयोग से किये जाते हैं।


(A)

(B)

चाप वेल्डिंग में, एक इलैक्ट्रोड को विद्युत ऊर्जा स्रोत के एक सिरे से जोड़ा जाता है और दूसरा सिरा जिस धातु को वेल्ड करना होता है उससे जोड़ा जाता है। वेल्डर इलैक्ट्रोड की नोक को इस धातु से स्पर्श करता है और दूर ले जाता है ताकि इलैक्ट्रोड और धातु के बीच लगभग 1 मिमी का अंतर रखा जा सके। विद्युत ऊर्जा का विभव विद्युत धारा के द्वारा इस अंतर को भरता है। धारा हवा को प्लाज़्मा में परिवर्तित करती है जो बहुत तीव्रता का प्रकाश उत्पन्न करता है। इसे चाप वेल्डिंग कहते है। वेल्डर को

इस तीव्र प्रकाश से अपनी आंखों को बचाना होता है। इससे बचाव के लिये वेल्डर हेलमेट पहनता है जिससे प्रकाश का बहुत छोटा भाग ही उसकी आंखों में प्रवेश कर पाता है।

प्लाज़्मा चाप प्रक्रिया से किसी भी धातु को तेजी से काटा जा सकता है और ये प्रक्रिया किफायती भी है। नाईट्रोजन प्लाज़्मा से 8 सेमी मोटी धातु प्लेट को 35 सेमी/ मि. की गति से काटा जा सकता है। ऑक्सीजन प्लाज़्मा से 1 सेमी मोटी स्टील को 4 मीटर प्रति मिनट की गति से काटा जा सकता है। प्लाज़्मा चाप के उपयोग से दोनों धातुओं को जोड़ने और काटकर अलग करने के गुण से पुल, इमारत, पाइपलाइन, ऊर्जा उत्सर्जन सुविधा, मोटरगाड़ी, ट्रक, जहाज और हवाईजहाज आदि बनाने में क्रांतिकारी बदलाव आया है। हम इन सभी धातु संरचनाओं का निर्माण बहुत तेजी से, सुरक्षित रुप में और बड़ी संख्या तथा आकार में कर सकते हैं जो अन्यथा संभव नहीं था।

24: प्लाज़्मा से पर्यावरण की स्वच्छता

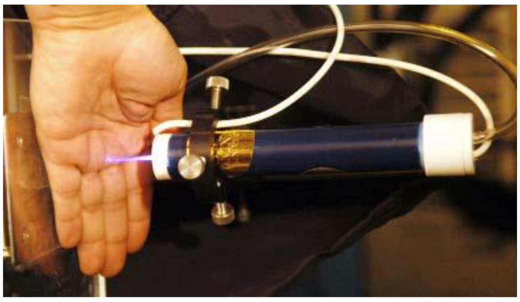
"प्लाज़्मा पाइरोलिसिस" तकनीक द्वारा प्लाज़्मा भट्ठी का उपयोग भारत सहित कई देशों में अलग-अलग प्रकार के कचरें जैसे - अस्पताल के कचरें, जैविक कचरें, रबर पदार्थों और प्लास्टिक व अन्य पेट्रोलियम उत्पादों के कचरों का निपटान करने के लिए किया जाता है। प्लाज़्मा पाइरोलिसिस प्रक्रिया में उत्पन्न हुई गरमी में इस्तेमाल की गई सामग्री रसायनिक गुणधर्म पर आधारित नहीं है। यह एक तेजी से गर्म होने वाली प्रक्रिया है जिसमें $5000^{0}C$ तापमान मिलिसेकंडों में प्राप्त किया जा सकता है। अस्पताल के कचरे का निपटान करनेवाले पाइरोलिसिस संयंत्र में उच्च पराबैंगनी विकिरण प्रवाह रोगाणुओं को नष्ट कर देता है। कुछ प्रणालियों में पाइरोलिसिस चरण के बाद एक दूसरा गैसीकरण चरण आता है। इससे अधिक ऊर्जा वहन करने वाली गैस कचरे से अलग हो जाती हैं। इन गैसों को पेट्रोकेमिकल और रिफाइनिंग उद्योगों में एक मूल रासायनिक कच्चे माल के रूप में भाप या विद्युत उत्पादन करने के लिए ईंधन के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है। प्लाज़्मा अनुसंधान संस्थान, गांधीनगर, गुजरात के एफसीआईपीटी केंद्र ने प्लाज़्मा प्रौद्योगिकी के उपयोग से विभिन्न प्रकार के कचरों के निपटान के लिए प्लाज़्मा पाइरोलिसरों को विकसित किया है।

