ग्रं. सं. ठाणें
विषय निबंध
सं. क्र. १७२२

वास्तवशास्त्राचा विकास

REFBK-0015934

लेखक

कवीश्वर गणेश कुर्‍लकर

वास्तवशास्त्राचा विकास

मराठी ग्रंथ संग्रहालय, ठाणे.
अनुक्रम ४१९५९ वि. निबंध
क्रमांक १७२२ नों. दि. १६/१/६७

: लेखक :

कचेश्वर गणेश कुरुलकर

१५६३०
REFBK-0015934

प्रकाशक :

क. ग. कुरुलकर
२६, स्वस्तिक हाऊस,
टायकल वाडी, माहीम,
मुंबई १६.

●

सर्व हक्क लेखकाच्या स्वाधीन

●

प्रथम आवृत्ती
२७ मे १९६७

●

मुखपृष्ठ :
चिंतामणी हरिश्चंद्र नाईक

●

मुद्रक :
मुरलीधर शंकर शेळ्ये

●

मुद्रण स्थळ :
एलोरा प्रिंटर्स
५, काकड इंडस्ट्रियल इस्टेट,
माहीम, मुंबई १६.

प्रास्ताविक

आज जगामधील परिस्थिती अशा एका निकराच्या अवस्थेपर्यंत येऊन पोचली आहे कीं एकंदरीत साऱ्या मानव जातीच्याच सुरक्षिततेविषयी राष्ट्राराष्ट्रातून भय आणि कुशंका ह्यांचे थैमान माजून राहिले आहे. ह्या परिस्थितीत विज्ञानाची अवस्था मोठी चमत्कारिक झाली आहे. विज्ञान ही आजच्या समग्र व्यवहारामागची एक मोठी प्रेरक शक्ती झाली आहे हे जितके खरे तितकेच विज्ञानामधल्या सुप्त विध्वंसक शक्तीचे भयही आज साऱ्या मानवजातीला वाटून राहिले आहे हेहि तितकेच खरे. कारण वैज्ञानिक शोधांमध्ये अत्यंत प्रगत झालेल्या राष्ट्रांकडून मानवजातीच्या सुरक्षिततेला आज धोका निर्माण झाला आहे; आणि म्हणूनच विज्ञानाकडे काहीशा तिरस्काराने बघण्याची एक प्रवृत्ती आज समाजात बळावू पाहात आहे.

वास्तविक विज्ञानाचा जन्म मानव समाजाच्या विकासासाठी आणि अंती मानवाच्या आत्मिक उन्नतीसाठी झालेला आहे हे आजपर्यंत जगात होऊन गेलेल्या थोर संशोधकांच्या चरित्रावरून सिद्ध झाले आहे. त्या संशोधकांच्या जीवनाशी आणि चारित्र्याशी जेव्हां सामान्य माणसाचा निकटचा परिचय घडून येईल तेव्हां प्रत्येक थोर संशोधक हा केवढा श्रेष्ठ माणूस होता हे त्याच्या लक्षात येईल आणि विज्ञानाबद्दल वाटणारे दुरत्व त्याच्या मनातून आपोआप निघून जाईल.

त्या दृष्टीने श्री. **क. ग. कुरुलकर** ह्यांचे 'वास्तवशास्त्राचा विकास' हें पुस्तक अभ्यासनीय आहे. विद्यार्थ्यांना पदार्थविज्ञानामधील शास्त्रीय शोधांची आणि तत्त्वांची माहिती करून देण्याचा त्यांचा मूळ हेतू असला तरी हे शोध समजावीत असतांना त्यांनी संशोधकाच्या जीवनापासून विद्यार्थ्यांना दूर ठेवलेले नाही. उलट त्यांच्या जीवनांतल्या अनेक समरप्रसंगांची, त्या त्या प्रसंगी पणाला लागलेल्या त्यांच्या तेजोगुणांची आणि त्यांच्या उज्ज्वल चारित्र्याची थोडक्यांत परंतु मार्मिक शब्दांमध्ये त्यांनी योग्य त्या ठिकाणी माहिती पुरविली आहे. शास्त्रीय संशोधन करीत असताना हे संशोधक आपले सामान्य जीवन आणि देहभान विसरून आपल्या इष्ट विषयाशी इतके तद्रूप होत असत कीं अशा वेळी समग्र विश्वामागच्या ईश्वरी प्रेरणेशीच ते संलग्न होत असत. अशा शुद्ध, सात्विक भावनांतून आणि समाजधारणेच्या उद्दिष्टातून त्याच्या शोधांचा जन्म झाला. ह्याबद्दलची माहिती श्री. **क. ग. कुरुलकर** ह्यांनी प्रत्येक संशोधकाचे चरित्र वर्णन करताना दिली आहे. अशा प्रसंगी गॅलिलीओसारख्या शास्त्रज्ञाला पोपशी आणि धर्मसंस्थेशी निकराचा झगडा द्यावा लागला.

आर्किमेडीझ हा कोण होता हे न समजल्यामुळे रोमन सैनिकांनी तर त्याला चेटक्या समजून त्याचा शिरच्छेद केला. गुंड विद्यार्थ्यांच्या हल्ल्याला तोंड देताना न्यूटनची अस्मिता जागी झाली. शास्त्रज्ञांच्या जीवनातील असे समरप्रसंग वाचताना विद्यार्थ्यांच्या रक्तांत चैतन्य उसळल्याखेरीज रहाणार नाही.

'विज्ञानाचा समाजाला काय उपयोग?' असा प्रश्न समाजापुढे असताना, आणि डोळ्यापुढे अनिश्चिततेचे धुके असतांना केवळ श्रद्धेच्या आणि आत्मप्रकाशाच्या बळावर ह्या संशोधकांनी जीवनभर विज्ञानाची सेवा केली. ते सारे अत्यंत नम्र होते. आपल्या पाठीमागे होऊन गेलेल्या शास्त्रज्ञांचे आपल्यावर अनंत उपकार आहेत आणि आपण लावलेल्या शोधांपाशीच विज्ञान थांबून राहाणार नसून ते नित्य पुढे जाणारे, अमर्याद व्याप्तीचे अफाट शास्त्र आहे ह्याची त्यांना जाणीव होती.

संशोधकांच्या ह्या उज्ज्वल परंपरेचा आणि त्यांच्यामधल्या श्रेष्ठ माणुसकीचा परिचय श्री. कुरुलकर ह्यांनी विद्यार्थी वाचकांना उत्तम प्रकारे घडविला आहे. नुसत्या निर्जीव शास्त्रीय समीकरणापुरतेच त्यांनी आपले पुस्तक मर्यादित न ठेवता शास्त्रामधला जिवंतपणा आपल्या पुस्तकात उतरविला आहे. ह्या गुणामुळे त्यांचे पुस्तक वाचनीय आणि वैशिष्ठ्य-पूर्ण ठरेल यांत काहीच शंका नाही.

शिवशक्ति,
वरळी, मुंबई १८.

प्र. के. अत्रे

लेखकाचे निवेदन

श्री पांडुरंगाच्या कृपेने दोन तपापूर्वी केलेला संकल्प आज पूर्ण होत आहे आणि त्यामुळे माझ्या डोक्यावर असणारा गुरुजनांच्या ऋणाचा भार थोडाफार कमी झाला असे म्हणावे लागते. गेली तीस वर्षें मी मुलामुलींना शास्त्रीय विषयावर पाठ देण्याचे कार्य करीत होतो. पदार्थविज्ञान हा गणित विषयासारखाच रुक्ष विषय आहे. या विषयात थोडाफार रस उत्पन्न करण्याच्या हेतूने शास्त्रज्ञांच्या खाजगी जीवनाविषयी शक्य ती माहिती मिळविण्याच्या उद्योगास मी लागलो. या उद्योगाचा परिपाक म्हणजेच प्रस्तुत ग्रंथ होय. पाठ देतेवेळीं या माहितीचा भरपूर उपयोग मी करीत होतो; त्यामुळे विद्यार्थ्यांना विषय रुक्ष वाटला नाही. शास्त्रातील विचारप्रणालींचे ऐतिहासिक विवेचन अभ्यासकांना उपलब्ध करून दिले तर पाठ विशेष परिणामकारक व मनोरंजक होतो असा माझा अनुभव आहे. संशोधनकालची परिस्थिती शिक्षकाने तंतोतंत विद्यार्थ्यांपुढे चितारली तर शोधकाच्या कल्पकतेचे व त्याच्या चिकाटीचे चित्र विद्यार्थ्यांच्या डोळ्यापुढे उभे करता येणे शक्य आहे.

शास्त्राचा अभ्यास करतेवेळी आपले लक्ष शास्त्रज्ञांनी लावलेल्या शोधाकडे असते आणि त्यांच्या अंतर्यामी वसत असलेल्या ध्येयनिष्ठेकडे आपण दुर्लक्ष करतो. अशा करण्याने आपण शास्त्रज्ञांवर अन्याय करतोच पण त्यापेक्षा दुर्दैवी गोष्ट म्हणजे आपण अभ्यासकांपुढे त्यांच्या उन्नतीच्या दृष्टीने एक महत्वाचे दालन खुले करून देत नाहीं. शास्त्रज्ञांचा ध्येयवादीपणा कोणत्याही धर्मास अगर राष्ट्रास जखडलेला नसतो. सत्यान्वेषण हेच त्याचे जीवन कार्य असते. शास्त्राची सेवा करताना त्याची दृष्टी आर्थिक फायद्याकडे अगर युद्धकाली होणाऱ्या आपल्या राष्ट्राच्या विजयाकडे कधीच नसते. प्रत्यक्ष मृत्यू डोळ्यापुढे असताना देखील 'पृथ्वी गोल आहे व ती सूर्याभोंवती फिरते' असा जबाब देतेवेळी गॅलिलीओपुढे राष्ट्रहीत अगर स्वार्थ खचित नव्हता. शास्त्रज्ञांच्या स्वभावाची, शोधक बुद्धीची व ध्येयवादीपणाची जाणीव विद्यार्थ्यांना होणे अत्यावश्यक आहे.

गेल्या तीन शतकांच्या कालात भौतिक शास्त्रात मोठ्या झपाट्याने प्रगति होत आहे. नवीन शोधांचे परिणाम यंत्रशास्त्र व युद्धशास्त्र यावर विलक्षण तऱ्हेने होत आहेत. यामुळे पूर्वीची समाजरचना व आंतरराष्ट्रीय हितसंबंध बरेच विस्कळित झाले आहेत. समाजाच्या एकजिनसीपणास या यांत्रिक प्रगतींमुळे तडा गेला आहे असे खेदाने म्हणावे लागते. या प्रगतीचा फायदा समाजातील वरच्या थरातील अल्प मंडळीस होत आहे; आणि मध्यमवर्गीय व इतरेजनपूर्वी होते तेथेंच ते आहेत. ही आर्थिक विषमता सौम्य अगर नष्ट करण्याचे कार्य आपल्यातील विचारवंत करीत आहेत.

शास्त्रज्ञांच्या आयुष्यांतील विशिष्ठ प्रसंगाबरोबर वास्तवशास्त्राचा कालानुक्रमाधिष्ठित इतिहास रेखाटण्याचा प्रयत्न मी या छोट्या ग्रंथात केला आहे. माझा हा प्रयत्न कितपत यशस्वी झाला आहे हे वाचकच ठरवतील. शास्त्राची प्रगती कसकशी होत गेली हे

समजल्याने विद्यार्थीवर्गाचा बराच फायदा होईल अशी अपेक्षा आहे. सिद्धांतांची अलगपणे माहिती घेण्यापेक्षां एक सिद्धांत दुसऱ्यावर कसा आधारित आहे हे समजण्याने विद्यार्थ्यांचे ज्ञान साचेबंद व संघटित होण्यास मदत होते.

अनादि कालापासून मानवाने ज्या पद्धतीने ज्ञानसंग्रह केला त्याच पद्धतीने चालू काळातील विद्यार्थ्यांना ज्ञानार्जन करावे लागते. दोहोत फरक फक्त कालाचा आहे. जे ज्ञान संपादन करण्यास मानवजातीस शेकडों वर्षे लागली ते सर्व ज्ञान विसाव्या शतकातील शाळकरी मुलाना फक्त वीस वर्षांत संपादन करावे लागते. (पूर्वजानुकरण सिद्धांत Atavism), हा पूर्वजानुकरण सिद्धांत जर सत्य मानला तर प्रस्तुत ग्रंथास क्रमिक पुस्तकाइतकेच महत्त्वाचे स्थान मिळावयास हवे.

प्रस्तुत ग्रंथात मी फक्त पदार्थ–विज्ञान शास्त्राचा विचार केला आहे. विषयाची सुरूवात ख्रिस्त–पूर्वकालीन आर्किमिडीझपासून केली आहे. आर्किमिडीझच्या मृत्यूनंतर सुमारे १६०० वर्षे या शास्त्रात काहीच प्रगति झाली नाही. सोळाव्या शतकाच्या अखेरीस प्रसिद्ध शास्त्रज्ञ गॅलिलीओ उदयास आला. त्यानेच पदार्थविज्ञान शास्त्राच्या अभ्यासास खरी चालना दिली. गॅलिलीओ नंतर या शास्त्राच्या अभ्यासात खंड पडला नाही. प्रस्तुत ग्रंथात गॅलिलीओ नंतरच्या पंचवीस शास्त्रज्ञांची त्रोटक माहिती दिली आहे. एकोणीसाव्या शतकाअखेर अणु–युगाचा आरंभ झाला. सध्याच्या अणु–युगात बरीच शास्त्रज्ञ मंडळी आहेत. त्यांचा परामर्ष पुढील भागात घेण्याचे मी योजिले आहे. ईश्वरी इच्छा असेल तर ते कार्य माझ्याकडून होईल.

प्रस्तुत ग्रंथात दिलेली माहिती मी प्रामुख्याने प्रो. ग्रेगरे यांच्या "डिस्कव्हरी" या ग्रंथातून घेतली आहे. तसेच (1) " Makers of Science " Hard, Oxford Publication (2)" Men of Mathematics ', by E. T. Bell " या दोन ग्रंथातून काही माहिती संकलित केली आहे.

ग्रंथ प्रकाशनाच्या कार्यात मला 'एलोरा प्रिंटिंग प्रेस'चे मालक श्री. मुरलीधर शंकर शेटये तसेच प्रेसमधील कामगार बंधू यांच्याकडून जी सहानुभूतीपूर्वक मदत झाली याबद्दल मी या सर्वांचे आभार मानतो. श्री. चिं. ह. नाईक यानी पुस्तकाच्या सजावटीचे कार्य मोठ्या आत्मीयतेने केले त्याबद्दल मी त्यांचा आभारी आहे.

आचार्य प्र. के. अत्रे यानी प्रस्तुत ग्रंथास उद्बोधक असे 'प्रास्ताविक' लिहिले ह्याबद्दल मी त्यांचा अत्यंत ऋणी आहे. तसेच आपल्या महाराष्ट्राचे सध्याचे शिक्षणमंत्री श्री. मधुकरराव चौधरी यानी मोठ्या मार्मिकपणे "पुरस्कार" लिहून मला उपकृत केले आहे.

मुंबई नं. १६

कचेश्वर गणेश कुलकर

१० मे १९६७

४१९५१ नेवाथ

१५२२ १६।१।६७

शिक्षण व वन मंत्री
महाराष्ट्र
सचिवालय, मुंबई-३२

MINISTER
GOVERNMENT OF MAHARASHTRA
सत्यमेव जयते

3 = APR 1967

स.न.वि.वि.

आपलें दि. २०-२-१९६७ चें पत्र व त्या सोबत आपण लिहीलेलें " वास्तवशास्त्राचा विकास " हें पुस्तक मिळालें. त्याबद्दल आभारी आहे.

ऐतिहासिकदृष्ट्या वास्तवशास्त्रांतील विचार-प्रणालीचे विवेचन करण्याचा आपण या पुस्तकांत प्रयत्न केला आहे व त्यादृष्टीनें ख्रिस्तपूर्व कालीन आर्किमिडीझ या शास्त्रज्ञापासून पुढे झालेल्या सर्व शास्त्रज्ञांच्या संशोधन कार्याबद्दलची माहिती उदाहरणांसह दिलेली आहे. याच वेळीं शास्त्रज्ञांच्या व्यक्तीगत जीवनाबद्दलहि आपण जी माहिती दिली आहे ती विद्यार्थ्यांना उचितव मनोरंजक वाटेल. मला खात्री वाटते कीं आपल्या ह्या स्तुत्य उपक्रमाचे विद्यार्थी व शिक्षकवर्गाकडून स्वागत होईल.

आपल्या कार्यात माझ्या शुभेच्छा.

कळावें.

आपला

म. घ. चौधरी :

श्री. कवेश्वर गणेश कुरलकर,
माहीम, मुंबई.. १६.

वास्तव शास्त्राचा विकास

अ नु क्र म णि का

प्रकरण १ ले	...	...	आर्किमिडीझ	१
प्रकरण २ रे	...	...	आर्किमिडीझचे संशोधन	७
प्रकरण ३ रे	...	...	गॅलिलीओ	१३
प्रकरण ४ थे	...	...	गॅलिलीओचे संशोधन	१६
प्रकरण ५ वे	...	...	टॉरिचेली	२९
प्रकरण ६ वे	...	...	ओटो फॉन गेरिके	३५
प्रकरण ७ वे	...	...	ब्लेझ पॉस्कल	४०
प्रकरण ८ वे	...	...	सर रॉबर्ट बॉईल	४७
प्रकरण ९ वे	...	...	सर आयझॅक न्यूटन	५०
प्रकरण १० वे	...	...	,,	५७
प्रकरण ११ वे	...	...	,,	६५
प्रकरण १२ वे	...	...	गुरुत्वाकर्षण	६९
प्रकरण १३ वे	...	...	१) ॲलेसँड्रो व्होल्टा २) हान खिश्चन आर्स्टेड	७८
प्रकरण १४ वे	...	...	१) ॲम्पेअर २) ओहम	८२
प्रकरण १५ वे	...	...	मायकेल फॅरेडे	८९
प्रकरण १६ वे	...	...	मायकेल फॅरेडेचे संशोधन	१००
प्रकरण १७ वे	...	...	प्रेस्कॉट जूल	१०५
प्रकरण १८ वे	...	...	जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेल	१११
प्रकरण १९ वे	...	...	हरमान हेमहोल्टझ	११७
प्रकरण २० वे	...	...	१) ज. चं. बोस, २) हेन्री हर्टझ, ३) मार्कोनी	१२६
प्रकरण २१ वे	...	...	इतर शास्त्रज्ञ	१३०
			१) निकोलस कोपरनिकस, २) जॉन केप्लर, २) सर खिस्तफोर रेन, ४) खिश्चन हायगेन्स, ५) जोसेफ ब्लॅक, ६) कौन्ट रूम्फोर्ड ७) हेन्री कॅव्हेंडिश, ८) जोसेफ हेन्री, ९) ग्रॅहेम बेल, १०) लॉर्ड केल्व्हीन	१३७

प्रकरण पहिलें

९५९३७

आर्किमिडीज

(ख्रि. पू. २८७ ते ख्रि. मृ. २१२)

ARCHIMEDES

" Nothing so exalts the mind as the researches of sciences. Who would rather have the fame of Archimedes than that of his conqueror, Marcellus ? Mighty minds in all ages have combined to rear the vast temple of science, and inscribed their names upon it in imperishable characters; but the edifice is not complete; it is not too late to add another pillar or another ornament. "

William Rowan Hamilton.

"मनाची पातळी उंचावण्याकरिता शास्त्रीय-संशोधनासारखा दुसरा कोणताही व्यवसाय नाही. संशोधनकार्यांत गढून गेलेल्या आर्किमिडीझची कीर्ति त्याला जिंकणाऱ्या रोमन सेनानी मार्सिलसच्या कीर्तिपेक्षा अधिक विलोभनीय नाही काय ? आजपावेतो होऊन गेलेले सर्व प्रज्ञावान शास्त्रज्ञ ज्ञानदेवीचे मंदीर उभारण्याच्या प्रयत्नात होते आणि त्यांनीं मंदिराच्या अनेक भिंतीवर व स्तंभावर स्वतःची नांवे अमराक्षरांनीं कोरून ठेवली आहेत. इतके झाले तरी हे ज्ञानदेवीचे मंदीर अद्याप अपूर्णच आहे. आता प्रज्ञावान माणसाने इतकेच करावे की या मंदिराच्या रचनेत एखादी सौंदर्यपूर्ण वस्तु अगर स्तंभ पूर्ण करण्याचा प्रयत्न करावा."

सिरॅक्यूस शहराचा पाडाव

सिरॅक्यूस शहरात सर्वत्र हाःहाःकार उडाला होता. सर्व शहर शत्रुसैनिकांनी म्हणजे रोमन सैनिकांनी व्यापले होते. सिरॅक्यूस शहराचे रक्षण करणाऱ्या सिसिलीयन सैनिकांची फळी केव्हांच फुटली होती व सिसिलीयन सैनिक विखुरले गेले होते. ते थोड्या थोड्या संख्येने रोमन सैनिकांशी लढत होते. कोणीही पळून जाण्याचा प्रयत्न करीत नव्हते. प्रत्येक सैनिक जोहाराच्या आवेशानें लढत राहिला. रोमन सैनिकांचे संख्याबल अधिक असल्यामुळे सिसिलीयन सैनिक एकामागून एक धारातीर्थी पडू लागले. गेले सहा महिने सिरॅक्यूस शहराला रोमन सैनिकांचा वेढा होता. या काळात सिसिलीयन सैनिकांची उपासमार झाली होती. त्यांच्यात लढण्याचे त्राण नव्हते. परंतु सहजासहजी आपले स्वातंत्र्य गमावण्याइतके सिसिलीयन भेकड नव्हते. अखेरपर्यंत लढेन हीच प्रत्येकाची जिद्द होती. संध्याकाळपर्यंत बहुतेक सिसिलीयन तरुण कामास आले. सर्व शहराच्या रस्त्यांतून प्रेतांच्या राशी पडत होत्या. माथेफिरूसारखे रोमन सैनिक जो दिसेल त्याचा वध करीत सुटले. संध्याकाळ होताच रोमन सैनिक घराघरांतून शिरून सर्व आबालवृद्धांची कत्तल करू लागले.

रोमन सैनिकांची एक तुकडी रस्त्यावरील एका हवेलीत शिरली. देवडीवरील पहारेकरी तत्पूर्वीच ठार झाले होते; तेव्हां विचारपूस करण्याचे कारणच नव्हते. सैनिक थेट वाड्यात घुसले. त्यांना माणसांची चाहूल कोठेच लागेना. प्रतिकारच नाहीं हे पाहून त्यांनी तो वाडा पद्धतशीर लुटण्याचे ठरविले. त्या वाड्याचा कानाकोपरा धुंडाळून काढण्याचे त्यांनी योजिले. सरतेशेवटी सैनिक वाड्याच्या मागील चौकात येऊन थडकले. चौकातील सर्व दालने सताड उघडी होती पण एकच दालन आतून बंद असल्याचे त्यांना आढळले. तुकडीच्या पुढाऱ्याने लाथेनेच दार उडवून दिले व ते सर्व सैनिक आत घुसले. दरवाज्याकडे पाठ करून एक वृद्ध मेजावर बसला होता. सर्व शहर उजाड होत असता हा वृद्ध एखाद्या स्थितप्रज्ञासारखा बसून होता. त्या वृध्दाचे लक्ष सैनिकांकडे गेलेच नाही. तो स्लेट पाटीवर कांहीं आकृति काढण्यात गढून गेला होता. त्या वृद्धास पाहून सैनिक चकित झाले. "तूं हे काय करीत आहेस ?" असा प्रश्न सैनिकांच्या पुढाऱ्याने केला. अगदी शांतपणे त्या वृद्धाने हातातील स्लेट पाटी सैनिकांपुढे केली. स्लेट पाटीवर एक सुंदर भूमितीची आकृती होती. त्या आकृतीचे महत्व काय आहे याची माहिती तो वृद्ध त्यांना देऊ लागला; परंतु त्या अडाणी सैनिकांना त्यात काय समजणार ! हे काही चेटुक यंत्र असावे असा सैनिकांचा समज झाला. "आतां तू मरण्यास तयार हो," असे सैनिकांचा अधिकारी ओरडला. "माझे प्रमेय सुटताच मी मरण्यास तयार आहे," असे वृद्धाने उत्तर दिले. "उडवा मान चेटक्याची," अशी आज्ञा होताच त्या म्हाताऱ्याचे शीर धडापासून बाजूस पडले. हा प्रकार संपत आहे तोच रोमन सेनापति मार्सिलस त्या स्थळी येऊन पोहोचला. घडलेला प्रकार मार्सिलसच्या लक्षात आला. तेथे पोहोचण्यास त्याला क्षणाचाच उशीर झाला व एक बहुमोल नररत्न लुटीतून गळून

धुळीत सांडले. "शहर हाती आले पण शहाणपण हातून निसटले !" एवढेच शब्द मार्सिलसच्या तोंडून निघाले. वृद्ध आर्किमिडीझचा आत्मा शत्रूच्या हातून केव्हांच निसटला होता.

आर्किमिडीझच्या अपघाती मृत्युमुळे मार्सिलसच्या मनाचा फारच हिरमोड झाला. आर्किमिडीझला जिंकून रोम शहरी आणीन अशी प्रतिज्ञा मार्सेलीसने रोमन बादशहाच्या दरबारात केली होती आणि ती आता फोल ठरली. रोमन सैनिकांना गेले कित्येक महिने सतावणारा आर्किमिडीझ जिवंत हाती आल्यास त्यास सन्मानाने वागवावे असा हुकूम मार्सिलसने सैन्यातील सर्व अधिकाऱ्यांना दिला होता. परंतु बुद्धीमान माणूस कसा ओळखावा हे सैनिकांना कसे माहीत असणार ! विद्वतेचे कांही नैसर्गिक चिन्ह जर शरीरावर वाढते तर किती उत्तम झाले असते !

सिरॅक्यूसचा पाडाव इ. स. पूर्वी २१२ साली झाला. सिरॅक्यूस हे सिसिली बेटाच्या राजधानीचे शहर होते. सिसिली बेट भूमध्य समुद्रात इटली द्वीपकल्पाच्या दक्षिणेस आहे. इटली ही रोमन लोकांची मातृभूमी. या कालखंडात रोमन साम्राज्याचा सारखा उत्कर्ष होत होता. रोमन लोकांनी दूरदूरचे देश जिंकून रोमन साम्राज्यात सामील करून घेतले होते. परंतु इटलीच्या दक्षिणेस थोड्याच अंतरावर असलेले सिसिली बेट त्यांना बराच कालपर्यंत जिंकता आले नाही. सिरॅक्यूस शहराची स्थापना खिस्तापूर्वी सुमारे ७३२ मध्ये झाली. सुमारे ५०० वर्षांच्या कालात या शहराची भरभराट होत गेली. परंतु वर वर्णन केलेल्या वेढ्यात या शहराचा संपूर्ण नाश झाला. या अंतीम वेढ्यात सिसिलीयन वंश नष्ट झाला. पुढील कालात अनेक शतके हे बेट निर्मनुष्यच होते.

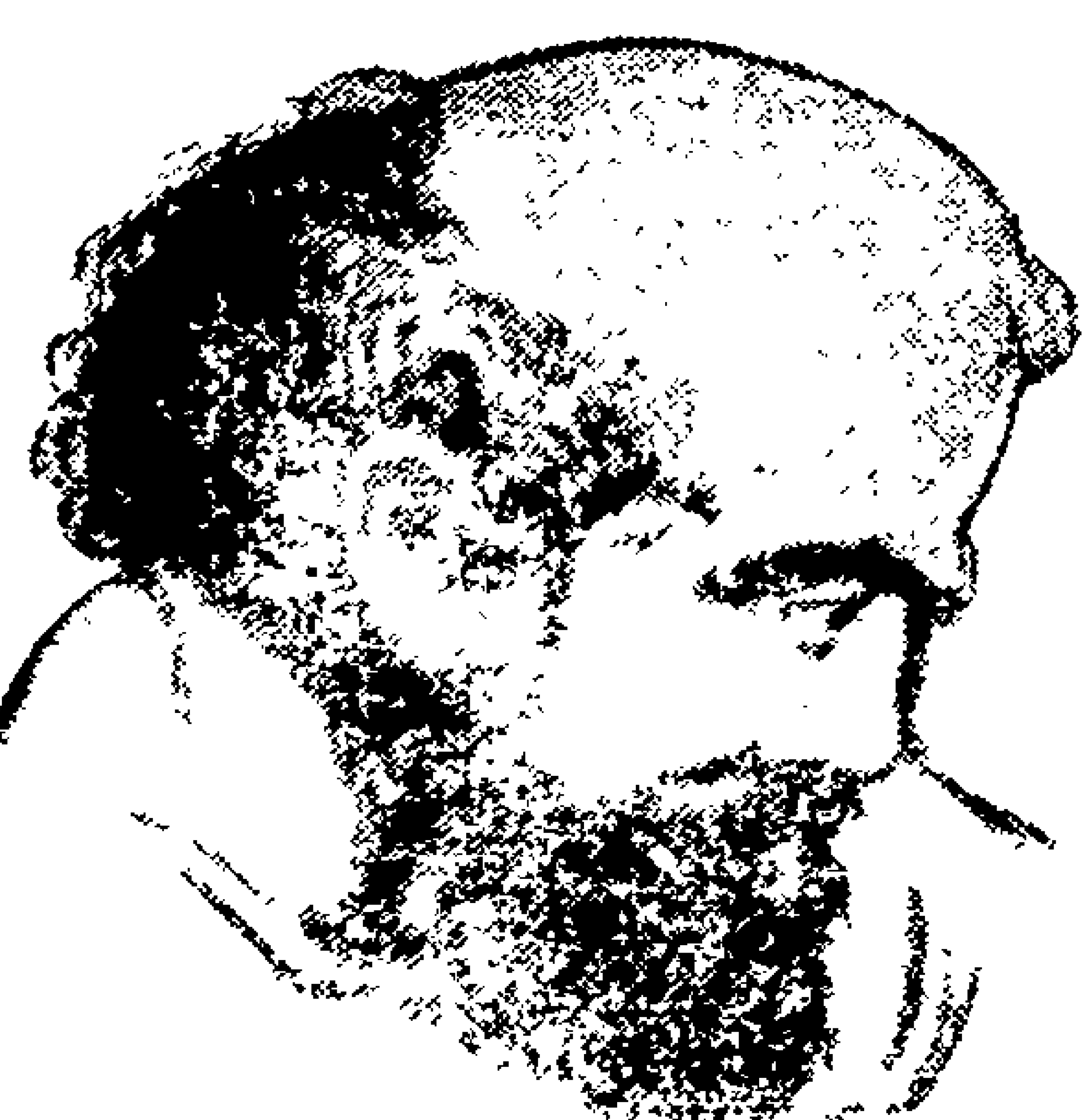
मार्सिलसने आर्किमिडीझचे शव मोठ्या सन्मानाने दफन केले. मरणापूर्वी जे प्रमेय आर्किमिडीझने सोडविले होते त्या प्रमेयाची आकृती एका शीळेवर कोरून ती खूण म्हणून थडग्यावर बसवली. अनेक शतके या बेटावर मनुष्यवस्तीच नसल्यामुळे आर्किमिडीझच्या थडग्याची लोकांना विस्मृति झाली. अर्वाचीन कालांत पुराणवस्तू संशोधकांनी सिसिली बेट धुंडाळून काढले. थडग्यावरील कोरीव शिळेमुळेच आर्किमिडीझच्या थडग्याचा शोध लागला.

खिस्तापूर्वी २८७ मध्ये सिरॅक्यूस गांवी आर्किमिडीझचा जन्म झाला. आर्किमिडीझच्या वडीलांचे नांव फेडिअस असून ते त्या काळातील प्रसिद्ध ज्योतिर्विद होते. सिरॅक्यूसचा राजा हिरोन व फेडीअस यांचा परम स्नेह असे. राजदरबारी फेडीअसला बराच मान असे. फेडीअसने आर्किमिडीझच्या शिक्षणाची काळजी प्रथम पासून घेतली होती. आर्किमिडीझ वीस वर्षांचा होताच फेडीअसने त्याला शिक्षणासाठी आलेक्झांड्रिया येथील विद्यालयात ठेवले. आर्किमिडीझ देखील बापासारखाच विद्वान झाला. आपल्या शहाणपणाची छाप त्याने थोड्याच कालात हिरोन राजावर पाडली. फेडीअसच्या मृत्यूनंतर राजदरबारी पहिली मानाची जागा आर्किमिडीझला मिळाली. अखेरपर्यंत आर्किमिडीझ आपल्या राजाशी व देशाशी एकनिष्ठ राहिला. हे राजरत्न हिरावून नेण्याचे प्रयत्न रोमन लोकांनी अनेक वेळा केले. रोमन साम्राज्याशी झालेल्या युद्धात आर्किमिडीझची राजास फार मदत झाली. आर्किमिडीझने युद्धोपयोगी अनेक यंत्रे तयार केली होती. आर्किमिडी-

झच्या यंत्रामुळे हजारो सैनिक मारले जात. त्याच्या एका यंत्राने शत्रु सैनिकांची जहाजे क्षणार्धात बुडवता येत असत. दुसऱ्या एका यंत्राने शत्रु सैनिकांवर धोंड्यांचा पाऊस पाडता येत असे. केवळ आर्किमिडीझच्या बुद्धीकौशल्यावर सिसिलीयन लोकांनी अफाट रोमन सैन्याशी दीर्घकाळ सामना दिला. दुर्दैवे आर्किमिडीझच्या बाळपणाची माहिती आज उपलब्ध नाही. एवढीच माहिती मिळते की त्याचे बरेचसे शिक्षण आलेक्झांड्रिया येथील गुरुकुलात झाले.

फार पुरातनकाळी म्हणजे सुमारे २२०० वर्षापूर्वी (खिस्तापूर्वी ३३२) इजिप्त मधील आलेक्झांड्रिया शहर जगातील सर्व विद्याचे केन्द्र मानले जात असे. पुरातन काळात इजिप्तला मिसर देश म्हणत असत. जगज्जेता आलेक्झांडरने मिसर देश जिंकला व आपली आठवण म्हणून त्याने आलेक्झांड्रिया शहर वसवले. खिस्तापूर्वी ३३२ पासून सुमारे १५० वर्षे या शहराची भरभराट होत गेली. या शहरात ग्रीक संस्कृतीचा विकास पूर्णत्वाने झाला होता. आलेक्झांडरच्या मृत्यूनंतर हे शहर टॉलेमी राजाकडे आले. टॉलेमीच्या कारकीर्दीत या शहराची फार भरभराट झाली. टालेमी राजा स्वतः विद्वान असून मोठा गुणग्राही असे. यामुळे गुणीजनाचे त्याच्या दरबारी वास्तव्य असे. अनेक विद्वानांचा योगक्षेम आलेक्झांड्रीया शहरी उत्तम तऱ्हेने होत असे साहजिकच विद्वत्‌जनांच्या सान्निध्याकरतां आजूबाजूच्या सर्व देशातून विद्यार्थी आलेक्झांड्रीयाला येऊन वास्तव्य करीत. आलेक्झांड्रीया म्हणजे पश्चिमेकडील आवंती अगर तक्षशीलासारखे विद्या केंद्रेच होते.

इ. सन ६४१ साली इजित देशावर परकीयांची स्वारी झाली. या युद्धात इजिप्शीयन लोकांचा पूर्ण पाडाव झाला. हे युद्ध धर्मप्रसाराच्या हेतूनेच झाले. परकीय सैनिकांनी आलेक्झांड्रीया शहरातील फार प्राचीन ग्रंथालय जाळून टाकले. या घटनेमुळे पूर्वकालीन ज्ञानाची व आपली ताटातूट झाली. पूर्वसंपादीत ज्ञानाची होळी केल्याने मानव पुनश्च जंगली व अडाणी बनला. हा पूर्वकालीन ज्ञानाचा वारसा मानवास मिळाला असता तर आपण आज आहोत त्यापेक्षा अधिक ज्ञान संपन्न व सुखी असतो.



