



अणू संरचनेचा इतिहास नाट्यरूपात उलगडणाऱ्या ह्या लेखातील कलाकार शास्त्रज्ञ व त्यांचे प्रयोग :

- १) महर्षी कणाद
- २) डेमॉक्रिटस
- ३) रॉबर्ट बॉईल
- ४) लुई प्राऊस्ट
- ५) जॉन डाल्टन
- ६) जोसेफ जॉन थॉमसन
- ७) विल्यम गिल्बर्ट
- ८) चार्ल्स फ्रान्सवा
- ९) थॉमसन
- १०) रूदरफोर्ड
- ११) बोर
- १२) जेम्स चॅडविक.



अणूपासून ब्रह्मांडाएवढा

आपल्या मानवी शरीराचे कार्य कसे चालते त्याचे बरेचसे बारकावे आपल्याला माहित झाले आहेत. शरीर वेगवेगळ्या प्रकारच्या पेशींनी बनले आहे परंतु DNA त्यातील महत्वाची भूमिका पार पाडत असतो. तसेच आपले हे सुंदर, विविधतेने व वैचित्र्याने नटलेले परंतु काही विशिष्ट नियमाने चालणारे विश्व केव्हा व कसे निर्माण झाले याचे कुतुहल मानवी मनाला नेहमीच सतावत आले आहे. त्याचे मूळ विविध मूलद्रव्ये व त्यातील अणूरेणू यातच आहे असे म्हणायला शंका राहिली नाही. अणू हाच जणू या सर्वांचा DNA आहे असे म्हणणे वावगे ठरणार नाही! जसजसे खोलात जाऊ तसतसे या इवलुश्या, डोळ्याला न दिसणाऱ्या 'अणूपासून ब्रह्मांडाएवढा - - -' पसारा वाढतच गेला . त्यांच्या किंवा एकूणच विज्ञानातील संकल्पना उलगडत असतांना, हं आता उत्तर सापडलं, अज्ञान दूर झालं असं वाटत असतानाच आपलं अज्ञान किती आहे याचा प्रत्यय येऊ लागतो. अशा या शोध घेण्याच्या प्रयत्नात 'असे का व कसे ' या पायावर चाचपणी करणे म्हणजेच वैज्ञानिक दृष्टिकोन रुजविण्यास प्रवृत्त करणे यासाठी, ' इतिहास ' ही जणू एक नाट्यकृती आपण अनुभवुया! चला तर मग, तुम्ही व आम्ही प्रेक्षक परंतु आपल्याला 'असे का व कसे ' असे प्रश्न विचारायचा अधिकार अबाधित आहे. पूर्वी विशेषतः संगीत नाटकात अगोदर नांदी म्हटली जात असे. (" प्रभुपदास नमितदास.....") तशी या कार्यक्रमाची नांदी भारतीयाने म्हटली त्याचे नांव तुम्हाला माहित आहेच !





महर्षी कणाद :



इसवी सनापूर्वीचं ५ वे शतक होते. त्यावेळची परिस्थिती डोळ्यासमोर आणा. आताच्या गुजराथ मध्ये जन्मलेल्या उलुका किंवा औल्यूक्य किंवा काश्यप या नावाने ओळखला जाणारा एक तत्ववेत्ता होऊन गेला. त्याने वैशेषिका नावाच्या गुरुकुलाची स्थापना केली होती. तेथे तत्वज्ञान व भौतिकशास्त्र याचे शिक्षण दिले जात असे. कणाद यांनी सांगितले की, कोणत्याही पदार्थाचे भाग करीत गेलं, तुकडे करीत गेलं, तर तसे काही ठराविक मर्यादेपर्यंतच करणे शक्य आहे. त्यापुढे त्या पदार्थाचे अजून लहान भाग करणे शक्य

नाही. त्या डोळ्यांना न दिसणाऱ्या कणांना त्याने परमाणू असे नाव दिले. ते ऋषी 'बारीक कण, बारीक कण' म्हणायचे म्हणून लोक त्यांना 'कणाद' म्हणू लागले. अशी एक आख्यायिका आहे. कणाद तेवढ्यावरच थांबले नाहीत तर परमाणूची त्यांनी वेगवेगळ्या सहा प्रकारे मांडणी केली. जसे मूळ, सामान्यता, द्रव्य, वैशिष्ट्य, गुण, आणि कार्य. त्यांनी अनुमान काढले की 'परमाणु नष्टही करता येत नाही आणि निर्माणही करता येत नाही'. परंतु त्यांचे सर्व विचार तार्किक (logical) होते. त्याला प्रायोगिक (experimental) आधार नव्हता.

महर्षी कणाद यांनी संस्कृतमध्ये लिहिलेल्या वैशेषिका या ग्रंथाचे ह्यू एन त्संग (Hiuentsang) या चिनी प्रवाश्याने चिनी भाषेत भाषांतर केले होते.

(एक निबंध लिहा. विषय - कणाद यांनी कोणत्या प्रयोगाच्या आधारे कणांची संकल्पना मांडली असावी!)

लक्षात घ्या काळ होता इसवी सन पूर्वी 442 वर्षे.)

डेमोक्रीटस :



कणाद त्यांच्या (Exit) नंतर काही वर्षांतच एक आनंदी, (cheerful), असे एक पात्र (कलाकार) हसत-खेळत रंगमंचावर अवतरलं. माणसाने कसे कायम आनंदी राहायला हवे असे एक तत्वज्ञानच त्यांच्या entry तच (प्रवेशातच) ते सांगून गेले. पण



मुलांनो, संत चोखामेळा यांचा 'ऊस डोंगा परी रस नोहे डोंगा' हा अभंग आयुष्यात कायमच लक्षात ठेवा बरं का! तसेच डेमोक्रीटस जरी गबाळे दिसले, राहणी कशीही असली तरी मोठे तत्वज्ञानी होते. ते थ्रेस (Thrace) येथील ग्रीक तत्वज्ञानी होते. एव्हाना तुम्ही मी कोणाबद्दल लिहित आहे ते ओळखले असेलच ! बरोबर, डेमोक्रीटस. त्यांनी जवळजवळ कणाद यांच्यासारखाच विचार केला होता.