एफसीआईपीटी, आईपीआर, गांधीनगर द्वारा विकसित प्लाज़्मा पाइरोलिसिस संयंत्र

प्लाज़्मा (तापीय व गैर-तापीय दोनों) का उपयोग करके हवा और धूएं के कारण हो रहे पर्यावरण प्रदूषण पर निगरानी रखी जा सकती है। कम दाब वाला प्लाज़्मा, बड़ी मात्रा में पराबैंगनी विकिरण (UV), एक्स-विकिरण या इलेक्ट्रॉन बीम को वातावरण में उत्सर्जित करता है। जल प्रदूषण को नियंत्रित करने के लिए ये प्लाज़्मा इस्तेमाल किये जा सकते हैं। उदाहरण के लिए तीव्र पराबैंगनी विकिरण पानी के एक सूक्ष्मजीव के डीएनए को निष्क्रिय कर उस जीवाणु की बढ़ती संख्या को रोक सकता है। इस प्लाज़्मा आधारित UV पद्धति की प्रक्रिया में कुछ ही सेकंड लगते हैं और इससे पानी के स्वाद और महक पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता और यह पद्धति जलजनित बैक्टेरिया और वायरस को प्रभावित कर नियंत्रित करती है। प्लाज़्मा के उपयोग से भूमि के प्रदूषण को भी नियंत्रित किया जा सकता है।

25: चिकित्सा में प्लाज़्मा का उपयोग

प्लाज़्मा का उपयोग स्वास्थ्य से जुड़ी कई समस्याओं का उपचार करने में किया जा रहा है। चिकित्सा में प्रयोग होने वाले प्लाज़्मा प्रभावी उपचार के लिए आवश्यक परमाणुओं और अणुओं की प्रतिक्रियाशील प्रजातियों का उत्पादन करने हेतु पर्याप्त गरम होते हैं, साथ ही कोशिका को कोई नुकसान पहुंचाए बिना पर्याप्त ठंडे भी होते हैं। वैज्ञानिकों ने कई ऐसे तरीके ईजाद किये हैं जिसमें प्लाज़्मा से जीवित कोशिका के रोगाणुओं को निष्क्रिय करना, स्वस्थ कोशिका को हानि पहुँचाए बिना रक्त स्राव को रोकना, संक्रमण से घाव को बचाना और तेजी से घाव को भरना और प्लाज़्मा से कैंसर की कुछ कोशिकाओं की पहचान कर ऐसी कोशिकाओं को नष्ट किया जा सकता है।


(A)

(B)

बैक्टीरिया प्लाज़्मा द्वारा बनाए गये कड़े वातावरण का सामना नहीं कर सकतें। उन्होंने पाया है कि चन्द मिनटों या सेकण्डों में ही बैक्टीरिया बड़ी संख्या में मारे जाते हैं, और यह बैक्टीरिया की नस्ल पर निर्भर करता है। प्लाज़्मा के इसी गुण का इस्तेमाल करके ऐसे प्लाज़्मा उपकरण बनाए गये हैं जो चिकित्सा औजारों को नुकसान किए बिना जीवाणुमुक्त कर सकते हैं। प्रतिक्रियाशील वर्ग के अणुओं और परमाणुओं से बना प्लाज़्मा सामान्य तापमान पर शल्य औजारों एवं चिकित्सा उपकरणों की सतह पर जमे बैक्टीरिया, वायरस तथा फन्गस को तेजी से मार सकता हैं। प्रतिक्रियाशील प्लाज़्मा वर्ग जीवों व वनस्पति ऊतकों को बहुत कम या सहनीय नुकसान पहुँचाती हैं, परन्तु वह बैक्टीरिया कोशिकाओं को नष्ट कर देता है।

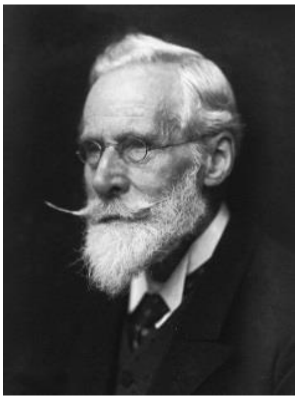
दंत चिकित्सा के क्षेत्र में शीत प्लाज़्मा का उपयोग प्लाज़्मा मौखिक बायोफिल्म (जिसे आम-तौर पर slime के नाम से जाना जाता है) को नियंत्रित करने का एक प्रभावी तरीका है। यह एक अत्यंत संगठित

जीवाणु समुदाय है। दांतों के ऊपर जमने वाला प्लाक मौखिक बायो-फिल्म का एक उदाहरण है। प्रयोगों में यह पाया गया है कि प्लाज़्मा दंत क्षय करने वाले जीवाणुओं को निष्क्रिय करके पेरियोडॉन्टल रोगों को नियंत्रित करता है।

डेन्टिन (दाँत के इनेमल के नीचे की कैल्सीफाईड ऊतक संरचना) में प्लाज़्मा का प्रयोग करने पर संक्रमण कम होने का पता चला था। प्लाज़्मा दंत गुहा में से संक्रमित ऊतकों को बाहर निकाल सकता है। इस प्रकार प्लाज़्मा एक दिन दंत चिकित्सकों की डरावनी ड्रिल की जगह ले सकता है जिससे रोगियों को हल्का दर्द या दर्द ही महसूस न हो!