PYTHAGORAS

इजितमधील पिरॅमीडसारखी अजस्त्र कामे पाहून पूर्वकालीन ज्ञानाची व संस्कृतीची थोडीफार कल्पना येते. पिरॅमीड या वास्तूची कल्पना करणारा व ती प्रत्यक्षात आणणारा इंजिनीयर किती अचाट बुद्धीचा असला पाहिजे ! तसेच हे काम एकादोघांनी करण्यासारखे नाही. या कामाकरिता किती कसबी कारागिरांची जरूरी लागली असावी ? इजिप्तसारख्या वालुकामय प्रदेशात मोठाले फत्तर कोठून व कसे वाहून आणले असावे ? तसेच हे फत्तर इतक्या उंचीवर चढवून

व्यवस्थेशीर कसे बसवले ? अशा तऱ्हेचे अनेक प्रश्न मनात येतात. या व इतर गोष्टीमुळे एक गोष्ट निश्चित होते की प्रगल्भावस्थेस पोहोचलेली एक मानव संस्कृति पूर्ण नष्ट झाली. त्या संस्कृतींत वावरणारी कांही थोडी नांवे आपणास माहीत आहेत. ती म्हणजे पाथेगोरस (खि. पू. ५०० वर्षें) युक्लीड (खि. पू. ३००) हिमार्कस (खि. पूर्वी १९० ते १२०) ही होत.

भूमिती शास्त्राचा जनक युक्लीड खिस्तापूर्वी ३०० वर्षे आलेक्झांड्रीया शहरी उदयास आला. तत्पूर्वी म्हणजे खि. पू. ५०० वर्षे आधी पायथेगोरस याने त्रिकोणाच्या तीन कोनांची बेरीज दोन काटकोन असते हे सिद्ध केले होते. तसेच काटकोन-त्रिकोणाच्या तीन बाजूंच्या लांबीसंबंधीचा प्रसिद्ध सिद्धांत पायथॅगोरसचा सिद्धांत म्हणून ओळखला जातो. यांच सिद्धांताचा उपयोग करून इजिप्शीयन लोक पूर्व दिशा निश्चित करीत. आर्किमिडीझच्या कालात प्रसिद्ध ज्योतिर्विद हीपार्कस उदयास आला. यानेच ज्योतिष शास्त्रांतील मूलग्राही सिद्धांतांची मांडणी केली सर्व ग्रहमालेचा केंद्र सूर्य असून पृथ्वी, मंगळ, बुध वगैरे ग्रह त्या भोवती फिरतात असे हीपार्कसने प्रतिपादन केले. तसेच त्याने ग्रहांचे भ्रमणकाल निश्चित केले होते. खिस्तापूर्वी हा ज्ञान-संग्रह एकाएकी नष्ट झाला. पुनश्च हे ज्ञान मिळवण्याकरतां कोपरनिकस (इ. स. १४७३) याने सुरुवात केली. कोपरनिकस, केप्लर वगैरे शास्त्रज्ञांच्या आधारावरच सर आयझॅक न्यूटनला गुरुत्वाकर्षणाची मांडणी करता आली. या गोष्टी नमूद करण्याचा उद्देश हा की खिस्तापूर्वी बरीच शतके आधी मानव विद्यासंपन्न व सुसंस्कृत असला पाहिजे. ही परिस्थिती तत्कालीन नैसर्गिक आपत्तीमुळे अगर खिस्ताच्या शिकवणूकीमुळे आली असावी असे काही विद्वानांचे मत आहे. असहिष्णु धर्म समजुती प्रगतीच्या आड काही प्रसंगीं येतात व यामुळे मानवी प्रगती खुंटते. असो.

EUCLID

आलेक्झांड्रीया येथील शिक्षण पुरे होताच आर्किमिडीझ परत सिरॅक्यूसला आला. आर्किमिडीझची योग्यता पाहून हीरोन राजाने त्याला दरबारी मोठ्या मानाची जागा दिली. मरेपर्यंत त्याने आपल्या राजाची व देशाची सेवा केली. आर्किमिडीझने सर्व आयुष्य अभ्यासात घालवले. रोमन साम्राज्य जर आक्रमक नसतें तर सिसिली देशाची प्रगती अखंड चालू राहती. परंतु तसे घडून आले नाहीं. सिसिली बेट आपल्या राज्यास जोडावे व

सिसिलीयन लोकांना गुलाम बनवावे अशी रोमन लोकांची प्रबळ इच्छा होती. युद्ध काळात उपयोगी पडतील अशी अनेक यंत्रे करून आर्किमिडीझने हायरोन राजास दिली होती. या सर्व यंत्रांची रचना तो स्वत:च करीत असे. युद्ध परिस्थितीमुळे युद्धसाहित्य निर्मितीची कला गुप्त ठेवणे जरूर होते. आर्किमिडीझच्या मृत्युबरोबर मनुष्यवध करणारी यंत्रेपण नष्ट झाली. रोमन लोकांच्या हाती ही यंत्रे लागली नाहीत. हे वंशछेदक युद्ध झाले नसते तर आर्किमिडीझकालीन शास्त्राचा वारसा आपणास मिळाला असता व आपण आहोत त्यापेक्षा अधिक प्रगतीच्या आघाडीवर असतो. युद्धकाळात राजकारणी पुरुषांचा तोल जातो व अखिल मानव जात धोक्यात येते.

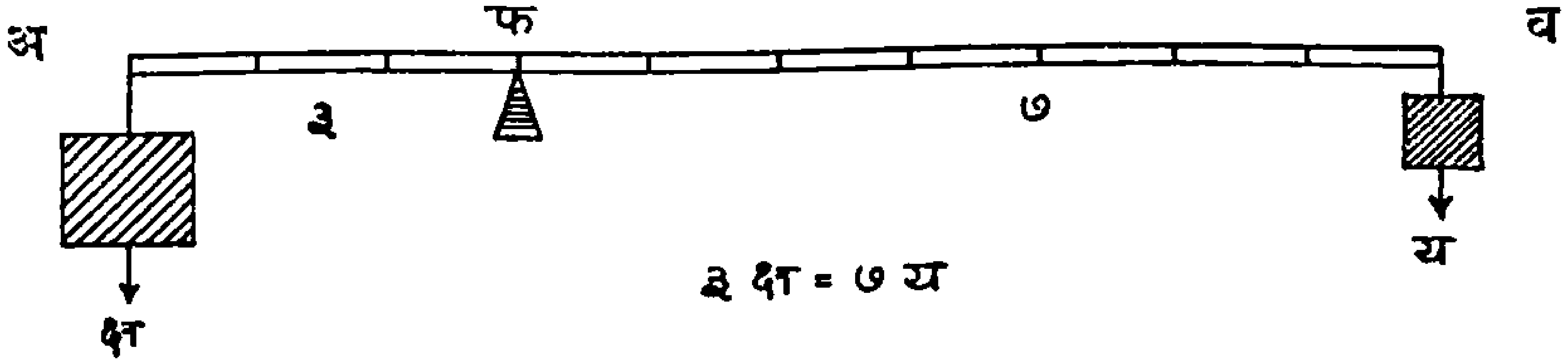
* * *

प्रकरण दुसरे

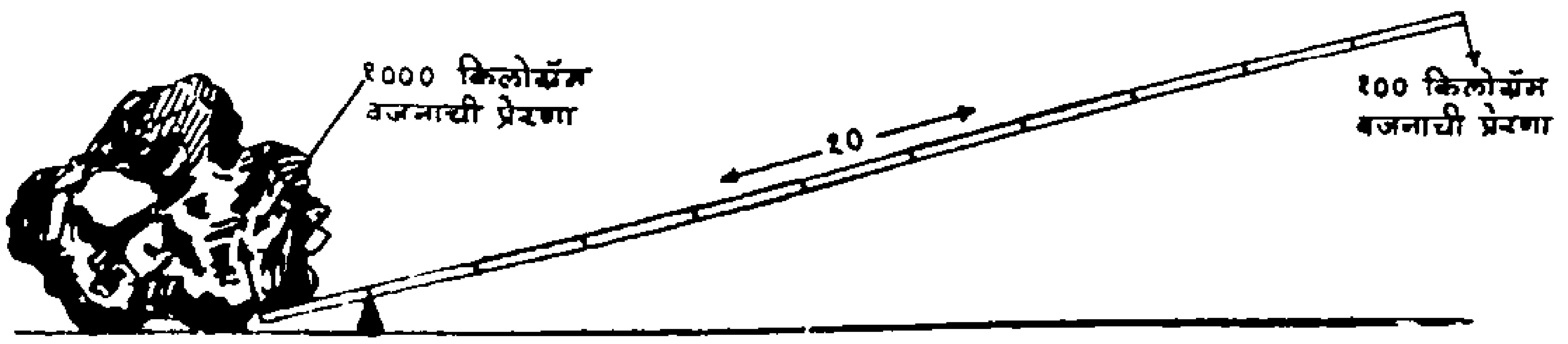
आर्किमिडीझचे शोध

अ) तरफेचा सिद्धांत :— कोणत्याही लहानसहान यंत्राचे पृथक्करण केल्यास त्यात तरफेचा अनेक वेळा उपयोग केल्याचे आढळून येते. कात्री, आडकिता, तराजू, निरनिराळे चिमटे, ही साधी यंत्रे होत. या साध्या यंत्रातून तरफेचा एकदाच उपयोग केल्याचे आढळून येते. परंतु दूचाकी यंत्र घेतल्यास त्यात तरफेचा अनेक वेळा उपयोग केला जातो.

फार पूर्वीपासून लोक तराजू अगर तागडीचा उपयोग व्यवहारात करीत. परंतु शास्त्रीयदृष्ट्या तराजूचा फारसा कोणी विचार केला नाही. तागडीच्या निरीक्षणावरून आर्कीमिडीझने तरफेच्या सिध्दांताची मांडणी केली. तरफेस तीन गोष्टींची अवश्यकता



असते. (आकृती १ व २ पहा). अ हा कार्य-बिंदू, फ हा आधार-बिंदु आणि ब हा प्रेरणा बिंदू. प्रेरणाबिंदू ज्या मानाने आधार बिंदूपासून दूर घ्यावा त्या मानाने कार्य-बिंदूच्या ठिकाणी उत्पन्न होणारी प्रेरणा अधिक होऊ लागते.



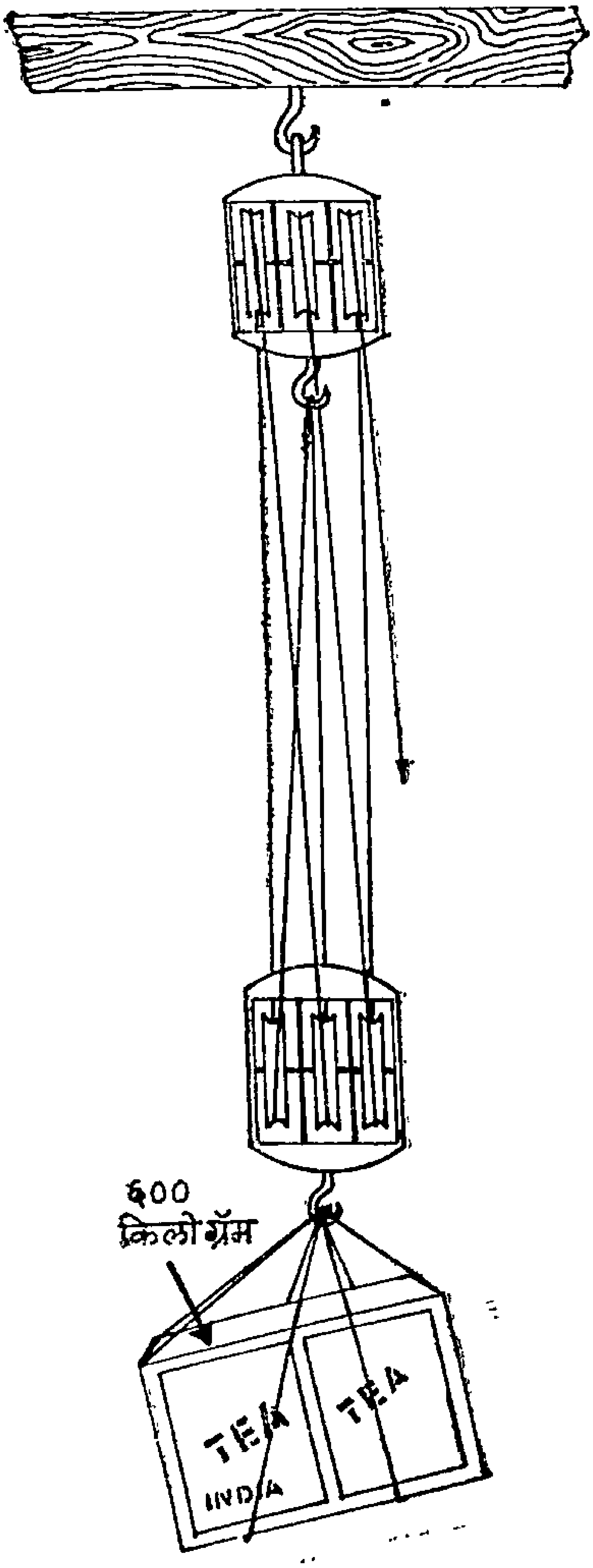
वरील आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे १०० किलोग्राम वजनाच्या प्रेरणेमुळे १००० किलोग्राम वजनाची प्रेरणा उपलब्ध करता येते. तरफेच्या साहाय्याने उपलब्ध असलेल्या लहान

प्रेरणेने मोठी प्रेरणा पैदा करता येते. याच सिध्दांताच्या प्रचितीमुळे आर्किमिडीझ म्हणत असे कीं "आधारासाठी मला उभे राहाण्यास पृथ्वी बाहेर जागा द्याल तर ही प्रचंड पृथ्वीसुध्दा मी एकटा हालवू शकेन "

तरफ व भ्रमणप्रवृती :– टेकू भोंवती सहजगत्या फिरणाऱ्या ताठ गजास तरफ असे म्हणतात. प्रेरणा व तिचे टेकूपासून अंतर यांच्या गुणाकारास भ्रमणप्रवृती म्हणतात. भ्रमणप्रवृती दोन प्रकारची असते. घन-प्रवृती (घड्याळाच्या काट्या विरुद्ध) व ऋणप्रवृती (घड्याळाच्या काट्या समान). तरफ समतोल असते तेव्हां घन व ऋण भ्रमणप्रवृती समान असतात.

भ्रमणप्रवृतीचा नियम

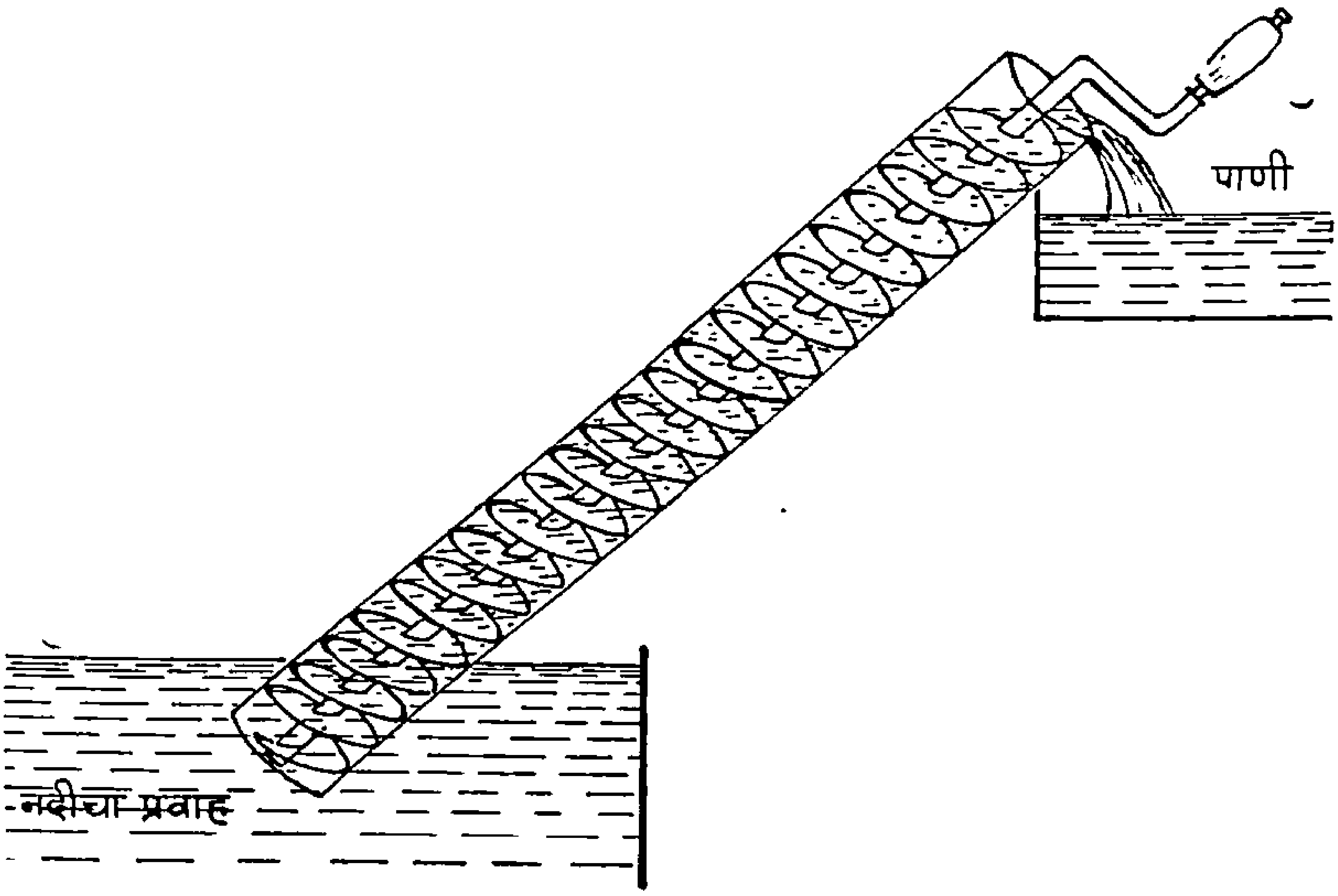
भार × भार-भुजा = प्रेरणा × प्रेरणा-भुजा.



(आ) संयुक्त कप्पी :– प्राचीन काळी बॅबिलोनीयन लोक सुट्या कप्पीचा उपयोग खोल विहिरीतील पाणी वर काढण्यासाठीं करीत असत. संयुक्त कप्पीची कल्पना व रचना प्रथमच मूर्त स्वरूपास आणण्याचे कार्य आर्किमिडीझने केले. संयुक्त कप्पीच्या साहाय्यानें चारदोन सैनिक शत्रुची मोठाली जहाजे सहज बुडवू शकतात. ही गोष्ट आर्किमिडीझनें प्रत्ययास आणून दिली. कप्पीच्या सहाय्याने सिसिलीयन सैनिकांनी शत्रूच्या अनेक जहाजांस जलसमाधी दिली.

दोन दोन, तीन तीन कप्प्या एकमेकाशेजारी एका चौकटीत बसवतात. या चौकटीस संयुक्त कप्पी म्हणतात. संयुक्त कप्पीच्या उपयोगाने प्रेरणेची बचत होते. चौकटीत जर तीन कप्प्या असतील तर सर्व भार सहा दोऱ्यावर विभागला जातो व यांत्रिक फायदा ६ होतो. आकृतीवरून वाचकांना कल्पना येईलच.

(इ) पाणीवर खेचण्याचा स्क्रू : विसाव्या शतकात पाणी वर खेचण्याचे अनेक प्रकारचे पंप आपल्या पाहण्यात आहेत. त्यात विचित्र असे आपणास काहीच वाटत नाही. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें एक विचित्र यंत्र आर्किमिडीझने तयार केले होते. या यंत्राच्या रचनेवरून शोधकाच्या कल्पकतेची साक्ष पटते. नदीचे पाणी टेकडीवर खेचण्यासाठीं या स्क्रू-यंत्राचा उपयोग करण्यात येत असे.



एका लाकडी दांडीवर स्क्रूसारखे आटे बसवतात. नंतर ही स्क्रू दांडी आकृतींत दाखव-ल्याप्रमाणे लांब नळीत बसवतात. हाताच्या प्रेरणेने मधील दांडी रवीसारखी फिरत ठेवल्यास खालच्या पातळीवरील पाणी वर चढू लागते.

(ई) हीरोन राजाच्या मुगुटाची गोष्ट : एके दिवशी राजाचा सुवर्णकार सोन्याचा मुगुट घेऊन राजदरबारी आला. मुगुटाची घडण कलायुक्त होती. मंडळीला शंका आली ती मुगुटास वापरलेल्या सोन्याविषयीची होती. कांहींच्या मते तो मुगुट शुद्ध सोन्याचाच आहे व काही म्हणत की त्यात तांब्यासारखी एखादी धातू मिश्रित असावी. प्रत्येकास वाटे की आपली परीक्षा अचूक आहे. मुगुट सोन्याचाच कां, याचे शास्त्रीय कारण देण्यास कोणीच तयार होईना. अर्थात ही कामगिरी राजाने आर्किमिडीझवर सोपवली. या प्रश्नामुळे आर्किमिडीझ बराच गोंधळात पडला. कांहीं केल्या त्याला प्रश्नाचे समर्पक उत्तर देता येईना.

इतर धातूंपेक्षां सोन्यात विशेष असे काय आहे ? या प्रश्नास उत्तर म्हणजे सोन्याचे जडत्व. परंतु जडत्व म्हणजे तरी कसे असते व ते कसे मोजावे ? या प्रश्नावरून आर्किमि-डीझला दार्ढ्य (Density) ची कल्पना सुचली. मुगुटाच्या वजनाइतक्या वजनाचा सोन्याचा तुकडा, चांदीचा तुकडा व तांब्याचा तुकडा असे तीन तुकडे वेगळे करून ठेवले. या तीनहि तुकड्यांचे वजन जरी सारखे होते तरी त्यांचे आकारमान सारखे नव्हते. सोन्याचा

तुकडा आकारमानाने सर्वांत कमी होता. त्यापेक्षा थोडा मोठा चांदीचा होता; आणि सर्वांत मोठा तांब्याचा होता. या निरीक्षणावरून आर्किमिडीझला धातूच्या दार्ढ्याची कल्पना सूचली

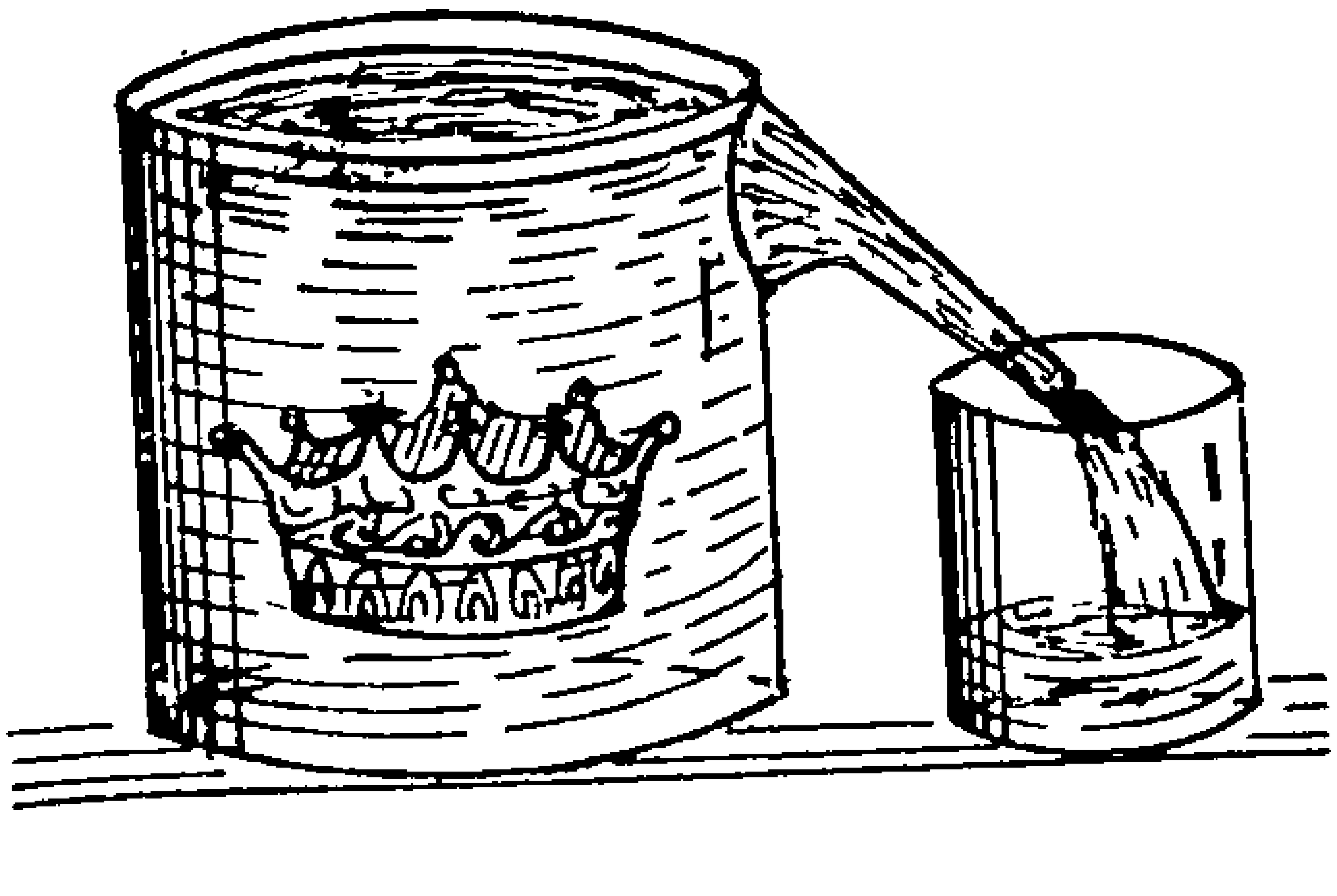
$$\text{दार्ढ्य} = \frac{\text{वजन}}{\text{आकारमान}}$$

या सूत्राचा उपयोग करून आर्किमिडीझने सोनें, चांदी व तांबें यांची दार्ढ्यें निश्चित केली धातूचे दार्ढ्य हेच धातूचे वैशिष्ट्य. मुगुट जर सोन्याचा असेल तर त्याचे दार्ढ्य सोन्याच्या दार्ढ्याशीं समान असलेच पाहिजे. आर्किमिडीझला प्रश्न पडला कीं मुगुटाचे दार्ढ्य कसे ठरवावे ? मुगुटाचे वजन त्यास माहीत होते, परंतु आकारमान निश्चित करता येईना. पदा-पदार्थाचा आकार घनाकृती असेल तर त्याचे घनफळ लांबी × रूंदी × उंची या सूत्राच्या साहाय्याने निश्चित ठरवता येते. परंतु ओबडधोबड धोंडा, कांचेचा तुकडा अथवा मुगुट यांचे घनफळ निश्चित करण्यास सूत्राचा उपयोग होत नाही. अनियमित आकार असलेल्या पदार्थाचे घनफळ कसे निश्चित करावे हेच आर्किमिडीझला कोडे पडले. हा प्रश्न आर्किमिडीझला फार दिवस सतावीत होता व त्यामुळे तो बेचैन झाला होता.

एके दिवशीं नेहमीप्रमाणे आर्किमिडीझ स्नानाकरता स्नानगृहात गेला. स्नानापूर्वी अंगावरील सर्व वस्त्रे उतरवून त्याने बाजूस ठेवली. पाण्याने काठोकाठ भरलेले स्नानपात्र तयारच होते. स्नानपात्रात बसण्याकरता त्याने एक पाय उचलून पाण्यात धरला. पाय जसजसा जलाशयात शिरू लागला तसतसे पाणी ओसंडून बाहेर पडू लागले. ही घटना त्याच दिवशी आर्किमिडीझच्या निदर्शनास आली. सांडत असलेल्या पाण्याचा व शरीराच्या आकारमानाचा निश्चित संबंध आहे ही गोष्ट चटकन त्याच्या ध्यानात आली. अनियमित वस्तूचे आकारमान निश्चित करण्याची युक्ति आता त्यास समजली. (घनपदार्थ द्रवात बुडत असता, तो पदार्थ आपल्याच आकारमानाइतके पाणी उत्सारित करतो.)

अशी दंतकथा आहे कीं या कल्पनेच्या आनंदाने आर्किमिडीझ बेहोश झाला; व तसाच नग्नावस्थेत स्नानगृहाच्या बाहेर पडला. त्याच स्थितीत तो राजवाड्याकडे धावत गेला. या गोष्टीत अतिशयोक्ती असावी यांत शंका नाही. असो,

अनियमित पदार्थाचे आकारमान काढण्याच्या पद्धतीस **जलोत्सारण पद्धती म्हणतात.** पाण्याने काठोकाठ भरलेल्या जलपात्रात अनियमित आकाराचा पदार्थ अलगत सोडावा. असे करताना जलपात्रातून बाहेर पडणारे पाणी दुसऱ्या एका पात्रात साठवावें व नंतर त्या पाण्याचे आकारमान मोजावे. सांडलेल्या पाण्याचे जे आकार-मान तेच आकारमान अनियमित पदार्थाचे आकारमान होय.



वरील जलोत्सारण पद्धतीने आर्किमिडीझने मुगुटात वापरलेल्या धातूचे दार्ढ्य निश्चित केले. या दार्ढ्याची तुलना इतर तीन धातूंच्या दार्ढ्याशी करून मुगुट सोन्याचा आहे किंवा नाही हे ठरवले.

क्रमिक पुस्तकातून आर्किमिडीझचे सिद्धांत पुढील प्रमाणे आहेत.

आर्किमिडीझचा सिद्धांत :–

१) घन पदार्थ द्रवात बुडवला असता, तो पदार्थ आपल्याच आकारमानाइतके द्रव उत्सारित करतो.

२) घन पदार्थ द्रवा त बुडत असता त्या पदार्थाला द्रवाकडून प्रतिकार होतो म्हणजे द्रव त्या पदार्थास द्रवाबाहेर ढकलण्याचा प्रयत्न करते आणि त्यामुळे पदार्थाचे द्रवात वजन घटते.

३) पदार्थाच्या वजनात येणारी घट ही उत्सारित द्रवाच्या वजना इतकी असते.

समुद्राच्या अगर नदीच्या पाण्यात जहाजे कां तरंगतात, तसेच हायड्रोजन वायूने भरलेला फुगा हवेत कां तरंगतो, याची कारणमिमांसा आपणास करता येते. उत्सारित केलेल्य पाण्याच्या वजना इतके जहाजाचे वजन असते; तसेच फुग्याचे वजन त्याने उत्सारित केलेल्या हवेच्या वजनापेक्षां कमी असते. म्हणून फुग्यास हवेत वरवर जाण्यास गती मिळते. विसाव्या शतकापर्यंत हा आर्किमिडीझचा सिद्धांत टिकून आहे. त्यास अपवाद असा कोठेच नाही.

ज) आर्किमिडीझचे गणित शास्त्रातील शोध : पदार्थविज्ञान शास्त्रातील शोधाइतकेच महत्वाचे शोध आर्किडीझने गणित शास्त्रात लावले.

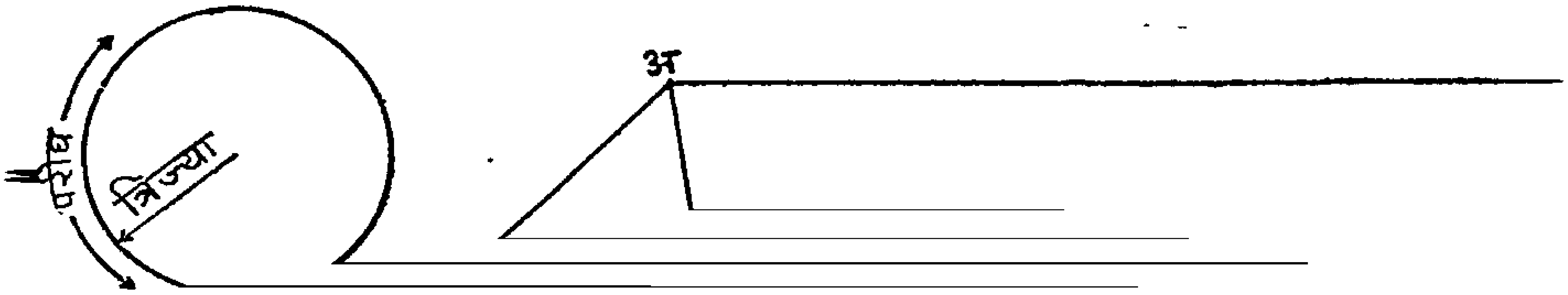
१) वर्तुळ–परीघ सिद्धांत.

कोणतेही लहान अगर मोठे वर्तुळ घ्या व त्याचा परीघ अचूक मोजून काढा. परीघ लांबीस त्याच वर्तुळाच्या व्यासाने भागिले असता भागाकाराची विशिष्ट अशी संख्या येते. ती संख्या ३·१४१५९......अशी आहे. हा भागाकार पूर्ण कधीच होत नाही. यामुळे ही संख्या अचूकपणे मांडता येत नाही. म्हणून ही संख्या π या बोध चिन्हाने व्यक्त करतात.

$$\frac{\text{परीघ}}{\text{व्यास}} = \pi \qquad \text{आता व्यास} = २ \text{ त्रिज्या}$$

$$\text{परीघ} = \pi \text{ व्यास} = २\,\pi \text{ त्रिज्या}$$

२) **वर्तुळाचे क्षेत्र :** वर्तुळास लांबी व रूंदी नसल्याने त्याचे क्षेत्र ठरवणे मुष्कील होते. परंतु आर्किमिडीझने वर्तुळाचे क्षेत्र निश्चित करण्याची सोपी युक्ति सांगितली.



प्रथम परीघा इतक्या लांबीची बक रेषा काढा. बक वर त्रिज्येइतक्या लांबीचा अम लंब काढा.

वर्तुळाचे क्षेत्र = Δ अबकचे क्षेत्र

$= \frac{\text{पाया} \times \text{उंची}}{२}$

$= \frac{१}{२} \times २\, \pi$ त्रिज्या $\times$ त्रिज्या

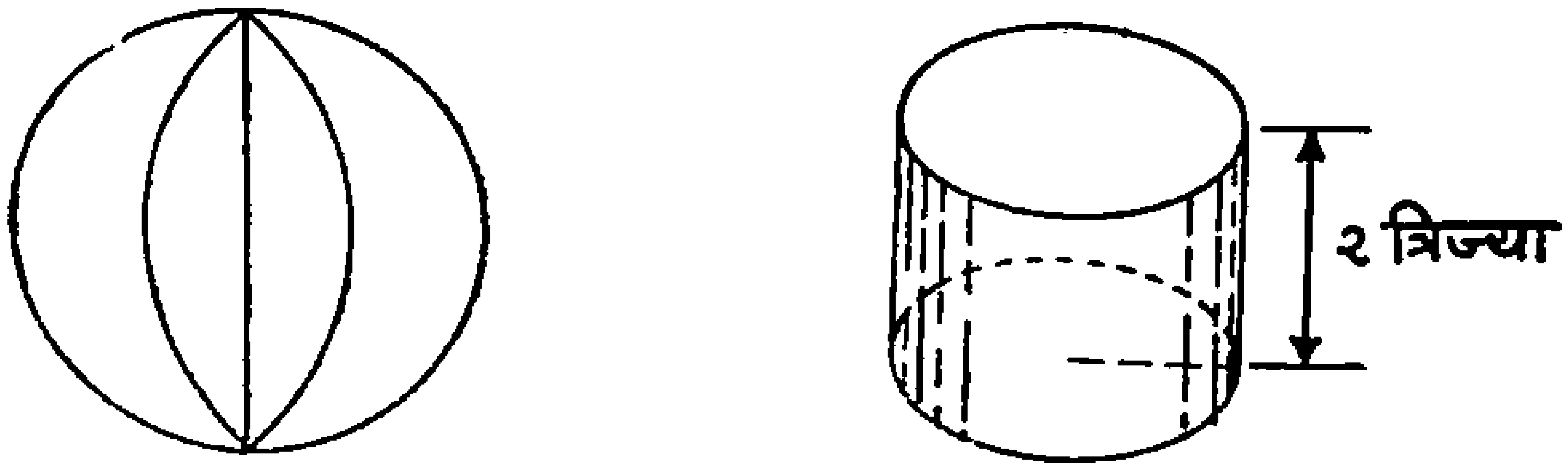
$= \pi\,(\text{त्रिज्या})^2$

३) **गोल (Sphere) व वृत्तचिती (Cylinder) वक्रपृष्ठ**

गोलाचे वक्रपृष्ठ $= ४\ \pi\ (\text{त्रिज्या})^2$

वृत्तचितीचे वक्रपृष्ठ $= २\ \pi\ (\text{त्रिज्या})$ उंची

समान त्रिज्या व समान उंची असलेल्या गोलाचे व वृत्तचितीची वक्रपृष्ठे समान असतात.