1. कोणत्याही पदार्थाचा प्रत्येक वेळी अर्धा असा तुकडा करीत गेले की एक वेळ अशी येते की त्या पुढे त्याला कापता येत नाही, तुकडा करता येत नाही. त्या, डोळ्याला न दिसणाऱ्या कणाला त्याने अॅटॉमस (Atomos) नांव दिले. म्हणजे कापता न येणारा, भाग न पाडता येणारा असा, आपण त्याला 'अणू' म्हणू.
2. ते सर्व घन (solid) असतात. वेगवेगळ्या अणूंचे आकार, आकारमान, वस्तुमान यात फरक असतो. (ते म्हणत की घन (solid) पदार्थाचे अणू एकमेकाला चिकटलेले असतात, द्रवपदार्थाचे घसरडे असतात म्हणून ते एकमेकांवरून घसरू शकतात आणि वाहू शकतात. माणसाचा आत्मा हा अणूंपासून बनलेला आहे. चवीने गोड असलेल्या पदार्थाचे अणू मुलायम तर आंबट / तिखट पदार्थाचे काटेरी / टोकदार असतात.)
3. सर्व अणू एकसंध (भरीव) असतात. त्यात सांगाडा नसतो.
4. दोन अणू एकमेकांपासून मोकळ्या जागेमुळे वेगळे झालेले असतात.
5. अणूमध्ये बदल करता येत नाही व त्यांचा नाशही करता येत नाही.
6. ते कायम गतिमान अवस्थेत/ moving असतात.

डेमोक्रीटस यांनी त्यांचे गुरू ल्युसिपस (Leucippus) यांच्या आणि अनेक्सगोरस (Anaxagorus) यांच्या तत्वज्ञानाचा आधार घेतला होता. ग्रीसमधीलच अरिस्टोटल व प्लॅटो या शास्त्रज्ञांनी म्हटले आहे की डेमोक्रीटसचे असे म्हणणे हा वेडेपणा आहे. प्लॅटोने म्हटले की त्याचे सर्व लिखाण जाळून टाकले पाहिजे. (अरिस्टॉटल चे म्हणणे असे होते की सर्व पदार्थ पृथ्वी, आप, तेज ,वायू व आकाश या पंचमहाभूतांपासून बनले आहेत.) डेमोक्रीटसने 70 लेख/निबंध लिहिले परंतु त्यातील बरेचसे अस्तित्वात नाहीत. या दुःखद बातमी नंतर नाटकाच्या पहिल्या अंकाचा पडदा पडतो. पण डेमोक्रीटसच्या एका चांगल्या निरोपाची वाक्ये मनात कायमची कोरली गेली आहेत.

" Everywhere man blames nature and fate, yet, his fate is mostly but the echo of his character and passion, his mistakes and his weaknesses".



-- Democritus.

मुलांनो, तुम्ही अजून 'असे का व कसे?' याबद्दल विचार केलात का? डेमोक्रीटस ने अॅटॉमसबद्दल लिहिले, शिवाय त्यांनी म्हटले की दोन अणूंमध्ये मोकळी जागा असते आणि ते गतिमान असतात. असे कसे काय ठरविले असावे बरे? त्यांनी काही पदार्थ शक्य तेवढे कापून/तोडून पाहिले असतील का? अणूंच्या मधील जागा काही प्रयोगाने पडताळून पाहिली असेल का, की जसे ठराविक वजनाच्या मातीत ठराविक मापाचे पाणी घातले तर त्या दोघांची बेरीज किती येते? दोघांच्या बेरजेएवढी की कमी, की जास्त? झरोक्यातून येणाऱ्या किरणात धूलिकण कायम हलताना दिसतात. ही गोष्ट पाहून त्याने काही अनुमान काढले असेल का?

तुम्ही असे प्रश्न निर्माण करून, अशा गोष्टींचा अभ्यास केलात तर तुम्हाला ' विचार ' करण्याची सवय लागेल. तुम्ही वैज्ञानिक दृष्टिकोन ठेवायला शिकाल. त्याचा आयुष्यभर फायदा होत राहील! मग करणार ना ?

डाल्टन व इतर :

आपल्या ' अणूचा इतिहास ' या नाटकातील दुसरा अंक सुरू झाला. डेमोक्रीटस नंतर सुमारे २,००० वर्षे उलटून गेली होती, त्याअगोदर थोडासा फ्लॅशबॅक. इ.स.१६०० सुरू झाले आणि एक एक थोर शास्त्रज्ञ एकामागोमाग एक प्रवेश करू लागले. प्रत्येकाने प्रयोगाधिष्ठित परिमाणे देऊन त्यांचे निष्कर्ष आपल्यासमोर मांडले. या सर्वच बड्या कलाकारांनी आपापली मते ठामपणे मांडून वाहवा मिळविली.

रॉबर्ट बॉईल (1627-91) : त्यांचा वायु बदलचा नियम आपल्याला माहित आहेच. ' वायुवर जर दाब दिला तर त्याचे वस्तुमान न बदलता फक्त आकारमान कमी होते व दाब काढल्यानंतर आकारमान पुन्हा वाढते ' हे आपण एका फुग्यात हवा भरून तो इंजेक्शन देताना वापरतात तशी (मोठी सिरिंज), पण गुरांसाठी वापरतात तशी मोठी सिरिंज घेऊन त्यात फुगा दाबून व दाब काढून पाहू शकतो. अनुक्रमे फुगा दाबला जाऊन आकारमान कमी होईल व दाब काढल्यानंतर तो पुन्हा पूर्वस्थितीत येईल. म्हणजेच पदार्थ कणांचे बनलेले असून त्या प्रत्येक कणांच्या बाजूला मोकळी जागा असायला हवी. यावरून असे अनुमान निघू शकेल की पाण्याची वाफ ही सुद्धा अणू स्वरूप आहे, त्याचे कण एकमेकांपासून खूप दूर आहेत, पाणी होताना ते जवळ येतात. **रॉबर्ट बॉईल** यांनी



नाव कमविले.