प्लाज़्मा भौतिकी के 26 निर्माता

विलीयम क्रुक्स



सर विलीयम क्रुक्स (17 जून 1832 – 4 अप्रैल 1919) एक अंग्रेज रसायनशास्त्री एवं भौतिकशास्त्री थे जिन्होंने स्पैक्ट्रोस्कोपी पर काम किया है। क्रुक्स के मुख्य उल्लेखनीय रसायन अभ्यासों में थेलीयम तत्व की खोज शामिल है। प्लाज़्मा के अस्तित्व की खोज सब से पहले क्रुक्स ने एक असेंबली का प्रयोग करके की थी जो आज "क्रुक्स नलिका" (ट्यूब) के नाम से जानी जाती है, एक असेंबली जिसमें वायु (अथवा गैस) का एक वोल्टेज कुण्डली के माध्यम से उच्च वोल्टेज का प्रयोग करके आयनीकृत किया जाता है। उन्होंने सुझाया कि नलिका में कोई ऐसा द्रव्य भरा हुआ था जिसे उन्होंने "चतुर्थ अवस्था" नाम दिया, अर्थात अणुओं का औसत मुक्त मार्ग इतना विशाल है कि उनके बीच होने वाली टक्कर को नज़र अंदाज किया जा सकता है।क्रुक्स नलिका आंशिक निर्वात (वेक्यूम), वाली एक प्रारंभिक प्रयोगात्मक विद्युत निर्वहन नलिका थी, जिसमें कैथोड़ किरणों, अथवा इलेक्ट्रॉन धाराओं की खोज की गई। क्रुक्स ने निर्वात में इलेक्ट्रॉनों के महत्वपूर्ण गुणों के बारे मे बताया, जिसमें यह तथ्य भी शामिल है कि चुंबकीय क्षेत्र उत्सर्जन के झुकाव का कारण बनता है।

हेन्स एल्फ़वेन

हेंस ओलोफ़ गुस्ता एल्फ़वेन (30 मई 1908 – 2 अप्रैल 1995) एक स्वीडीश विद्युत अभियंता, प्लाज़्मा भौतिकीशास्त्री एवं मैग्नेटोहाइड्रोडैनामिक्स (MHD) पर अपने कार्य के लिए वर्ष 1970 के भौतिकशास्त्र के नोबेल पुरस्कार विजेता हैं। उन्होंने प्रारंभतः एक विद्युत शक्ति अभियंता के रूप में प्रशिक्षण पाया था और तत्पश्चात वे प्लाज़्मा भौतिकी एवं विद्युत अभियांत्रिकी में अनुसंधान और शिक्षण की ओर स्थानांतरित हो गए। एल्फ़वेन ने प्लाज़्मा भौतिकी, चार्ज कण किरणों, अन्तर्ग्रहीय माध्यम, मैग्नेटोहाइड्रोडैनामिक्स तथा सौर घटनाओं की जाँच, जैसा कि सौर हवाएँ, तथा ऊषा सम्बंधी विज्ञानके विकास में केंद्रीय भूमिका निभाई है। उन्होंने वॅन एलेन विकिरण बेल्ट, पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र पर चुम्बकीय तूफ़ानों का प्रभाव, स्थानीय चुंबकमंडल, तथा आकाशगंगा में प्लाज़्मा की गतिशीलता को समझने में मौलिक योगदान किया है।उन्होंने MHD तरंगों के एक वर्ग (निम्न आवृत्ति जल-विद्युतचुंबकीय प्लाज़्मा दोलन) का विवरण दिया है, जो कि अब उनके सम्मान में एल्फ़वेन तरंगों के नाम से जानी जाती हैं। सौर मंडल से सम्बंधित उनके कई सिद्धांतों को कॉमेट्री और ग्रहों के चुंबकक्षेत्रों के बाह्य माप के द्वारा 1980 के दशक के अंत तक सत्यापित किया गया।

पीटर डिबाई

पीट्रस (पीटर) जोसेफस विलहेल्मस डिबाई (24 मार्च 1884 – 02 नवम्बर 1966) का जन्म मास्ट्रीच, नीदरलैंड्स में हुआ था।