४) **गोलाचे व वृत्तचितीचे घनफळ**

गोलाचे घनफळ $= \frac{४}{३}\ \pi\ (\text{त्रिज्या})^3$

वृत्तचितीचे घनफळ $= \pi\ (\text{त्रिज्या})^2 \times$ उंची

वृत्तचिती व गोल यांची त्रिज्या व उंची समान असेल तर वृत्तचितीचे घनफळ हे गोलाच्या घनफळाच्या दीडपट असते.

प्रकरण तिसरें

गॅलिलिओ

(इ. स. १५६४–१६४२)

GALILEO

"Of a different type is the iconoclast - the breaker of images - rebelling against authority, impetuous to prove that the old idols are false, impatient with the world because of its indifference to the new gospel he has to teach."

R. A. Gregory.

“ गॅलिलीओ सारखा ” शास्त्रज्ञ हा एकप्रकारचा मूर्ति-भंजकच होय. परंपरागत चालत आलेल्या रूढ कल्पना खोट्या ठरवून त्यांची टर उडवणे आणि त्यांची जोपासना करणाऱ्या प्रतिष्ठित अधिकाऱ्यांविरुद्ध सतत बंड करीत राहणे ही दोन कार्ये हा शास्त्रज्ञ जन्मभर करीत असतो. तसेच इतरेजनांनी त्याच्या नवकल्पनांची दखल न घेतल्यास त्यांच्यावर आग पाखडण्यास देखील तो कमी करीत नाहीत.”

गॅलिलीओच्या जीवनातील वादळ :—ही घटना इ. स. १५९१ सालची आहे. फार वर्षापूर्वीची घटना असल्यामुळे तारीख व महिना निश्चित सांगता येत नाही; परंतु वेळ मात्र सकाळची होती. इटली देशातील पिसा शहराच्या सीमेवर रोमनकालीन संगमरवरी दगडांनी बांधलेला एक मनोरा आहे. या मनोऱ्याचे वैशिष्ट्य हे कीं तो एका अंगास बराच कललेला आहे. गेली कित्येक शतके हा मनोरा अशाच कललेल्या स्थितींत उभा आहे. आज

या मनोऱ्याच्या पायथ्याशी शहरातील बरीच थोर मंडळी उपस्थित होती. या मंडळीत प्रामुख्याने विश्वविद्यालयीन प्राध्यापकांचा भरणा होता. विद्यार्थीदेखील मोठ्या संख्येने उपस्थित होते. या जमलेल्या मंडळींतून एक तरुण प्राध्यापक पुढे आला. त्याने इतर प्राध्यापकांना अभिवादन केले व उपस्थितिबद्दल त्यांचे आभार मानले. या तरुण प्राध्यापकाच्या हातात दोन धातूचे गोल होते. एक गोल अगदीच हलका व दुसरा बराच वजनाचा होता. या दोन गोलांचे इतर मंडळींनी बरेच निरीक्षण केले व नंतर ते पुन्हा त्या तरुण प्राध्यापकाच्या हाती दिले. तो तरुण प्राध्यापक ते दोन गोल घेऊन मनोऱ्याच्या पायऱ्या चढू लागला. थोड्याच वेळात तो मनोऱ्याच्या सातव्या मजल्याच्या गॅलरीत उभा राहिला. वर पोहोचताच पायथ्याशी उभे असणाऱ्या मंडळींना स्मित मुद्रेने त्याने प्रणाम केला. मोठ्याने आवाज काढून त्या तरुणाने सर्वांचे लक्ष स्वतःकडे वेधून घेतले. सर्वांचे लक्ष आपल्याकडे आहे याची खात्री करून घेतली आणि हातातील दोन गोल अलगत खाली सोडले. हे दोन गोल खाली येत असता समान पातळीत होते. दोहोंचेही समान पतन होत होते. आश्चर्य हे कीं हे दोन गोल एकाच क्षणी जमिनीवर आदळले.

झाले! दोन हजार वर्षे मान्य असलेल्या सिद्धांताचा निकाल लागला! प्रत्यक्ष प्रयोगाने अरिस्टॉटलचा सिद्धांत खोटा ठरला. अरिस्टॉटलच्या मताप्रमाणे जडवस्तू हलक्या वस्तूपेक्षा जमिनीकडे लवकर येऊन पोहोचते. याचा अर्थ असा कीं पतन काल पदार्थातील वस्तूमानाच्या (Mass) व्यस्त प्रमाणात असतो.

प्रयोगाची योजना करणारा हा तरुण प्राध्यापक म्हणजे प्रसिद्ध शास्त्रज्ञ गॅलिलीओ होय. प्रयोग होताच अधिकारी मंडळी आंबट चेहेरे करून परतू लागली. गॅलिलीओ मनोऱ्यावरून खाली येईपर्यंत देखील त्यांनी वाट पाहिली नाही.

"पंडीतजी," एक महाशय बोलले "हा गॅलिलीओ चेटक्या आहे, त्याने हा नजरबंदीचा प्रयोग आपणा सर्वांवर केला. याची त्याला शिक्षा झालीच पाहिजे. गॅलिलीओ समजतो कीं, तो स्वतः काय तो शहाणा आणि आम्ही ॲरिस्टॉटलवर विश्वास ठेवणारे मूर्ख!"

या दिवसापासून गॅलिलीओ म्हणजे जुन्या पिढीच्या प्राध्यापकांच्या तसेच धर्म-मार्तंडांच्या डोळ्यात सलणारा उपद्रवी मनुष्य ठरला. गॅलिलीओसारखे बंडखोर शास्त्रज्ञ म्हणजे एक प्रकारचे मूर्ति-भंजकच होत. जुन्या कल्पनांना मूठमाती देण्याचा त्याचा सतत उद्योग चालू असतो. तसेच ही मंडळी प्रतिष्ठित मंडळीविरुद्ध सतत वादळ उठवीत राहतात. परंतु हा बंडखोर गॅलिलीओ आधुनिक विज्ञान शास्त्राचा प्रवर्तक ठरला.

गॅलिलीओचे लहानपण व शिक्षण :—

गॅलिलीओचा जन्म इटली देशात पिसा या शहरी १५ फेब्रुवारी १५६४ रोजी झाला. त्याचे घराणे जरी उच्चप्रतीचे होते तरी सांपत्तिक दृष्ट्या ते बरेच खालावले होते. गॅलिलीओच्या पित्याचे नांव व्हिन्सेझीओ असून ते पहिल्या प्रतीचे गणितज्ञ होते. तसेच

व्हिन्सेझीओ गायन-वादन कलेत निष्णात होते. थोड्याच काळात गॅलिलीओ या दोन काळात वडीलांइतकाच प्रवीण झाला. व्हिन्सेझीओने आपल्या मुलास गणित विषय शिकवण्यास कटाक्षाने टाळले. त्याची अशी भावना असे की गणितज्ञ मनुष्य कायमचा दरिद्री राहातो. त्यांना असे वाटे की आपला मुलगा निष्णात वैद्य व्हावा म्हणजे तो चांगला श्रीमान होईल.

त्यावेळच्या पद्धतीप्रमाणे गॅलिलीओचे प्राथमिक शिक्षण चर्चमार्फत चालवलेल्या शाळेत झाले. या शाळेत तो ग्रीक व लॅटिन भाषा शिकला. परंतु त्याला या भाषांची गोडी लागली नाही. इ. स. १५८१ साली वडीलानी त्याला पिसा येथील विश्वविद्यालयात पुढील शिक्षणासाठी पाठवले. विश्वविद्यालयात त्याने वैद्यकीचा अभ्यास करावा अशी योजना होती. तेथे गेल्यावर गणिताचा अभ्यास करावयाचा नाही हे आधीच ठरवले होते.

पिसा येथे शिक्षण घेत असता रविवारी प्रार्थनेसाठीं चर्चमध्ये जाण्याचा त्याचा नियम असे. अशाच एका रविवारीं प्रार्थनेसाठी तो चर्चच्या सभागृहात उपस्थित होता. काही कारणाने प्रार्थनेकडे त्याचे लक्ष लागेना. तो इतस्तत: पाहात राहिला. अगदी सहजपणे त्याचे लक्ष सभामंडपात टांगलेल्या दिव्याकडे गेले. तो दिवा वाऱ्यामुळे हेलकावे खात होता. दिव्याची आंदोलने तालबद्ध असल्यामुळे त्याचे मन त्याकडे आकृष्ट झाले. दिवा एका लांबलचक साखळीस टांगला असल्यामुळे त्याची आंदोलने अगदी संथपणे चालू होती. ही संथपणे चालणारी आंदोलने पाहात असता त्याचे मन एकाग्र झाले. थोड्याच वेळात मौजेचे पर्यवसान जिज्ञासेत झाले. प्रत्येक झोक्यास किती काल लागत असावा हे समजावून घेण्याची त्याची इच्छा झाली. परंतु गॅलिलीओच्या काळात मनगटी घड्याळे थोडीच होती! त्या काळी अल्प काल मोजण्याची काहीच साधने उपलब्ध नव्हती. पण वेळीच गॅलिलीओस एक युक्ति सुचली. त्यावेळी तो वैद्यकाचा अभ्यास करीत असे. हाताच्या मनगटात नाडीचे ठोके संथपणे चालू असतात ही गोष्ट त्याला माहीत होती. नाडीचे ठोके मोजून दिव्याचा आंदोलन काल मोजल्यास काय हरकत आहे असा प्रश्न त्याने मनाशी केला. दहा झोके होण्यास किती ठोके लागतात हे त्याने निश्चित केले. हा प्रयोग त्याने चार सहा वेळा करून पाहिला. प्रत्येक खेपेस ठोक्यांची संख्या ठराविकच येऊ लागली. अगदी शेवटच्या प्रयोगाच्या वेळी झोका अगदीच लहान झाला होता तरीपण ठोक्यांची संख्या तीच कायम होती. सामान्यपणे मोठ्या झोक्यास दीर्घकाल व लहान झोक्यास अल्पकाल लागावयास हवा. परंतु प्रत्यक्षात तसे घडले नाही. या घटनेचा गॅलिलीओस चमत्कार वाटला. प्रार्थना थांबताच तो तडक आपल्या अभ्यासाच्या खोलीवर गेला.

खोलीत जाताच पुन्हा प्रयोग करून पाहण्याचे गॅलिलीओने ठरवले. एक लांब दोरा घेऊन त्याच्या टोकास त्याने जड गुंडी बांधली. हाच झाला साधा लंबक. लंबकावर प्रयोग करून लंबकाच्या झोक्यास लागणारा काल (Period) लंबकाच्या झोक्याच्या विस्तारावर (Amplitube) अवलंबून नसतो हे त्याच्या प्रत्ययास आले. या लंबकाच्या गुणधर्मास आपण लंबकाचे **समकालत्व** (Isocronism) असे म्हणतो.

लंबकाचे सिद्धांत :—

१) लंबकाच्या आंदोलनास लागणारा काल (Period) आंदोलनाच्या विस्तारावर (amplitube) अवलंबून नसतो. परंतु आंदोलन कोन पांच अंशापेक्षा कमी असावा.

२) लंबकाच्या आंदोलनास लागणारा काल गुंडीतील वस्तुमानावर अवलंबून नसतो

३) लंबकाच्या आंदोलनास लागणारा काल लंबकाच्या लांबीच्या वर्ग-मूळाशी समप्रमाणात असतो.

उदाहरणे :—१०० सेंटीमिटर लांबीच्या लंबकाचा आंदोलन काल २ सेकंद आहे; तर १४४ सेंटीमिटर लांबीच्या लंबकाचा आंदोलन किती ?

$$\sqrt{१००}\text{ सें. मीटरचा काल} = २\text{ सेकंद}$$

$$\sqrt{१४४}\text{ सें. मीटरचा काल} = \sqrt{\frac{१४४}{१००}} \times २ = २.४\text{ सेकंद.}$$

वरील सिद्धांत गलिलीओने प्रयोग करून निश्चित केले. अशा सिद्धांतांना प्रायोगिक सिद्धांत (empirical) म्हणतात. परंतु असे का घडावे हे गणितशास्त्राच्या आधारे सिद्ध केल्याशिवाय सिद्धांत कायम स्वरूपाचा आहे असे ठरत नाही. अर्थात गॅलिलीओस ही गोष्ट जमली नाहीं. आपल्या शोधास गणितशास्त्राची बैठक नसल्याने इतर शास्त्रज्ञ शोधास मान्यता देणार नाहीत ही गोष्ट गॅलिलीओच्या लक्षात आली. भौतिकशास्त्रांना गणितशास्त्राची जोड हवीच. या एकाच हेतूने गॅलिलीओने गणितशास्त्र शिकण्याचे ठरवले. गणित शिकण्याचे आणखी एक कारण असल्याचे त्याचे चरित्रकार सांगतात.

एके दिवशी विद्यालयाच्या एका दालनात भूमितीवर पाठ चालू होता. प्राध्यापक पाठ घेण्यात रंगून गेले होते. विद्यार्थीही तितक्याच तन्मयतेने पाठ शिकत होते. याचवेळी गॅलिलीओ बाहेर उभा होता. तोही उभा राहून सर्व काही ऐकत राहिला. भूमिती हा काय प्रकार आहे हे पाहण्याच्या इच्छेने तो हळूच आत शिरला व एका बाकावर बसला. पाठ संपताच तो खोलीवर आला. खोलीत येताच त्यानें वडीलांना पत्र लिहिले. पत्रात त्याने एकच वाक्य लिहिले. " आजपासून मी वैद्यकीचा अभ्यास सोडला व यापुढें मी फक्त गणिताचा अभ्यास करणार." चिरंजीवाचे हे पत्र वाचून वडील स्तंभीतच झाले. होणारी गोष्ट टाळतां येत नाहीं हेच खरे ! मुलाच्या या निर्णयामुळे त्याचे पुढील वैयक्तिक जीवन किती कष्टमय झाले हे वाचकांना समजून येईलच. असो.

शास्त्रीयदृष्ट्या लंबकाचे महत्त्व:-गॅलिलीओच्या कालापर्यंत अल्पकाल मोजण्याकरता काहींच साधन अगर परिमाण उपलब्ध नव्हते. सूर्याच्या भासमान होणाऱ्या गतीवर दिवस (Solar Day) हे मोठे परिमाण प्रचारांत असे. घटपात्राचा अगर जलपात्राचा उपयोग करून दिवसाचा २४ वा भाग म्हणजे तास निश्चित करण्यांत आला. मिनीट व सेकंद ही दोन लहान परिमाणे सामान्य जनांच्या कल्पनेबाहेरची परिमाणे होती. लंबकाचे समकालत्व या सिद्धांताच्या आधारें गॅलिलीओने एक सेकंद कसा मोजावा हे निश्चित केले. एका तासांत १८०० आंदोलनें होतील असा लंबक त्यानें निश्चित केला. या लंबकाची लांबी

स्थूलमानानें १०० सेंटीमीटर असते. परंतु ही लांबी निश्चित करण्यापूर्वी तो लंबकावर किती दिवस प्रयोग करीत होता याची कल्पनाच येत नाहीं. सध्याच्याकाळीं विद्यार्थी क्रोनोमीटर अगर घड्याळातील सेकंद कांट्याचा उपयोग करून सेकंद लंबकाची लांबी अर्ध्या पाऊण तासात निश्चित् करू शकतो. १०० सेंटीमीटर लांबीच्या लंबकास एक आंदोलन पूर्ण करण्यास दोन सेकंद लागतात.

इ. स. १५८५ सालीं पैशाच्या अभावी विश्वविद्यालय सोडून गॅलिलीओस आपल्या गावी म्हणजे फ्लोरेन्सला परत यावे लागले. फ्लोरेन्सला आल्यावर गॅलिलीओ स्वस्थ बसला नाहीं. त्याने गणिताचा व विज्ञानाचा अभ्यास चालूच ठेवला. काहीं प्रसंगी फ्लोरेन्स येथील विद्यालयात तो विद्यार्थ्यांना शिकवण्यासाठी जात असे. पाठातून तो विद्यार्थ्यांना आपल्या प्रयोगाविषयीं माहिती देत असे. या कालखंडात तो आर्किमिडीझच्या सिद्धांताचा अभ्यास करीत होता. आर्किमिडीझनंतर बराच कालपावेतो त्याच्या सिद्धांताकडे कोणाचेच लक्ष गेले नव्हते. आर्किमिडीझचे सिद्धांत गॅलिलीओने पुन्हा उजेडात आणले. हे सिद्धांत मुलांना शिकविण्यांसाठी त्याने "द्रवसाध्य तूला" (Hydrostatic Balance) हे नवे उपकरण तयार केले होते. या प्रयोगांच्या प्रसिध्दीनें गॅलिलीओचे नांव सर्व इटाली-भर पसरले.

याच सुमारास एका श्रीमान गृहस्थाचा व गॅलिलीओचा स्नेह जुळून आला. हा श्रीमान गृहस्थ गुणज्ञ असून विद्येचा चाहता होता. याच गृहस्थाच्या सांगण्यावरून गॅलिली-ओने घन पदार्थाचा गुरुत्वमध्य या विषयावर एक उत्तम पुस्तक प्रसिद्ध केले. आर्किमि-डीझने तरफसंबंधी थोडाफार अभ्यास केलाच होता. त्याच सिद्धांताच्या आधारे गॅलिलीओने पदार्थाच्या गुरूत्वमध्याची कल्पना या पुस्तकात विषद करून सांगितली. या पुस्तकाच्या प्रसिद्धीने गॅलिलीओची कीर्ती आणखीन वाढली. या कीर्तीमुळे पिसा येथील विद्यालयात गॅलिलीओस प्राध्यापकाची जागा मिळाली. तीनच वर्षापूर्वी ज्या विद्यालयातून पैशाच्या अभावी त्याला निघून यावे लागले तेथेच तो प्राध्यापक म्हणून वावरू लागला. या योगायोगामुळे त्याच्या वडिलांना मोठी धन्यता वाटली. वडीलांची इच्छा आपल्या मुलाने गणितशास्त्र शिकू नये अशी होती व त्यास कारणही होते. मानमान्यता ही पैशा-पेक्षा श्रेष्ठ आहे हे आता त्यांना पटले.

गणित शिकवण्याची गॅलिलीओची एक विशिष्ट पद्धती असे. या पध्दतीस तो प्रायोगिक पध्दती म्हणे. वर्गात येताच तो विद्यार्थ्यापुढे गणितशास्त्रातील प्रयोग करून दाखवी. प्रयोगात प्रत्ययास आलेल्या गोष्टीकडे तो विद्यार्थ्यांचे लक्ष वेधून घेई. फलकावर या सर्व गोष्टींची क्रमवारी मांडणी करी. यानंतर गृहीत गोष्टींच्या आधारे तो निरनिराळे सिद्धांत स्पष्ट करीत असे. तो म्हणत असे "प्रयोगाशिवाय गणिताचा पाठ म्हणजे वाळूवर बांधलेला मनोरा!"

गॅलिलीओ पिसा येथे सात वर्षे होता. या काळात त्याने गतिशास्त्रातील अनेक सिद्धांत बसवले. गतिशास्त्रातील गॅलिलीओचे सिद्धांत पाठ्य पुस्तकातून न्यूटनचे सिद्धांत म्हणून दिले आहेत. हा एक प्रकारचा गॅलिलीओवर होत असलेला अन्यायच होय. गॅलिलीओच्या ग्रंथांचे मनन केल्यास असे म्हणणे भाग पडते की गतिशास्त्राचा खरा जनक गॅलिलीओच आहे.

गॅलिलीओचे सिध्दांत प्रयोगावर आधारित आहेत म्हणून या सर्व सिध्दांतांना प्रायोगिक सिद्धांत म्हणावे लागते, गॅलिलीओ म्हणे "क्रिया कशी घडते याचा अभ्यास करा, परंतु ती अशी का घडावी हे विचारू नका!" गॅलिलीओचे हे प्रयोग वाचून या सर्वांची कारणमिमांसा करण्याचे कार्य पुढील कालात **सर आइझॅक न्यूटनने** केले. या सर्व गोष्टींची चर्चा वाचकांना न्यूटनच्या चरित्रात वाचावयास मिळेल.

पिसा येथील सात वर्षांच्या वास्तव्याने **गॅलिलीओच्या** जीवनाला बरीच स्थिरता आली होती. तशीच त्याची मानमान्यताही वाढली होती. त्याची नवी मते विद्यार्थीवर्गातून प्रसृत होत होती. येवढ्याने त्याला मानसिक समाधान लाभेना. काळ अनुकूल आहे असे जाणून जुन्या मतवाद्यांना सार्वजनिकरित्या धक्का देणे हे महत्वाचे कार्य करण्याचे त्याने योजिले. प्रयोग यशस्वी होताच आपली प्रतिष्ठा सामान्य लोकांत वाढेल व ॲरिस्टॉटलच्या सिद्धांतांना मुठमाती मिळेल अशी **गॅलिलीओची** अपेक्षा होती. या एकाच हेतूने प्रकरणारंभी वर्णन केलेला पिसा येथील कललेल्या मनोऱ्यावरील प्रयोग गॅलिलीओने घडवून आणला. परंतु झाला प्रकार उलटा. प्रयोगानंतर ॲरिस्टॉलच्या मतानुयायांनी त्याचा छळ करण्यास सुरुवात केली. गॅलिलीओ चेटक्या असून तो जादूटोणा करतो असा प्रचार सुरू झाला. त्याला आता पिसा येथे राहणे दुर्घट झाले. या लोकनिंदेला कंटाळून इ. स. १५९१ च्या आखेरीस गॅलिलीओने पिसा शहर सोडले.

पिसा–विश्वविद्यालय सोडल्यानंतर एका वर्षातच पादूओच्या विद्यालयात **गॅलिलीओची** गणिताचा प्राध्यापक म्हणून नेमणूक झाली. पादूओ येथे तो इ. स. १६१० पर्यंत होता. या विद्यालयात त्याला पगारही चांगला मिळू लागला. या आर्थिक स्वास्थ्यामुळे त्याचे संशोधन कार्य उत्तम तऱ्हेने चालू झाले. या काळात गॅलिलीओने गणितशास्त्रात बरीच प्रगती करून शास्त्रास बरेच स्थैर्य आणले.

दुर्बिणीचा शोध व खगोल शास्त्र

दुर्बिणीचा शोध कोणी लावला हा प्रश्न बराच वादग्रस्त आहे. एवढी गोष्ट खरी की नेदरलॅंड मधील एका नेत्रवैद्याने दुर्बिणीसारखे साधन गॅलिलीओपूर्वी तयार केले होते. परंतु हे साधन गॅलिलीओच्या पाहाण्यात आले नव्हते. गॅलिलीओच्या काळात कांचेची भिंगे अस्तित्वात होती. कांचेची बहिर्वक्र अगर अंतरवक्र भिंगे गॅलिलीओने निश्चित हाताळली असावीत भिंगाच्या निरीक्षणावरून गॅलिलीओस दुर्बिणीसारख्या साधनाची कल्पना सुचली.

थोड्याच काळात त्याने पहिली दुर्बिण तयार केली. गॅलिलीओच्या पहिल्या दुर्बिणीची महतकरण शक्ति (Magnifying Power) फक्त तीन होती. याचा अर्थ असा की दूर असलेला पदार्थ जवळ आल्यासारखा वाटून तो नेहमी दिसतो त्याच्या तीन पट मोठा भासतो. यानंतर त्याने एकामागून एक अशा अनेक दुर्बिणी केल्या. प्रत्येक खेपेस तो त्यात थोडी सुधारणा करी. त्याच्या काळी यंत्रे नसल्याने त्याला स्वतःच हाताने दुर्बिणीचा प्रत्येक भाग बनवावा लागे. या कार्यात त्याचा बराच वेळ खर्ची पडे. परंतु हस्तव्यवसाय करीत असता त्याची बुद्धी उत्तम प्रकारे भराऱ्या मारी, आणि नवीन वस्तू साध्य करण्याचा आनंद होई.

दुर्बिणीची रचनाः— बहिर्वक्र भिंगाच्या दोन गुणधर्मावर मुख्यतः दुर्बीणीची रचना केलेली असते. **पहिला गुणधर्मः**—बहिर्गोल भिंग सूर्याच्या किरणात धरले असता त्याच्या उलट बाजूस दूर असलेल्या सूर्याचे सूक्ष्म प्रति–चित्र अगर प्रतिमा (Image) कागदावर अगर पडद्यावर पडते. ज्या बिंदूचे ठिकाणी सूक्ष्म प्रतिमा तयार होते त्या बिंदूस भिंगाचे केंद्र म्हणतात. या बिंदूपासून ते भिंगापर्यन्तच्या अंतरास केंद्रांतर (Fccal Length) म्हणतात. भिंगाच्या या गुणधर्मामुळे दूर असलेल्या पदार्थाचे प्रति–चित्र अगर प्रतिमा जवळ आणता येते. परंतु ही प्रतिमा लहान असल्यामुळे काहीच निरीक्षण करता येत नाही. हे लहान चित्र मोठ्या आकाराचे करण्याचे काम दुसऱ्या बहिर्गोल भिंगाच्या सहाय्याने करावे लागते. हे कार्य करण्याच्या कामी दुसऱ्या गुणधर्माचा उपयोग होतो. **दुसरा गुणधर्मः**—बहिर्गोल भिंगापासून केंद्रीय अंतराच्या आत एखादा सूक्ष्म पदार्थ असल्यास तो भिंगातून अवलोकन केल्यास मोठा दिसू लागतो. अशा प्रकारे दोन भिंगाच्या साहाय्याने साधी दुर्बिण बनवता येते. गॅलिलीओने अशा अनेक दुर्बिणी बनवून आपल्या संग्रही ठेवल्या होत्या. त्याच्याकडे येणाऱ्या बहुश्रुत मंडळींना भेट म्हणून तो दुर्बिणच देत असे.

दुर्बिणीच्या साहाय्याने गॅलिलीओ चार सहा मैलावर असणाऱ्या इमारती व डोंगर यांचे निरीक्षण करू लागला. दुर्बिण हे त्याचे करमणूकीचे साधन होऊन बसले. दुर्बिणीतून कसे दिसते हे पाहण्यासाठीं त्याच्याकडे अनेक लोक येत. एके रात्री त्याने हे नवे साधन गगनावर सोडले. दुर्बिणीतून चंद्र व इतर ग्रह कसे दिसतात हे तो पाहू लागला. आकाशात तरंगत असलेले तेजस्वी गोल अगदी जवळ असल्याचे त्याला दिसू लागले. हे रम्य दृश्य पाहून गॅलिलीओ हर्षभरीत झाला. श्रीकृष्णानी अर्जुनास दिलेली दिव्य दृष्टीच गॅलिलीओस आली असे म्हणावे लागते.

दुर्बिणींतून आकाशस्थ गोल कसे दिसतात हे स्वतःच एकट्याने पाहून गॅलिलीओचे समाधान झाले नाही. आपल्या आनंदात इतरानाही तो सहभागी करीत असे. रात्र पडताच तो गांवातील मंडळींना व विद्यार्थ्यांना घरी बोलावी. प्रत्येकाला तो दुर्बिणीतून ग्रहाचे दर्शन घडवी. विश्वदर्शन घडताच प्रत्येक व्यक्ती हर्षभरीत होई. कित्येक प्रसंगी या आमंत्रित मंडळीत स्थानिक चर्चमधील धर्ममार्तण्डपण असत. या सर्व मंडळींना तो आपल्या ग्रहगोल

विषयीच्या कल्पना सांगत असे. गॅलिलीओच्या भाबड्या मनात हे आले नाही की यायोगे आपण कोपरनिकसच्या सूर्य–केंद्र सिद्धांताचा पाठपुरावा करीत आहोत. परंतु ही गोष्ट बिशपाच्या लक्षात येण्यास वेळ लागला नाही. बिशपने या गोष्टीची समज गॅलिलीओस दिली. बिशपचे आज्ञापत्र गॅलिलीओने धुडकावून लावले व आपले कार्य चालूच ठेवले.

दुर्बिणीच्या साहाय्याने गॅलिलीओ शुक्र ग्रहाचे निरीक्षण सतत पंधरा दिवस करीत गेला. त्याला असे दिसून आले कीं शुक्र ग्रह चंद्राप्रमाणे लहान मोठा होत राहतो. म्हणजे शुक्र ग्रहास चंद्राप्रमाणे कला आहेत. गॅलिलीओच्यापूर्वी कोपरनिकसने ही गोष्ट आपल्या ग्रंथात नमूद करून ठेवली होती. कोपरनिकसच्या काळी दुर्बिण उपलब्ध नसल्यामुळे त्याच्या सांगण्यावर कोणाचा विश्वास बसला नाही. आता गॅलिलीओच्या प्रत्यक्ष निरीक्षणामुळे कोपरनिकसचे म्हणणे खरे ठरले.

दुर्बिणीच्या शोधानंतर गॅलिलीओने इ. स. १६१० मध्ये "सायडेरिकस ननू सिअस" [Sidericus Nun Cius] या नांवाचे पुस्तक प्रसिद्ध केले. या पुस्तकात चंद्राच्या पृष्ठभागाचे वर्णन दिले आहे. तसेच आकाशगंगेत दिसणाऱ्या असंख्य तारांची वर्णने दिली आहेत. याच पुस्तकात गुरु व त्याचे उपग्रह यांचे पण वर्णन आहे. या दृक् प्रत्ययास आलेल्या गोष्टीमुळे व त्यावर आधारलेल्या पुस्तकाच्या प्रसिद्धीने कोपरनिकसच्या सूर्य–केंद्र सिद्धांतास पाठिंबा मिळत गेला. कोपरनिकसचे अनुयायी सर्व यूरोपभर पसरले होते. त्यांनी गॅलिलीओची मुक्त कंठाने स्तुती करण्यास सुरुवात केली. परंतु या ग्रंथाच्या प्रसिद्धीनंतर गॅलिलीओस पादुआ शहरी राहाणे अशक्य झाले, व तो फ्लोरेन्सला राहाण्यास गेला. फ्लोरेन्सला देखील त्याला पुराणमतवाद्याकडून त्रास होऊ लागला. टस्कनीचा जहागीरदार हा एके काळी गॅलिलीओचा विद्यार्थी होता. गॅलिलीओच्या अडचणीच्या काळी या जहागीरदाराने गॅलिलीओस हात दिला. त्याने मोठ्या पगारावर व्हेनीस येथील आपल्या राजवाड्यात गॅलिलीओची राहण्याची सोय केली. या घटनेमुळे गॅलिलीओचा पैशाचा प्रश्न मिटला. त्याला सर्व काळ अध्ययन व अध्यापन यात घालवता येऊं लागला.

इ. स. १६११ साली गॅलिलीओ प्रथमच रोमला गेला. हीच गोष्ट पुढे त्याच्या दु:खाला कारणीभूत झाली. आपल्या संशोधन कार्याची माहिती रोम येथील लोकांना देण्याचा गॅलिलीओचा मानस होता. रोम येथे जाताच आपले ज्ञान प्रसाराचे कार्य त्याने आरंभिले. आपल्या संशोधन कार्याची माहिती तेथील लोकांना करून देण्यास त्याने सुरुवात केली. गॅलिलीओ बरोबर त्याची दुर्बिण पण होती. थोड्याच दिवसांत त्याची छाप तेथील लोकावर पडली. रोम शहरातील विद्वान मंडळी गॅलिलीओची स्तुति करण्यात भाग घेऊ लागली. ही संधी चांगली आहे असे पाहून सूर्य–केंद्र सिद्धात या विद्वानांच्या गळी उतरविण्याचा मोठ्या खुबीने गॅलिलीओने प्रयत्न केला. त्या प्रयत्नात त्याला बरेच यश मिळू लागले. परंतु थोड्याच दिवसात गॅलिलीओच्या या उद्योगाची बातमी पोपच्या कानावर गेली. पुराणमतवाद्यानी गॅलिलीओ विरुद्ध जोराची चळवळ करण्यास सुरुवात केली. या

लोकांचे एक शिष्टमंडळ पोपकडे गेले. या घटनेमुळे पोपला आज्ञापत्र काढणे भाग पडले. पोपचे हे आज्ञापत्र गॅलिलीओच्या हाती पडले. "**आपले सैतानी सिद्धांत लोकांना शिकवूं नका**" असे आज्ञापत्रात स्पष्टपणे सांगण्यात आले होते. त्या काळात पोपची आज्ञा मोडणे महा भयंकर कृत्य समजले जात असे. गॅलिलीओस या आज्ञापत्रामुळे काही दिवस गप्प बसणे प्राप्त होते. त्याने आपला मुक्काम रोमहून हलवला व पुन्हा व्हेनीस येथे तो राहाण्यास गेला.

पुढे इ. स. १६१५ मध्ये पोपच्या धार्मिक खात्यामार्फत एक पुस्तक प्रसिद्ध करण्यात आले. या पुस्तकात कोपरनिकसचे सिद्धांत व गॅलिलीओची मते यांचे खंडण करण्याचा प्रयत्न केला होता. बायबलमधील पृथ्वी–केंद्र सिद्धांतच खरा आहे हे निक्षुन सांगण्यात आले होते. पृथ्वी–केंद्र सिद्धांताप्रमाणे पृथ्वी ही विश्वाची केंद्र आहे. सूर्य, चंद्र, गुरु वगैरे ग्रह व इतर तारकापुंज तिच्या भोवती सारखे फिरत आहेत. तसेंच सूर्य विश्वाचा केंद्र मानणे म्हणजे धर्म न मानणे असे होईल. अशा प्रकारच्या अनेक गोष्टी या चोपड्यात प्रतिपादिल्या होत्या. तसेच या पुस्तकात गॅलिलीओवर वैयक्तिक टीका होती. या पुस्तकाच्या प्रसिद्धीनंतर थोडयाच दिवसात पोपचे दुसरे आज्ञापत्र गॅलिलीओच्या हाती देण्यात आले. हे आज्ञापत्र पोपच्या सही–शिक्क्यानिशी होते. "**अशा सैतानी कल्पनाना आपण मनांत** थारा देऊ नका. तसेच या कल्पना लोकांना सांगू नका आणि त्यांची आपण तरफदारी पण करू नये". (Not to hold, teach or defend the condemned doctrine). या आज्ञापत्रावर पंचम पॉल यांची सही होती.

पोपच्या आज्ञापत्राप्रमाणे पुढील सात वर्षात आपल्या संशोधनाविषयी काहीच माहिती गॅलिलीओने प्रसिद्ध केली नाही. परंतु मौज ही कीं या सात वर्षाच्या कालात त्याला अधिकच प्रसिद्धी मिळाली. युरोपातील विव्दान शास्त्रज्ञ त्याच्या भेटीस येत असत. या विव्दान मंडळींच्या मार्फत सर्व युरोप खंडभर त्याच्या कल्पनांचा प्रसार झाला. फक्त इटाली-मधील विद्यार्थ्यांना गॅलिलीओचा उपयोग झाला नाही. संशोधन कार्याची प्रगती थांबविणे आता पोपच्या आवाक्याबाहेर होते.

सात वर्षांच्या कालानंतर गॅलिलीओस स्वस्थ बसवेना. त्याने संशोधन कार्य पुन्हा सुरू केले आणि लोकरच त्याने नवीन पुस्तक प्रसिद्ध केले. हे नवीन पुस्तक **सॅगियेटर** या नांवाचे होते. या पुस्तकात त्याने धूमकेतू विषयीचे आपले विचार ग्रथित केले होते. या नंतर इ. स. १६३० मध्ये त्याने आपले महत्त्वाचे पुस्तक प्रसिद्ध केले. या पुस्तकाचे संपूर्ण नांव **डायलोग डी डयू मासिमी सिस्टिमी देल मॉन्दा** (Dialogo Dei Due Massimi Sistemi Del Mondo) असे आहे. गॅलिलीओच्या सर्व ग्रंथात हा पहिल्या प्रतीचा ग्रंथ समजला जातो. या ग्रंथाचा प्रसार सर्व युरोपखंडभर झाला. या ग्रंथाच्या प्रसिद्धीने गॅलिलीओची प्रतिष्ठा फारच वाढली. निरनिराळ्या विश्वविद्यालयातून या ग्रंथाविषयी उत्तम अभिप्राय येऊ लागले. या ग्रंथात विशेष हे होते की. अनेक ठिकाणी

लेखकाने पोपच्या आज्ञापत्राचा निषेध व्यक्त केला होता. लेखकाच्या दृष्टीने ही गोष्ट फारच धाडसाची होती. गॅलिलीओच्या शत्रूंनी या गोष्टीचा फायदा घेण्याचे ठरवले, आणि ते शिष्टमंडळ घेऊन पोपकडे गेले. याचा परिणाम रोममधील धर्ममंडळाने पुस्तक-विक्री स्थगित करण्याचा हुकूम पोपकडून मिळविला. पोपसाहेबांच्या आज्ञापत्राचे लेखकाने उल्लंघन कां केले याचा लेखी जबाब गॅलिलीओकडून मागण्यात आला होता. तसेच या हुकूमात लेखकाने धर्ममंडळापुढे जबाब घेऊन हजर राहण्याची आज्ञा होती.