त्या अठराव्या शतकातच रूटाल, कॅव्हेंडिश, प्रिस्टले, स्टील, लव्हाजिये (इ .स. 1789) - यांनी या रंगमंचावर येऊन त्यांच्या कामाचा ठसा उमटविला. लुई प्राऊस्ट (1794 - 1836) यांनी रासायनिक अभिक्रियांच्या बाबतीत ' निश्चित प्रमाणाचा नियम ' (Law of definite proportion) पटवून दिला. अंतवान लव्हाजिये यांनी ठामपणे सांगितले की रासायनिक अभिक्रियेत अभिक्रिया कारकांची वस्तुमाने व आकारमाने आणि त्याबरोबरच उत्पादितांची मापने महत्त्वाची आहेत. थोडक्यात त्यांनी Quantitative chemistry चे महत्व पटवून दिले. त्यावरून रासायनिक अभिक्रियेत वस्तुमान निर्माणही होत नाही व नष्टही होत नाही हे मोजता आले. अशा अनेक शास्त्रज्ञांची आयुधे घेऊन व त्यात स्वतःची विचारसरणी मिसळून जॉन डाल्टन (1766-1844) यांनी धडाक्यात entry घेतली. 1803 मध्ये त्यांनी आपले मत मांडले. त्याला ' Billiard ball model ' असे म्हणतात.

1. सर्व पदार्थ अणूंचे बनलेले असतात. (त्यांच्या डोळ्यासमोर भरीव गोळा Sphere होता.)
2. प्रत्येक मूलद्रव्यांचे अणू एकमेकासारखे असतात व ते इतर मूलद्रव्यांच्या अणू पेक्षा वेगळे असतात. उदा. कॉपरचे (Cu) सर्व अणू एकासारखे एक पण अल्युमिनियमच्या Al किंवा इतर कोणत्याही मूलद्रव्याच्या अणूपेक्षा वेगळे. म्हणजेच प्रत्येक मूलद्रव्याच्या अणूचे गुणधर्म, वस्तुमान सारखेच असतात. पण ते इतरांपेक्षा वेगळे.
3. अणू निर्माणही करता येत नाहीत व नष्टही करता येत नाहीत.
4. रासायनिक अभिक्रियेत संबंध अणू भाग घेतो.
5. वेगवेगळ्या पदार्थांचे अणू एकत्र येऊन संयुगे बनतात. उदा. H₂O त्यात हायड्रोजनचे दोन अणू व ऑक्सिजनचा एक अणू म्हणजे गुणोत्तर (Ratio) 2:1 हे पूर्ण क्रमांकात असते. याचा अर्थ जर हायड्रोजन किंवा/आणि ऑक्सिजन यांचे प्रमाण कमी जास्त झाले तर पाणी बनणार नाही.
6. जेव्हा अभिक्रिया घडतात तेव्हा अणू एकमेकांपासून बाजूला होतात किंवा एकत्र येतात किंवा त्यांची रचना बदलते.

अशा ह्या पदार्थांचे अणू व त्याचे गुणधर्म मांडण्याचा पहिलाच प्रयत्न असावा. डाल्टन यांनी



आधुनिक रसायनशास्त्राचा पाया रचला असं म्हणता येईल. (विद्यार्थ्यांनी पुढे जाण्यापूर्वी डाल्टनच्या वरील मुद्द्यांचा तुमच्या आताच्या ज्ञानाचा विचार करून त्यात काय त्रुटी आहेत ते शोधावे.)

डाल्टन यांच्या प्रणालीमुळे अणू संबंधीच्या अज्ञानाचा बराचसा उलगाडा झाला असं वाटत असताना त्याबाबत पुढील 90-95 वर्षात नवीन गोष्टी पुढे येऊ लागल्या आणि ज्ञानाची पुढील कवाडे उघडली गेली आणि पुन्हा एकदा जाणवलं की 'अग्यान और भी बाकी है!'

एक मिनिटभर रंगमंचावर व प्रेक्षागृहात मिट्ट अंधार झाला. आणि ---- नंतर

जोसेफ जॉन थॉमसन (1856-1940, ब्रिटिश, इलेक्ट्रॉनचा शोध इ.स.1897).

रंगमंच प्रखर विजेच्या तेजाने उजळले. पाठीमागील पडदा आता वेगळाच उठून दिसत होता. पडद्यावरील रसायनशास्त्राच्या साहित्यातील काचेच्या वस्तू जरा छोट्या झाल्या होत्या तर भौतिक शास्त्रातील इलेक्ट्रिकल साहित्य प्रामुख्याने दिसू लागले होते. नेपथ्यकाराला आता रसायनशास्त्रा पेक्षा भौतिकशास्त्र, विद्युत इत्यादींचे अणू संबंधातील महत्त्व लक्षात आणून द्यायचे होते आणि त्याचा प्रत्यय लगेचच येऊ लागला! रंगमंचावर काही शास्त्रज्ञ एकामागे एक येत त्यांनी अनुभवलेले परिणाम, त्यांचे विवेचन प्रेक्षकांसमोर मांडून पटवून देऊन त्यावर प्रेक्षकांची वाहवा मिळवून आत विंगमध्ये परतत होते.

'मी, विल्यम गिल्बर्ट', (इंग्लंड चुंबकाचा शोध इ. स. 1600). सांगू लागले, ते मेडिसिन मधील डॉक्टर होते. त्यांचा एकूणच भर प्रत्यक्ष प्रयोग करून माहिती करून घेण्यावर होता. काळ होता 1540 व 1603 मधला. त्यांनी पृथ्वीच्या चुंबकीय गुणधर्माचा अभ्यास केला होता. मॅग्नेटाइट या लोखंडाच्या धातुके (Mineral) Loudstone चा शास्त्रोक्त पद्धतीने अभ्यास केला होता. त्यांनी चुंबकीय ध्रुव, Magnetic Poles, इलेक्ट्रिक, इलेक्ट्रीक बल, आकर्षण अशा संज्ञा रुजवल्या. काही पदार्थ घर्षणा नंतर दुसऱ्या पदार्थांना आकर्षित करतात ते तपासले आणि त्यांना इलेक्ट्रिकस् (Electrics) असे नाव दिले. त्यानंतर चार्ल्स फ्रान्सवा (इ.स. 1733) यांनी सांगितले की 'घर्षणाने काही' पदार्थांवर प्रभार निर्माण होतो आणि काही वेळाने जातो तर धातू वरचा प्रभार तात्काळ त्याच्या सर्व पृष्ठभागावर पसरतो. त्याला अनुक्रमे आपण दुर्वाहक आणि सुवाहक म्हणतो. लगेचच