वे एक डच-अमरिकन भौतिकशास्त्री थे, और उन्होंने प्रेरित द्विध्रुवीय क्षणों और एक्स-रे विवर्तन का प्रयोग करके आणविक संरचानाओं की जांच पद्धति विकसित की थी। उन्होंने आइंस्टीन की पद्धति में कम आवृत्ति वाले फोनोंस की फैक्टरिंग कर के आल्बर्ट आइंस्टीन के विशिष्ट ऊष्मा सिद्धांत पर आगे कार्य किया। सन् 1915 में उन्होंने यह बताया कि कैसे तापमान ठोस स्फटिकों में एक्स-रे विवर्तन पैटर्न को बदलता है।यद्यपि वे प्रशिक्षण एवं पेशे से भौतिकशास्त्री थे, तथापि उन्होंने द्विध्रुवीय क्षणों पर अपनी जांच के माध्यम से आणविक संरचना का अध्ययन और गैसों में एक्स-रे और इलेक्ट्रॉनों के विवर्तन पर अपने योगदान के लिए 1936 में रसायनशास्त्र में नोबेल पुरस्कार जीता था। उन्होंने नमक के घोलों में विद्युत चालकता, ठोस पदार्थों की ऊष्मा क्षमता, ध्रुवीय अणुओं का सिद्धांत, तथा वान डर वॉल के अणुओं के बीच के बलों पर भी अध्ययन किया था। प्लाज़्मा भौतिकी में उन्हें □डिबई लम्बाई (लैंथ)□ के लिए विशेषरुप से जाना जाता है, जो कि एक मापक है, जिस पर गतिशील चार्ज वाहक (जैसे इलेक्ट्रॉन) प्लाज़्मा और अन्य वाहकों में विद्युत के क्षेत्र को बाहर निकालते हैं।दूसरे शब्दों में कहें तो, डिबई लम्बाई वह अंतर है जिस अंतर पर महत्वपूर्ण चार्ज विभाजन हो सकता है।गैस निर्वहन, अथवा टोकामक में डिबाई लम्बाई10^{-4} m जितनी छोटी हो सकती है, जबकि अंतरिक्ष माध्यम में यह 10^{5} m जितनी बड़ी हो सकती है।

अर्विंग लैंग्म्यूर

अर्विंग लैंग्म्यूर (31 जनवरी 1881 – 16 अगस्त 1957) एक अमरीकी रसायनशास्त्री एवं भौतिकीशास्त्री थे। विज्ञान के क्षेत्र में उनके शुरुआती योगदान प्रकाश बल्ब के उनके अध्ययन के माध्यम से आएँ। प्रसार पम्प में सुधार उनका पहला प्रमुख विकास कार्य था, जो अंतत उच्च निर्वात शुद्ध करने वाले तथा एंप्लिफ़ायर नलिकाओं के आविष्कार में परिणामित हुआ। उसके एक वर्ष बाद, उन्होंने अपने सहकर्मी लूई टॉन्क्स के साथ मिलकर यह खोज की कि, बल्ब में आर्गन या इस जैसी अक्रिय गैस भरने से टंग्स्टन फिलामैंट का जीवन काल बहुत लम्बा किया जा सकता है। वे प्लाज़्मा पर कार्य करने वाले प्रथम वैज्ञानिकों में से एक हैं और आयनित गैसों का नामकरण करनेवाले वे पहले व्यक्ति थे, क्योंकि वे उन्हें रक्त प्लाज़्मा की याद दिलाती थीं। लैंग्म्यूर और टॉन्ग्स ने प्लाज़्मा में इलेक्ट्रॉन घनत्व तरंगों की खोज की थी जोकि अब लैंग्म्यूर तरगों के नाम से जानी जाती है। उन्होंने इलेक्ट्रॉन तापमान की अवधारणाओं का परिचय कराया, तथा 1924 में, इलेक्ट्रोस्टेटिक प्रोब, जोकि अब लेंगमूर प्रोब के नाम से जाना जाता है, और प्लाज़्मा भौतिकी में प्राय:प्रयुक्त होता है,के द्वारा तापमान तथा घनत्व को मापने की नैदानिक पद्धति का आविष्कार किया। उन्होंने परमाणु हाइड्रोजन की भी शोध की, जिसका प्रयोग उन्होंने परमाणु हाइड्रोजन वेल्डिंग प्रक्रिया का आविष्कार करके किया, जो की विश्व का पहला प्लाज़्मा वेल्ड है।