हा हुकूम हाती पडताच यातून तोड काय काढावी हा प्रश्न गॅलिलीओपुढे होता. जाब देण्यासाठी रोमला जाण्याची गॅलिलीओने बरीच टाळाटाळ केली. भ्याडपणा पत्करण्या-पेक्षा संकटाला धैर्याने तोंड देणे हीच गोष्ट गॅलिलीओने पसंत केली, व तो अखेरीस रोमला गेला. गॅलिलीओ रोम शहरात येताच त्याला कैद करण्यात आले. काही दिवसांनी पोपसाहेबांनी न्यायमंडळाची नेमणूक केली. या न्यायमंडळापुढे गॅलिलीओस आरोपी म्हणून उभे करण्यात आले.

अशाच तऱ्हेचा एक खटला इ. स. १६१० मध्ये भरण्यात आला होता. त्या खटल्यातील आरोपी ब्रूनो नांवाचा शास्त्रज्ञ होता. तोही कोपरनिकसचा सिद्धांत खरा अस-ल्याचे सांगत असे. पोपची गैरमर्जी होताच तो देशत्याग करून दूर निघून गेला होता. ब्रूनो काही दिवस बेल्जम देशात राहाण्यास गेला. पोपच्या हस्तकांनी त्याचा तेथेही पाठ-पुरावा केला. त्याला त्यानी खोटी आश्वासने देऊन त्याला परत रोमला आणला. तो रोमला येताच त्याला कैद केले व धर्ममंडळापुढे आरोपी म्हणून उभे केले. धर्ममंडळाने त्याच्या आपराधाबद्दल जाळून मारण्याची शिक्षा दिली.

आता तोच प्रसंग गॅलिलीओवर आला होता. गॅलिलोओने आपली मते ग्रंथांतून प्रसिद्ध केलीच होती. त्या मतापासून रेषभरहि मागे येण्याचें गॅलिलीओने साफ नाकारले. कशा प्रकारची शिक्षा आपणास होईल याची पूर्ण जाणीव त्याला होती. मृत्यूच्या भयाने मला सत्य वाटणाऱ्या मतापासून मी मागे फिरणार नाही असा खणखणीत जबाब त्याने धर्ममंडळापुढे दिला.

गॅलिलीओच्या वरील जबाबामुळे धर्ममंडळ मोठ्या अडचणीत आले. गॅलिलीओ ही सामान्य व्यक्ती म्हणून त्यांच्या पुढे नव्हती. एक विद्वान गणितज्ञ व शास्त्रज्ञ म्हणून त्याची कीर्ति सर्व युरोपभर पसरली होती. यूरोपमधील विद्यालयांतून त्याच्या ग्रंथाचा अभ्यास केला जात असे. जगातील विद्वान मंडळींचे लक्ष निकालाकडे लागून होते. अशा थोर व निस्पृह पुरुषाला काय शिक्षा करावी असा पेंच मंडळाला पडला.

अखेरीस धर्ममंडळाने उत्तम तोड काढली. त्यांनी आपल्या निकालपत्रात स्पष्ट केले कीं आरोपीचे मन दोषित व धर्मपराङ्मुख आहे. या गोष्टीचा विचार करता त्याच्या शरीरास शिक्षा देणे न्याय्य होणार नाहीं. आरोपीचे दोषित मन जेणेकरून शुद्ध व पवित्र

होईल अशीच शिक्षा देणे उचित ठरते. बायबलमधील काही स्तोत्रांचे आरोपीने नित्य पठण केले तरच त्याचे मन पुन्हा शुद्ध होईल अशी मंडळाने खात्री दिली. मंडळाने बायबलमधील काही स्तोत्रांची निवड केली. या स्तोत्रांचे पठण गॅलिलीओने दिवसातून एकदा करावे आणि ते देखील चर्चमधील मुख्य पाद्र्याच्या देखरेखीखाली. ही शिक्षा ऐकताच गॅलिलीओचे शत्रु निष्प्रभ झाले. गॅलिलीओच्या मित्रमंडळींनी निकालप त्रांचे मनःपूर्वक स्वागत केले.

ही शिक्षा भोगण्यासाठीं गॅलिलेओ सीना या गावी गेला. तेथील चर्चचा मुख्य पाद्री त्याचा बाळमित्र होता. त्याने गॅलिलीओचे स्वागत करून त्याला आपल्या घरी ठेवून घेतले. सीना या गावी गॅलिलीओ तीन वर्षे होता. अशा तऱ्हेने त्याने आपल्या शिक्षेची मुदत संपवली. यानंतर त्याने पुन्हा स्थलांतर केले व तो **आरसिद्री** नांवाच्या गांवी राहाण्यास गेला. **आरसिद्रीस** तो आठ वर्षे होता. त्याचे वय सत्तराच्या पुढे गेले होते. तरीपण तो स्वस्थ बसून राहत नसे. इ. स. १६३६ मध्ये त्याने अखेरचा ग्रंथ लिहिला. या अखेरच्या ग्रन्थाचे नांव **डायलॉगी,डेल मुव्ह् सायन्स** (Dialoghi Delk Move Science) असे आहे. या ग्रंथात प्रामुख्याने त्याच्या यंत्रशास्त्रावरील कल्पना आहेत. गॅलिलीओ आरसिद्री गांवी असता त्याला अनेक लोक भेटण्यास येत; काही तरुण विद्यार्थी तेथेच मुक्काम करून असत. शेवटी शेवटी आरसिद्रीला पुण्यक्षेत्राचेस्वरूप आले.

गॅलिलीओने आपल्या जीवन कार्यात पदार्थ विज्ञान शास्त्रातील अनेक विषय हाताळले. त्या सर्व विषयांचा परामर्ष घेणे लेखकाच्या आटोक्याबाहेरची गोष्ट आहे. परंतु गॅलिलीओने अपूर्णावस्थेत सोडून दिलेल्या एका प्रश्नाकडे वळणे आम्हास इष्ट वाटते. हा विषय म्हणजे वातावरण व त्याचा दाब. म्हातारपणामुळे त्याला या विषयाचा पूर्ण विचार करता आला नाही. या विषयात गॅलिलीओने जी प्रगती केली त्याची माहिती देणे जरूर आहे.

पूर्वकालीन ॲरिस्टॉटलच्या कल्पनेप्रमाणे हवेस वजन असते असे गॅलिलीओस वाटत असे. परंतु ही गोष्ट प्रयोगाने कशाप्रकारें सिद्ध करावी हा मोठा प्रश्न होता. उत्तम तराजूच्या अभावी प्रयोग करणे अशक्य होते, तसेच हवेस जर वजन आहे म्हणावे तर हवेमुळे काहीतरी दाब निर्माण होत असला पाहिजे. या हवेच्या दाबामुळे निसर्गात कोणत्या घडामोडी होत असाव्यात असे अनेक प्रश्न उद्भवतात. गॅलिलीओच्या अनेक प्रयोगांत हवेच्या दाबाचा परिणाम म्हणून कोणतीही घटना प्रत्ययात आली नाही. परंतु एका सामान्य घटनेमुळे हवेच्या दाबाविषयी शंका येऊ लागली.

विहिरीतून पाणी वर खेचण्याचे पंप त्याकाळी वापरण्यांत येत असत. परंतु पंपाच्या कार्याविषयी शास्त्र–शुद्ध कार्य–कारण संबंध सांगता येत नसत. पंपाच्या नळीतील हवा दट्ट्यानें वर ओढली जाताच, हवेच्या ठिकाणी पाणी सरकते. असे कां होते? या प्रश्नास ॲरिस्टॉटलने उत्तर दिले आहे. तो म्हणे " **निसर्गास पोकळीची चीड आहे.** " नळीत

पोकळी निर्माण होताच पाणी वर सरकते. या विचारसरणीने मनाचे समाधान होत असे. बराच कालपर्यंत या विचारसरणीविषयी शंका आली नाही. परंतु गॅलिलीओ टस्कनीच्या सरदाराकडे रहात असता नवीन तयार केलेल्या पंपाच्या कार्यक्षमतेबद्दल शंका आली. आणि पंपाच्या रचनेविषयी त्याने संशोधन सुरू केले.

सरदाराच्या बागेतील कारंजांना लागणारे पाणी विहीरीतून पंपाने वर खेचून बऱ्याच उंचीवर बसवण्यात आलेल्या टांकीत भरले जात असे. उन्हाळ्याच्या दिवसांत विहिरीतील पाण्याची पातळी बरीच खोल गेलीं होती. विहिरीवर नवा पंप बसवला होता. पंपाचा दट्ट्या कितीही वेळा वरखाली केला तरी पाणी टांकीत चढेना. असे कां व्हावे हा प्रश्न सर्वांना पडला. प्रथम असा संशय आला की पंपाच्या रचनेंत काही दोष आहे. म्हणून पंप खोलून त्याचे परीक्षण केले. त्यात काहीच दोष नसल्याचे आढळून आले. काही केल्या पाणी वर सरकत नाही हे निश्चित झाले. तसेच पंपाच्या नळीत पाणी फक्त ३४ फूट चढते व त्यापुढे ते वर सरकत नाही. ३४ फुटावरील नळी निर्वात करून देखील पाणी वर चढत नाहीं हे निश्चित झाले. या निरीक्षणामुळे जुना सिद्धांत "**निसर्गास पोकळीची चीड आहे**" खोटा ठरला. जुना सिद्धांत त्याज्य ठरताच नवा सिद्धांत सांगण्याची जबाबदारी येऊन पडते.

नवा सिद्धांत बसवण्यापूर्वीच गॅलिलीओ हे जग सोडून गेला. पुढे हेच कार्य त्याच्या शिष्यांनी पूर्ण केले. मरतेसमयी गॅलिलीओचे वय ८८ वर्षाचे होते. अखेरच्या काळात त्याच्या कुटुंबियांपैकी कोणीच हयात नव्हते. मरणापूर्वी काही वर्षे त्याला अंधत्व आले होते. त्याचे शेवटचे लिखाण त्याचा शिष्य टॉरिचेली करीत असे. मरेपर्यंत गॅलिलीओने आपला व्यासंग सोडला नाही. या महान पुरुषाचा अंत इ. स. १६४२ च्या जानेवारीच्या ८ तारखेस झाला.

गॅलिलीओचे व्यक्ति विशेषः— राष्ट्रासाठी, धर्मासाठी अगर विशिष्ठ ज्ञातीच्या उत्कर्षासाठी मृत्यूला कवटाळणाऱ्या व्यक्तींची चरित्रें आपण इतिहासातून वाचतो, परंतु शास्त्रीय सत्याचा पाठपुरावा करीत असताना मृत्यूची पर्वा न करणारा म्हणजे गॅलिलीओच होय. जुन्या सिद्धांतावर कडाडून आणि निर्भयतेने हल्ला चढवणारा हाच पहिला शास्त्रज्ञ. एका चरित्र लेखकाने गॅलिलीओस "मूर्ति-भंजक" म्हणून संबोधिले आहे ते तंतोतंत खरे आहे. बराच कालपर्यंत तो एकटाच पुराणमतवाद्याशी लढत होता. गॅलिलीओच्या काळीं पोपची सत्ता महान् बलिष्ठ होती. पोपच्या सत्तेपुढे त्याकाळी राजसत्तेचा देखील टिकाव लागत नसे. असे असून देखील पोपची आज्ञापत्रे गॅलिलीओने केराच्या टोपलींत फेकली. गॅलिलीओच्या धैर्याचे जेवढे कौतुक करावे तेवढे थोडेच ठरते. बुद्धीवादी लोकांना जुन्या चाकोरीतून बाहेर खेचण्याचा यशस्वी प्रयत्न गॅलिलीओने केला असे म्हणावे लागते. गॅलिलीओच्या मृत्यूनंतर युरोपातील शेंकडो विद्यार्थी त्याने दाखवलेल्या मार्गाने अभ्यास करू लागले. गॅलिलीओच्या मृत्युनंतर शास्त्राची सर्वांगीण प्रगती होत गेली. आर्किमिडीझच्या मृत्युनंतर सुमारे १७०० वर्षे शास्त्रात काहींच

प्रगती झाली नव्हती. संकुचित पावलेली शास्त्रे पुन्हा प्रगतीपथावर आली. निरनिराळे प्रयोग करून विज्ञानात गणिताचा उपयोग कसा करावा याची जाणीव गॅलिलीओने शास्त्रांच्या अभ्यासकांना दिली. त्यामुळें गणित–शास्त्रात देखील स्पृहणीय प्रगती झाली. या सर्व गोष्टींचा विचार करता गॅलिलीओस पदार्थविज्ञान शास्त्राचा आद्य प्रवर्तक म्हणणे सार्थ ठरते.

नंतरच्या कालात त्याच्या तोडीचा शास्त्रज्ञ इटली देशात झाला नाही. असे होण्यास मुख्य कारण म्हणजे इटली देशातील राजकीय व धार्मिक परिस्थिती होय. राजकीय पुढाऱ्यांनी शास्त्रज्ञांच्या योगक्षेमाकडे व मानमान्यतेकडे लक्षच दिले नाही. गॅलिलीओचे जीवन किती हालात गेले हे पाहून विद्यार्थी मंडळी शास्त्राच्या अभ्यासापासून चार हात दूरच राहू लागली. फ्रांस, जर्मनी आणि इंग्लंड या देशातील शास्त्रज्ञांनी इटलीपुढे आघाडी मारली.

[illegible]

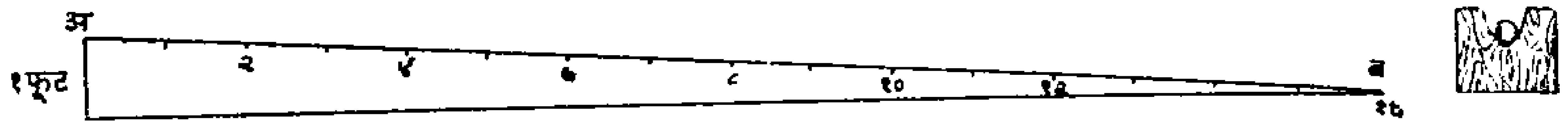
• • •

प्रकरण चौथे

गॅलिलीओचे गति संबंधी संशोधन

गॅलिलीओचे वास्तव्य पिसा येथे असताना त्याचे गति विषयी संशोधन चालू होते. हे संशोधन पूर्ण होताच त्याने मोठ्या विश्वासानें पिसा येथील मनोऱ्यावरील प्रयोग सार्वजनिकरित्या करण्याचे धाडस केले. गॅलिलीओच्या या संशोधन कार्याचा पूर्ण फायदा पुढे न्यूटनने घेतला. गॅलिलीओच्या या संशोधन कार्याची माहिती आपणास असणे जरूर आहे. गॅलिलीओच्या ग्रन्थात पुढील प्रयोग आहेत. हे प्रयोग करण्यासाठी सूक्ष्म–काल मोजण्यासाठी साधनांची योजना त्याने केली असावी. अर्थात हे साधन साध्य करण्यास त्याला लंबकाचा उपयोग करणे भाग होते.

प्रयोग १ ला :



अ ब ही १६ फूट लांबीची अरुन्द पट्टी आहे. पट्टीच्या वरच्या पृष्ठावर आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे नाळी पाडलेली आहे. पट्टीवर एक एक फूट अंतराबर लांबी दर्शविणारे अंक आहेत. पट्टीचे अ टोक ब टोकापेक्षा एक फूट उंचीवर राहील अशा बेताने अ ब पट्टी स्थीरपणे बसवा. अंदाजे १ सेंटीमीटर व्यासाच्या निरनिराळ्या धातूंच्या गोट्या तयार करून ठेवाव्यात. या गोट्यांचा आकार जरी सारखा असला तरी त्यांची वजने भिन्न आहेत. (तसेच गोट्या व नाळीं मधील घर्षण शक्य तितके कमी करावे). आकृतीवरून असे दिसून येते कीं पट्टी सपाट पातळीशी कोन करीत आहे आणि या कोनाची ज्या (Sine) $= \frac{1}{16}$ आहे.

गोटी अ टोकापासून सोडली असता १ सेकंद कालावधींत किती अंतर जाते याचे निरीक्षण करा. प्रथमच्या सेकंदांत ती १ फूट अंतर जावयास हवी. तसे होत नसेल तर पट्टीच्या कोनांत थोडा बदल करा.

अंतर व वेळ यांचे प्रमाण पुढील सूत्राप्रमाणे असल्याचे दिसून येईल :

$$S = Dt^2$$

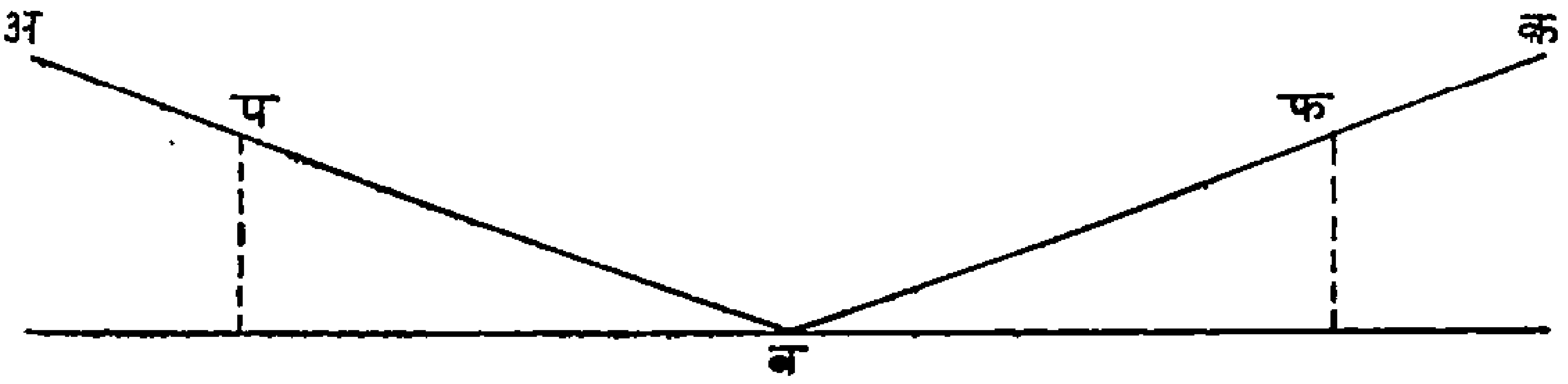
S = अंतर, D = पहिल्या सेकंदांतील अंतर, t = काल

१) अंतर हे कालाच्या वर्गावर समप्रमाणात आहे.

२) गोटी कोणत्याही वजनाची घेतल्यास सूत्रास बाध येत नाही. (गॅलिलीओने मनोऱ्यावरील प्रयोगात हीच गोष्ट प्रत्ययास आणून दिली.)

३) गोटी पट्टीवरून सपाट पृष्ठावर येताच ती कायम-गतीने (Constant Velocity) धावते. या गतीत वर्धन अगर संक्षेप होत नाही.

प्रयोग २ रा :



अ ब या फलकावरील प बिंदूपासून गोटी सोडली तर ती प्रवेगाने (accleration) ब बिंदूशी येते आणि तत्क्षणी असलेल्या गतीने ब क या फलकावर चढू लागते. परंतु तिची वर जाण्याची गति कमी होऊ लागते, म्हणजे तिच्या गतीत वेग-संक्षेप (retardation) होत राहतो. थोड्याच कालात तिचा वेग शून्य होतो. तसेच ती फ बिंदूशी येताच क्षणभरच स्थीर होते व पुन्हा ब बिंदूकडे घसरू लागते. प ब फ हे बिंदू एकाच पातळींवर आहेत.

१) वेग (Velocity) या शब्दाची शास्त्रशुद्ध व्याख्या प्रथमतःच गॅलिलीओने प्रतिपादन केली. एक दिक् स्थलांतर प्रमाणास वेग ही संज्ञा त्याने दिली. (Velocity is the rate of translation in a given direction.)

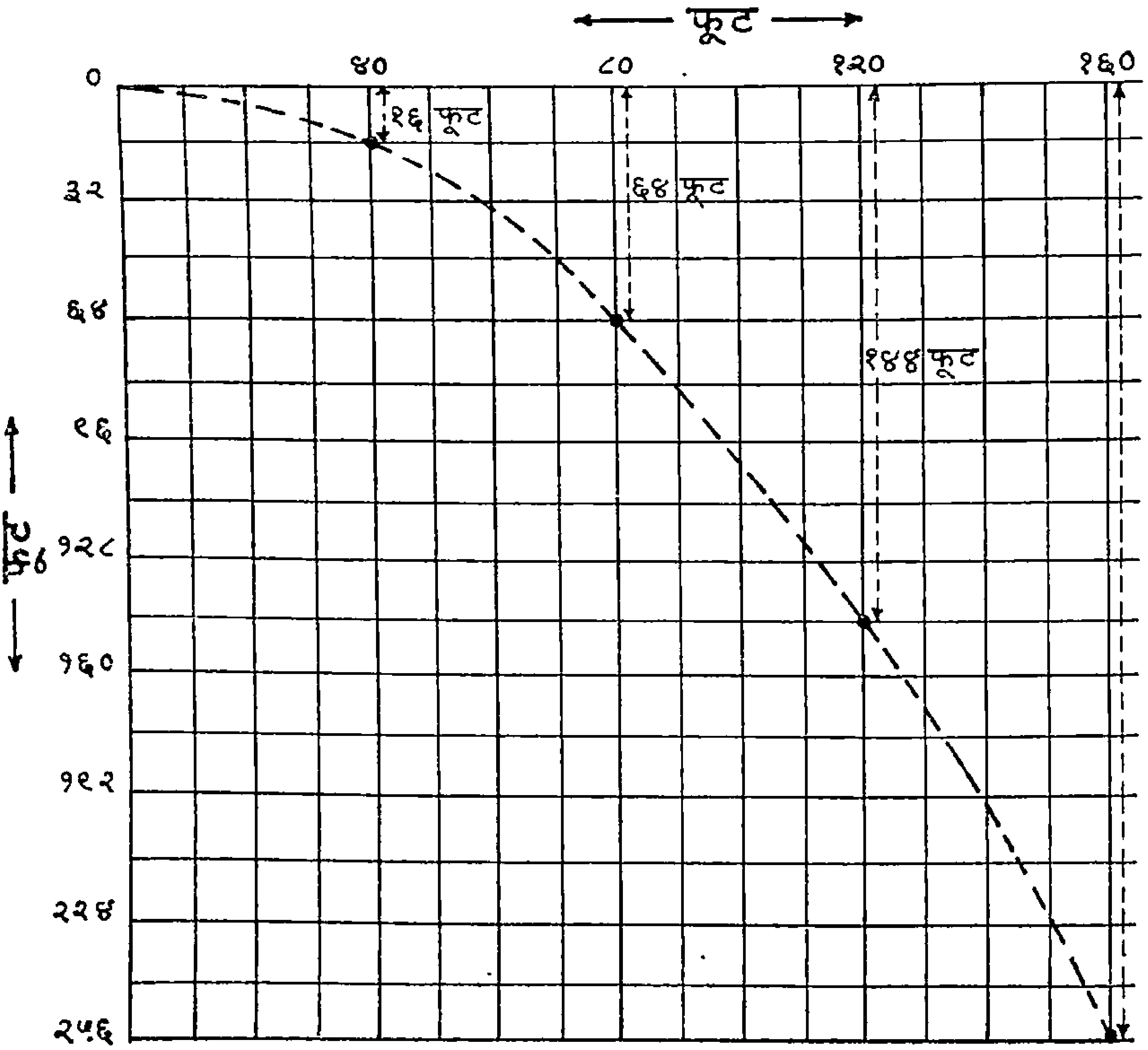
$$\text{वेग} = \frac{\text{स्थलांतर लांबी}}{\text{काल}}$$

२) **प्रवेग अगर वेग-वर्धन.** एखादी गोटी उतरत्या फलकावरून खाली सोडली असता तिचा वेग प्रत्येक क्षणी वर्धमान होत राहातो. याचाच अर्थ वेग प्रत्येक क्षणास वाढत असतो. वेगाच्या वृध्दीच्या प्रमाणास **वेग-वर्धन** अगर **प्रवेग** म्हणतात.

उदाहरणार्थ :— मोटारगाडी स्थीर आहे परंतु एन्जीन चालू होताच गाडी गति घेवू लागते. समजा ३० सेकंद कालावधींत तिची गति ताशी ४५ किलोमिटर होते. यावरून वेग-वर्धनाचे प्रमाण = $\frac{४५}{३०}$ = १·५ किलोमीटर / प्रत्येक सेकंदात.

(Acceleration is 1·5 km. per hour per second)

३) **परवलयांकार मार्ग** (Projectile) पदार्थावर एकापेक्षा अनेक वेग असू शकतात. भूपृष्ठास समान्तर बंदूकीची गोळी झाडली तर गोळी परवलाकार मार्गाने जाते. गोळीवर दोन गतींचा परिणाम होत राहातो. एका गतीमुळे गोटीभूपृष्ठास समान्तर जात असते. ही गति स्थीर गति आहे (सेकंदास ४० फूट) म्हणजे या गतींत गति–वर्धन अगर गति–संक्षेप होत नाहीं. दुसऱ्या गतीमुळे गोटी भूपृष्ठाकडे धावत राहाते. परंतु या गतीस प्रवेग आहे. प्रथमच्या सेकंदात ती १६ फूट खाली येते. दोन सेकंदांत ती ६४फूट (१६×२^२) खाली येते. तीन सेकंदात (१६×३^२) १४४ फूट या दोन गतीमुळे गोटी परवलयाकार (Parabolic) मार्गाने जात राहाते. आकृतीवरून स्पष्ट कल्पना येईल.



प्रकरण पांचवे

EVANGELISTA TORRICELLI

टॉरिचेली

[इ. स. १६०८ ते इ. स. १६४७]

सत्याची मुस्कटदाबी करण्याचे प्रयत्न कोणीही आणि कसेही केले तरी ते शेवटी अयशस्वीच होतात हे गॅलिलीओचे चरित्र वाचून सहज लक्षांत येण्यासारखे आहे. धर्म–गुरु पोप व धर्ममंडळ यांनी गॅलिलीओची बरीच मानखंडना केली व त्याला समाजबाह्य माणसासारखे वागवले तरी गॅलिलीओने त्याची तमा बाळगळी नाही. गॅलिलीओवर पोप साहेबाचा रोष आहे हे जाणून देखील अनेक उत्साही विद्यार्थी त्याच्याकडे जात व नवीन शास्त्रांतील प्रास्ताविक धडे शिकत. गॅलिलीओच्या मरणसमयी त्याची शिष्यशाखा सर्व यूरोपभर पसरली होती. धर्ममंडळानें गॅलिलीओवर जो खटला भरला व त्यावर जो हास्यास्पद निकाल सांगण्यांत आला त्यामुळें लोकांच्या मनावर असलेली धर्माची पकड बरीच शिथील झाली. धर्मसमजुती व शास्त्र यांची सांगड घालणे अविचाराची गोष्ट आहे हे लोकांना समजू लागले. गॅलिलीओनंतर इतर भौतिक शास्त्रज्ञांना धर्ममंडळाकडून फारसा त्रास झाला नाहीं. नवीन शास्त्राचे बीजारोपण गॅलिलीओने केले खरे पण या रोपट्याच्या संवर्धनाचे बहुमोल कार्य यूरोपमधील शास्त्रज्ञांनी पुढें चालू ठेवले. या शास्त्रज्ञांत टॉरिचेली, पास्कल, व्हॉन गॅरिके व रॉबर्ट बॉईल हे प्रसिद्धीस आले. यांच्या नंतरच्या काळात आईझॅक न्यूटन व इतर फ्रेंच गणितज्ञ होऊन गेले. टॉरिचेली व गॅलिलीओ या दोघांचा संबंध फार निकटचा होता. गॅलिलीओच्या अगदीं शेवटच्या दिवसांपर्यंत टॉरिचेली त्याच्या घरींच राहात असे. गुरुसान्निध्याचा फायदा टॉरिचेलीने उत्तम प्रकारें करून घेतला. गुरुनंतर त्याची परंपरा त्याने उत्तम तऱ्हेने राखली. त्याची कामगिरी गॅलिलीओच्या शिष्यास शोभेल अशाच प्रकारची होती. गॅलिलीओने अपूर्णावस्थेंत सोडलेले बरेच विषय त्याने पूर्ण केले.

टॉरिचेलीचा जन्म इटलीमधील फोयेन्झा गांवी १५ ऑक्टोबर १६०८ मध्ये झाला व तो वयाच्या एकोणचाळीसाव्या वर्षी म्हणजे इ. स. १६४७ मध्यें ऐन तारुण्यात मरण पावला. टॉरिचेलीच्या लहानपणाची फारच थोडी हकीगत उपलब्ध आहे. टॉरिचेलीचे प्राथमिक शिक्षण त्याच्या राहात्या गांवी झाले. नंतर पुढील शिक्षणाकरता तो रोम शहरी गेला. या वेळीं तो फक्त एकोणीस वर्षांचा होता. रोम येथील विश्वविद्यालयात त्याने गणितशास्त्र, ग्रीक व लॅटिन या विषयांचा अभ्यास केला. प्राध्यापक बेनेडेट्टो हे टॉरिचेलीचे गणित विषयाचे गुरुजी. प्रा. कॅस्टेली हे रोम येथील सॅपिन्झा कॉलेजांत गणित विषय शिकवीत. या प्राध्यापकांच्या अध्यापनाची छाप टॉरिचेलीवर पडली व त्यांच्याच नेतृत्वामुळें टॉरिचेली गणित शास्त्रात पंडीत झाला.

इ. स. १६३६ सालीं गॅलिलीओचे यंत्रशास्त्रावरील संवाद पुस्तक प्रसिद्ध झाले. या पुस्तकाचा अभ्यास टॉरिचेलीने पूर्णपणें केला. या पुस्तकांत गॅलिलीओने गति-शास्त्रातील प्रयोगांची वर्णने दिली आहेत. या वर्णनाबरहुकूम टॉरिचेलीने सर्व प्रयोग स्वतः करून पाहिले. प्रयोगापासून टॉरिचेलीस निरनिराळ्या कल्पना सुचत गेल्या. या पुस्तकात प्रतिपादिलेल्या सिद्धांताविषयीं प्रत्यक्षपणें चर्चा करण्याकरता टॉरिचेली गॅलिलीओच्या भेटीस गेला. यावेळीं गॅलिलीओ आरसिद्री गावी राहात असे. पहिल्याच भेटीत टॉरिचेलीस गॅलिलीओबद्दल आदर व प्रेम वाटू लागले. आरसिद्री गांवी टॉरिचेली गॅलिलीओच्या घरीच राहात असे. यावेळीं गॅलिलीओ वृद्ध झाला असून त्याला अंधत्व आले होते. गुरुजी अंध असल्यामुळें त्याचे लेखनाचे काम टॉरिचेलीसच करावे लागे. गॅलिलोओच्या सान्निध्यांत राहून त्यानें त्याच्या कल्पना पूर्णत्वानें समजावून घेतल्या. पुढें इ. स. १६४२ सालीं गॅलिलीओचा अंत झाला. गुरुजींच्या मरणानंतर टॉरिचेलीने त्याचे संशोधन कार्य ध्येयनिष्ठेने चालू ठेवले. या संशोधन कार्यात त्याला बरेच यश प्राप्त झाले. परंतु त्यानें लावलेल्या संशोधनाचे श्रेय त्याने आपल्याकडे घेतले नाहीं.

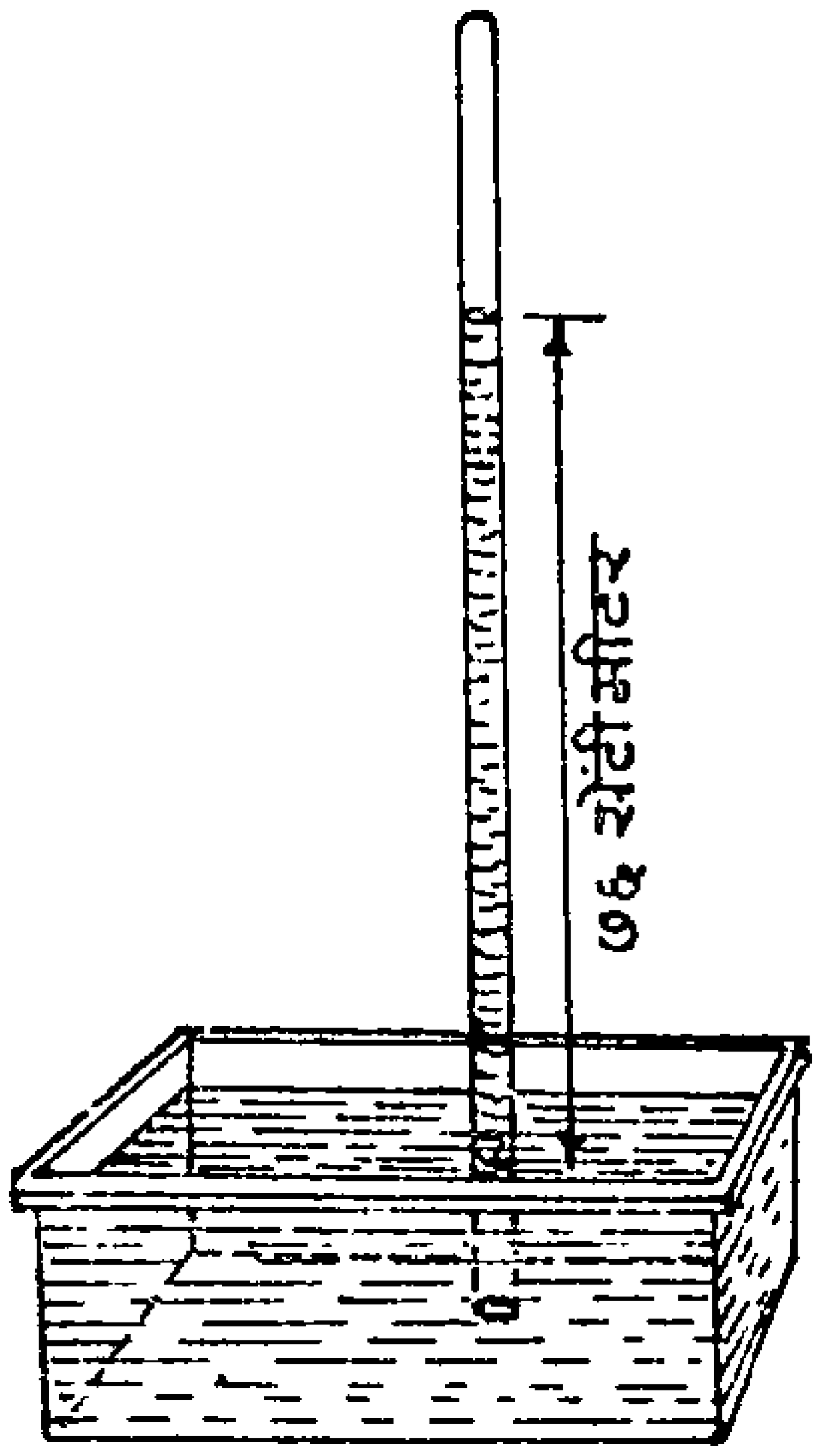
पंपविषयीची टॉरिचेलीची विचारसरणी:— पंपाच्या नळीत पाणी फक्त ३४ फुट (१० मीटर) पर्यंत चढते ही गोष्ट गॅलिलीओच्या निदर्शनास आली होती. तसेच निर्वात पोकळी पाणी वर खेचते हा समज खोटा आहे हे त्यानेच प्रत्ययास आणून दिले होते. जुनी कल्पना त्याज्य ठरताच नव्या कल्पनेची जरूरी भासू लागली. नव्या सिद्धांताची मांडणी करण्याचे महत्त्वाचें कार्य टॉरिचेलीने केले. **पंपाच्या नळींत पाणी वर ओढले जात नसून ते वर ढकलले जात असावें** ही विचारसरणी टॉरिचेलीने पुढें मांडली. आता प्रश्न एवढाच राहातो कीं पाण्यास वर ढकलणारी शक्ती कोणती? याम उत्तर पाण्याच्या पृष्ठभागावरील वातावरणचा दाब हे होय. पंपाचे कार्य होण्यास नळींतील पोकळीची जितकी आवश्यकता आहे तितकीच पाण्याच्या खुल्या पृष्ठभागावर असणाऱ्या हवेच्या दाबाची आहे. या हवेच्या दाबास कांही मर्यादा आहे. ही मर्यादा ३४ फूटाची आहे. वातावरणाचा दाब पाण्याच्या ३४ फूट (१०.३३६ मीटर) उंचीचा स्तंभ तोलून धरू शकतो. १०.३३६ मीटर (पाणी) हीच हवेच्या दाबाची मर्यादा. आता पाण्यापेक्षां हलका द्रव घेतला तर त्या द्रवाच्या स्तंभाची उंची १०.३३६ मीटरपेक्षां अधिक राहील. तसेच द्रव पदार्थ

पाण्यापेक्षां जड घेतल्यास त्याच्या स्तंभाची उंची १०·३३६ मीटरपेक्षां कमी असेल स्तंभाची उंची द्रवाच्या विशिष्ट गुरुत्वाच्या व्यस्त प्रमाणांत असेल.