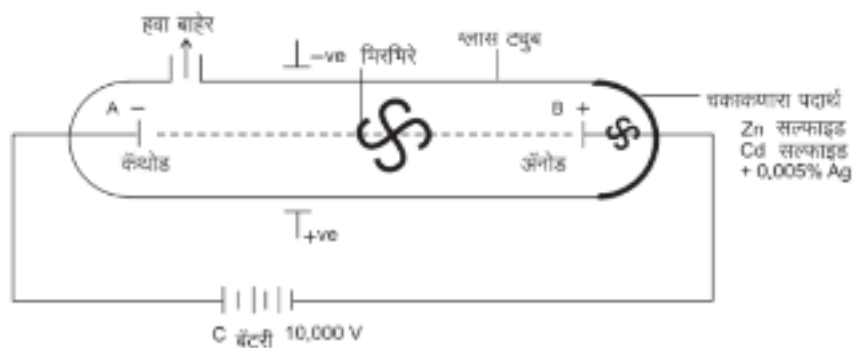
फ्रान्सिस हॉक्सबी (Haukbee),(इ.स 1705) पीटर म्युझेनब्रुक, एडवर्ड जॉन क्लेइस्ट (Kleist : 1745) यांनी वरच्यांचीच 'री' ओढली.

पडद्यामागून एक भारदस्त आवाज उमटला," मी थेल्स ऑफ मिलेटस." मी इ. स. पूर्वी ६०० वर्षे लोखंडाच्या धातुकावर (Loudstone) आकर्षण निर्माण झाल्याचे निरीक्षण केले होते!"

अॅलेसॉद्रो व्होल्टा (1745-1827) याने माहिती दिली की रासायनिक अभिक्रियेतून विद्युत ऊर्जेत रूपांतर करता येते. सर हंफ्रे डेव्हिने तशी अभिक्रिया घडवून आणली. अपघटनी माध्यमात (Electrolyte) विद्युतधारा सोडल्यावर अभिक्रिया घडते.

प्रायोगिक विश्लेषणावरून अणू, प्रभार यांचा परस्पर संबंध असायला हवा असे दिसले. अणूमध्ये आतूनच प्रभार निर्माण होतो, अणू हा भरीव गोळा नसून आत काहीतरी आहे. अणू उदासिन असतो. त्यामुळे + व - प्रभार सारख्याच मात्रेचे असले पाहिजेत असा निष्कर्ष निघाला. ही कारणमीमांसा तुम्हाला पटते ना ?

गोसलर, प्लमर, हिट्टॉर्क, व क्रूक्स (सुमारे इ.स. १८७० च्या आसपास) यांनी नंतर थॉमसन यांनी कमी दाबाने असलेल्या वायू मधून खूप मोठे विभवांतर वापरून विद्युत धारा संक्रमित केली तर काय होते त्याचा अभ्यास केला त्यासाठी काचेच्या नळ्या वापरल्या. त्याचे Design वेगळे होते तरी संकल्पना समजण्यासाठी त्याचा आपण एकत्रित अभ्यास करू. त्या नळ्यांना विद्युन्मोचन नळी किंवा Gaseous discharge tube म्हणतात. आकृतीत एका काचेच्या आवरणात (ट्युबमध्ये)



दोन इलेक्ट्रोडस् A व B लावले आहेत.



साहित्य व जोडणी :

ग्लास ट्युबमध्ये A व B दोन इलेक्ट्रोड्स. C बॅटरी, Anod B च्यामागे चकाकणारा लेप (Fluorescent screen). ट्युबमध्ये कोणतातरी वायू (Ne/Ar/Kr/Xe) कमी दाबाने 10^{-3} bar.

प्रथमतः वरील गोष्टी वाचल्यावर तुमच्या मनात काही प्रश्न निर्माण झाले का ? जरा विचार करा पाहू, हं विचारा. That's good!

- वायु का बरे कमी दाबाने भरला असावा ? जास्त दाब म्हणजे अणूंची संख्या जास्त हो, ना ? मग काय होईल. कॅथोड कडून निघणाऱ्या प्रभारित कणांना त्या अणूमुळे जास्त विरोध निर्माण होईल. (Collision अधिक) शिवाय वायूचे प्रेशर कमी असेल तर अणूंनी मधील अंतर जास्त राहिल व त्या अणूंना पुरेशी ऊर्जा (Excitation) मिळेल.
- 10,000 V सारखा उच्च दाब का हवा? अणूंना गतीज ऊर्जा (Kinetic energy) जास्त मिळावी. शिवाय वायूचे आयनीभवन व्हावे.
- चकाकणारा पडदा (Fluorescent screen). का हवा ? कारण कॅथोडकडून येणाऱ्या किरणांचा परिणाम पडद्यावर पाहू शकू. तर मग. 10, 000 V परिपथात सोडल्यावर कॅथोड म्हणजे ऋण टोकाकडून काही किरण बाहेर पडून स्क्रीन वर जो वायू भरला आहे त्यानुसार रंग दिसला.
- मग ते किरण कशावरून प्रभारित होते ? त्या किरणांवर कोणता प्रभार असावा? तर ऋण -ve कारण ते - ve टोकाकडून + ve टोकाकडे जात होते त्याअर्थी त्यांच्यावर ऋण प्रभार असावा. त्यांना थॉमसने, ' इलेक्ट्रॉन ' नाव दिले.
- काचेच्या ट्युबमध्ये भिरभिरे ठेवले तर त्याची सावली/ छाया पडद्यावर पडली. तुम्ही काय अनुमान काढाल ? तुम्हीच सांगा. बरोबर किरण सरळ रेषेत जातात.
- ते भिरभिरं विभवांतर दिल्यावर फिरतानाही दिसले. काय झाले असेल ? बरोबर त्यावर दाब पडला. कशामुळे कॅथोड किरणांमुळेच ना ? मग काय अनुमान काढाल ? जरा विचार करा. त्या किरणांना वस्तुमान असले पाहिजे, बरोबर ना ?
- त्या ट्युबवर काटकोनात (किरणांच्या) एकाबाजूला धन भार असलेली तर दुसऱ्या बाजूला ऋण भार असलेली अशा दोन + व - भारित प्लेट जोडल्या तर असे दिसले की किरण + प्लेटच्या बाजूला वळून पडद्यावर (screen वर) गेले . अर्थातच त्या किरणांवर कोणता प्रभार असला पाहिजे ? तुम्हीच उत्तर सांगा.