प्लाज़्मा वेल्डिंग बाद में गैस टंग्स्टन आर्क वेल्डिंग के रुप में विकसित किया गया। सतह रसायनशास्त्र में आविष्कारों तथा जाँचों के लिए उन्हें 1932 में रसायनशास्त्र का नोबेल पुरस्कार प्रदान किया गया।

लेव अंद्रीविच आर्ट्समोविच

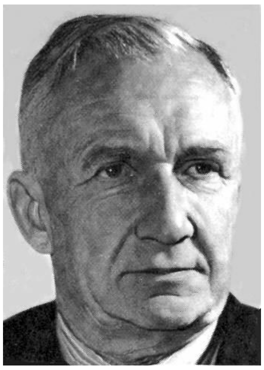
लेव अंद्रीविच आर्ट्समोविच (15 फरवरी 1909 – 01 मर्च 1973) एक रुसी भौतिकशास्त्री थे, जिन्होंने नाभिकीय भौतिकी तथा प्लाज़्मा भौतिकी के क्षेत्र में कार्य किया है; तथा वे नियंत्रित परमाणु संलयन के क्षेत्र में अग्रणी रहे हैं। आर्ट्समोविच का कुर्चाटोव (1935) के साथ किया गया अनुसंधान ऐसा पहला अनुसंधान था जिसने यह दिखाया कि प्रोटॉन द्वारा कब्जे में लिए गए धीमे न्यूट्रॉन की अनुप्रस्थ काट तुलनात्मक रूप से बहुत बड़ी है। 1944-1949 के दौरान उन्होंने सोवियत परमाणु बम परियोजना पर कार्य किया था। 1951 से मृत्यु पर्यंत वे सोवियत संलयन पावर कार्यक्रम के प्रमुख थे। 1950 के दशक के प्रारम्भ से, आर्ट्समोविचके आई.वी. कुर्चाटोव परमाणु ऊर्जा संस्थान के वैज्ञानिक अनुभाग के निदेशक पद पर रहते हुए, उन्होंने तापनाभिकीय अनुसंधान के विशाल एवं जटिल संयंत्रों का निर्माण करवाया। उन्हें "टोकामक का जनक" कहा जाता है। उनके मार्गदर्शन में विशेषकर टोकामक मशीनों में उच्च ताप प्लाज़्मा की तेजी से बढ़ोतरी हुई थी; और पहली बार प्रयोगशाला में थर्मोन्यूक्लियर संलयन प्रतिक्रिया उत्पन्न की गई।

आंद्रेई **सखारोव**

आंद्रेई सखारोव (21 मई 1921 – 14 दिसम्बर 1989) एक प्रतिष्ठित रुसी नाभिकीय भौतिकशास्त्री एवं नोबेल शांति पुरस्कार विजेता थे। द्वितीय विश्व युद्ध के उपरांत, साखारोव ने सोवियत शस्त्रों के अनुसंधान में योगदान दिया था, तथा सोवियत परमाणु बम परियोजना में 1949 में उपकरण के परीक्षण तक अपना

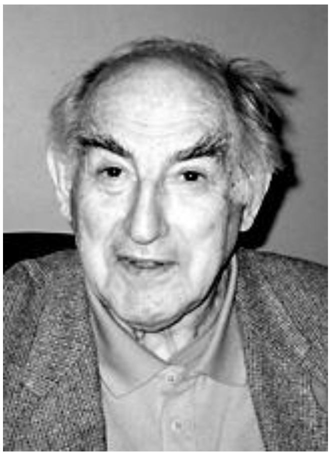
योगदान दिया था। तत्पश्चात, सखारोव ने तापनाभिकीय हाइड्रोजन बम के विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई, जिसका प्रथम परीक्षण 1953 में किया गया था, जिसके बाद 1955 में मेगाटन श्रेणी के प्रथम सोवियत हाइड्रोजन बम का परीक्षण किया गया था। हाइड्रोजन बम के निर्माण में तीन मौलिक विचारों का समावेश था, जिसमें प्रथम एवं तृतीय विचार (क्रमशः बम के परत की संरचना तथा विकिरणों का अंतःस्फोट) में साखारोव का योगदान था। द्वितीय विचार, जोकि तापनाभिकीय ईंधन ट्रिशियम के अभिजनन से सम्बंधित है, यह गिंज़बर्गका योगदान था। 1950 में, इगोर टॅम के सहयोग से उन्होंने नियंत्रित परमाणु संलयन रिएक्टर, टोकामक, के विचार का प्रस्ताव पेश किया था, जोकि इस क्षेत्र में होनेवाले अधिकांश कार्यों का आधार है, तथा टोरस-आकार के चुंबकीय क्षेत्र द्वारा अत्यंत गर्म आयनित प्लाज़्मा को सीमित करने के आधार पर आधारितहै। 1989 में वे नई संसद में निर्वाचित हुए थे, तथा उन्होंने कुछ समय के लिए लोकतांत्रिक विरोध का सह-नेतृत्व किया था। इसके तुरंत बाद उनका निधन हो गया।