आपल्या विचारसणीची सत्यता पडताळून पाहाण्यासाठी टॉरिचेलीनें पारा हे द्रव उपयोगांत आणले. पारा हा पाण्यापेक्षा १३.६ पट जड आहे म्हणून पाण्याची उंची $\frac{१०.३३६}{१३.६}$ मीटर (७६ सेंटीमीटर) यावयास हवी. या विचारसरणीस अनुसरून टॉरिचेलीने एका बाजूने बंद असलेली १०० सेंटीमीटर लांबीची काचेची नळी पैदा केली. ही १०० सें. मीटर काचेची नळी त्याने पाऱ्याने पूर्णपणे भरली. तसेच वाटीसारखे उथळ काचपात्र घेऊन त्यांतही पारा भरला. नंतर नळीच्या उघड्या तोंडावर हाताचा अंगुठा गच्च धरून नळी उलटी केली. नंतर नळीचे तोंड वाटीतील पाऱ्याच्या पृष्ठाखाली बुडविले आणि नंतर अंगुठा काढून घेतला.

अंगुठा दूर करताच नळीतील सर्व पारा खाली पात्रांत यावयास पाहिजे. परंतु तसे घडून आले नाहीं. नळींतील काही पारा वाटीत सांडला आणि बराच पारा नळीतच अडकून राहिला. नळीत अडकून राहिलेल्या पारद स्तंभाची उंची अचूक ७६ सेंटीमीटर भरली. या या प्रयोगामुळे टॉरिचेलीची विचारसरणी अचूक असल्याचा पुरावा मिळाला. हा प्रयोग म्हणजे सध्याचे वायुभार मापक (Barometer) होय.

या प्रयोगामुळे अदृश्य अशा हवेचा दाब (Pressure) मोजता येऊ लागला. वायुरुप पदार्थांना ज्याअर्थी दाब आहे त्याअर्थी त्याना वजनही असले पाहिजे. अशा अनेक कल्पना शास्त्रज्ञांना सुचत गेल्या. या वायुभार मापकाच्या साहाय्याने वायूच्या गुण-धर्माविषयी सिद्धांत एकामागून एक प्रसिद्ध होत गेले. या सिद्धांतापैकी बॉईलचा सिद्धांत व चार्लसचा सिद्धांत हे महत्त्वाचे आहेत. तसेच प्रयोगामुळे तापमान (Temperature) या विषयी आपल्या कल्पना अधिक निश्चित झाल्या. टॉरिचेलीच्या प्रयोगाने संशोधन कार्याच्या सीमा रुन्दावल्या.



पादस्तंभाच्या वरील पोकळीस **टॉरिचेलीची पोकळी** असे म्हणण्याचा प्रघात आहे. या पोकळीस टॉरिचेलीचे नांव देऊन शास्त्रज्ञांनी टॉरिचेलीचे स्मारक केले. शाळेतील अगर कॉलेजमधील विद्यार्थी वायूभार मापकाचा प्रयोग अध्यॉतासाच्या अवधीत करून मोकळे होतात. परंतु ३०० वर्षापूर्वी हा प्रयोग करण्यास टॉरिचेलीचे किती दिवस खर्ची पडले असावेत याचा विचार विद्यार्थ्यांनी क्षणभर करून पाहावा. त्याकाळीं १०० सें. मीटर लांबीची कांचेची परंतु टणक अशी नळी मिळवणें किती प्रयासाची गोष्ट होती. तसेच प्रयोगास लागणारा पारा सुध्दा वस्थेंत मिळवणें आवश्यक होते.

हा काल पावेतो हवेचे अस्तित्व आपण मान्य करीत होतो. या व्यतिरिक्त हवेविषयी इतर कसलीच कल्पना आपल्या मनीमानसी नसे. प्रथमतःच टॉरिचेलीने वातावरणाच्या दाबाची कल्पना शास्त्रज्ञांना करून दिली. तसेच हा दाब मोजण्याचे साधन भारमापक तयार केले. टॉरिचेलीच्या काळापासून हवेचा दाब अप्रत्यक्षरित्या पारद-स्तंभाच्या उंचीने व्यक्त करण्याची प्रथा पडली. समुद्र सपाटीवर हवेचा दाब ७६ सेंटीमीवर (पारद स्तंभ) असतो. या उंचीसच वायूभाराचे एक परिमाण (one Bar) म्हणतात.

१ बार = ७६ सेन्टीमीटर पारद-स्तंभ.
= $१०^{६}$ डाईन चौरस सेन्टीमीटर वर (अंदाजे.)
१ किलोग्राम वजन / चौ. सेन्टीमीटर (अंदाजे.)

भारमापकात फेरबदल कसे होतात !

(१) समुद्र सपाटीपासून जसजसे उंच जावे तसतसे पारद-स्तंभाची उंची कमी होत जाते.

(२) ऋतुपरत्वे पारदस्तंभाची उंची कमी जास्त होते. पावसाळी हवा असल्यास हवेचा दाब कमी भरतो. तसेच हवा कोरडी असल्यास हवेचा दाब जास्त असतो.

(३) वादळ चालू असल्यास पारद-स्तंभाच्या उंचीत क्षणोक्षणी बदल होत राहातो.

गतिमान-जलशास्त्र (Hydrodynamics) **सुरुवात:-**उंच पातळीवरून पतन होणाऱ्या पदार्थाच्या गतिविषयीं बरेच संशोधन गॅलिलीओने केले होते. या सिद्धांतांची वाचकांना थोडक्यांत आठवण देऊन, टॉरिचेलीने यांचा उपयोग नवीन शास्त्राची सुरुवात करण्याच्या कामी कसा केला ते पाहूं.

१ ला सिद्धांत–पदार्थास पतन पावण्यास लागणारा काल पदार्थाच्या वस्तूमानावर अवलंबून नसतो.(The time taken by a body to fall freely through a given distance does not depend on its mass.)

२ रा सिद्धांत:–पदार्थाचा क्षणिक पतन–वेग पतन झालेल्या अंतराच्या वर्गमूळाशीं समप्रमाणांत असतो. (The velocity at a given moment is porportional to the square root of the distance fallen through) $V = k\sqrt{s}$

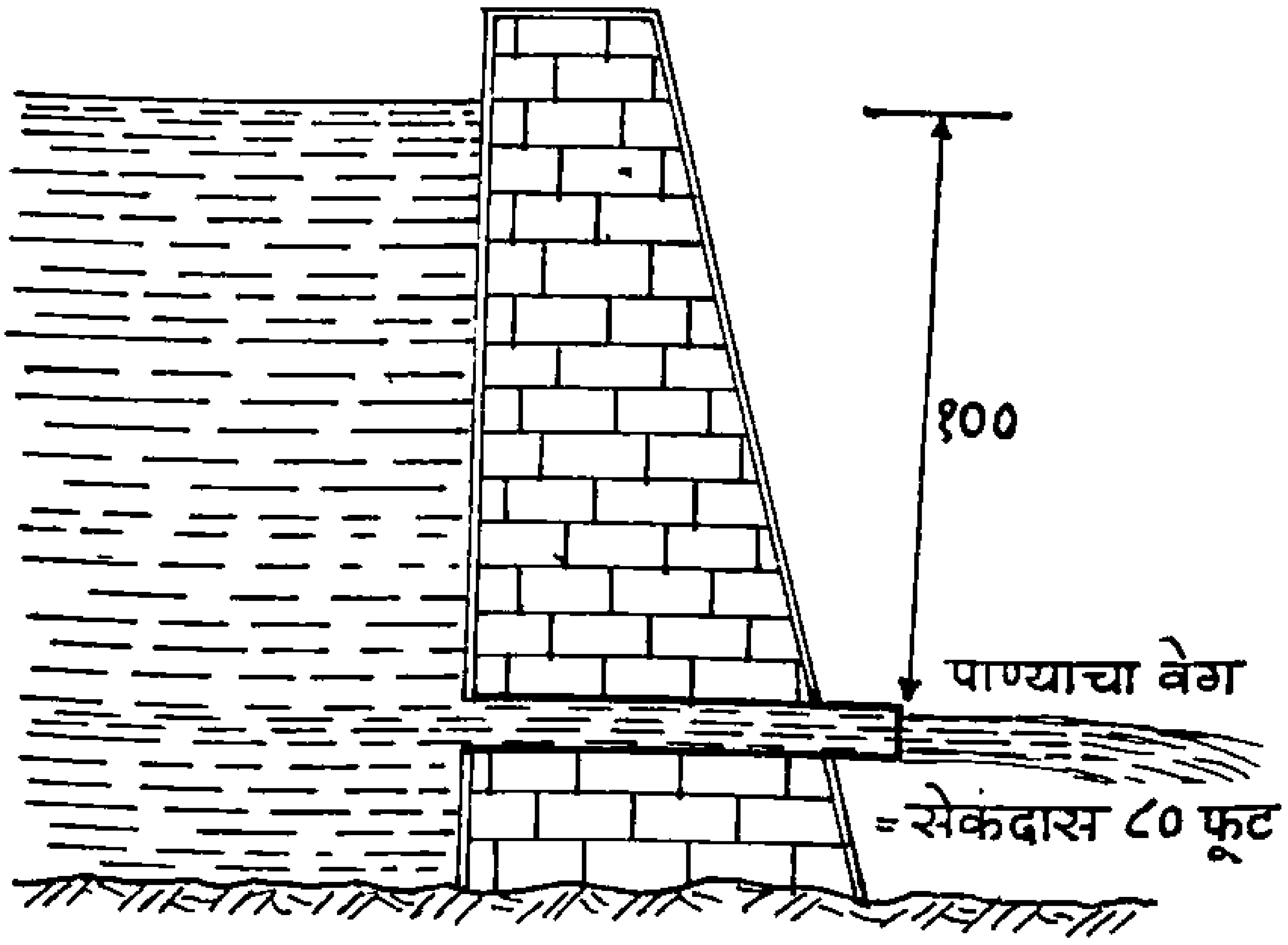
उदाहरणें : मूळ स्थानापासून १०० फूट खालीं आलेल्या पदार्थाचा त्याक्षणीं पतनवेग समजा सेकंदास ८० फूट असेल तर मूळ स्थानापासून ४०० फूट खालीं आलेल्या पदार्थाचा त्याक्षणीं पतनवेग सेकंदास १६० फूट राहील.

३ रा सिद्धांत:– वस्तू पतन होत असता तिचा खाली येण्याचा वेग प्रत्येक क्षणीं वाढत असतो आणि या वेग-वाढीचे प्रमाण (acceleration प्रवेग) स्थीर असते.

(A body falls down with a constant acceleration.)

गॅलिलीओचे वरील तीन सिध्दांत पतन होत असलेल्या पाण्यास कितपत लागू पडतील याचा विचार टॉरिचेलीने केला. प्रयोगासाठी पाण्याने भरलेल्या उंच टांकीचा उपयोग टॉरिचेलीने केला. या टाकीस वरपासून तळापर्यंत छिद्रें पाडली होती व ती सर्व बुचानीं बंद करून ठेवली. त्यास असे आढळून आले कीं, पाण्याच्या पातळीजवळील छिद्र उघडे केल्यास पाणी फारच मंद गतीने बाहेर पडतें. तसेच टांकीच्या तळाशी असलेले छिद्र उघडें केल्यास पाण्याचा वेग जास्त राहातो. तसेच पाण्याची पातळी व तळ यामधील कोणतेही छिद्र उघडें केल्यास पाण्याचा वेग वरील दोन वेगांच्या दरम्यान असतो. यापासून असे अनुमान निघते कीं, ज्यामानाने छिद्र जल-पृष्ठापासून खाली असेल त्यामानाने पाण्याचा वेग जास्त असेल. उंचीचा व वेगाचा संबंध गॅलिलीओच्या दुसऱ्या सिध्दांताप्रमाणें असणार.

टॉरिचेलीचा सिद्धांत :— पाण्याच्या पृष्ठाच्या उंचीवरून पतन होत येणाऱ्या वस्तूचा वेग छिद्र-स्थळी जो असेल तोच वेग छिद्रातून येणाऱ्या पण्याचा असेल.



प्रयोग करून अगर उदाहरण घेऊन या टॉरिचेलीच्या सिद्धांताचे आकलन होण्यासारखे आहे. समजा एका तलावात पाण्याची खोली १०० फूट आहे. या तलावाच्या तळाची पाणी सोडण्याचा पाट काढला आहे. पाटात पाणी सोडले असता त्या पाण्याचा प्रथमचा वेग सेकंदास ८० फूटाचा (ताशी ५४ मैल) राहील.

टीप $V^2 = २gs = २\times३२\times१००$ $\quad$.˙. वेग = ८० फूट सेकंदास

यावरून पाण्याच्या धरणाची भिंत तळाशी रुंद कां ठेवतात हे समजून येईल. पाण्याच्या दाबाविषयी अधिक माहिती पुढील प्रकरणी वाचकांना मिळेल.

वरील दोन महत्वाच्या शोधाव्यतिरिक्त टॉरिचेलीने अनेक शोध गणित व पदार्थ विज्ञान शास्त्रांत लावले आहेत गॅलिलीओच्या मृत्यूनंतर त्याच्या दुर्बिणींत टॉरिचेलीने बऱ्याच सुधारणा केल्या. युरोपमधील सर्व विद्यालयांतून दुर्बिणींचा प्रसार झाला, व शास्त्रज्ञ खगोलाचा अभ्यास करू लागले. दुर्बिणीचं धाकटं भावंड म्हणजे **सूक्ष्मदर्शक** याची रचना प्रथमत:च टॉरिचेलीने केली. गणित-शास्त्रांत टॉरिचेलीच्या नांवापुढें अनेक शोधांचा उल्लेख आहे. टॉरिचेलीच्या हितशत्रूंच्या मतें टॉरिचेलीने लेखनचौर्य केले असावे. या संशयांत कितपत सत्य आहे हे सांगता येत नाहीं.

इ स. १६४४ सालीं टॉरिचेलीने चक्रभास रेषेच्या (Cycloid) गुणधर्माविषयीं लेख प्रसिध्द केला. या रेषेने वलयांकित होत असलेले क्षेत्र कसे ठरवावे ही माहिती टॉरिचेलीने या लेखांत दिली आहे. या लेखांतील माहिती त्याने एका फ्रेंच पुस्तकांतून चोरली असा आरोप त्याच्यावर होता. या वादानंतर टॉरिचेली तापाने आजारी झाला. या आजारपणातच त्याचा अंत झाला. टॉरिचेली आणखी काहीं वर्षं जगता तर त्याच्या हातून बरेच संशोधन कार्य झाले असते. टॉरिचेलीनंतर त्याच्या तोडीचा शास्त्रज्ञ इटली देशात झाला नाहीं. त्यास कारणें अनेक आहेत. परंतु एक गोष्ट खरी कीं गॅलिलीओनंतर विज्ञानाचा अभ्यास जर्मनी, फ्रान्स आणि इंग्लंड या देशांत जास्त प्रगत झाला.

OTTO VON GUERICKE

प्रकरण सहावे

ओटो फॉन गेरिक

(इ. स. १६०२ ते इ. स. १६८६)

माग्डेबूर्ग गांवागलत असलेल्या भव्य मैदानावर लोकांची प्रचंड गर्दी लोटली होती. आज या मैदानावर वास्तवशास्त्रांतील चमत्कारिक प्रयोग होणार होता. हा प्रयोग पाहाण्यासाठीं जर्मन बादशाह तिसरे फर्डिनांड जातीने हजर होते. प्रयोगापूर्वी लहानांच्या आणि मोठ्यांच्या तोंडी प्रयोगाविषयींची एकच चर्चा चालू होती. प्रत्येकजण आपल्यापरी तर्क करीत होता. प्रेक्षकापैकीं कित्येक लोक प्रयोगास मांत्रिक नजरबंदीच्या मालिकेंत बसवीत, तर दुसरे काहीं अशक्य कोटींतील गोष्ट म्हणून प्रयोगावर शिक्का मारीत होते. प्रयोगाची सर्व व्यवस्था पाहाण्याचें कार्य एक मध्यम वयस्क गृहस्थ करीत होते. हेच प्रस्तुत प्रकरणांतील शास्त्रज्ञ **ओटो फॉन गेरिके** होत.

प्रयोगस्थळीं जोडीजोडीने उजव्या बाजूस चार व डाव्या बाजूस चार जोड्या असे एकूण सोळा घोडे उभे करण्यांत आले होते. घोडयांच्या मधोमध वाट्याच्या आकाराची दोन एकावर एक बसणारी संपुटे ठेवली होती. संपुटाच्या बाजूस हवा खेचणारा पंप बसवण्यांत आला होता. पाण्याप्रमाणें वायु खेचणारा अजब पंप लोक आजच प्रथम पाहात होते. या पंपाने सर्वांचे लक्ष वेधून घेतले होते. पंपाची रचना व कार्य कसे चालते हे सांगणारा माणूस बाजूसच उभा होता. गेरिकेने वाताकर्षक पंप इ. स. १६५० सालीं यशस्वीपणें तयार केला आणि नंतरच त्याने वरील प्रयोग करण्याचें योजिले. वाट्यांचा

व्यास २२ इंच होता. यावरून वाट्यांच्या तोंडाचे क्षेत्र सुमारें ३८०·२८ चौ. इंच येते. प्रत्येक चौरस इंचावर सुमारें १५ पौंडांचे वजन आहे असें गृहीत धरले तर दोन्ही वाट्या सुमारे ५ टनापेक्षां अधिक वजनानी एकमेकीवर दाबल्या जातील.

प्रथम वाट्यांच्या आंतल्या कंगोऱ्यांना मलम लावून त्या एकमेकीवर बसवल्या. मलम लावल्यानें बाहेरील हवा आंत शिरणार नाहीं. वाट्यांच्या एका बाजूस तोटी होती. ही तोटी वातकर्षक पंपास जोडली. पंपाचा दट्ट्या खालीवर करण्याचे कार्य दोन माणसे करीत होती. पंप चालू होताच आंतील हवा बाहेर पडू लागली आणि हवेचा आंतील दाब कमी होत गेला. मधून मधून वाट्यांवर गरम पाणी ओतले जात होते. अशा कारण्याने वाट्यांतील हवा प्रसरण होऊन बाहेर पडत असे. आंतील हवेचा दाब पुष्कळच कमी झाल्यावर गेरिकेने प्रेक्षकांतील चारसहा लोकांना विनंती केली कीं, वाट्या अलग करून पाहा. या चार सहा मंडळींना त्या वाट्या अलग करता येईनात. यानंतर घोड्यांच्या जोड्या लावण्यात आल्या. सोळा घोड्यांच्या शक्तीने देखील वाट्या अलग होत नाहींत हे पाहून लोकांची खात्री पटली हा प्रयोग यशस्वी झाल्यामुळें टॉरिचेलीची हवेच्या दाबाविषयींची कल्पना दृढमूल झाली.

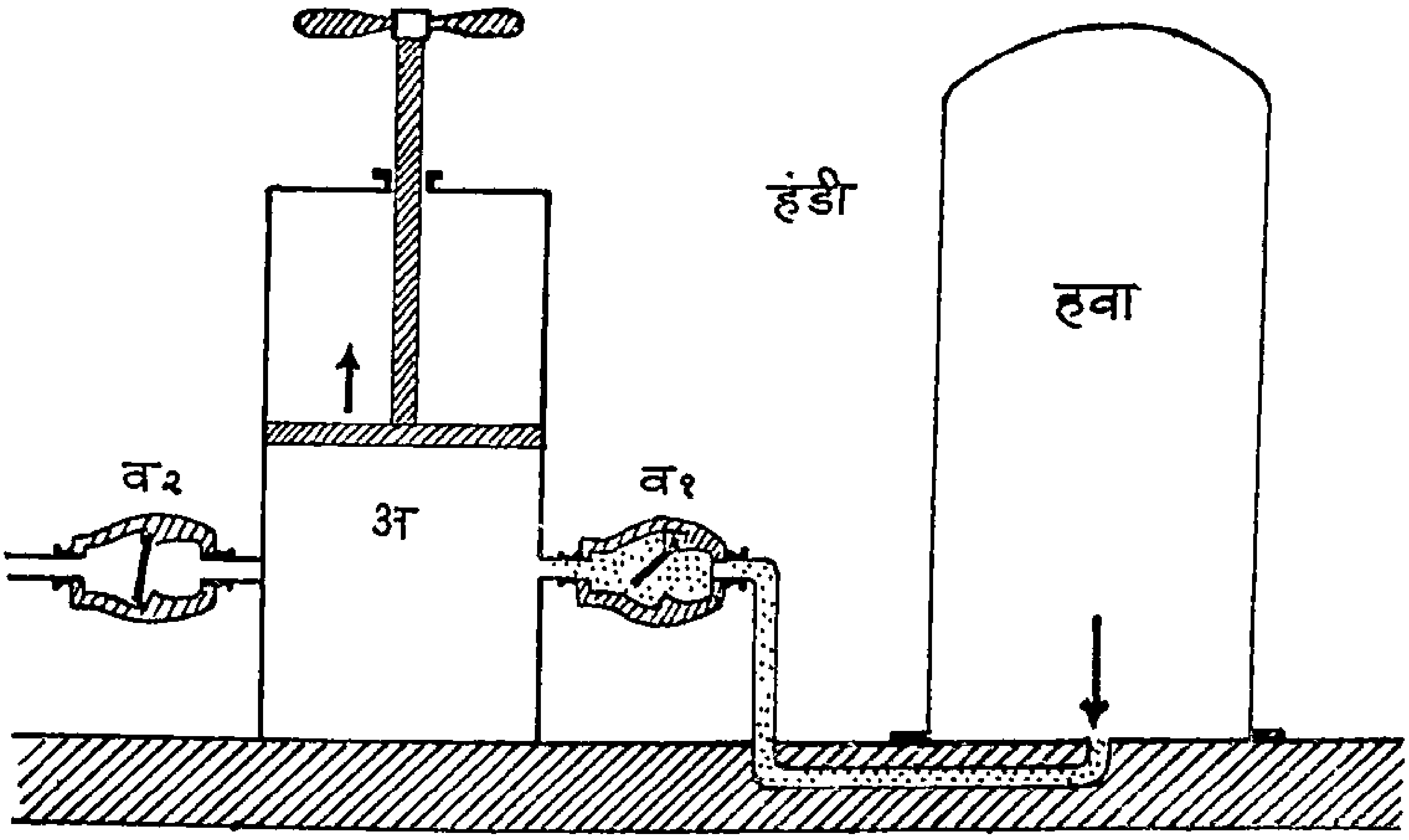
या जर्मन शास्त्रज्ञाचा जन्म इ. स. १६०२ च्या नोव्हेंबरच्या २० तारखेस झाला. माग्डेबूर्ग गेरिकेची जन्मभूमी. हे शहर प्रशियातील सॅक्सनी परगण्यात आहे. गेरिकेचे कुटुंब मध्यम स्थितींतील होते. त्याच्या लहानपणची फारच थोडी हकीगत उपलब्ध आहे.

त्या काळच्या पध्दतीप्रमाणें गेरिकेचे प्राथमिक शिक्षण झाले. उपजीविकेचे साधन म्हणून त्यास कायद्याचा अभ्यास करावा लागला. परंतु गेरिकेच्या मनाचा कल गणित व सृष्टीशास्त्रें यांच्याकडे विशेष असे. स्वतःची आवड म्हणून तो शास्त्रीय विषयावरील निरनिराळी पुस्तकें वाचीत असे. त्या काळी गॅलिलीओ, टॉरिचेली वगैरे शास्त्रज्ञांची पुस्तकें तरूण विद्यार्थ्यांच्या वाचनात येत असत. शिक्षण संपूर्ण केल्यानंतर गेरिकेने काहीं दिवस प्रवासांत घालविले. इंग्लंड व फ्रान्स याच दोन देशांत त्याचा दीर्घकाल प्रवास झाला. प्रवास झाल्यानंतर त्याने एर्फुट या गांवी इंजिनीयरची नोकरी पत्करली. नोकरी करीत असतांना त्यानें लोकोपयोगी बरीच कामे केली. या कारणामुळें थोड्याच दिवसात तो लोकांच्या विश्वासांतील पुढारी बनला. तसेच गेरिके हा जर्मन बादशाहाचा स्नेही होता. इ. स. १६२७ मध्यें म्हणजे वयाच्या पंचविसाव्या वर्षी गेरिके मॅग्डेबूर्ग शहरवासियांचा प्रतिनिधी म्हणून निवडून आला. कांही दिवस गेरिकेने शहर न्यायाधीशाचे काम केले.

सार्वजनिक विविध कार्यें करीत असतानादेखील त्याने आपला अभ्यासाचा व्यासंग सोडला नाहीं. पैशाच्या दृष्टीनें त्याची स्थिती फारच समाधानकारक होती. शास्त्रीय उपकरणी खरेदी करणें व तयार करून घेण्यात त्याचे पैसे खर्च होत. त्याचा फुरसतीचा वेळ वाचनात व प्रयोग करण्यात जाई. निर्वात पोकळी करणारा पंप गेरिकेने प्रथमच तयार केला. परंतु तो तयार करण्यापूर्वी त्याला अतोनात कष्ट पडले. प्रथमचे काही पंप त्याने

लाकडाचे बनवले होते, परंतु लाकूड थोडेफार सच्छिद्र असल्यामुळें निर्वात पोकळी बनत नसे. स्वतःच एंजिनीयर असल्यामुळें गेरिके धातूचा पंप करू शकला. काहींच्या मतें गेरिकेने पंपाची कल्पना इंग्रज शास्त्रज्ञ रॉबर्ट बॉईल यांजकडून घेतली, असेही असणें शक्य आहे. कारण गेरिके इंग्लंडच्या प्रवासांत असतांना त्याची व बॉईलची ओळख झाली होती. काहींहि असो वाताकर्षक पंप तयार करून त्याने टॉरिचेलीच्या कल्पनेस शास्त्रांत कायमचे स्थान दिले. वातकर्षक पंप वायुभारमापक या दोन साधनांनी शास्त्रांत बरीच प्रगती होत राहिली. गेरिकेनें तयार केलेल्या वाट्या व वाताकर्षक पंप बर्लिन येथील पुराण वस्तूसंग्रहांत मोठ्या काळजीनें जपून ठेवल्या आहेत.

वाताकर्षक पंपाची रचना.

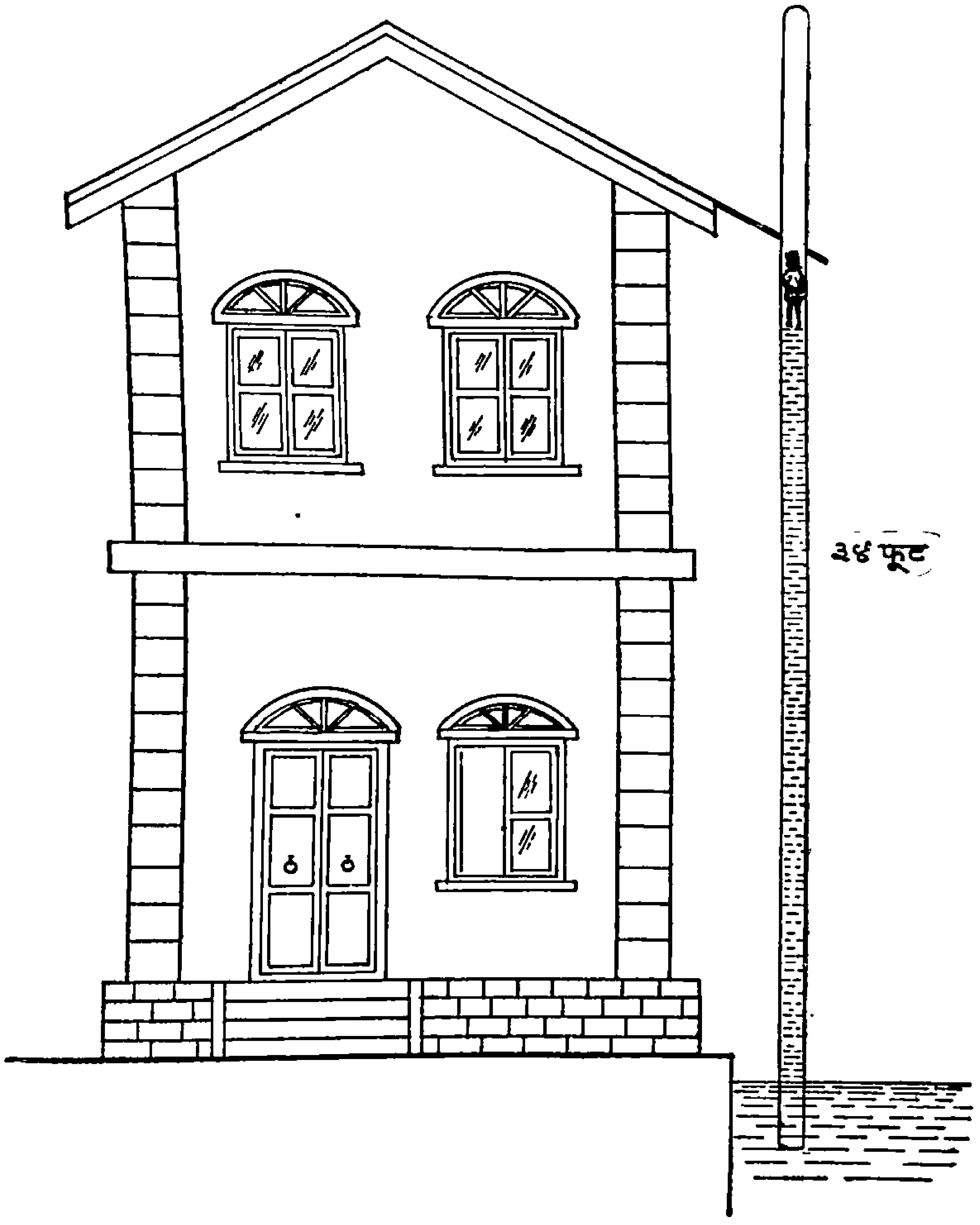


व १ आणि व २ एकमार्गी झडपा आहेत. पंपाचा दट्ट्या वर खेचतांच हंडींतील हवा दट्ट्याखालीं असलेल्या अ ठिकाणीं येते. यावेळी व झडपी उघडी राहते. दट्ट्या खालीं येत असता अ ठिकाणांतील हवा दाबली जाते; परंतु तिला परत हंडीकडे जाता येत नाहीं, ही कोंडलेली हवा व २ झडपांतून बाहेर पडते. दट्ट्या अनेकवेळां खालींवर केल्यानें हंडी-तील हवा फारच कमी होते.

जलवायूभारमापक :— शास्त्रीय दृष्ट्या जलवायूभार मापकाचे विशेष महत्त्व नाहीं; तरीपण शास्त्रीय चमत्कार म्हणून या भारमापकास महत्त्व द्यावयास हवे. गेरिके वृध्दापकाळीं हॅंबूर्ग या समुद्रकांठच्या शहरीं राहाण्यास आला. त्याचे राहाण्याचे घर समुद्रकिनारीं होते. घराच्या पुढील बाजूस त्यानें जलवायूभार मापक बसवला होता. समुद्रकिनारीं येणारा प्रत्येक मनुष्य या भारमापकाकडे पाहून आश्चर्य व्यक्त करी. आजूबाजूस राहाणाऱ्या कोळी लोकांना त्याचा फार उपयोग होई. समुद्रावर मासेमारीसाठीं जावे कीं न जावे हे कोळी लोक भारमापकावरून ठरवीत.

आकृती दाखविल्याप्रमाणें हा भारमापक घराच्या पुढील बाजूस उभा बसवला होता. या भारमापकाची उंची अर्थात ३४ फूटापेक्षां अधिक होती. या भारमापकाची वरची बाजू बंगल्याच्या छपरावर ३–४ फूट दिसे. तसेच नळीची वरची बाजू कांचेची होती. व खालची बाजू लोखंडाची होती. पाण्याचा वरील पृष्ठभाग दिसावा म्हणून तांबड्या रंगाची परंतु लाकडाची बाहुली पृष्ठभागावर तरंगत असे. हवा स्वच्छ व कोरडी असेल तर जलस्तंभाची उंची ३४ फूट असते व पृष्ठभागावर तरंगणारी बाहुली बंगल्याच्या छपरावर दृष्टीस पडे. हवा जर बादळीं व दमट असेल तर जलस्तंभाची उंची ३४ फुटापेक्षा कमी असते यामुळें बाहुली छपराखाली जाई. बाहुली छपराखालीं असेल तर समुद्रावर वादळ निश्चितपणें होत असे. या बाहुलीला कोळी लोक "सैतानी पोर" म्हणत असत.

वातार्कषक पंपाशिवाय इतरही बरेच संशोधन गेरिकेने केले होते. गॅलिलीओच्या दुर्बिणीसारखी याने दुर्बिण तयार केली होती. या दुर्बिणीच्या साहाय्यानें त्याने धूमकेतूचे



निरीक्षण केले होते. एकदा दिसलेला धूमकेतू पुढे किती वर्षांनी दिसेल याचे भविष्य त्यानें करून ठेवले होते. याच भविष्याचा उपयोग न्यूटनच्या संशोधन कार्यास झाला. गंधकाच्या गोळयावर घर्षण केले असतां विद्युत निर्माण होते ही गोष्ट गेरिकेने सिध्द करून दाखविली. गेरिकेच्या पूर्वी इंग्रज शास्त्रज्ञ डॉ. विलिअम गिलबर्ट (१५४०–१६०२) यानें घर्षणजन्य विद्युत व लोहचुंबक या दोन विषयावर प्राथमिक स्वरूपाचे संशोधन केले होते. डॉ. गिलबर्ट राणी एलिझाबेदचा दरबारी वैद्य होता. त्याने इ. स. १६०० सालीं "लोहचुंबक" यावर पहिलें पुस्तक प्रसिध्द केले. गेरिकेच्या संशोधनामुळें या दोन्ही शास्त्रांना पुन्हा गती मिळाली.

वास्तवशास्त्राचा अभ्यास व प्रयोग गेरिके मनाची जिज्ञासा पूर्ण करण्यासाठीं करीत असे. दिवसाचे आठ तास त्याचे प्रयोगशाळेंत खर्च होत असत. हल्लीसारखी त्या काळीं प्रयोगशाळेंत लागणारी उपकरणें बाजारांत उपलब्ध नसत. शास्त्रज्ञाला ती हातानींच तयार करून घ्यावी लागत. गेरिकेचे संशोधन कार्य अगदीं मरेपर्यंत चालू होते. तो इ. स. १६८६ सालीं वयाच्या ब्यांयशीव्या वर्षी निधन पावला.

BLAZE PASCAL

प्रकरण सातवे

ब्लेझ पास्कल

[इ. स. १६२३ ते इ. स. १६५९]

प्राथमिक शाळा:—पायाखालील स्टूल काढून घेताच "आता नाहीं करणार गुरुजी" अशी हृदयभेदक किंकाळी घोडीवर टांगलेल्या लहान मुलाने फोडली व लोंबकळत असलेले पाय तो फडाफडा झाडूं लागला. त्याच्या ओरडण्याकडे दुर्लक्ष करून गुरुजींनी छडीचे तडाखे मारण्याचे काम चालू केले. थोड्याच वेळात त्या मुलाचे सर्व अंग काळेनिळे झाले. ही शिक्षा पाहात इतर मुलें स्तब्ध होती परंतु त्याच दिवशीं शाळेंत प्रथमच आलेला एक बालक होता. त्याने पूर्वी असे दृश्य पाहिले नव्हतें. तो एका कोपऱ्यात बांकावर स्वस्थ बसून होता. गुरुजींनी केलेली मुलाची स्थिती पाहून त्याचे सर्व अंग थरथरत होते. थोड्याच वेळात हा मुलगा बेशुध्द होऊन जमीनीवर धाडकन पडला. बेशुध्दावस्थेंतच ब्लेझ पास्कलला घरीं पोहोंचवण्यात आले.