यावरून थॉमसने काय अनुमान काढले असेल,

- कॅथोड कडून अॅनोडकडे किरण / कण जाऊ लागले. त्यावर ऋण प्रभार होता. त्याला इलेक्ट्रॉन म्हटले. किरणांना कॅथोड किरण म्हटले.
- इलेक्ट्रॉनसमुळे भिरभिर्यावर दाब पडून ते फिरू लागले. म्हणजेच इलेक्ट्रॉनसला वस्तुमान असले पाहिजे.
- त्या भिरभिर्याची बरोबर मागे पडद्यावर सावली पडली. त्याअर्थी इलेक्ट्रॉनस् सरळ रेषेत जात होते.
- नंतर त्याने त्यावरील प्रभार मोजला, वस्तुमान मोजले.

ते खालीलप्रमाणे होते-

प्रभार : $- 1.6 \times 10^{-19}$ c; (कुलोम)

वस्तुमान: $- 9.1 \times 10^{-31}$ kg;

इले. त्रिज्या : $- 2.81 \times 10^{-13}$ से.मी.

1903 मध्ये थॉमसने अणूची प्रतिकृती कलिंगडचा गर म्हणजे त्यात असलेला धन प्रभार व बिया म्हणजे त्यातील ऋण प्रभार. धन प्रभारात ऋण प्रभार पसरलेला असतो, अशी मांडली.

तुमच्या मनात आलं का, की थॉमसने कॅथोडला वेगवेगळे धातू वापरून पाहिले कां ? तसेच वेगवेगळे वायू वापरले का ? तुम्हीच उत्तर सांगा की काय असेल ते. उत्तर आहे 'अर्थातच!' आता विचार करा. थॉमसनचे मॉडेल बरोबर आहे का नसल्यास का नाही ? थॉमसने डाल्टनचे कोणते म्हणणे खोडून काढले ?

अशा प्रश्नांची उत्तरे शोधलीत तर तुमचा अभ्यास चांगला होईल. येथेच दुसरा अंक संपला व पडदा बंद होताना मागून आवाज येत होता-

*“ J. J. Thomson discovered electrons
And thought atom as plum pudding
With a distribution of positive charges
And the electrons embedded within”*

सौजन्य : डॉ. वर्षा जोशी.



रुदरफोर्ड : मॉडेल १९११

दुसरा अंक संपल्यानंतर थोड्याच वर्षात तिसरा अंक सुरु झाला होता. त्यामुळे थॉमसनने सुचविलेले

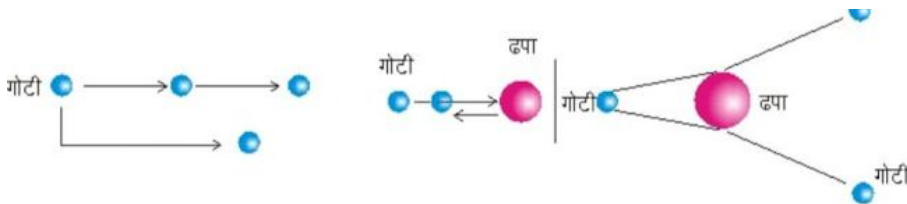


अणूचे मॉडेल चांगलेच लक्षात होते. कलिंगड अर्ध कापल्यावर कसे दिसते? लाल रंगाचा गर आणि त्यात सर्वत्र विखुरलेल्या काळ्या बिया. आठवतंय ना ? गर म्हणजे धन प्रभारित भाग व बिया म्हणजे ऋणभारित इलेक्ट्रॉन्स. त्यांत संख्येने + व - निष्कृत (cancel) झालेले. ही रचना काही प्रयोगावर

आधारित नव्हती.

Father of nuclear physics असं ज्यांना म्हटलं जायचं आणि प्रायोगिक सिद्धतेवर जास्त भर देणारे व्यक्तिमत्व असलेले सर(Lord) अर्नेस्ट रुदरफोर्ड यांनी एंट्री घेतली. त्यांना थॉमसन, जे त्यांचे शिक्षक होते त्यांचे म्हणणे पटत नव्हते की अणूत धन व ऋण प्रभार एकत्रच आहे. त्यांनी आणखी प्रयोग करायचे ठरविले. त्यांचा सोन्याच्या प्रत्र्यावर अल्फा (α) कणांचा मारा करून केलेला प्रयोग तुम्ही ऐकला असेल. तो प्रयोग चांगला समजण्यासाठी तुम्ही लहानपणी अनुभवलेल्या गोष्टी विचारात घेऊ या.

तुम्ही नक्कीच गोट्या खेळलेल्या असणार, हो ना ? साध्या काचेच्या गोट्या, शिवाय जास्त वजनाचा व त्या गोट्यांहून मोठ्या आकाराचा 'ढप!' हा शब्द बरोबर आहे ना ? असो. कल्पना करा



की एका छोट्या गोटी वर दुसरी छोटी गोटी मारली तर....बरोबर मधोमध लागली तर ज्या गोटीला मारले आहे ती लांब जाईल व मागोमाग ज्या गोटीने मारले आहे तीही पुढे जाईल. बरोबर ? अरे काय



? जर नेम बरोबर लागला तर! असो, गंमत केली.