इगोर टॅम



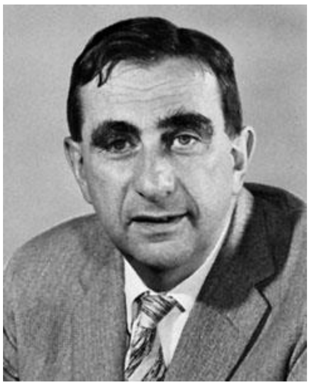
इगोर टॅम एक सोवियत रुसी भौतिकशास्त्री और गणितज्ञ थे (8 जुलाई 1895 – 12 अप्रैल 1971), जिन्हें 1958 में फ्रैंक के साथ चेरेनकोव विकिरण के पीछे के विज्ञान को स्पष्ट करने के लिए अपने सह भौतिकशास्त्री पावेल एलेक्सेविच चेरेंकोव तथा इल्या फ्रैंक के साथ संयुक्तरुप से नोबेल पुरस्कार से नवाजा गया था। टॅम के स्फटीकीय ठोस पदार्थों की सतह पर विशिष्ट प्रकार के इलेक्ट्रॉन बॉण्ड पर किए गए प्रारंभिक कार्य को सॉलिड स्टेट अर्धचालक उपकरणों के विकास में महत्वपूर्ण रूप से लागू किया गया था। उन्होंने विटाली एल. गिंजबर्ग तथा आंद्रेई डी. सखारोव समेत अन्य के साथ मिलकर सोवियत संघ के लिए प्रथम तापनाभिकीय बम तैयार करने में भी योगदान दिया था। नियंत्रित तापनाभिकीय संलयन (सीटीएफ) को प्राप्त करने के लिए एक टोराइडल चुंबकीय क्षेत्र का उपयोग करके प्लाज़्मा का परिरोध करने के लिए एक टोकामक प्रणाली का प्रस्ताव आंद्रेई सखारोव ने 1951में किया था, जिसे कुछ वर्षों बाद सफलतापूर्वक विकसित किया गया था।

विटाली लेज़ारविच गिंजबर्ग



विटाली लेज़ारविच गिंजबर्ग (4 अक्टूबर 1916 – 8 नवम्बर 2009) एक रुसी भौतिकशास्त्री तथा इगोर टॅम और आंद्रेई सखारोव के साथ एक ग्रुप के सदस्य थे, जिन्होंने साथ मिलकर सोवियत हाइड्रोजन बम का विकास किया था। हाइड्रोजन बम के निर्माण में तीन "मौलिक विचारों" का समावेश था, जिसमें प्रथम एवं तृतीय विचार (क्रमशः बम के परत की संरचना तथा विकिरणों का अंतःस्फोट) यह सखारोव का योगदान था। द्वितीय विचार, जोकि आवश्यक थर्मोन्यूक्लियर ईंधन ट्रिशियम के अभिजनन (lithium duteride^{6}LiD का उपयोग कर,^{6}Li तथा एक न्यूट्रॉन की प्रतिक्रिया के माध्यम से, ट्रिशीयम, ^{3}H प्राप्त करना) से सम्बंधित है, यह गिंज़बर्गका योगदान था। इसके साथ ही वे गुप्त शस्त्र कार्यक्रम में भी शामिल थे, तथा मौलिक शुद्ध अनुसंधान पर भी कार्य कर रहे थे, जिसके परिणामस्वरुप उन्होंने लैंडऊ के साथ सुपरकंडक्टिविटी की घटना पर अपना सुप्रसिद्ध लेख प्रस्तुत किया था। सुपरकंडक्टिविटी का प्रौद्योगिकी पर भारी प्रभाव होता है, जैसाकि MRI में उपयोग में आने वाले शक्तिशाली विद्युतचुम्बकों का निर्माण, लार्ज हैड्रान कोलाइडर, तथा ITER. उन्हें सुपरकंडक्टिविटीपर किए गए अपने कार्य के लिए वर्ष 2003 में भौतिकी का नोबेल पुरस्कार प्रदान किया गया (अलेक्सी अलेक्सीविक अब्रकोसोव और एंथनी जेम्स लेगेट के साथ)। उन्होंने क्वाण्टम सिद्धांत, आयनोस्फीयर से विद्युतचुम्बकीय तरंगों का प्रचार, ब्रह्मांडीय किरणों की उत्पत्ति रेडियोखगोल विज्ञान तथा खगोलभौतिकी जैसे विविध क्षेत्रों में योगदान दिया है।