वरील घटना परीस शहरातील प्राथमिक शाळेंतील होती. सतराव्या शतकांत शाळेंत अशाच तऱ्हेच्या शिक्षा देण्यांत येत असत. तत्कालीन शाळा म्हणजे लहान मुलांची शारिरीक व मानसिक खच्ची करणारे खाटीकखानेच होत. अशा शाळांना कैदखाने म्हणणे देखील शाळांचा गौरव करण्यासारखे होईल. कैदखान्यात आपणास शिक्षा कां दिली जात आहे हे कळण्याइतकी समजूत कैद्यांना असते. परंतु शाळेतील या मुलांना चांगले आणि वाईट यातील भेदच माहीत नसतो. त्याकाळी शिक्षेमुळे व धाकामुळे मुलामधील नैसर्गिक चिकित्सक बुद्धी आणि खिळाडूवृत्ती नष्ट झाल्याची अनेक उदाहरणे आहेत.

शाळेतील कडक शिक्षा पाहून ब्लेझ पास्कलने शाळेत जाण्याचे नावसुध्दा घेतले नाही. ब्लेझ पास्कलचा जन्म इ. स. १६२३ च्या जून महिन्यात झाला. ब्लेझ हा एतियेन पास्कलचा एकुलता एक मुलगा. ब्लेझला त्याच्यापेक्षा वडील दोन बहिणी होत्या. ब्लेझच्या जन्मानंतर चारच वर्षांनी त्याची आई आन्त्वानेत आपल्या लहान मुलास व दोन प्रौढ मुलींना मागे ठेवून खिस्तवासी झाली. लहानपणी आई नसल्याने ब्लेझची बरीच आबाळ होत गेली. त्याच्या वडील बहिणीनीच त्याला लहानाचा मोठा केला. घरच्या प्रतिकूल परिस्थितीचा परिणाम त्याच्या शरीरप्रकृतीवर झाला. लहानपणाची त्याची अशक्त प्रकृती सर्व आयुष्यभर टिकून होती. अशक्तपणामुळे ब्लेझला खेळण्यात कधी उत्साह वाटत नसे. मोठ्या मंडळींच्या सहवासामुळे त्याचे आचार व विचार प्रौढ माणसासारखे असत. खेळण्यापेक्षा विचार करीत एका जागी बसणे तो पसंत करी.

ब्लेझच्या जन्माच्या वेळीं, एतियेन पास्कल क्लेअरमाँन्त गावी राहात असत. परंतु प्रेमळ पत्नीच्या निधनानंतर त्यानी क्लेअरमाँन्त गांव सोडले व ते पॅरिसला राहाण्यास गेले. थोड्याच दिवसात त्याला राजदरबारी मानाची नोकरी मिळाली. परंतु काही कारणानी त्यांचे व कर्डिनल रीशल्यू यांचे मतभेद झाले. हे मतभेद विकोपास जाण्यापूर्वीच एतियेन पास्कल भूमिगत झाले. त्या काळी धर्मगुरूंची सत्ता राजसत्तेपेक्षा प्रभावी असे. रीशल्यू इतका खुनशी व पाताळयंत्री पुरुष इतिहासात देखील क्वचित् आढळेल. कार्डिनल साहेबांच्या गैर-मर्जीतील प्रत्येक व्यक्तीस बॅस्टाईल तुरुंगाची मरेपर्यंत हवा खावी लागत असे. तुरुंगवास पत्करण्यापेक्षा भूमिगत होणे एतियेन पास्कलने पसंत केले. एतियेनच्या अज्ञातवासामुळे त्याच्या कुटुंबियांचे भारी हाल झाले. या गोष्टीचा परिणाम ब्लेझच्या मनावर फार झाला. या संकटातून कसे बाहेर पडावे याचा विचार सर्वांच्या पुढे होता. ब्लेझची सर्वात वडील बहीण चतुर व बुध्दीमान स्त्री होती. कार्डिनल साहेबाना खूष करण्याची तिने नामी युक्ती काढली. स्केंदरी नावाने प्रसिध्द असणारा कादंबरीकार तिचा स्नेही होता. या कादंबरी लेखकानें अमूर टिरनी या नावाची उत्तम कादंबरी लिहून काढली. ही कादंबरी मोठ्या समारंभाने त्याने कार्डिनलसाहेबाना अर्पण केली. या घटनेमुळे कार्डिनलसाहेब फार खूष झाले. याचा मोबदला म्हणून कार्डिनलसाहेबानी एतियेन पास्कलवरील खडे वारंट परत घेतले. एतियेन-वरील सर्व नियंत्रणे काढून घेतली व त्याची पूर्वीची नोकरी परत देण्यात आली. यामुळे एतियेनचे वैभव प्राप्त झाले. अशा तऱ्हेने पास्कलच्या कुटुंबावरील मोठे संकट दूर झाले.

वरील संकटमय परिस्थितीमुळे ब्लेझच्या शिक्षणात थोडा व्यत्यय आलाच, परंतु फारसे नुकसान झाले नाही. ब्लेझने वयाच्या अवघ्या चोविसाव्या वर्षी स्वतःचे पहिले पुस्तक प्रसिध्द केले. या पुस्तकाचे नाव नोव्हेल एक्स्पेरन्स सूर ल व्हॉईड (Nouvelles experience sur le vide) असे आहे. या पुस्तकात निर्वात पोकळी विषयी अनेक प्रयोगांची वर्णने आहेत. या पुस्तकाच्या प्रसिद्धीने ब्लेझ पास्कल व प्रसिद्ध गणिततज्ञ

देकार्त यांची मैत्री जमली. देकार्तकडून ब्लेझला टॉरिचेलीच्या वायूभार–मापकाची बरीच माहिती मिळाली. या माहितीच्या आधारे ब्लेझ पास्कलने काही प्रयोग करण्याचे ठरविले. पास्कलने वायूभार मापकावरील प्रयोग इ. स. १६४८ साली केला.

टॉरिचेलीच्या सांगण्याप्रमाणे पास्केलने वायूभार मापक सिद्ध केला. हा प्रयोग त्याने चार सहा वेळा करून पाहिला. यायोगे त्याला टॉरिचेलीची विचारसरणी खरी असल्याचे वाटू लागले. वायूभारमापकातील पारदस्तंभाची उंची त्वरित कमीजास्त होईल असा प्रयोग करून पाहाण्याचे त्याने योजिले.

भूपृष्ठापासून जसजसे वर जावे तसतशी हवा हलकी वाटू लागते हा आपला नेहमीचा अनुभव आहे. उंच ठिकाणी हवेचा थर कमी जाडीचा असला पाहिजे व त्या मानाने हवेचा दाबही कमी असणे साहजिकच ठरते. आता टॉरिचेलीची कल्पना खरी असेल तर उंच ठिकाणी पारदस्तंभाची उंची कमी यावयास हवी आणि तसे न झाल्यास टॉरिचेलीची कल्पना चूक ठरते. या विचारसरणीस अनुसरून पास्कलने एक प्रयोग करण्याचे ठरविले. या प्रयोगाने टॉरिचेलीच्या शोधाची पूर्ण छाननी होणार होती.

पॅरिस शहरालगत उंच असा डोंगर नसल्यामुळे पास्कलन हा प्रयोग एका उंच इमारतीच्या गच्चीवर करून पाहिला. या प्रयोगात पारदस्तंभाची उंची थोडी कमी होत असल्याचे त्याच्या निदर्शनास आले, या प्रयोगाने त्याचे फारसे समाधान झाले नाहीं. डोंगर माथ्यावर जर हा प्रयोग केला तर पारदस्तंभाच्या उंचीत डोळ्यात भरण्यासारखा फरक पडेल असे त्यास वाटले.

पास्कलचे मेहुणे पेरिअर फ्रान्सच्या दक्षिण भागात राहात असत. त्यांच्या गांवाच्या शेजारी एक उंच टेकडी आहे. या टेकडीवरप्रयोग करून पाहाण्याची विनंती पास्कलने पेरिअरना केली. पेरिअरने पास्कलच्या सांगण्याबरहुकूम प्रयोग करून पाहिला. ही टेंकडी सुमारे १००० मीटर उंच आहे. या प्रयोगात मात्र पारदस्तंभाची उंची ८ सेंटीमीटर कमी भरली. हा प्रयोग इ. स. १६४८ साली करण्यांत आला. याच सुमारास जर्मनी देशात मॅग्डेबूर्ग शहरी व्हॉन गेरिके या शास्त्रज्ञाने वाताकर्षक पंप तयार करून सुप्रसिद्ध असा बंदिस्त अशा वाट्यांचा प्रयोग यशस्वीपणे केला. या दोन प्रयोगामुळे वायूभाराविषयीची टॉरिचेलीची कल्पना पदार्थ–विज्ञान शास्त्रात दृढमूल झाली.

सिद्धांताचा उद्गम व विकास :–

निसर्ग चमत्कारांची कारणमिमांसा करण्याकरताच सिद्धांताचा उगम होतो. प्रथमदर्शनी ठरवलेली कारणमिमांसा नेहमीच सत्य असते असे नाही. या प्रथमावस्थेतील कारणमिमांसेस सापेक्ष कल्पना (Working Hypothesis) म्हणतात. तसेच नूतन मिमांसा सत्य आहे हे ठरवण्यापूर्वी जुनी कल्पना कां त्याज्य किंवा अग्राह्य आहे हेही सिद्ध करावे लागते.

नवीन मिमांसेची छाननी करण्याकरता मिमांसेच्या आधारे काही नवीन प्रयोग करावे लागतात. हे प्रयोग यशस्वी झाले तरच कल्पनेस सिद्धांताचे स्थान प्राप्त होते. यावरून असे दिसून येईल कीं प्रत्येक नूतन सिद्धांतास तीन अवस्था असतात. प्रथमावस्थेत पूर्व सिद्धांत चूक आहे ठरवणे. दुसऱ्या अवस्थेत नूतन सिद्धांताची मांडणी करणे. तिसऱ्या अवस्थेत सिद्धांताच्या आधारे काही तर्क करून ते कितपत बरोबर येतात हे प्रयोगाने ठरवणें.

वायूभाराची कल्पना वरील तीन अवस्थातून कशी पार पडली हे पाहू. निर्वात पोकळी पाणी खेचण्यास कशी असमर्थ ठरते हे गॅलिलीओने सिद्ध केले. नूतन कल्पनेची मांडणी टॉरिचेलीने केली. पास्कल, गेरिकेने आणि इतर शास्त्रज्ञांनी टॉरिचेलीची कल्पना सत्य असल्याची अनेक प्रयोगानी सिद्ध करून दिले.

पारद भारमापकाच्या साहाय्याने वायू शास्त्राची प्रगती झपाट्याने होत गेली. या प्रयोगानंतर शेकडो भारमापके प्रचारात आली. पृथ्वीतलावर निरनिराळ्या स्थळी ऑब्झरव्हेटरीतून वातावरणाच्या दाबाचे अव्याहत निरीक्षण करण्यात येऊ लागले. वातावरणाच्या दाबाचे आलेख काढून वादळ, वारा, पाऊस याविषयी भाकिते प्रसिद्ध होऊ लागली. समुद्रावर तुफान किती वेळात येण्याचा संभव आहे हे समजल्यामुळे हजारो जीवांची हानी टाळता येणे शक्य झाले.

द्रवाचा दाब (Hydrostatic Pressure).

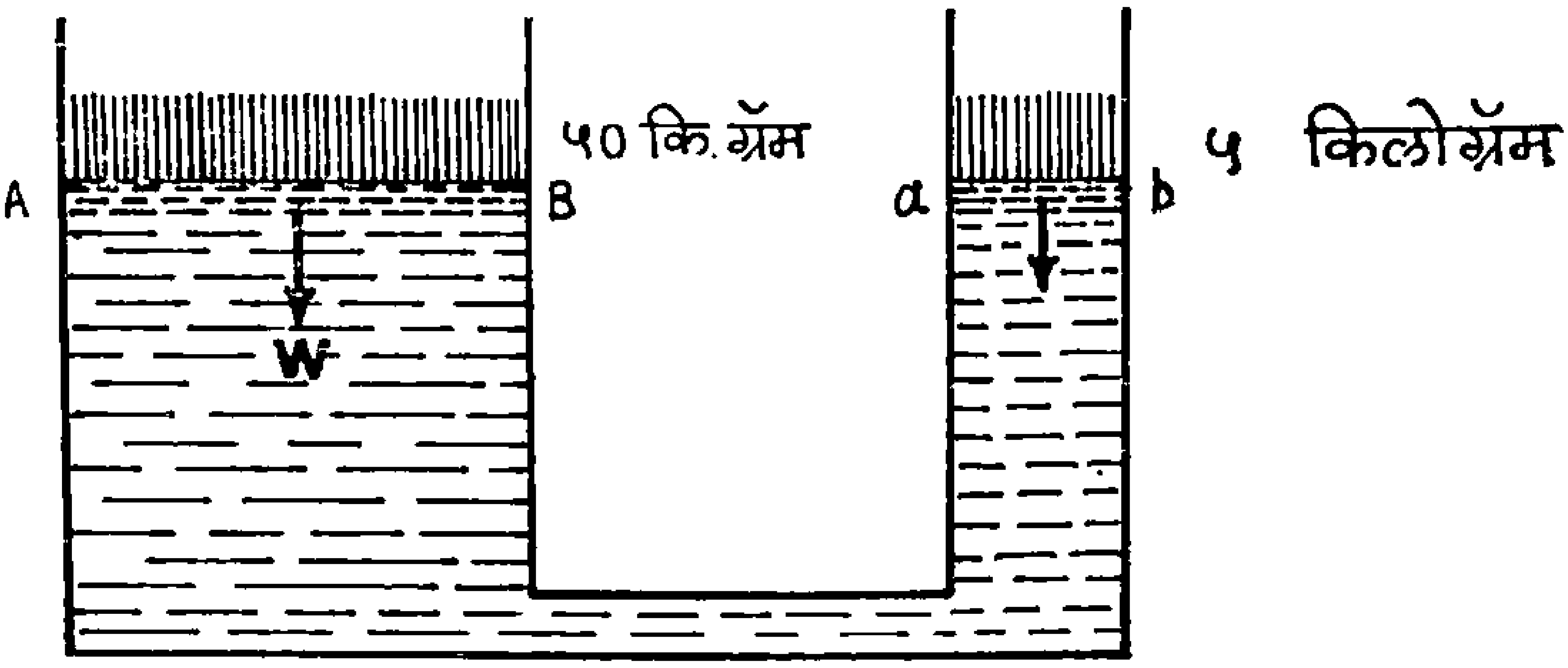
पाण्याच्या पृष्ठभागापासून जसजसे खोल जावे तसतसे पाण्याचा दाब वाढत जातो ही गोष्ट टॉरिचेलीसंबंधीच्या प्रकरणात येऊन गेलीच आहे. टॉरिचेलीच्या ह्या कल्पनेच्या आधारे पास्कलने कशी प्रगती केली हे पाहाणे जरूर आहे. पाण्याचा दाब तळावर अगर बाजूवरच असतो असे नाही. हा दाब एकाच वेळी सर्व बाजूने पडत असतो. खुर्ची अगर टेबल यासारखा घन पदार्थाचा दाब पायाखाली असलेल्या जमिनीवर काय तो असतो, परंतु द्रव पदार्थाचे असे नाही.

द्रवाच्या पृष्ठभागापासून खोल गेल्यामुळे दाब कसा वाढतो याचे मोजमाप पास्कलने अचूकपणे ठरवले, पृष्ठभागापासून २५ सेंटीमिटर खाली गेल्यास तेथील प्रत्येक चौरस सेंटीमीटरवर २५ सें. मी. उंच द्रवाच्या स्तंभाच्या वजनाइतका दाब असतो. २५ सेंटीमीटर उंचीच्या स्तंभाचे आकारमान अर्थात २५ घन सेंटीमीटर राहाणार. या आकारमानावरून त्याचे वजन काढता येते. १ घन सेंटीमीटर पाण्याचे वजन एक ग्राम मानल्यास स्तंभाचे वजन २५ ग्राम राहील.

द्रवाचा दाब = उंची × घनता.

यावरून असे दिसून येईल की, द्रवाचा अंतरभागी असणारा दाब उंची व घनता यावर अवलंबून आहे. द्रवाचा दाब किती प्रचंड असतो याची कल्पना येण्यासाठी उदाहरण

घेऊ. पाण्याच्या भरणाची उंची १०० फूट मानल्यास त्या भिंतीच्या बुडाशी पाण्याचा दाब किती पडतो हे पाहू. १०० फूट खोलीवर असलेल्या प्रत्येक चौरस फूट क्षेत्रावर १०० घनफूट पाण्याच्या वजनाइतका दाब येईल. एक घनफूट पाण्याचे वजन साधारणत ६२.५० पौंड असते. म्हणजे, १०० घउफूट पाण्याचे वजन ६२५० पौंड येते. याचा अर्थ असा कीं, भिंतीच्या तळाशी असलेल्या चौरस फूट क्षेत्रावर अंदाजे २.८ टन वजन येते. पॅसिफिक महासागराची खोली ६ मैल आहे. यावरून भूपृष्ठावर या पाण्याचा दाब किती प्रचंड आहे याचा अंदाज करावा. या प्रचंड दाबामुळे या महासागराच्या तळाशी जाण्याचे मानवाला



अजून तरी श क्य ाले नाहीं.

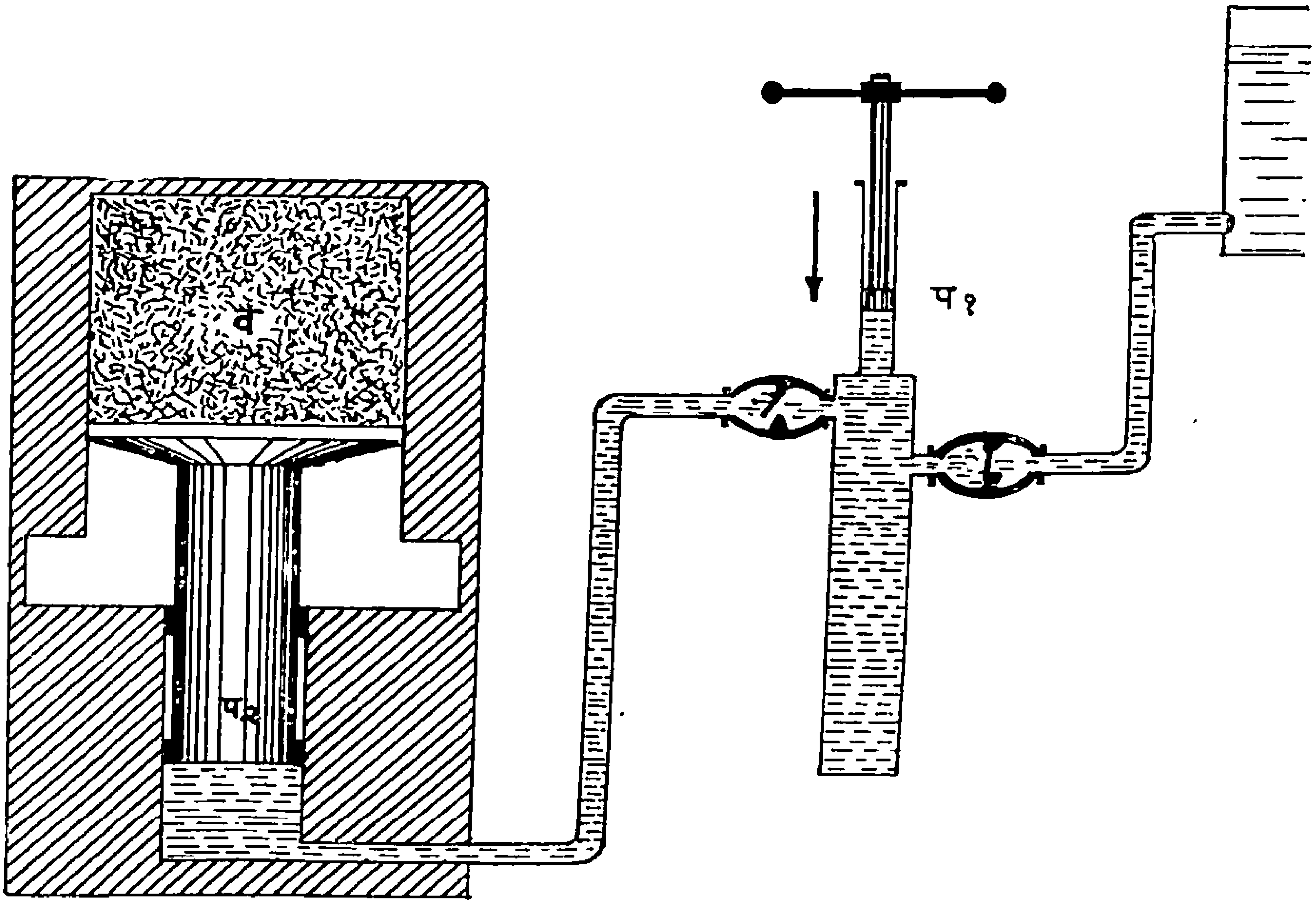
पास्कलचा द्रव-दाब सिध्दांत —

बंदिस्त द्रवाच्या एका पृष्ठावर दाब निर्माण केला तर तितकाच दाब द्रवाच्या इतर पृष्ठावर दिसून येतो. (आकृती पाहा) a b हा द्रवाचा वर्तुळाकार पृष्ठभाग आहे व त्याचे पृष्ठफळ ५ चौरस सेंटीमीटर आहे. A B हा द्रवाचा दुसरा पृष्ठभाग आहे व त्याचे क्षेत्र ५० चौ. सेंटीमीटर आहे. आता a b या पृष्ठावर ५ किलोग्रॅम वजन ठेवले. यामुळे a b या पृष्ठावरील दाब "चौरस सेंटीमीटर वर १ किलोग्रॅम" असा येतो. य दाबामुळे (a b) हा पृष्ठभाग दबला जाऊन त्याची पातळी थोडी खाली घसरेल आणि (A B) ही पातळी वर येईल. आता ही दोन पृष्ठे एकाच पातळीत आणावयाची असल्यास तर A B या पृष्ठावर काही वजन ठेवावे लागेल. समजा हे वजन W आहे. आता पास्कलच्या सिध्दांताप्रमाणे A B आणि a b या दोन्ही पृष्टावर समान दाब असावयास हवा.

a b पृष्ठावरील दाब = A B पृष्ठावरील दाब

$$\frac{\text{५ किलोग्रॅम}}{\text{५ चौ. सें.}} = \frac{W}{\text{५० चौ. सें}} \therefore W = \text{५० किलोग्रॅम}$$

हायड्रॉलिक प्रेस :-



या सिद्धांताचा उपयोग करून हायड्रॉलीक प्रेसची रचना केलेली असते. या प्रेसच्या साहाय्याने कापसाचे व गवताचे गठ्ठे बांधण्याचे कार्य केले जाते.

$प_1$ आणि $प_2$ हे दट्ट्याचे पृष्ठभाग आहेत. $प_1$ = १ चौ. इंच.
$प_2$ = १० चौ. इं. $प_1$ पृष्ठावर १०० पौंड वजनाची शक्ती लावली.

$$\frac{व}{प_2} = \frac{१००}{प_1}$$

$$व = \frac{१००}{१} \times १०$$

$$व = १००० \text{ पौंड.}$$

१०० पौंड वजनाच्या शक्तीने १००० पौंड वजनाचा गठ्ठा वर उचलता येतो.

वरील दोन शोधाव्यतिरिक्त पास्कलचे इतर महत्त्वाचे संशोधन कार्य नाही. पास्कलने आपल्या कल्पक बुध्दीचा उपयोग फार काळ केला नाही. त्याचा स्वभाव थोडा विचित्र व लहरी होता. संशोधन कार्यास लागणारी चिकाटी त्याच्या अंगी नव्हती. वयाच्या अठ्ठाविसाव्या वर्षी त्याच्या जीवनात स्थित्यंतर झाले. "शारलोत् रोन" या नावाच्या स्त्रीच्या तो नादी लागला. ही स्त्री अगदी थिल्लर स्वभावाची होती. या स्त्रीच्या सहवासात पास्कलची तीन वर्षे गेली. या अल्पशा कालानंतर त्याला जीवनाचा वीट आला, व तो धर्मतत्वाच्या मागे लागला. १६६५ च्या जानेवारी महिन्यात त्याने सर्वसंगपरित्याग केला व एकांतात राहू लागला. या संशोधकाचा पुढे अंत केव्हा झाला याची निश्चित माहिती मिळत नाही.

समुद्र सपाटीपासून निरनिराळ्या उंचीवर असणारी भारमापकातील पारदस्तंभाची उंची

−१००० फूट	स्तंभाची उंची ३१.०२ इंच
० फूट	२९.९२ इंच
१००० फूट	२८.८६ इंच
२००० फूट	२७.८२ इंच
३००० फूट	२६.८२ इंच
४००० फूट	२५.८४ इंच
५००० फूट	२४.९० इंच
६००० फूट	२३.९८ इंच
७००० फूट	२३.०९ इंच
८००० फूट	२२.२२ इंच
९००० फूट	२१.३९ इंच
१०००० फूट	२०.५८ इंच
११००० फूट	१९.७९ इंच
१२००० फूट	१९.०३ इंच
१३००० फूट	१८.२९ इंच
१४००० फूट	१७.५८ इंच
१५००० फूट	१६.८९ इंच
१६००० फूट	१६.२२ इंच
१७००० फूट	१५.५७ इंच
१८००० फूट	१४.९४ इंच
१९००० फूट	१४ ३४ इंच
२०००० फूट	१३.७५ इंच
२२००० फूट	१२.६४ इंच
२४००० फूट	११.६० इंच
२६००० फूट	१०.६३ इंच
३०००० फूट	८.८९ इंच
४०००० फूट	५.५४ इंच
५०००० फूट	३.४२ इंच

प्रकरण आठवें

रॉबर्ट बॉईल

(इ. स.१६२७ ते इ. स. १६९१)

ROBERT BOYLE

सतराव्या शतकातील महत्वाचा व शेवटचा शास्त्रज्ञ म्हणजे रॉबर्ट बॉईल हा होय. रॉबर्ट बॉईल रक्ताने जरी इंग्रज असला तरी जन्माने तो आयरिश होता. आर्यलण्ड देशातील कॉर्क शहरी इ. स. १६२७ च्या जानेवारी महिन्यात रॉबर्ट बॉईलचा जन्म झाला. त्याच्या वडिलाचे नांव रिचर्ड बॉईल असून ते ग्रेट अर्ल नांवाने इतिहासात ओळखले जातात. रॉबर्ट बॉईल बडे बाप का बेटा असल्यामुळे त्याच्या शिक्षणात थोडे देखील दुर्लक्ष झाले नाही. रॉबर्ट बॉईल बुद्धीने मोठा चलाख व तरतरीत पोर होता. त्याचा चरित्रकार म्हणतो की राबर्ट अगदी लहान वयात फरेंच व लॅटिन भाषा सफाईदारपणे बोलत असे.

रॉबर्ट आठ वर्षाचा होताच त्याच्या वडिलानी त्याला इंग्लडमध्ये शिक्षणाकरिता पाठवले. रॉबर्टचे शिक्षण ईटन येथील प्रसिध्द गुरुकुलात झाले. त्याच्या खाजगी शिक्षणाकरता एका विद्वान फरेंच शिक्षकाची नेमणूक करण्यात आली होती. शिक्षण आटोपून इ. स. १६३८ मध्ये रॉबर्ट आपल्या शिक्षकासमवेत प्रवासावर निघाला. प्रवासातील बराच काल त्याने इटलीत घालविला. इ. स. १६३८ चा हिवाळा बॉईलने फ्लोरेन्स शहरी काढला. या काळात दुर्बिणीने आकाशाचे निरीक्षण करणारा गॅलिलीओ हयात होता. गॅलिलीओच्या सान्निध्यात बॉईलला काही दिवस राहावयास मिळाले. याचवेळी टॉरिचेली गॅलिलीओच्या घरीच राहात असे. गॅलिलीओच्या विलक्षण बुद्धीमत्तेची छाप बॉईलच्या बालमनावर पडली

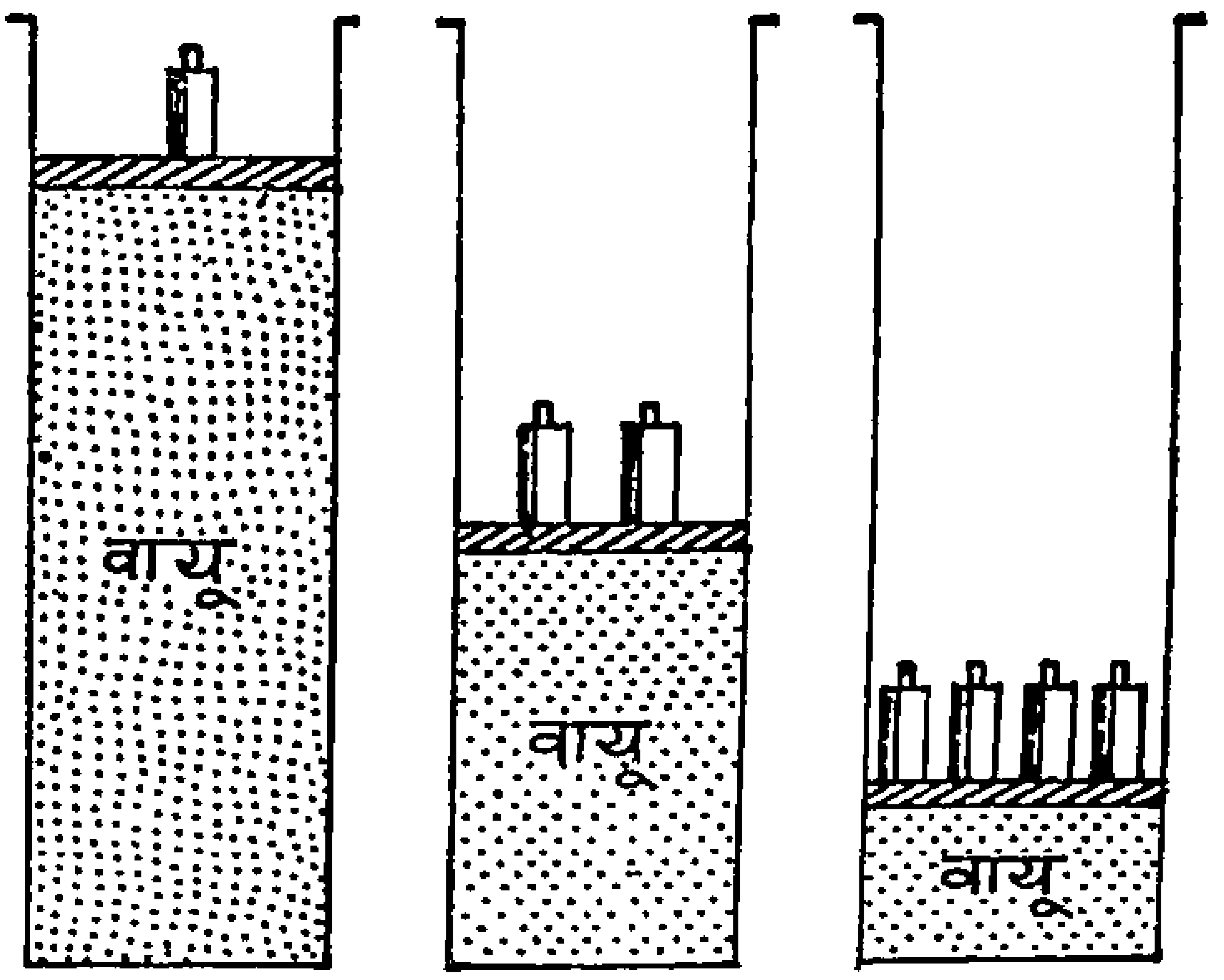
हे सांगणे नको. या घटनेमुळे बॉईलच्या जीवनास निराळेच वळण लागले. सामान्यतः तो आपल्या वडीलासारखा राजकारणी पुरुष म्हणून प्रसिध्दीस यावयास हवा. परंतु झाले निराळेच. या नंतरचे बॉईलचे सर्व आयुष्य वास्तव शास्त्राचा प्रसार करण्याकरता खर्च झाले. इटलीत तो असेपर्यंत त्याने गॅलिलीओच्या सर्व पुस्तकांचा अभ्यास केला. गॅलिलीओच्या मृत्यूनंतर इ. स. १६४४ साली तो आपल्या मायदेशी परत आला.

हा कालपावेतो इंग्लण्ड वास्तवशास्त्राच्या अभ्यासात इतर देशाच्या मानाने फारच मागे होते. वास्तवशास्त्राच्या अभ्यासास चालना देण्याचे संघटित प्रयत्न बॉईलने केले आणि त्यात तो यशस्वी झाला. इंग्लण्डला परत येताच बॉईलने तरूण विद्यार्थ्यांचे एक अभ्यास-मंडळ स्थापन केले. वास्तव व रसायन शास्त्रांचा स्वतंत्रपणे अभ्यास करणे हाच एक उद्देश मंडळाचा होता. मंडळाचे सभासद कॉलेजातील वरच्या वर्गातील विद्यार्थी असत. मंडळाच्या सभा वेळोवेळीं निरनिराळया कॉलेजातून भरत असत. इटली, फरान्स आणि जर्मनी या देशात वास्तवशास्त्रात कशी प्रगती होत आहे, याची माहिती बॉईलने सभासदांना दिली. बॉईलच्या प्रोत्साहाने बरेच विद्यार्थी विज्ञान शास्त्राचा अभ्यास करू लागले. मंडळाच्या सभातून निबंधवाचन व प्रयोग होत असत. पुढे याच मंडळाचे रुपांतर "रॉयल सोसायटी ऑफ लंडन" मध्ये झाले. इंग्लण्डचा राजा दुसरा चार्लस बॉईलचा स्नेही होता. या राजाच्या आश्रयाने व आर्थिक मदतीने बॉईलने रॉयल सोसायटी ऑफ लंडन ही संस्था स्थापन केली (इ. स. १६६०). या सोसायटीचा बरीच वर्षे रॉबर्ट बॉईल अध्यक्ष होता.

इ. स. १६५७ साली गेरिकेच्या वाताकर्षक पंपाची व त्याने केलेल्या वाट्यांच्या प्रयोगाची माहिती बॉईलच्या वाचनात आली. ही हकीकत वाचल्यापासून वाताकर्षक पंप साध्य करण्याची इच्छा बॉईल यास झाली. बऱ्याच प्रयत्नाने त्याला वाताकर्षक पंप तयार करता आला. पंप करण्याच्या कार्यात त्याचा स्नेही रॉबर्ट हूक याची त्यास मदत झाली. हा पंप बॉईलचे यंत्र म्हणून प्रसिध्द आहे. हे यंत्र बनवण्यास बॉईलला पूरी दोन वर्षे लागली. इ. स. १६५९ साली पंप तयार झाला. पंप तयार करण्यापूर्वी त्याला टॉरिचेलीचा वायूभारमापक बनवावा लागला. साधा वायूभारमापक तयार करण्यात त्या काळी किती अडचणी असत याची कल्पना करून पाहवी. प्रथम ३६ इंच लांबीची कांचेची नळी मिळवणे मुष्कीलीचे असे. यानतर शुध्द स्थितीत असलेला पारा मिळविणे कठीण. बॉईलच्या काळी यार्ड हे माप देखील निश्चित झाले नव्हते. तसेच भारमापक नसेल तर पंपाने हवा कमी होते हे समजणार तरी कसे! त्या काळी प्रयोगास लागणारी एकही वस्तू बाजारात मिळत नसे. या सर्व गोष्टींचा विचार करता शास्त्रज्ञांच्या चिकाटीचे कौतुक केल्याशिवाय राहवत नाही.

बॉईलचा सिध्दांत:-पंपाची सिध्दता होताच बॉईलने अनेक प्रयोग करून पाहिले. पंप चालू होताच भांडयांतील हवेचा दाब कसकसा कमी होतो ही गोष्ट टॉरिचेलीच्या

भारमापकाने पाहाता येत असे. तसेच ठराविक वजन असलेल्या वायूचा आकार कमीजास्त केल्यास त्याचा परिणाम त्याच्या दाबावर कसा होतो हे पाहाण्याचे त्याने ठरवले. ठराविक वजनाच्या वायूचा आकार जसजसा कमी करावा तसतसा त्याचा दाब वाढत जातो. याचा अर्थ असा की, वायूचा आकार व त्याचा दाब व्यस्त प्रमाणात आहेत. परंतु आकार कमी करतेवेळीं वायूचे तापमान प्रथमचेच असावयास हवे. हा सिध्दांत क्रमिक पाठ्य पुस्तकातून बॉईलचा सिध्दांत म्हणून ओळखला जातो.