आता तशीच क्रिया पण गोटी ढपवर मारली तर काय होईल? ढपाचे वस्तुमान जास्त त्यामुळे ढपाच्या बरोबर मध्ये गोटी आपटली असेल तर ढप तेथेच राहिल आणि गोटी मात्र परत मागे येईल. बरोबर ? हं हं, आता मला शब्दात पकाडलत. अगदी बरोबर जर नेम बरोबर लागला तर ! आणि जर ढपावरच पण थोडा एका बाजूला लागला तर ? गोटी दुसऱ्या दिशेला जाईल ? अरे ,हे तुम्हाला समजलं आहे ना मग रुदरफोर्ड चा प्रयोग समजलाच म्हणून समजा. कॅरम खेळतानाही असा अनुभव येतो ना ? किंवा तुमच्या वर्गाला दारं, खिडक्या, आहेत हो ना ? समजा तुम्ही बॉल खेळता आहात. भिंतीवर मारून रिबाऊंड होऊन आल्यावर पकडता, पुन्हा फेकता. पण जर का तो----- मी नाही सांगणार कारण तुम्ही मलाच म्हणाल की अहो सर कळलं आम्हाला !

आता रुदरफोर्डने काय केले पाहू. त्याची idea अशी होती की α (अल्फा) कणांचा मारा सोन्याच्या अगदी पातळ पत्र्यावर, पातळ म्हणजे किती तर 0.00004 से.मी. जाडी, केला तर?

अरे प्रश्न विचारायचा अधिकार आहे तुम्हा- आम्हा प्रेक्षकांना. काय मनात आलं ?

अहो α (अल्फा) कण म्हणजे काय ? सोन्याचाच पत्रा का, दुसरा कोणता का नाही चालणार ? पाहू या उत्तरे ? सोने या धातूची वर्धनीयता जास्त आहे. त्यामुळे कमी जाडीचा (thickness) पत्रा तयार करता येतो. म्हणून सोने वापरले. तुम्हाला ${}^2_4\text{He}$ याचा अर्थ समजतो का ? हेलियमचा अणू अंक 2 आहे, म्हणजे त्यात 2 धनप्रभारित प्रोटॉन आहेत व अणू उदासिन असतो. म्हणजे तेवढाच ऋण भार आहे

म्हणजे 2 इलेक्ट्रॉनस असतात. अणुवस्तुमानांक 4 म्हणजे 2 प्रोटॉन + 2 न्यूट्रॉन समजतंय ना ?

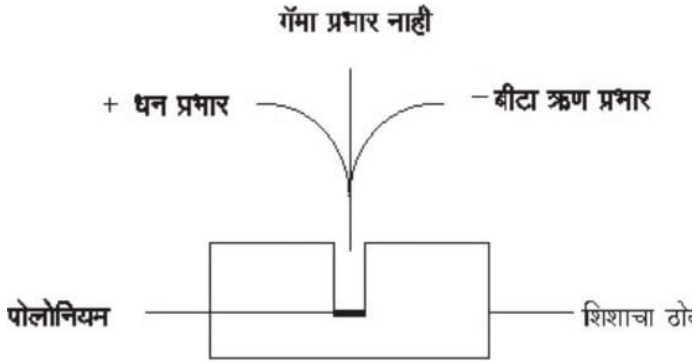
आता समजा त्यातील इलेक्ट्रॉन बाजूला काढले तर काय राहिल? फक्त 2 + प्रोटॉन He^{2+} चा असा नवीन

अणू (?) म्हणजे α (अल्फा कण) ठीक आहे? इलेक्ट्रॉनचा प्रभार किती असतो -1.6×10^{-19} .

प्रोटॉनचा $+1.6 \times 10^{-19}$ मग 2 प्रोटॉनवर $+3.2 \times 10^{-19}$ अरे दुप्पट प्रभार ! त्याचे वस्तुमान

6.67×10^{-27} kg. अशा α (अल्फा) कणांचा वेगवान मारा रुदरफोर्डने केला.

आता विचाराल की हे अल्फा कण कोठून मिळवायचे ? योग्य प्रश्न विचारलात. आपल्याला



थोडं मागे जावं लागेल. बेक्वेरेल (Becquerel) यांनी 1896 मध्ये किरणोत्सारितेचा (Radioactivity) शोध लावला. पेरी व मेरी क्यूरी यांनीही Radioactivity पाहिली. युरेनियम, रेडियम, पोलोनियम ही मूलद्रव्ये व इतरही काही मूलद्रव्ये किरणोत्सारी आहेत. आता याबद्दल एवढी माहिती पुरे आहे. ते अल्फा कण रुदरफोर्डने शोधले. त्यांच्या प्रयोगाला पोलोनियम पासून बाहेर आलेले α कण वापरले. शिसे या धातूचा ठोकळा व

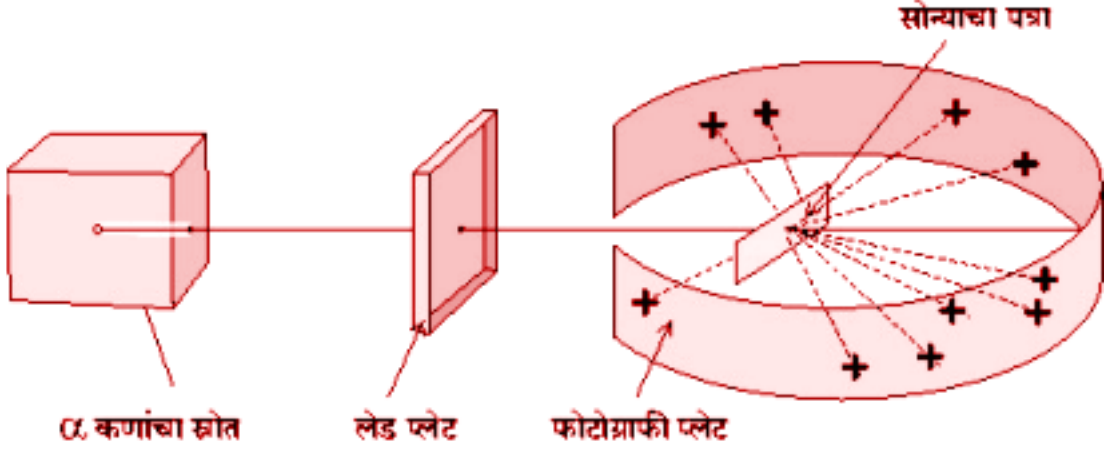
आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पोलोनियमचा तुकडा ठेवला. फक्त वरच्या बाजूला मोकळी जागा ठेवल्याने फक्त तेथूनच किरणोत्सारी प्रारणे बाहेर पडतात. त्यात

α (अल्फा), β (बीटा), व γ (गॅमा) किरण असतात. वर पाहिल्याप्रमाणे α कण धन भारित तर β कण ऋण भारित आणि γ गॅमा किरण प्रभाररहित, कोणताही प्रभार नसलेले असतात.