एडवर्ड टेलर



एडवर्ड टेलर (15 जनवरी 1908 – 09 सितम्बर 2003) एक हंगरी मूल के अमरिकी सैद्धांतिक भौतिक वैज्ञानिक थे, जिन्हें आम भाषा में हाइड्रोजन बम का जनक कहा जाता है। टेलर ने भौतिकी में Ph.D की उपाधि वर्ष 1930 में वर्नर हाइजेनबर्ग के मार्गदर्शन में लीपज़िग विश्वविद्यालय से प्राप्त की थी। तत्पश्चात, वे क्वांटम, आणविक और परमाणु भौतिकी के क्षेत्र में काम करने के लिए जॉर्ज वॉशिंगटन विश्वविद्यालय, अमरिका चले गए। वे मॅनहटन परियोजना के शुरुआती सदस्य थे, जिन्हें परमाणु बम विकसित करने का प्रभार सौंपा गया था। टेलर ने बम अनुसंधान में मूल्यवान योगदान दिया है। इसी समय के दौरान उन्होंने संलयन आधारित पहले शस्त्र विकसित करने का गहन प्रयास किया, परंतु उसे द्वितीय विश्वयुद्ध के बाद तक के लिए टाल दिया गया। टेलर ने वर्ष 1950 में लॉस अल्मोस में हाइड्रोजन बम पर काम करना शुरु किया। वर्ष 1951 में, टेलर और स्टैनिस्लाव उलाम ने मेगाटन स्तर के एक हाइड्रोजन बम का एक ऐसा डिज़ाइन प्रस्तुत किया जो अंततः कारगर था। प्रथम हाइड्रोजन बम का विस्फोट 1 नवम्बर, 1952 को प्रशांत महासागर में स्थित एनवेकेट पर किया गया जोकि एक प्रवालद्वीप है और यह बम कुछ वर्ष पूर्व हिरोशिमा पर गिराए गए विखंडन बम से 1000 गुना अधिक शक्तिशाली था। बाद के वर्षो में, टेलर सैन्य और नागरिक समस्याओं दोनों के लिए अपने विवादास्पद तकनीकी समाधान की वकालत के लिए विशेष रुप से जाने जाने लगे।

मार्शल रोज़ेनब्लूथ

मार्शल रोज़ेनब्लूथ (05 फरवरी 1927 – 28 सितम्बर 2003) एक तेजस्वी अमरिकी प्लाज़्मा भौतिक शास्त्री थे जिनका वर्ष 1950 के दशक में अमरिकी हाइड्रोजन बम के विकास में प्रमुख योगदान था। वर्ष 1950 में, एडवर्ड टेलन ने लॉस अल्मोस हाइड्रोजन बम निर्माण करनेवाली टीम में उन्हें भर्ती किया था। अमरिका ने प्रथम हाइड्रोजन बम का विस्फोट प्रशांत महासागर में स्थित एनवेकेट पर किया गया जोकि एक प्रवालद्वीप है और यह बम कुछ वर्ष पूर्व हिरोशिमा पर गिराए गए पारम्परिक विखंडन बम से 700 गुना अधिक शक्तिशाली था। बाद में रोज़ेनब्लथ नें अपना ध्यान शांतिपूर्ण उद्देश्यों के लिए परमाणु संलयन के दोहन की ओर मोड़ दिया।वे, ट्रिस्टी, इटली में अंतर्राष्ट्रीय सैद्धांतिक भौतिकी केंद्र के गठन के तथा अंतर्राष्ट्रीय तापनाभिकीय प्रायोगिक रिएक्टर (ITER) कार्यक्रम के मजबूत समर्थक थे जो शक्ति उत्पन्न करने के लिए संलयन का उपयोग करने की व्यवहार्यता को प्रदर्शित करने हेतुएक कार्यक्रम है। रोज़ेनब्लथ के सूत्र का इस्तेमाल इलेक्ट्रॉन के बिखराव की प्रायोगिक जांच करने के लिए किया जाता है। वर्ष 1953 में, मेट्रोपोलिस एल्गोरिथ्म व्युत्पन्न किया जो सांख्यिकी और सांख्यिकीय भौतिकी में प्रयोग में व्यापक रूप से प्रयुक्त किया जाता है।प्लाज़्मा भौतिकी में, उन्होंने व्यापक रूप से प्लाज़्मा अस्थिरता के सिद्धांत में योगदान दिया। नियंत्रित तापनाभिकीय संलयन में 50 वर्ष के अनुसंधान के क्षेत्र में रोज़ेनब्लूथ एक प्रेरक शक्ति रहे हैं।