याशिवाय वायूविषयी दोन सिध्दांत आहेत. त्या दोन सिध्दांतात तापमानाचा विचार करण्यांत आला आहे. हे दोन सिध्दांत योग्य ठिकाणी नमूद केले जातील.

या सिध्दांताशिवाय इतरही लहान सहान प्रयोग बॉईलने केले होते. ते विशेष महत्त्वाचे नसल्यामुळे त्यांचा केवळ नामनिर्देश आम्ही करणार आहोत.

ध्वनि–लहरींना हवेची जरूरी आहे हे बॉईलने सप्रयोग सिध्द केले. हा प्रयोग करण्याच्या कामी त्याला निर्वात–पंपाचा उपयोग करावा लागला. या प्रयोगामुळे ध्वनि–शास्त्राचा श्रीगणेशा झाला असे म्हणावे लागते.

द्रव पाण्याचे बर्फ होत असता त्याचा आकारमान वाढतो हे बॉईलने सिध्द करून दाखवले. एक घनफूट आकाराच्या द्रव पाण्याचा बर्फ बनवल्यास बर्फाचे आकारमान $१\frac{१}{११}$ घनफूट होते.

रॉबर्ट बॉईलचा अंत इ. स. १६९१ साली झाला. रॉबर्ट बॉईलच्या हातून विशेष संशोधन कार्य झाले नाही हे जरी खरे असले तरी त्याने शास्त्राच्या विकास होण्याच्या कार्यात बरीच कामगिरी केली. रॉयल सोसायटी ऑफ लंडन स्थापन केल्यामुळे शास्त्राच्या अभ्यासात एकसूत्रीपणा आला. अठराव्या व एकोणिसाव्या शतकात विज्ञानशास्त्रात इंग्रज शास्त्रज्ञांनी जी प्रगती केली तिचे बरेच श्रेय रॉयल सोसायटीस द्यावे लागेल.

प्रकरण नववें

सर आयझॅक न्यूटन

(इ. स. १६४२ ते इ. स. १७२७)

SIR ISAAC NEWTON

" I do not know what I may appear to the world, " Newton said just before he died, " but to myself I seem to have been like a boy playing on the sea-shore and diverting myself in now and then finding a smoother pebble or prettier shell than ordinary, while the great ocean of truth lay undiscovered before me."

मृत्यूपूर्वी सर आयझॅक न्यूटनने काढलेले स्वतःविषयी उद्गार:–" जग माझ्या कामगिरीचे मूल्य कसे करील हे मला सांगता येणार नाही. माझ्याविषयी मला एवढेच वाटते कीं विज्ञान सागराच्या किनारी विहार करणारा मी बालक असून नेहमीपेक्षा अधिक गुळगुळीत गारगोटी, अगर नेहमीपेक्षा अधिक सुंदर अशा शिंपल्याचा शोध करीत आहे; परंतु पुढे पसरलेल्या अथांग ज्ञान–सागराच्या तळाशी खरी रत्ने अज्ञातच आहेत याची मला पूर्ण जाणीव आहे."

आयझॅक न्यूटन.

"मूल जगणं कठीण! परंतु कर्तव्य म्हणून वैद्याकडे धाव ठोकावयास हवी!" हे उद्‌गार काळोखांतून रस्त्याने धावतच चालणाऱ्या दोन व्यक्तींपैकी एकीच्या तोंडून निघाले. यावर दुसरी व्यक्ती उत्तरली, "अग, आपण वैद्याला घेऊन येईतोपर्यंत तरी मूल जगो म्हणजे मिळवलं!"

या दोन्ही व्यक्ती एका खेडेगावी सुईणपणा करणाऱ्या स्त्रिया होत्या. मध्यरात्रीच्या काळोखातून त्या शेजारच्या गावी राहाणाऱ्या वैद्याला बोलावण्याकरता मार्ग आक्रमण करीत होत्या. या दोघींच्या बोलण्याचा विषय बाळंतीण व तिचे मूल हाच प्रामुख्याने होता. बाळंतीण त्याच खेड्यातील एका शेतकऱ्याची बायको होती. परंतु ती प्रसूत होण्यापूर्वीच तिच्या पतीने परलोकचा रस्ता सुधारला होता. या दारूण पतिवियोगामुळेच अपुऱ्या दिवसांची ती प्रसूत झाली. जन्मलेले मूल अवघे तीन पौंड वजनाचे होते. मूल जगण्याची बिलकूल आशा नव्हती. तसेच मुलाच्या आईची प्रकृतीपण फार बिकट होती. या दोघा जीवांना जगविण्यासाठीच दोघी सुईणींची धावपळ चालू होती. मुलाचे नशीब फारच बलवत्तर म्हणून ते वैद्य येण्यापूर्वी मेले नाही. वैद्यकीय उपायांनी मुलाने मिटत येत असलेले डोळे उघडले. एवढेच नव्हे तर पुढे त्याने ते चौऱ्याऐंशी वर्षे मिटले नाहीत. या दोन डोळ्यांनी विश्वाचे जितके सूक्ष्म निरीक्षण केले तितके सूक्ष्म निरीक्षण दुसऱ्या डोळ्यांनी कदाचित केले नसेल! हे छोटे अर्भक म्हणजेच प्रस्तुत कथाभागांतील मुख्य व्यक्ती **सर आयझॅक न्यूटन** होय.

वरील घटना इंग्लंडमधील लिंकन परगण्यातील वूलस्थॉर्प गावची होती. हे गाव अगदी चार घरांचे खेडे होते; यामुळे तेथे वैद्यकीय मदत मिळणे कठीण असे. तसेच सतराव्या शतकातील इंग्लंड हल्लीच्या इतका सुधारलेला देश नव्हता. जन्मलेले मूल जगणे म्हणजे मोठे नशीबच म्हणावे लागे.

सतरावे शतक म्हणजे इंग्लंडच्या इतिहासातील मोठा घडामोडीचा व धामधुमीचा कालखंड होता. या कालखंडात राज्यक्रांत्या, आपसांतील युद्ध, परकीयांच्या स्वाऱ्या व एका राजाला तर क्रांतीकारी लोकांनी दिलेली फांशी अशा अनेक घटना इंग्लंडमध्ये घडून येत होत्या. याच कालखंडात प्लेगच्या साथीने असंख्य लोक मृत्यू पावले. या सर्व घटनांची इतिहासात नोंद आहे; परंतु या इतिहासात सर आयझॅक न्यूटनचा जन्माचा नामनिर्देश नाही. विश्व नियमांचा शोध करणाऱ्या न्यूटनचा ज्या इतिहासात उल्लेख नाही त्यात न्यूटनला वाचवणाऱ्या वैद्याचा व सुईणींचा उल्लेख कसा मिळावा! इतिहासकाराच्या या प्रमादाचे समर्थन कसेही करण्यात येवो, तरी या दोन सुईणींच्या व वैद्याच्या कामगिरीचे मोल जगास देता येणे शक्य नाही.

आयझॅक न्यूटनचा जन्म इ. स. १६४२ च्या नाताळात म्हणजे डिसेंबरच्या शेवटच्या आठवड्यात झाला. आयझॅकच्या जन्माच्या अगोदर एकच महिना त्याचे वडील परलोकवासी झाले होते. या घटनेमुळे त्याच्या आईची म्हणजे हॅनाची मोठी दुःखद स्थिती झाली होती. हॅनाचे लग्न होऊन पुरे वर्षही झाले नव्हते, इतक्यातच तिच्या डोक्यावर

१५६३४

आकाशांतील कुऱ्हाड पडली व ती विधवा झाली. आयझॅकचे घराणे पिढीजात नांगर हाकणाऱ्या शेतकऱ्याचे होते. दिवसभर शेतावर काबाडकष्ट करणाऱ्या शेतकरी वर्गात आनुवंशिक बुद्धीमत्ता कोठून असणार! परंतु अशा शेतकरी घराण्यात न्यूटनसारखा बुद्धीमान पुरुष जन्मास यावा हे खरोखरीच आश्चर्य आहे!!

घरातील कर्ता पुरुष गेल्याने मागे राहिलेल्या हॅनाचे व तिच्या म्हाताऱ्या सासूचे फार हाल होऊ लागले. दोन वेळ भाकरी मिळणे अशक्य होऊ लागले. म्हातारी सासू मोलमजुरी करून चार पैसे मिळवी व कुटुंबाचे पोषण करी. आयझॅक लहान असेतो हॅनाला घराच्या बाहेर पडता येत नसे. याच हालअपेष्टात हॅनाची दोन तीन वर्षे गेली. या कालात आयझॅक मोठा झाला व स्वतंत्र रीतीने हिंडू फिरू लागला. आता हॅना मुलापासून सुटी झाली. दारिद्र्यामुळे व त्या काळच्या रीतीरिवाजाप्रमाणे हॅना दुसरे लग्न करण्यास तयार झाली आणि तिचे लग्नपण झाले.

रेव्हरण्ड बर्नाबॉस हे हॅनाचे द्वितीय यजमान होत. हे गृहस्थ धर्मोपदेशक होते. त्यांची सांपत्तिक स्थिती थोडी समाधानकारक होती. शिवाय त्याना गावात मानाचे स्थान असे. हॅना सुखाच्या मोठ्या आशेने त्यांच्याकडे राहाण्यास गेली, परंतु हॅनाच्या वाट्यास थोडी निराशाच आली. रे. बर्नाबॉस मध्यमवर्गीय असल्यामुळे पूर्व संबंधांच्या आयझॅकला सांभाळण्याचे त्यानी नाकारले. आईची व आयझॅकची अशा तऱ्हेने ताटातूट झाली. आता आयझॅकला म्हाताऱ्या आजीशिवाय दुसरा आश्रय राहिला नाही. मुलास म्हाताऱ्या सासूकडे ठेवून हॅना रे. बर्नाबॉस यांच्याकडे राहाण्यास गेली. अशा तऱ्हेची गृहस्थिती आयझॅकच्या चौदाव्या वर्षापर्यंत टिकून होती. लहानपणी आयझॅकला मातृप्रेमाचा लाभ झाला नाही.

हॅनाचे द्वितीय यजमान फार वर्षे जगले नाहीत. इ. स. १६५६ साली रे. बर्नाबॉस ख्रिस्तवासी झाले, व हॅना पुन्हा एकदा विधवा झाली. या बारा वर्षाच्या काळात हॅनास तीन अपत्ये झाली. नवऱ्याच्या मृत्यूनंतर पुढे काय? हा प्रश्न हॅनास पडला. रे. बर्नाबॉस याना जवळचे असे कोणीच नातेवाईक नव्हते. स्वतंत्रपणे राहावे तर संग्रही पैसा नव्हता. आता हॅनास आश्रयच उरला नाही. उपासमारीस तोंड देत तिने काही दिवस काढले. हॅनाच्या ह्या केविलवाण्या परिस्थितीची बातमी आयझॅकच्या आजीच्या कानावर गेली. म्हातारीने मनुष्य पाठवून हॅनास परत घरी बोलावून घेतले. हॅना पुन्हा पूर्वगृही म्हणजे न्यूटनच्या घरी राहाण्यास आली. येताना तिने आपल्या तीन मुलांनाही बरोबर आणले.

रे. बर्नाबॉस स्मिथ याचे घरून हॅना परत आली तेव्हा आयझॅक फक्त चौदा वर्षाचा होता. तोच आता घरातील कर्ता पुरुष होता. वूलस्थॉर्प अगदी लहान खेडे असल्यामुळे तेथे शाळाच नव्हती. थोड्याच अंतरावर स्किलिंगटन नांवाचे थोडे मोठे खेडे होते. तेथे मात्र एक लहानशी दोन वर्गाची शाळा होती. या शाळेत सेवानिवृत्त लष्करी शिपाई शिक्षकाचे काम करी. या शिक्षकाचा लहान मुलांवर फार दरारा असे व मुले दंगाधोपा न

करता आपला अभ्यास करीत. या छोट्या शाळेतील अभ्यासक्रम आयझॅकने थोड्याच दिवसांत संपवला. आता त्याला मोठ्या प्राथमिक शाळेत जाणे भाग पडले. मोठी प्राथमिक शाळा स्टोक या गावी होती. या शाळेतील अभ्यासक्रम आयझॅकने थोड्याच काळात संपवला. अशा तऱ्हेने एकामागून एक अशा दोन शाळात शिकून आयझॅकने प्राथमिक शिक्षण पुरे केले. आता दुय्यम शिक्षणाची सोय जवळपासच्या गावी नव्हती. दुय्यम शाळा वूल्सथॉर्प गावापासून दूरच्या अशा ग्रँथम गावी होती. शिक्षणाकरता आयझॅकला ग्रँथम गावीच राहाणे भाग पडले. ग्रँथम गावी क्लार्क नावाच्या एका वैद्याकडे आयझॅकची राहाण्याची सोय झाली. वैद्य क्लार्कची सांपत्तिक स्थिती गरिबीचीच होती. आणि अशाही स्थितीत त्याने एका गरीब शेतकऱ्याच्या विद्यार्थ्यास आश्रय दिला. या एकाच सत्कार्यामुळे आयझॅक न्यूटनच्या नावाबरोबर क्लार्कचे नावदेखील इतिहासाच्या पानावर अमर झाले.

आयझॅक हा एका शेतकऱ्याचा मुलगा. त्याची लहानपणाची कितीशी माहिती उपलब्ध असणार. परंतु त्याच्या बालपणाचे काल्पनिक चित्र रेखाटणे फारसे कठीण नाही. गरीबीने व शरीरप्रकृतीने आयझॅक दुबळा होता. त्यातून तो जन्मापासून बापाविना आणि वयाच्या तिसऱ्या वर्षापासून आईविना पोरका होता. मुलाची निकोप वाढ होण्यास अन्नपाण्याइतकीच प्रेमळ माणसाची जरूरी असते. आईबापाच्या प्रेमाला पारखी झालेली मुले सूर्यप्रकाशाविना खुरटलेल्या रोपट्यासारखी दिसतात. अशा मुलांचे चेहेरे नेहमी कष्टी व दुर्मुखलेले दिसतात. आपला कैवारी कोणी नाही ही जाणीव सतत असल्यामुळे अशा तऱ्हेची मुले सहसा दंगाधोपा करीत नाहीत. अशा मुलापासून शाळेतील वर्ग-शिक्षकाला यत्किंचित् त्रास होत नाही. आयझॅक देखील याच तऱ्हेचा मुलगा होता. अंगात रग नसल्याने तो बरोबरीच्या मुलात कधी खेळण्यासवरण्यास जात नसे. वेळ जाण्यासाठी तो स्वतःशीच विचार करीत बसे. अशा स्वभावाच्या व्यक्तींना मानस-शास्त्रात आंतर-मुख व्यक्ती म्हणतात. आयझॅक असाच एक आंतर-मुख विद्यार्थी होता. या एकाच गोष्टीमुळे आयझॅकला मन एकाग्र करण्याची सवय लागली. न्यूटनचे चरित्र लेखक याच सवयीला प्राधान्य देऊन मोठेपणी त्याने लावलेल्या शोधांची कारणमिमांसा करतात. नाहीपेक्षा पिढ्यान्‌पिढ्या नांगर हाकणाऱ्या शेतकऱ्याच्या घराण्यात आयझॅकसारखा कुशाग्रबुद्धी मुलगा जन्मास येतो हे पाहून उत्क्रांती शास्त्राच्या मूलभूत सिद्धांताविषयी शंका येऊ लागते.

यांत्रिक खेळणी करणे व पुस्तके वाचणे हे दोनच व्यवसाय छोट्या आयझॅकचे असत. एके दिवशी रात्री लिंकनशायरच्या शेतकऱ्यांना आकाशात फार उंचावर लुकलुकणारा प्रकाश दिसू लागला. आजूबाजूच्या खेड्यातील लोक उघड्यावर येऊन हा प्रकाश पाहात बसले. हा प्रकाश धूमकेतूचा समजून प्रत्येकजण चिंतातूर झाला. त्यांना वाटू लागले की आता भयंकर अनर्थ ओढवणार. धूमकेतूची बातमी थोड्याच वेळात सर्वत्र पसरली. त्यांच्यात एक शहाणा निघाला व तो म्हणू लागला "अरे, हा तर कंदील आहे!" खरोखरच प्रकाश

धूमकेतूचा नसून कंदीलाचाच होता. आयझॅकने त्या रात्री वावडीच्या शेपटीला कागदाचा कंदील बांधून वर सोडला होता. अशा तऱ्हेचे नवीन नवीन चाळे रोज आयझॅक करीत असे.

ग्रॅन्थमच्या शाळेत पहिले काही महिने आयझॅक एक निर्बुद्ध व मेषपात्र मुलगा म्हणून ओळखला जात असे. परंतु एका क्षुल्लक प्रसंगामुळे आयझॅकची सुप्त शक्ती व आत्मविश्वास जागृत झाला. आयझॅकच्या वर्गात तीनचार टारगट व दांडगी मुले होती. आयझॅक गरीब दुबळा असल्यामुळे ही टारगट मुले त्याला नेहमी सतावीत असत. आयझॅकला त्रास देण्यातच त्यांना मजा वाटत असे. आयझॅकने हा त्रास बरेच दिवस सहन केला. परंतु एक दिवस या मुलांनी त्रास देण्याचा अगदी अतिरेक केला. आयझॅक भयंकर चिडला व संतापला. संतापाच्या भरात त्याने एका दांडग्या मुलास पकडले व क्षणातच त्याला जमिनीवर लोळवले. इतर मुलांनी प्रसंग ओळखून त्या दोघास दूर केले. आयझॅक संतापाने थरथरत होता. हे पाहून इतर मुले चकीत झाली व त्यांनी धडा घेतला. त्या दिवसापासून मुले आयझॅकच्या वाटेस जाईनाशी झाली. या घटनेमुळे आयझॅकचा आत्मविश्वास जागृत झाला. या एकाच प्रसंगाने त्याच्या अभ्यासास व त्याचबरोबरच त्याच्या आयुष्यास चांगले वळण लागले. अशा काही विचित्र प्रसंगाने "रामा शागिर्दाचा रामशास्त्री होतो" हे मात्र खरे.

वरील प्रसंगानंतर आयझॅकच्या मनात दांडगा आत्मविश्वास उत्पन्न झाला. त्याच्यातील न्यूनगंड कायमचा नष्ट झाला. अभ्यासात देखील आपली सरशी झाली पाहिजे असे त्यास वाटू लागले. या उत्कट भावनेमुळे अभ्यासात आयझॅकची भराभर प्रगती होऊ लागली व त्याने वर्गात पहिला नंबर पटकावला. पण एक गोष्ट खरी की आयझॅकची ही लढाऊ वृत्ति पुढे कधीच चमकली नाही. न्यूटनच्या दीर्घ आयुष्यात इंग्लंड देशात कितीतरी राजकीय आंदोलने व लढाया झाल्या परंतु आयझॅकने कधीहि हाती शस्त्र धारण केले नाही.

शाळेतील हा प्रगतीचा काळ असाच पुढे टिकला नाही. आयझॅकच्या नशिबाने पुन्हा एकदा पलटी घेतली व त्याला शिक्षण सोडावे लागले. ग्रॅन्थम सोडून आयझॅकला परत वूल्सथॉर्प गावी जाण्याचा प्रसंग आला. ही सर्व घटना केवळ घरच्या गरीबीमुळे झाली.

आयझॅकला नुकतेच पंधरावे वर्ष लागले होते आणि याच सुमारास त्याची आई विधवा होऊन तीन मुलांसह वूल्सथॉर्प गावी राहाण्यास आली. न्यूटन कुटुंबाचे वार्षिक उत्पन्न २००-२५० रुपयांचे होते. या उत्पन्नातून सात माणसांची गुजराण होणे मोठे दुर्घटच होते. आयझॅकची आजी आता वृद्ध झाली होती. तिच्या हातून काहीही कामधाम होत नसे. या सर्व गोष्टीमुळे हॅनाला एकटीला दारिद्र्याशी झगडण्याचा प्रसंग येऊन पडला. घरात तीन लहान मुले असल्यामुळे तिला शेतावर जाऊन कष्टाची कामे करणे जमेना. अगदी दुसरा मार्गच नसल्यामुळे तिने आयझॅकला ग्रॅन्थमहून परत घरी बोलावले. अशा घटनेमुळे आयझॅकच्या शिक्षणांत व्यत्यय आला. दारिद्र्य राक्षसानें आपली तात अखेर

आयझॅकच्या गळ्याभोवतीं टाकली. हा दारिद्र्य दोष म्हणजे सर्व दोषांचा सुलतानच होय. या पराक्रमी व निर्घृण सुलतानाने आजपर्यंत कितीतरी गुणी माणसांचे बळी घेतले असतील हे एका परमेश्वरालाच माहीत. हाच दारिद्र्य सुलतान आता आयझॅकच्या गुणांची व बुद्धीची राखरांगोळी करण्यास उद्युक्त झाला होता.

पंधरा वर्षांचा छोटा आयझॅक वूल्सथॉर्पला परत आला. आता त्याची आई त्यास शेतकरी बनवणार होती. रोज त्याची आई त्यास शेतावर घेऊन जाई व त्याच्याकडून शेतीची लहान मोठी कामे करून घेई. आयझॅकची शरीरयष्टी अगदीच दुबळी असल्यामुळे तो लौकर थके. त्याचेकडून अंगमेहनतीची कामे चांगली होईनात. काम करण्याऐवजी तो झाडाखाली नुसता बसून राही. कष्टमय जीवनाचा त्याला कंटाळा येई. शालेय जीवनाची आठवण होऊन तो खिन्न होई. काही केल्या अभ्यासाचे वेड त्याच्या डोक्यातून निघेना. आता या कष्टमय जीवनातून कशी सुटका होणार हा एकच प्रश्न त्याच्यापुढे होता.

हॅना एक अशिक्षित स्त्री होती. तिला आयझॅकच्या मनःस्थितीची जाणीव कशी होणार. आयझॅकची होत असलेली कुचंबणा तिच्या लक्षात येईना. आयझॅकची पुस्तके व वह्या तिने एकत्र गुंडाळून अडगळीच्या खोलीत फेकून दिली. अशा तऱ्हेने तिने अभ्यासाची व आयझॅकची ताटातूट करण्याचा प्रयत्न केला. परंतु पुस्तके जाळून अगर फाडून ज्ञानलालसेची चटक नाहीशी करता येत नाही. त्या दिवसापासून आयझॅक फारच खिन्न व उदासवाणा दिसू लागला. आज्ञाधारकपणा व अगतिक परिस्थिती या दोहोंतून त्यास काहीच मार्ग काढता येईना. पंधरा वर्षांचा पोर आईविरुद्ध गाऱ्हाणे कोणाकडे नेणार! तसे पाहिले तरी या परिस्थितीचा दोष हॅनाकडे तरी कसा द्यावा. आपल्या समाजात आयझॅकसारखी परिस्थिती असणारी कितीतरी मुले व मुली असतील.

वूल्सथॉर्प गाव हे एक खेडे होते. या खेड्यात बाजारपेठ नसे. वूल्सथॉर्पच्या शेतकऱ्यांना भाजीपाला व धान्य विकण्याकरता ग्रॅन्थॅमच्या बाजारपेठेत जावे लागे. इतर शेतकऱ्याबरोबर आयझॅकलादेखील आठवड्यांतून एक दिवस ग्रॅन्थॅमला जावे लागे. ओझे वाहाण्याकरता त्याच्याबरोबर नोकर असे. ग्रॅन्थॅमला जाणे आयझॅकला मनापासून आवडे. कारण याच दिवशी त्याला स्वतंत्रपणे वागता येई.

ग्रॅन्थॅमला गेल्यावर आयझॅक बाजारपेठेच्या बाजूसदेखील फिरकत नसे. बाजारातील खरेदी–विक्री नोकरच करी. तसेच तो शाळेच्या बाजूसही जाण्याचे टाळीत असे. यास कारण उघडच आहे. ज्या कार्यक्षेत्रातून त्याला नाखुषीने बाहेर पडावे लागले त्याच्या केवळ स्मरणाने त्याच्या मनास यातना होत. ग्रॅन्थॅम गावी येताच आयझॅक वैद्यबोवांच्या घराचा रस्ता धरी; आणि संध्याकाळपावेतो तेथील वाचनालयातील पुस्तके वाची. अनेकवेळा आयझॅक रस्त्याच्या बाजूच्या झाडाखाली आडवा होई व एखादे प्रमेय सोडवण्याचा प्रयत्न करी. आयझॅकच्या अशा वागणुकीमुळे शेतीच्या धंद्यात खोट येऊ लागली. हे पाहून हॅनास पुन्हा विचार पडला.

मुलाची कामातील बेपर्वाई पाहून हॅनास दुःख होई; व ती आयझॅकवर संतापे. आयझॅक तरी काय करणार? अभ्यासाच्या वेडामुळे त्यास दुसरे काही सुचत नसे. हॅनाचा एक भाऊ धर्मोपदेशक होता. या भावाचा विचार घ्यावा या हेतूने हॅनाने त्यास घरी बोलाविले. मुलाविषयी आपली तक्रार हॅनाने भावापुढे मांडली. हॅनाचा भाऊ धर्मोपदेशक असल्यामुळे त्याला मुलांची चांगली पारख होती. आपल्या भाच्याचे सूक्ष्म-निरीक्षण करण्याकरता तो बहिणीकडे चार दिवस राहिला. आयझॅक शेतावर गेला असता त्याने आयझॅकच्या पुस्तकांची व त्याने लिहीलेल्या टिपणांची सूक्ष्म पाहाणी केली. वूल्सथॉर्पहून परत जातेवेळी त्याने बहिणीस एवढाच सल्ला दिला. **"चार दिवस गरीबी सहन कर, परमेश्वर तुला उपाशी ठेवणार नाही. पण या जीवाची अशी कुचंबणा करू नको."** या सांगण्याचा योग्य तो उपयोग झाला आणि दुसऱ्या दिवसापासून आयझॅक पुन्हा शाळेत जाऊ लागला.

न्यूटनच्या काळी माध्यमिक शाळांतून कोणते विषय शिकवले जात असतील याचा विचार करण्यासारखा आहे. सतराव्या शतकाअखेर पावेतो विज्ञानाची व गणित शास्त्राची बाल्यावस्थाच होती. शिवाय विज्ञानावर तत्कालीन धर्ममार्तंडाची मोठी करडी नजर होती. यामुळे शाळेत विज्ञान विषय शिकवला जात नसे. विज्ञान शास्त्र म्हणजे नास्तिकपणाचा एक भागच आहे असा अनेक मंडळींचा समज होता गॅलिलीओ, टॉरिचेली वगैरे शास्त्रज्ञांचे काय हाल झाले हे सर्वांना ठाऊक होतेच. हल्लींच्या मुलांना ज्याप्रमाणे मातृभाषेचा अभ्यास करावा लागतो त्या प्रमाणे न्यूटनचा काळी नसे. इंग्लंडची मातृभाषा म्हणजे इंग्रजी ती सुद्धा न्यूटनच्या काळी बाल्यावस्थेत होती. इंग्रजी भाषेत क्वचितच ग्रंथ लिहीले जात असत. इंग्रजी वाङ्मयातील नाटके व कादंबऱ्या न्यूटनच्या कालानंतर प्रसिद्ध होऊ लागली. सतराव्या शतकातील शाळा-कॉलेजातील अभ्यासाचे मुख्य विषय ग्रीक व लॅटीन हे होत. शिवाय युक्लीडची भूमिती व अंकगणितातील कठीण उदाहरणेही असत. गणितातील उदाहरण म्हणजे बुद्धीची अव्यवहार्य कसरत असे. इतिहास या विषयास फारसे महत्व नसे. न्युटनच्या कालखंडात इंग्लंडच्या इतिहासातील महत्वाच्या घटना घडून येत होत्या. याच कालखंडात राज्याच्या हाती असलेली सत्ता लोकसभेच्या हाती गेली. या सत्तांतराची जाणीव शाळा–कॉलेजातील विद्यार्थ्यांना किती होती हे सांगणे कठीण आहे. असो.

माध्यमिक शाळेतील अभ्यासक्रम संपवून आयझॅक न्युटन इ. स. १६६१ च्या जून महिन्यांत केंब्रीज येथील ट्रिनिटी कॉलेजात दाखल झाला. या वेळी आयझॅक एकोणीस वर्षाचा होता. आयझॅकला विश्वविद्यालयांत प्रवेश मिळण्यास फारच त्रास पडला. एका शेतकऱ्याचा पोर प्रथमतः विश्वविद्यालयीन शिक्षण घेण्यास तयार झाला. पूर्वी समाजातील दलीत वर्गातील विद्यार्थ्यांना विश्वविद्यालयात प्रवेश मिळत नसे. आयझॅकचे नशीब थोर म्हणून त्याला ट्रिनिटी कॉलेजात प्रवेश मिळाला.

प्रकरण दहावे

कॉलेजातील वातावरण श्रीमंती थाटाचे असे. अशा थाटाच्या वातावरणात वावरणे गरीब आयझॅकला मानहानीचे वाटू लागले. श्रीमंत पालकांची व सरदार जहागीरदारांची मुले त्याकाळी कालेजात असत. गरीबांची मुले श्रीमंतांच्या मुलात समरस होऊ शकत नसत. या शिवाय वसतिगृहाचा खर्चही फार येत असे. गरीब विद्यार्थी हा खर्च कोठून करणार. ही अडचण दूर करण्यासाठी वसतिगृहात एक विचित्र पद्धत असे. गरीब मुलांना श्रीमंत मुलांचे शागीर्द म्हणून राहावे लागे. शागीर्द विद्यार्थ्यास श्रीमंत मुलाची चाकरी करावी लागे; आणि चाकरीच्या मोबदल्यात गरीब विद्यार्थ्यांस जेवणाचा खर्च माफ होई. अशाच तऱ्हेचा एक शागीर्द विद्यार्थी म्हणून आयझॅकला वसतिगृहात राहावे लागे.

तत्कालीन विश्वविद्यालयीन अभ्यासक्रम म्हणजे माध्यमिक अभ्यासक्रमाची वाढवलेली आवृत्तीच असे. विद्यालयातून बाहेर पडणारे बहुतेक विद्यार्थी ग्रीक व लॅटीन भाषांचे विशारद असत. त्याकाळी शिक्षणाची उपयुक्तता गौण समजली जात असे. श्रीमंत लोकाना फुरसतीचा वेळ आनंदाने व्यतीत करता यावा हाच शिक्षणाचा प्रधान हेतू होता. याच कारणामुळे फारच थोडे विद्यार्थी गणित शास्त्राचा अभ्यास करीत. गणित शास्त्र अत्यंत मर्यादित असे. गणित विषयाचा जनकच जर आयझॅक न्यूटन आहे तर न्युटनच्या काळी गणित विषय कितीसा असणार. गणित विषयाची प्रगती न्युटनच्या हातून किती झाली याची साक्ष तत्कालीन जर्मन गणितज्ञ लिब्निट्झ याच्या उद्गारावरून समजून येईल.

"Taking Mathematics from the beginning of the world to the time Newton lived, what had been done was much the better half".

"जगाच्या निर्मितीपासून तो थेट न्युटनच्या कालापर्यंत गणित शास्त्रातील प्रगतीचा विचार केला तर अर्ध्याहून अधिक प्रगति न्युटनने केली असे म्हणावे लागेल."

न्युटनच्या काळात सर्व युरोपातील देशात गणित शास्त्रात फारच झपाट्याने प्रगती होत होती. या प्रगतीच्या आघाडीवर जर्मन व फ्रेंच शास्त्रज्ञ अधिक होते. संख्येच्या दृष्टीने फारच थोडे गणिती इंग्लंड देशात होते. याच अल्पसंख्येत न्युटन हा एक होता.

न्युटन कॉलेजात शिकत असताना डॉ. आयझॅक बरो या नांवाचे गणित विषयाचे प्राध्यापक होते. डॉ. बरो हे पहिल्या श्रेणीतील शिक्षक होते. ते आपला विषय तल्लीनतेने शिकवीत. यांच्याचमुळे न्युटनला गणित विषयाची गोडी लागली. थोड्याच कालात न्युटनने तत्कालीन गणितशास्त्र शिकून घेतले. न्युटनची ही प्रगती पाहून डॉ. बरो थक्क झाले. या गोष्टीचा उपयोग न्युटनला कॉलेजचा अभ्यास पूर्ण झाल्यानंतर झाला. कॉलेजात प्रवेश मिळाल्यापासून चारच वर्षात न्यूटन केंब्रीज विश्वविद्यालयाचा पदवीधर झाला. (इ. स. १६६४). पदवीधर झाल्यानंतर काही वर्षे आयझॅक न्युटन कॉलेजात फेलो म्हणून काम करीत असे. याच सुमारास डॉ. बरो सेवानिवृत्त झाले. आपल्या पश्चात प्राध्यापकाची जागा न्युटनला द्यावी अशी शिफारस डॉ. बरो यानी केली होती.

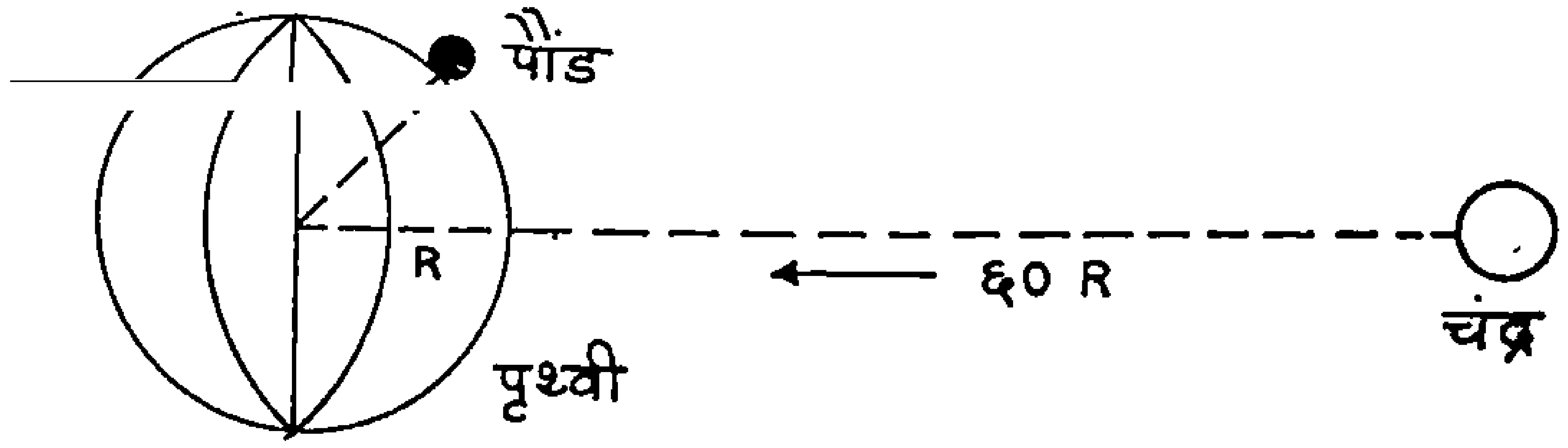
इ. स. १६६५ च्या हिवाळ्यांत सर्व इंग्लंड देशात प्लेगची साथ पसरली. ही साथ फारच भयंकर होती. या साथींत सत्तर हजारापेक्षा अधिक लोक मृत्युमुखी पडले. इतिहासांत या साथीस धी ग्रेट प्लेग असे नाव देण्यात आले आहे. ही साथ अठरा महिने टिकून होती. या साथीमुळे इंग्लंडमधील सर्व शिक्षण संस्था काही महिने बंद होत्या. प्लेगमुळे केंब्रीज येथील कॉलेजांना देखील काही महिने सुट्टी द्यावी लागली. विश्वविद्यालयातील वसतिगृहे रिकामी पडली. सर्व विद्यार्थी आपापल्या गांवी गेले. ही अचानक व दीर्घ काळ मिळालेली सुटी न्युटनला फायद्याची झाली. न्यूटनने लावलेल्या दोन मोठ्या शोधांचा उगम या प्लेगच्या सुट्टीत झाला. न्युटनचे हे दोन शोध म्हणजे (१) गुरुत्वाकर्षण सिद्धांत (२) सूर्याच्या धवळ किरणांचे पृथक्करण.