आता प्रयोगाची (रुदरफोर्डचा) मांडणी कशी केली ते पाहू. एका बाजूला α (अल्फा) कण निर्माण केले. त्याचा सोन्याच्या पत्र्यावर मारा केला व ते कां कोठे जातात हे पाहण्यासाठी दर्शक बसविले? रुदरफोर्डच्या शिष्यांनी, Hans Geiger, व Erneest Marsden यांनी प्रत्यक्ष प्रयोग केले. त्यांनी 20,000 अल्फा कणांचा मारा केला.

त्यांची निरीक्षणे खालील प्रमाणे होती----

- 1) 19,990 कण कोणतीही दिशा किंवा वेगही न बदलता पत्र्यातून आरपार गेले.
- 2) 9 कण वेगवेगळ्या दिशेला (कमी अधिक कोनातून) गेले.
- 3) 1 कण मात्र जसा गेला तसाच विरुद्ध दिशेला 180° परत आला.



यावरून निरीक्षण करा पाहू :

20,000 पैकी जवळ जवळ सर्व 19,999 आरपार गेले .

म्हणजे अणू-----

9 विविध दिशेला गेले

म्हणजे अणू -----

1 जसा गेला तसा तसा परत आला

म्हणजे अणू -----

तसे का ते मला सांगा पाहू .

अणू पोकळ - वर्गात दारे /खिडक्याच जास्त - तसे

1 कण 180° परत आला म्हणजे तो कोणत्यातरी सम प्रभारित वस्तूवर आदळला. अल्फाकण धन भारित मग + भारित व जास्त घनता असलेल्या वस्तूवर आपटून परत आला. गोटी ढपावर मध्यभागी तसे. बरोबर? या प्रयोगानंतर रुदरफोर्डने खात्रीने सांगितले की अणू कसा असला पाहिजे

१) अणूच्या मध्ये जास्त घनतेचे, जास्त वस्तुमानाचे केंद्रक आहे. ते धनभारित असायला हवे. इलेक्ट्रॉनस् बाहेरच्या कक्षेत फिरत असतात. अणुचे केंद्रक 10^{-13} से.मी. त्रिज्येचे, तर व्यास 2×10^{-13} से.मी., इलेक्ट्रॉन 10^{-13} से.मी.. संबंध अणू 10^{-8} से.मी. म्हणजे लाखभर मोठा. अर्थातच प्रचंड मोकळी जागा. म्हणजे क्रिकेटच्या चेंडू एवढा इलेक्ट्रॉन तर संपूर्ण पटांगणा एवढा अणू !

रुदरफोर्डने सुचविले की ज्या प्रमाणे ग्रह सूर्याभोवती फिरतात तसे इलेक्ट्रॉनस्



केंद्रकाभोवती फिरतात. समजा आपण गोफण फिरवत आहोत. फिरविता फिरविता हात दुखायला लागले. (आपली ऊर्जा कमी झाली) तर फिरवणे बंद करू. काय होईल ? गोफण हातातच येऊन स्थिर होईल. अगदी असाच प्रश्न रुदरफोर्डला पडला . त्यांना माहित होते की एखादी त्वरणित वस्तू केंद्रका भोवती फिरते तेव्हा तिची ऊर्जा कमी कमी होत जाते. तसे झाले तर इलेक्ट्रॉन्स फिरता-फिरता ऊर्जा कमी होऊन केंद्रका वर जाऊन पडतील. त्याकरिता फक्त 10^{-9} सेंकद एवढाच वेळ लागेल (गणिताने काढले) म्हणजे अणू स्थिर राहूच शकत नाही. पण प्रत्यक्षात तर स्थिर राहतो .

या कोड्याचे उत्तर देण्यासाठी बोर ह्या त्याच्या शिष्याचं रंगमंचावर येणं झालं ! त्यांनी म्हटलं की ठीक आहे, पण ऊर्जा कमीच झाली नाही तर ? आणि मग त्याची कारणमीमांसा केली.

जाता जाता : 1886 Goldstein यांनी Anode किरण / कॅनॉल किरण शोधले. 1919 मध्ये रुदरफोर्डने त्याला प्रोटॉन कण म्हटले. तर जेम्स चॅडविक यांनी 1932 साली न्यूट्रॉन हा कोणताही भार नसलेला किरण शोधाला.

' शिष्यात् इच्छेत पराजयम् '

(शिष्य असा घडावा की तो गुरुचा पराभव करेल
अभ्यासात गुरुच्या पुढे जाईल. ' बापसे बेटा सवाई!)