मेघनाद साहा

मेघनाद साहा (६ अक्टूबर १८९३ - १६ फरवरी, १९५६) सुप्रसिद्ध भारतीय खगोलविज्ञानी (एस्ट्रोफिजिसिस्ट्) थे। साहा का जन्म ढाका से ४५ कि॰मी॰ दूर शिओरताली गाँव में हुआ था। वे साहा समीकरण के प्रतिपादन के लिये प्रसिद्ध हैं। यह समीकरण तारों में भौतिक एवं रासायनिक स्थिति की व्याख्या करता है।

सन १९२३ से सन १९३८ तक वे इलाहाबाद विश्वविद्यालय में प्राध्यापक भी रहे। इसके उपरान्त वे जीवन पर्यन्त कलकत्ता विश्वविद्यालय में विज्ञान फैकल्टी के प्राध्यापक एवं डीन रहे। सन १९२७ में वे रॉयल सोसायटी के सदस्य (फेलो) बने। सन १९३४ की भारतीय विज्ञान कांग्रेस के वे अध्यक्ष थे। साहा इस दृष्टि से बहुत भाग्यशाली थे कि उनको प्रतिभाशाली अध्यापक एवं सहपाठी मिले।

इन्होंने साहा नाभिकीय भौतिकी संस्थान तथा इण्डियन एसोसियेशन फॉर द कल्टिवेशन ऑफ साईन्स नामक दो महत्वपूर्ण संस्थाओं की स्थापना की।

प्रदिमन कृष्णकाव

प्रदिमन कृष्ण काव (15 जनवरी 1948 – 18 जून 2017) का जन्म श्रीनगर (जम्मू कश्मीर) में 15 जनवरी 1948 को हुआ। वर्ष 1966 में, 18 वर्ष की अल्पायु में, भारतीय प्रद्योगिकी संस्थान, दिल्ली से प्लाज़्मा भौतिकी में Ph.D. की उपाधि अर्जित करने के उपरांत, वे प्रिंस्टन विश्वविद्यालय, अमरिका चले गए, जहाँ उन्होंने पोस्ट-डोक्टोरल के रुप में कार्य किया; और तत्पश्चात सहायक प्राध्यापक रहें। वर्ष 1971 में वे वापस भारत आ गए, और भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद में सहायक प्राध्यापक के रुप में कार्य करने के बाद, वर्ष 1975 में पुन: प्रिंस्टन विश्वविद्यालय, अमरिका में प्राध्यापक के पद पर कार्य करने के लिए लौट गए। वर्ष 1982 में, वे विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग द्वारा संस्थापित प्लाज़्मा भौतिकी कार्यक्रम का प्रारम्भ एवं संचालन करने के लिए भारत वापस आ गए। यह कार्यक्रम बहुत विकसित हुआ और तेजी से आगे बढ़ा; और इसके फलस्वरूप वर्ष 1986 में प्लाज़्मा अनुसंधान संस्थान की स्थापना हुई, जिसके वे संस्थापक निदेशक बन गए। उनके नेतृत्व में संस्थान ने प्रथम स्वदेशी टोकामक *आदित्य* का निर्माण एवं संचालन किया, सुपरकंडक्टिंग टोकामॅक SST-2 का निर्माण एवं संस्थापन किया, संलयन प्रौद्योगिकियों का बड़ी संख्या में विकास;तथा विभिन्न प्रकार के प्लाज़्मा प्रयोगों और संबंधित सिद्धांत और कंप्यूटर सिमुलेशन का विकास किया।संस्थान ने समाज के लिए लाभकारी कई प्लाज़्मा प्रसंस्करण प्रौद्योगिकी का सफलतापूर्वक विकास किया। वर्ष 2005 में, उनके नेतृत्व में, यूरोप, अमरिका, रुस, जापान, चीन तथा दक्षिण कोरिया के साथ भारत प्रतिष्ठित ITER (अंतर्राष्ट्रीय तापनाभिकीय प्रायोगिक रिएक्टर) में भागीदार हुआ। श्री काव का अनुसंधान अरेखीय प्लाज़्मा भौतिकी के क्षेत्र में रहा है, जहाँ उन्होंने लेज़र संलयन, चुंबकीय रूप से सीमित संलयन, डस्टी प्लाज़्मा, क्वार्क ग्लूओन प्लाज़्मा, गैर-तटस्थ प्लाज़्मा, अंतरिक्ष और खगोल भौतिकी आदि के संबंध में कई नए विचार प्रस्तुत करने में अपना योगदान किया है। श्री काव को पद्मश्री समेत कई राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय पुरस्कारों से सम्मानित किया जा चुका है।