ल्युसिपस(गुरु) ----- डेमोक्रीटस (शिष्य)
प्लुटो (गुरु) ----- अॅरिस्टोटल (शिष्य)
थॉमसन (गुरु) ----- रुदरफोर्ड (शिष्य)
रुदरफोर्ड (गुरु) ----- बोर (Bohr) (शिष्य)

बोर (1885-1962):



P- प्रोटॉन (धन प्रभार)
N- न्यूट्रॉन (भार रहित)
E- इलेक्ट्रॉन (ऋण प्रभार)

बोर : मॉडेल 1893 :

आता अणूचे मॉडेल धन प्रभारित प्रोटॉन, उदासिन न्यूट्रॉन, यांनी बनलेले केंद्रक आणि त्या भोवती फिरणारे ऋण भारित इलेक्ट्रॉन्स असे निश्चित झाले खरे परंतु इलेक्ट्रॉन्सच्या कक्षा, त्यांच्या ऊर्जा, त्यात पूंज भौतिकशास्त्राचा उदय या गोष्टी मारुतीच्या शेपटी



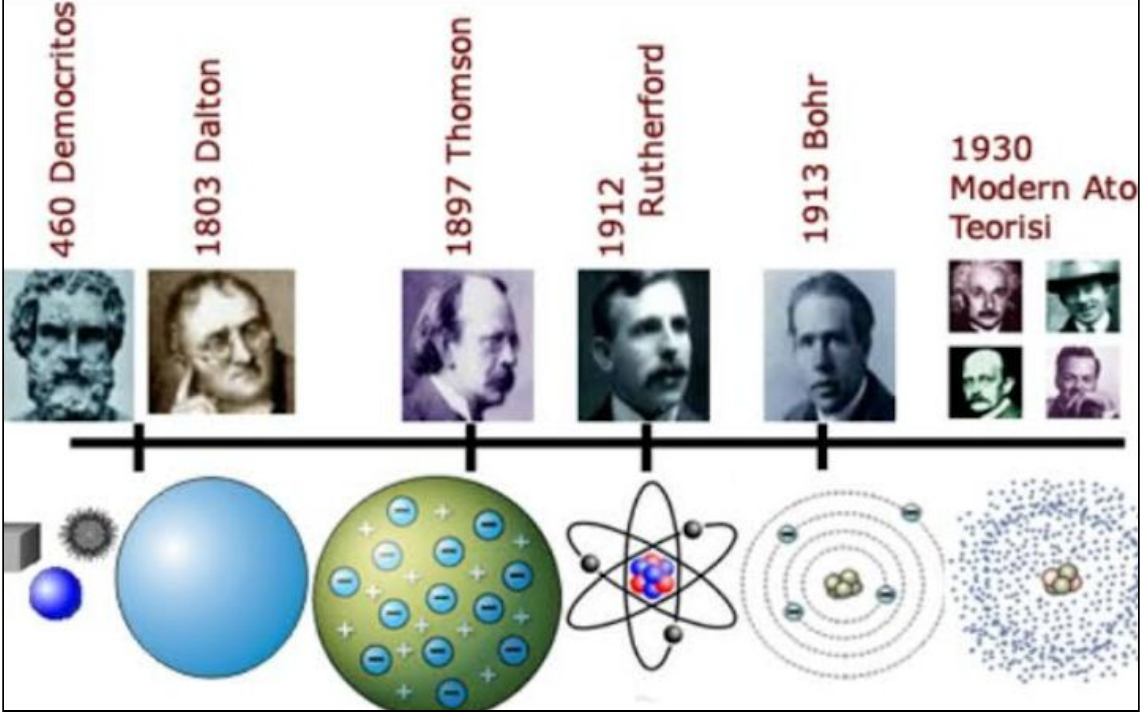
सारख्या वाढत जात होत्या. 'खरंच अणूपासून ब्रम्हांड ----- एवढा' अशीच परिस्थिती होती! बोरने कक्षांना



orbits/shells/orbitales/energy levels अशी नावे दिली - K, L, M, N / 1, 2, 3, 4, 5 त्यांनी प्रत्येक कक्षांना / उपकक्षांना ठराविक उर्जा कक्षा म्हटले. कमीत कमी ऊर्जा असलेली कक्षा म्हणजे पहिली कक्षा. पुढे जसजसे पुढच्या कक्षेत जाऊ तसतशी उर्जा वाढत जाते. किंवा असं म्हणू की इलेक्ट्रॉनला ऊर्जा मिळाली की तो बाहेरील कक्षेत प्रवेश करतो आणि याच पद्धतीन

आणखी ऊर्जा मिळाली की त्याहून बाहेर बाहेरच्या कक्षेत जातो. आणि ऊर्जा कमी होत गेली तर आतल्या आतल्या कक्षेत येतो. अर्थात जास्त असलेली ऊर्जा प्रकाश रूपाने बाहेर टाकतो आणि जोपर्यंत त्याच्या उर्जेत फरक पडत नाही तोपर्यंत अणू स्थिर राहतो. म्हणजेच जर इलेक्ट्रॉन संमत कक्षेत फिरत असेल तर त्याची ऊर्जा कमी होत नाही. रुदरफोर्डच्या अडचणीवर हे उत्तर. शेवटच्या अधिवास (orbital) मधील ऊर्जा व मूळच्या अधिवासातील ऊर्जा यातील फरकाएवढी म्हणजे जास्तीची उर्जा ही विद्युत चुंबकीय किरणोत्सारितेच्या रूपात बाहेर पडते, म्हणजे फोटॉन (photon) या पुंजामधून (Quantum) बाहेर पडते असे बोर यांनी 1913 मध्ये मांडले. त्यांचे मॉडेल हायड्रोजनच्या बाहेर पडणाऱ्या रंगपटावर आधारित होते. त्यांनी Quantum Mechanics चा विचार करून स्थिर ऊर्जा स्तर ठरविले. प्रत्येक रंगाची उर्जा ठराविक असते आणि रंगपटात वेगवेगळे रंग दिसू शकतात. ते किती ऊर्जा बाहेर टाकली त्यावर अवलंबून आहे.

आता एवढी माहिती पुरे झाली नाही का? Electron व Wave हे आतां नको.



मुलांनो, आपण पुढच्या भागात अणुसंरचना भाग 2 मध्ये बोर, सॉमरफिल्ड यांनी ठरविलेल्या वेगवेगळ्या कक्षा, उपकक्षा, अधिवास त्याचे आकार, इलेक्ट्रॉनचे संरूपण, ऑफबोचा नियम, इलेक्ट्रॉन spin वैगेरेची माहिती घेणार आहोत आणि बरं का, विज्ञानातील प्रगती ही 'अणूपासून ब्रम्हाडाएवढी----- वाढतच जाणार आहे, नवीन नवीन गोष्टी कळू लागणार आहेत म्हणून तर आपण विज्ञानाशी दोस्ती करून त्याच्याबरोबर राहिले पाहिजे.