महान शास्त्रज्ञ गॅलिलीओ याचे देहावसान (इ. स. १६४२) होऊन फारच थोडी वर्षे लोटली होती. व त्याचे शोध अगदीं ताजे होते. रजेच्या काळांत गॅलिलीओच्या शोधा-विषयी विचार करण्यास न्युटनला भरपूर वेळ मिळाला. कोपरनिकस, केपलर, गॅलिलीओ या त्रयींनी बसवलेल्या सूर्यकेंद्र सिद्धांतावर न्यूटनने गूढ विचार केला. या विचारांती काही नवीनच समस्या न्यूटनच्या पुढे उभ्या राहिल्या. या समस्या कशा सोडवाव्यास याविषयी न्यूटन सारखा विचार करू लागला. या प्रश्नांची समर्पक उत्तरे देण्यासाठीच न्युटनला गुरुत्वाकर्षण सिद्धांतची मांडणी करणे भाग पडले. (गुरुत्वाकर्षण सिद्धांताविषयी सविस्तर माहिती एका स्वतंत्र प्रकरणात दिली आहे.)

गुरुत्वाकर्षण सिद्धांत :– कोणत्याही दोन वस्तू–खंडात परस्परात ओढा अथवा आकर्षण असते. हे आकर्षण खंडातील वस्तूमानाच्या गुणाकाराशी समप्रमाणात, तसेच ते वस्तू–खंडातील अंतराच्या वर्गाशी व्यस्त प्रमाणात असते.

$$\text{आकर्षण} \propto \frac{\text{म}_1 \times \text{म}_2}{(\text{अंतर})^{२}}$$

सिद्धांताची मांडणी अगदी सोपी आहे; परंतु प्रयोगाने त्याची सत्यता पटवणे तितकेच कठीण आहे. प्रयोगाशिवाय सिद्धांताची सत्यता पटवण्यास दुसरा एक मार्ग आहे आणि तो म्हणजे पडताळा पाहाणे. चंद्राचे पृथ्वीभोवती होत असलेले भ्रमण हे उदाहरण पडताळा पाहाण्यासाठी न्यूटनने घेतले.



पृथ्वीचा केंद्रबिंदू व चंद्राचा केंद्रबिंदू या दोहोत ६० R (R = पृथ्वीची त्रिज्या) अंतर आहे. पृथ्वीचे आकर्षण तिच्या पृष्ठभागावरील (म्हणजे मध्यबिंदूपासून R अंतरावर) १ पौंड वस्तु खडात ३२ फूट / से^{2} प्रवेग निर्माण करू शकते तर ६० R अंतरावर किती प्रवेग निर्माण करू शकेल !

$$\text{चंद्रावर येणारा प्रवेग} = \frac{३२ \times R^2}{(६० R)^2} = ०.००८८ \text{ फूट / से.}^2$$

वरील उत्तर न्यूटनच्या सिद्धांतान्वये येते.

आता गोफण सिद्धांतान्वये (Centrifugal force.) उत्तर किती येते हे पाहाण्याचे न्यूटनने ठरवले.

$$\text{चंद्रावर येणारा प्रवेग} = \frac{(\text{चंद्रगति})^{२}}{\text{अंतर}} \qquad \left[acc = \frac{V^2}{R} \right]$$

न्यूटनच्या पूर्वी गुंटूर या फ्रेंच गणितज्ञाने पृथ्वीची त्रिज्या ३४३६ मैल ठरवली होती. हीच R ची किंमत धरून न्यूटनने आकडेमोडी केली, परंतु उत्तर ०.००७५८ फूट / से.^{२} असे येऊ लागले.

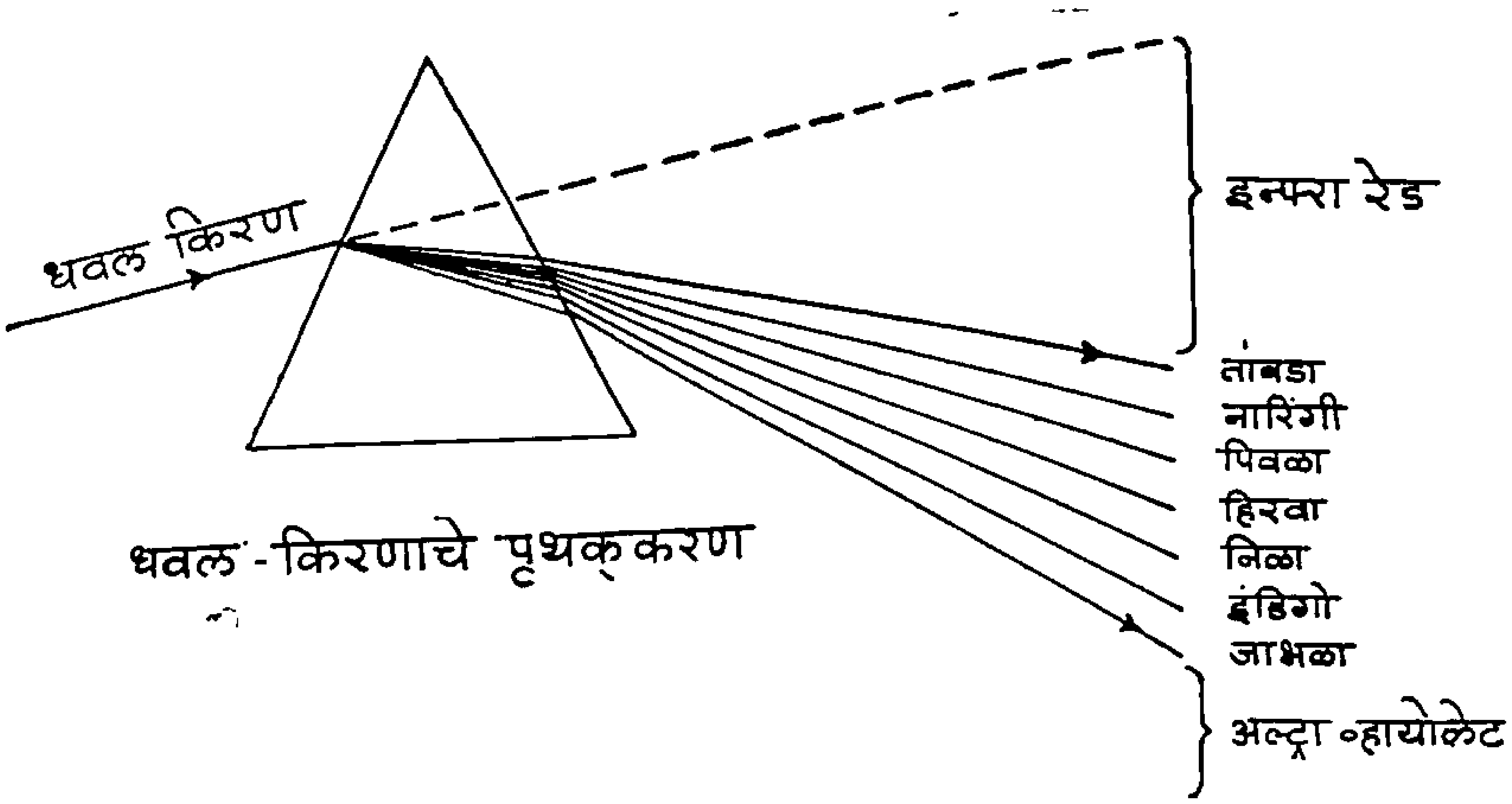
दोहोबाजूनी येणाऱ्या उत्तरात तफावत असल्यामुळे न्यूटनचा फार विरस झाला. त्याने आपले आकडेमोडीचे कागद गुंडाळून पेटीत दडपले. पुढे सहा सातवर्षांनी म्हणजे इ. स. १६७२ मध्ये पिकार्ड नांवाचा एक फ्रेंच गणितज्ञ रॉयल सोसायटीत व्याख्यान देण्यास आला होता. व्याख्यानाचा विषय पृथ्वीची त्रिज्या अचूक कशी काढावी हाच होता. पिकार्डच्या पद्धतीने पृथ्वीची त्रिज्या ३९६३ मैल असल्याचे सिद्ध झाले.

घरी जाताच न्युटनने पेटीतून आकडेमोडीचे जुने कागद बाहेर काढले. R ची किंमत ३९६३ मैल धरून पुन्हां आकडेमोडी केली. हे करण्यास त्याला बराच वेळ लागला. R ची किंमत ३९६३ मैल धरून उत्तर बरोबर ०.००८ फूट /से^{2} येऊ लागले. आता गुरुत्वाषर्ण सिद्धांत खरा असल्याची न्युटनची खात्री झाली. परंतु या विषयी त्याने कोठेही वाच्यता केली नाही. या घटनेनंतर सुमारे बारा वर्षानंतर म्हणजे इ. स. १८६४ साली हेले नावाचा न्युटनचा जवळचा स्नेही त्याच्याकडे राहाण्यास आला. गप्पांच्या ओघात ग्रहगोलांच्या भ्रमणाविषयी प्रश्न निघाला. हेलेच्या समाधानासाठी न्युटनने आपले आकडेमोडीचे कागद पुढे केले. ते कागद वाचून हेलची खात्री झाली. नंतर हेलेच्या आग्रहामुळे न्युटनने गुरुत्वाकर्पण सिद्धांत प्रसिध्दी करता दिला.

प्लेगाच्या साथीमुळे मिळालेल्या सुट्टीतील आयझॅकची दुसरी कामगिरी म्हणजे प्रकाश किरणांचा अभ्यास ही होय. शाळेत असल्यापासून आयझॅकला अंतराळातील ग्रह व नक्षत्रे यांच्याकडे पाहात राहाण्याचा नाद असे. असे करण्यात त्याला मौज वाटे. पुढे तो कॉलेजात गेल्यावर त्याचा हा नाद जास्तच वाढला. नक्षत्रे व ग्रह पाहाण्यासाठी त्याने एक दुर्बिणपण मिळवली होती. परंतु लौकरच ती दुर्बिण त्याला आवडेनाशी झाली. गॅलिलीओच्या दुर्बिणी सारखीच आयझॅकची दुर्बिण होती. या दुर्बिणीतून पाहिले असता प्रतिबिंब अस्पष्ट व रंगी-बेरंगी दिसे. दुर्बिण करतेवेळी कारागिराने काही चूक केली असेल म्हणून हे दोष निर्माण होतात असे आयझॅकला वाटले. म्हणून त्याने स्वतः काचेची बहिर्वक्र भिंगे घासून नवीन दुर्बिण बनवली. परंतु या नवीन दुर्बिणीत देखील रंगीय दोष (Chromatic aberration) आलेच. असे का होत असावे असा आयझॅकला प्रश्न पडला. या प्रश्नांची उत्तरे आयझॅकला सहजासहजी मिळाली.

अंधाऱ्या खोलीत झरोक्यातून एखादे सूर्यकिरण येत असेल तर ते दृश्य मोठे मोहक दिसते. प्रकाश किरणात असंख्य रजःकणांचे नृत्य पाहून मोठी मौज वाटते. आयझॅकने अशा प्रकारच्या किरणांचे अनेक वेळा निरीक्षण केले होते. एके दिवशी आयझॅकने एका बारीकशा किरणात झुंबराचा लोलक (Prism त्रिपार्श्व) धरला. किरणमार्गात त्रिपार्श्व धरताच त्यातून निरनिराळी रंगीत किरणे बाहेर पडली. रंगीत प्रकाश किरणे पाहून त्यास मौज वाटली. थोड्याच अनुभवानंतर मौजेचे पर्यवसान जिज्ञासेत झाले.

एका किरणाची अनेक किरणे कशी होतात व ती रंगीत कां असतात याची मिमांसा करणे त्याला जरूरीचे वाटू लागले. सूक्ष्म अवलोकनांनी असे दिसून येते की त्रिपार्श्वातून बाहेर पडणारी रंगीत किरणे मूळ दिशेशी निरनिराळे कोन करून बाहेर पडतात.



धवल-किरणाचे पृथक्करण

या कोनांना परिवर्तन–कोन (Angle of deviation) असे म्हणतात. तांबड्या रंगाचा किरण सर्वांपेक्षा कमी वक्र होतो आणि जांभळ्या रंगाचा किरण जास्त वक्र होतो. तांबडा किरण व जांभळा किरण यांच्या दरम्यान आणखी पांच रंगाची किरणे आहेत. या रंगपटलास स्पेक्ट्रम म्हणतात. स्पेक्ट्रममध्ये दिसणारी सात किरणे :– १) तांबडा, २) नारंगी ३) पिवळा. ४) हिरवा, ५) निळा, ६) इंडिगो आणि ७) जांभळा,

धवल प्रकाश–किरणातून एवढे रंग निर्माण होतात हे पाहून आयझॅकने असा तर्क बांधला कीं ही सात किरणे सूर्याच्या शुभ्र प्रकाश किरणांत दडून असतात आणि त्रिपार्श्वाच्या योगे त्यांचे पृथक्करण होते. दोन त्रिपार्श्वे एकापुढे एक परंतु उलटसुलट धरल्यास बाहेर पडणारे किरण पुन्हा शुभ्र बनते. पहिल्या त्रिपार्श्वामुळे पृथक्करण होते व दुसऱ्यामुळे त्यांचे पुनश्च सम्मीलन होऊन किरण शुभ्र बनते.

या प्रयोगानंतर आयझॅकचे लक्ष प्रकाश शास्त्राकडे वेधले गेले. गॅलिलीओच्या दुर्बिणीतून दिसणारे प्रतिबिंब अस्पष्ट व रंगीबेरंगी कां दिसावे याचे उत्तर मिळाले. बहिर्वक्र भिंगातून किरण येत असताना प्रतिबिंबात रंगदोष निर्माण होतात हे आता निश्चित झाले. अंतरवक्र आरशाचा उपयोग केला तर किरणात रंगदोष निर्माण न होता ते एककेंद्री होतात याचा त्याने प्रयोगाने पडताळा करून पाहिला. परवलयदर्पण (Parabolic Mirror) आरशाचा उपयोग करून इ. स. १६८८ साली न्यूटनने पहिली दुर्बिण साध्य केली.

न्यूटनच्या कालापर्यंत प्रकाश या विषयाचा अभ्यास फारसा कोणी केला नव्हता. परावर्तन (Raflection) व वक्रीभवन (Refraction) या पलीकडे कोणी गेले नाही. तसेच प्रकाश–किरण म्हणजे काय याचे उत्तरही देण्याचा कोणी प्रयत्न केला नाही.

प्रकाश–किरणाविषयी न्यूटनची कल्पना अशी होती. प्रकाश देणारा पदार्थ (ज्योत सूर्य, चंद्र आणि नक्षत्रे) आपल्या अंगातून सूक्ष्म असे प्रकाश–कण (Corpuscals) बाहेर व सर्व दिशांना फेकतात. यामुळे प्रकाश–कण सरळ रेषेत व मोठ्या वेगाने गमन करतात. या प्रकाश कणांच्या मार्गांना आपण प्रकाश किरण म्हणतो. हे कण इतके सूक्ष्म असतात कीं ते पारदर्शक पदार्थातून सहज निसटून जातात व पुढे तसेच सरळ रेषेत गमन करतात. आकर्षणामुळे त्यांच्यात परावर्तन व वक्रीभवन होते.

आपली प्रकाश–किरणाची ही कल्पना लोकांच्या गळी उतरविण्याचा न्यूटनने फार प्रयत्न केला परंतु त्याला त्यांत यश आले नाही. हायगेन्झ व हुक हे न्यूटनचे समकालीन व प्रतिस्पर्धी शास्त्रज्ञ होते. या दोघांनी न्यूटनच्या प्रकाश–कण कल्पनेची रेवडी उडवली.

हायगेन्झची कल्पना :– प्रकाश-किरण कणयुक्त नाहीत. प्रकाश किरणे माध्यमांत निर्माण होणाऱ्या लहरी आहेत. या लहरी अत्यंत सूक्ष्म असल्याने त्या सरळ रेषेत असल्याचा भास होतो. प्रकाश–किरणांचे वक्रीभवन व परावर्तन कसे घडते हे त्याने प्रकाश–लहरी यांचा उपयोग करून यशस्वीपणे सिद्ध केले. प्रकाश–कण आणि प्रकाश लहरी या विषयींचा वाद बरीच वर्षे चालू होता. यानंतर इतर शास्त्रज्ञांनी प्रयोग करून हायगेन्झची कल्पना खरी असल्याचा निर्वाळा दिला.

विसाव्या शतकात अणू–युगाचा प्रारंभ झाला. अणूंचे विघटन होत असताना जी प्रकाश किरणे निर्माण होतात ती मात्र कण–युक्त असतात असे प्रयोगाने सिद्ध होते.

वरील वादळामुळे एक फायदा झाला. वास्तव शास्त्रात संशोधन कार्यास एक नवीन दालन उघडले गेले. होतकरू शास्त्रज्ञ निरनिराळ्या प्रकाश किरणांच्या रंगपटलाचा अभ्यास करू लागले. रंगपट्टा (Spectrum) चा अभ्यासक शास्त्रज्ञात – (१) फ्रॅन्होफर (२) फ्रेझनेल (३) थॉमस यंग यांचा समावेश होतो. रंगपटलात मानव नेत्रांना न दिसणारी अशी किरणे आहेत. ही किरणे म्हणजे "इनफ्रारेड" व 'अल्ट्रा-व्हायोलेट". रंगपटलांच्या अभ्यासामुळे मानवी ज्ञानात बरीच भर पडली व आपल्या ज्ञानाच्या सीमा बऱ्याच विस्तार पावल्या.

प्लेगाच्या सुटींत अभ्यासाच्या दृष्टीने आयझॅकने काय कार्य केले याची त्रोटक माहिती वाचकांना दिली. त्याच्या जीवनातील दुसऱ्या एका भागाची माहिती वाचकांना असणे जरूर आहे. सुट्टीचे काही दिवस आयझॅकने स्वतःच्या गावी वूल्स्थॉर्पला काढले. नंतर तो मामाच्या गावी राहाण्यास गेला. न्यूटनला आता तेविसावे वर्ष लागले होते. संसाराची काळजी नसल्याने त्याची शरीर प्रकृति उत्तम होती. नाकीडोळी तो मोठा रुबाबदार दिसे. तसेच तो केंब्रिज विद्यापीठाचा पदवीधर असून उपप्राध्यापक होता. त्याच्या

चेहऱ्यावर विद्येचे शांत व गंभीर तेज झळकत असे. कोणावरही त्याची छाप पडत असे. मामाच्या घरी आयझॅकपेक्षा वयाने थोडी लहान मामाची मुलगी होती. परंतु तिला शिक्षणाचा गंध देखील नव्हता. ती मोठ्या आदरयुक्तपणे पदवीधर आयझॅकशी बोलत असे. काही प्रसंगी शास्त्रीय गहन विषयावर तिच्याशी वादविवाद करण्याचा प्रयत्न आयझॅक करीत असे. शास्त्रीय विषयांची त्या बिचारीला काहीच माहिती नसल्याने तिला फक्त ऐकत बसावे लागे. आयझॅकचे बोलणे तिच्या डोक्यावरून जाई आणि आयझॅकची मात्र गैरसमजूत होत असे. त्याला वाटे कीं आपण जे जे काही सांगतो ते ते सर्व तिला आकलन होते. या गैरसमजामुळे आयझॅक आपला विषय रंगात येऊन सांगे. उभ्या आयुष्यांत आयझॅकला याच वेळी प्रेमाचे भरते आले. परंतु हे प्रेमाचे वारे फार दिवस टिकले नाही. वैषयीक भावना त्याच्यातून लुप्त झाली ती पुढे कधीच दृष्टोत्पतीस आली नाही. असे सांगतात कीं आपल्या विसराळू स्वभावामुळे आयझॅक मुलीकडून लग्नाचे वचन घेण्यास विसरला. या गोष्टीत किंवत सत्यता आहे हे सांगता येत नाही. केवळ विनोद म्हणून न्यूटनचे चित्रकार हे सांगत असावेत. त्याच्या विसराळूपणाचे अनेक दाखले त्यांच्या चरित्र लेखकांनी दिले आहेत. असो. प्लेगची सुट्टी संपताच आयझॅक पुन्हा केंब्रीज येथे राहाण्यास गेला.

परावर्तन–दुर्बिणीची रचना न्यूटनने इ. स. १६६८ साली केली. या कामगिरीमुळे त्याच्या यशांत भर पडली. इ. स. १६६९ साली न्युटनला ट्रिनिटी कॉलेजात प्राध्यापकाची जागा मिळाली. तसेच इ. स. १६७२ साली न्युटनला "रॉयल सोसायटीचा" सभासद करण्यात आले. दुसऱ्या चार्लस राजाने इ. स. १६६२ साली रॉयल सोसायटीची स्थापना केली होती.

इ. स. १६६६ पासून आयझॅक न्युटन गुरुत्वाकर्षण सिद्धांताच्या शोधात होता. या सिद्धांताच्या मांडणीसाठी गणितशास्त्रातील काही विशिष्ट आकडेमोडीची त्यास जरूरी होती. विशेषत: गोलाकार पदार्थाचा गुरुत्वमध्य (Centre of Gravity) त्या गोलाचा केंद्र असतो हे सिद्ध करण्यात त्याचा बराच वेळ खर्च झाला. याशिवाय न्यूटनला पृथ्वीची त्रिज्या निश्चित माहिती नव्हती. इ. स. १६७२ साली फ्रेंच गणितज्ञ पिकार्ड याने पृथ्वीची त्रिज्या ३९६३ मैल आहे असे सिद्ध केले. या घटनेनंतर थोड्याच दिवसांनी न्यूटनने गुरुत्वाकर्षण सिद्धांताची मांडणी पूर्ण केली. परंतु या सिद्धांताचे प्रसिद्धीकरण इ. स. १६८४ साली झाले. याच वर्षी न्यूटनने आपला गणित विषयावरील महत्त्वपूर्ण ग्रंथ "प्रिंसिपिया" लिहून तयार केला. या ग्रंथाचे प्रकाशन मात्र इ. स. १६८७ साली झाले. न्यूटन स्वभावतः मोठा काजाळू व हळव्या मनाचा होता. कोणी आपल्यावर टीका करील याची त्याला नेहमी भीति वाटत असे. याच कारणाने "प्रिंसिपिया" ग्रंथाचे प्रकाशन लांबणीवर पडले होते. या ग्रंथ प्रकाशनामुळे न्यूटनची प्रतिष्ठा फार वाढली. यूरोपांतील निरनिराळ्या देशांतील विद्वान गणितज्ञ त्याला भेटण्यास येऊ लागले. इ. स. १६८८ साली न्यूटन केंब्रीज विद्यालयाकडून पार्लमेंटचा सभासद म्हणून निवडून आला.

पार्लमेंटचा सभासद म्हणून निवडून येण्यापूर्वी केंब्रिज विद्यालयात एक ऐतिहासिक घटना झाली. दुसरा चार्लस (१६३०–८५) राजानंतर त्याचा भाऊ दुसरा जेम्स इ. स. १६८५ साली इंग्लंडचा राजा झाला. दुसरा जेम्स कट्टर कॅथॉलिक पंथाचा होता. गादीवर येताच सर्व इंग्लंड पुन्हा कॅथॉलिक पंथात आणण्याचा प्रयत्न दुसऱ्या जेम्सने चालू केला. सर्व अधिकाराच्या जागा कॅथॉलिक पंथीयांना देण्याचे धोरण त्याने चालू केले. या धोरणाला अनुसरून त्याने केंब्रीज विद्यापीठात हस्तक्षेप करण्याचे ठरवले. विद्यापीठाच्या विश्वस्थ मंडळात कॅथॉलिक पंथीय सभासदांच्या नेमणुका त्याने केल्या. प्राटेस्टंट सभासदांनी राजाच्या या हस्तक्षेपाविरुद्ध आपला विरोध व्यक्त केला. यावेळी प्राटेस्टंट सभासदांचे नेतृत्व न्युटनकडे होते. या लढ्यात शेवटी राजास पड घ्यावी लागली आणि त्याने आपले फरमान परत घेतले. या घटनेमुळे न्युटनला राजकारणांत पडावे लागले. पार्लमेंटमध्ये तो व्हीग पार्टीचा सभासद म्हणून निवडून आला. याचवेळी दुसऱ्या जेम्सला राज्यत्याग करून फ्रान्सला निघून जावे लागले. दुसऱ्या जेम्सनंतर तिसरा विल्यम गादीवर आला. विल्यमच्या आगमनसमयी न्युटन पार्लमेंटचा सभासद होता.

दोन वर्षे न्यूटन पार्लमेंटचा सभासद होता व त्या काळात त्याचे वास्तव्य लंडन शहरी असे. मुदत संपताच तो केंब्रीच येथे राहाण्यास आला. केंब्रीजला आल्याकर न्युटनने आपले लेखनाचे व प्रयोगाचे कार्य सुरू केले. न्यूटनची आता पन्नाशी उलटली होती. मानसिक श्रमामुळे तो जास्त क्षीण होत चालला. अति विचारामुळे त्याची झोप उडाली. झोप न येण्याने न्यूटनची प्रकृती चिंताजनक झाली. प्रकृती स्वास्थ्याकरता त्याला दोन वर्षे पूर्ण विश्रांती घ्यावी लागली. दोन वर्षांच्या विश्रांतीने त्याची प्रकृती पुन्हा सुधारली.

प्रकृती सुधारताच न्यूटनला नवीन तऱ्हेची कामगिरी करण्याची संधी मिळाली. इ. स. १६९६ च्या मार्च महिन्यात सरकारी टांकसाळीत एक अधिकारी म्हणून त्याची नेमणूक झाली. ही नोकरी करण्यासाठी विद्यापीठातील प्राध्यापकाच्या जागेचा त्यास राजिनामा द्यावा लागला. इ. स. १६६१ पासून ते इ. स. १६९६ पर्यंत न्यूटनचे वास्तव्य केंब्रीज विद्यापीठात होते. या कालखंडा न्यूटनने गणित शास्त्रात व पदार्थविज्ञान शास्त्रात बरेच संशोधन केले. न्यूटनच्या आयुष्यात एक विशेष गोष्ट दिसून येते कीं त्याने लावलेले सर्व शोध इ. स. १६६५ ते इ. स. १६७५ या दहा वर्षांच्या कालखंडातील आहेत. गणितशास्त्रातील महत्वाचे शोध:— (१) व्दिपद सिद्धांत (Binomial theorem) (२) सूक्ष्म–संचयन शास्त्र (Integration) (३) सूक्ष्म–गुणोत्तर अगर सूक्ष्मांश–प्रमाण (Deferenrial Galculus).

प्रकरण अकरावे

न्यूटनच्या काळी इंग्लंड देशात सोन्याची व चांदीची नाणी प्रचारात असत. त्या काळच्या नाण्यांना हल्लीच्या नाण्यासारखे कंगोरे पाडली नसल्यामुळे ज्याच्या हातात नाणे पडे तो बाजूने कानस लावून थोडे थोडे सोने अगर चांदी खरवडून काढी व नाण्यांचे वजन थोडे थोडे कमी होत जाई. अशा तऱ्हेने खरचटलेल्या नाण्यामुळे व्यापारी देवघेव होणे कठीण व त्रासदायक होऊ लागले. नाण्यांत येणाऱ्या घटीबद्दल कोणालाच जबाबदार धरता येईना. यातून काय तोड काढावी असा प्रश्न त्या काळच्या अर्थ–मंत्र्याला पडला. याच एका हेतूने आयझॅक न्यूटनची टांकसाळीतील एक अधिकारी म्हणून नेमणूक झाली.

नाण्यांना कंगोरे पाडण्याची प्रथा न्यूटनने घातली. यामुळे नाण्यांच्या वजनात येणारी घट कमी होऊ लागली. या कामगिरीबद्दल न्यूटनला टांकसाळीचा मुख्य अधिकारी करण्यात आले. इ. स. १७०५ साली न्यूटनला सर ही बहुमानाची पदवी देण्यात आली. यावेळी ॲन ही इंग्लंडची राणी होती. अशा तऱ्हेने एक कर्तबगार अधिकारी व पहिल्या दर्जाचा शास्त्रज्ञ म्हणून न्यूटनची ख्याती सर्वत्र झाली. इतके झाले तरी न्यूटनने आपला व्यासंग सोडला नाही. रॉयल सोसायटीचा अध्यक्ष म्हणून त्याने बरीच वर्षे काम केले. सतत चोवीस वर्षे सोसायटीचे अध्यक्षपद न्यूटनकडे होते.

लंडन शहरी न्यूटन ऐश्वर्यात राहात असे. त्याच्याकडे देशातील राजकारणी पुढारी त्याचा सल्ला घेण्यास येत. तसेच परदेशातून त्याच्या भेटीसाठी प्रसिद्ध शास्त्रज्ञ येत. इतके होते तरी आपण कोणी बडे आहोत असा गर्व सर आयझॅक न्यूटनला नसे. एकदा एका विद्यार्थ्याने न्यूटनला प्रश्न केला, "**सर आपणाला एवढे शोध कसे लावता आले?**" या प्रश्नाचे उत्तर सर आयझॅक न्यूटनने मोठ्या मार्मिक व विनयशीलपणे दिले आहे. तो म्हणाला, "**जेव्हा मी काही शोध म्हणून लिहीत असतो, तेव्हा मी एखाद्या बड्या माणसाच्या खांद्यावर बसलेला असतो व त्यामुळे मला त्या बड्या माणसाच्या-पेक्षा अधिक दूरचे दिसते.**" न्यूटनच्या दृष्टीने ही बडी माणसे कोण हे वाचकांच्या

सहज लक्षांत येण्यासारखे आहे. ही बडी माणसे म्हणजे न्यूटनच्या आधी होऊन गेलेली शास्त्रज्ञ मंडळी होत. केप्लर, गॅलिलीओ. पिकार्ड, डेकार्ट वगैरे शास्त्रज्ञांचा अभ्यास न्यूटनने केला नसता तर त्याला गुरुत्वाकर्षणाचा शोध लावता आला नसता.

न्यूटनच्या काळापर्यंत रसायन शास्त्राचा जन्मही झाला नव्हता. रसायन शास्त्र हाताळण्याचा प्रयत्न न्यूटनने करून पाहिला; परंतु त्यात त्याला यश आले नाही. किमया करून सोने तयार करणे याकडे तत्कालीन शास्त्रज्ञांचे लक्ष असे. ही किमया कोणासही साधली नाही हे सांगणे नकोच. ज्ञान–देवीची ध्यानधारणा पैशाचा लालसेने भक्त करू लागला तर ती कदापीही प्रसन्न होणार नाही व तिचे हृद्गत अशा स्वार्थी भक्तास समजणार नाही. ज्ञान–देवीची भक्ती निष्कामपणेच करावयास हवी.

न्यूटनचे चरित्र वाचतेवेळी सहज कल्पना येते की न्यूटन जर इटली देशात जन्मास आला असता तर त्या देशाने त्याचे कोडकौतुक केले असते कां ? या प्रश्नास उत्तर नाही हेच येणार. गॅलिलीओचे जसे हाल झाले तसेच न्यूटनचे झाले असते व त्याचा मृत्यू सरकारी तुरुंगात झाला असता. इंग्लंड देशाने उशिरा कां होईना न्यूटनचे कौतुक केले व त्यास सन्मानाने वागवले. न्यूटनच्या काळी कितीतरी राजकीय आंदोलने झाली त्यात न्यूटनचा अकाली मृत्यू झाला नाही हे एक नशीबच. शास्त्राच्या उपासकांची कदर जनते-कडून करण्यांत आली तर शास्त्राची प्रगती होत राहाते. इंग्लंड देशात शास्त्राची प्रगती का झाली व इतरत्र कां झाली नाही याचें कारण लक्षात येणे कठीण नाही, असो.

सर आयझॅक न्यूटनचे स्वत:विषयीची कल्पना त्याच्या पुढील उद्‌गारावरून समजून येते :—

" I do not know what I may appear to the world " he said just before he died, " but to myself I seem to have been like a boy playing on the sea-shore and diverting myself in now and then, finding a smoother pebble or a prettier shell than ordinary, while the great ocean of truth lay all undiscovered before me."

"'जग माझ्या कामगिरीचे मूल्य कसे ठरवील हे मला सांगता येत नाही. माझ्याविषयी मला एवढेच वाटते कीं विज्ञान सागराच्या किनारी विहार करणारा मी एक बालक असून नेहमीपेक्षा अधिक गुळगुळीत गारगोटी, अगर नेहमीपेक्षा अधिक सुंदर अशा शिंपल्याचा शोध करीत आहे; परंतु पुढे पसरलेल्या अथांग ज्ञानसागराच्या तळाशी खरी रत्ने अज्ञातच आहेत याची मला पूर्ण जाणीव आहे. "

सत्यशोधन हेच जीवनाचे मुख्य ध्येय याची सतत जाणीव असणारा शास्त्रज्ञ कसा असतो हे न्युटनच्या वरील उद्‌गारावरून समजून येईल. शास्त्रीय ध्येयवाद व शास्त्रीय सिद्धांत या दोहोंचा ठेवा मागे ठेवून शास्त्रज्ञ या जगातून नाहीसा होतो. शास्त्राचे अभ्यासक शास्त्रज्ञांच्या ध्येयवादाकडे दुर्लक्ष करून त्याने मागे ठेवलेल्या सिद्धांतांचा अभ्यास करतात. आता ध्येयवादी जीवन व शास्त्र सिद्धांत या दोहोंपैकी कायम टिकावू कोणती गोष्ट आहे ? शास्त्रीय साधने जसजशी सुधारत जातील तसतसे आपले ज्ञान वाढतच जाईल आणि शास्त्राच्या सीमा जास्त विशाल होतील. या योगे जुने सिद्धांत मागे पडतील व त्यांची जागा नव्या सिद्धांतानी घेतली जाईल. यावरून एकच अनुमान निघते ते हे की शास्त्रीय सिद्धांत फार काल टिकून राहात नाहीत. आता ही गोष्ट शास्त्रज्ञांच्या ध्येयवादी जीवनाविषयी असणार नाही. **शास्त्रज्ञांचा ध्येयवादीपणा हाच मानवी जीवनाचा विकास करू शकतो** शास्त्राच्या अभ्यासकाने शास्त्रज्ञांच्या ध्येयवादीपणाकडे दुर्लक्ष करू नये. शास्त्रज्ञांच्या ध्येयवादीपणाला राष्ट्राच्या भौगोलिक सीमा मान्य नाहीत तसेच त्याला धार्मिक बंधने जखडू शकत नाहीत. असो.

सर आयझॅक न्युटनने अगदी शेवटपर्यंत आपल्या ज्ञानाची अगर कर्तबगारीची कधीही प्रौढी मारली नाही. त्याला जाहिरातबाजीची चीड असे. वादविवादाचा त्याला कंटाळा असे आणि अनेक प्रसंगी तो वादात पड खाई. एकांतात बसून काम करणे हेच त्याला प्रिय असे. अगदी मरेपर्यंत म्हणजे वयाच्या पंच्याऐंशी वर्षापर्यंत तो सतत उद्योग करीत असे. इ. स. १७२७ साली लंडन येथे आपल्या राहात्या घरी त्याचा अंत झाला. त्याच्या स्मशान यात्रेस लंडन येथील अमीर उमराव उपस्थित होते. सर आयझॅक न्युटनच्या मृत शरीराचे दफन वेस्ट मिनिस्टर ॲबे येथे करण्यात आले.

सर आयझॅक न्यूटनच्या जीवनातील ठळक घटना.

इ. स. १६४२ गॅलिलीओचा मृत्यु व आयझॅक न्यूटनचा जन्म.

इ. स. १६४५ टॉरिचेलीने वायूभारमापक सिद्ध केला.

इ. स. १६४७ टॉरिचेलीचा मृत्यू.

इ. स. १६४८ ब्लेझ पास्कलचा टेकडीवरील वायूभार मापकाचा प्रयोग.

इ. स. १६४९ पहिला चार्लस् राजास फाशी देण्यात आले.

इ. स. १६५० गेरिकेने पहिला वाताकर्षक पंप तयार केला.

इ. स. १६५८ ऑलिव्हर क्रॉम्वेलचा मृत्यू

इ. स. १६५९ रॉबर्ट बॉईलने वाताकर्षक पंप तयार केला.

इ. स. १६६० दुसरा चार्लस इंग्लंडचा राजा झाला (इ. स. १६३०-१६८५)

इ. स. १६६१ केंब्रीज येथील ट्रिनिटी कॉलेजात न्यूटनचा प्रवेश.

इ. स. १६६२ दुसरा चार्लसच्या हस्ते रॉयल सोसायटीची स्थापना.

इ. स. १६६४ न्यूटन केंब्रीज विश्वविद्यालयाचा पदवीधर झाला.

इ. स. १६६४ चौदाव्या लुईच्या हस्ते फ्रेंच ॲकॅडमी ऑफ सायन्सची स्थापना.

इ. स. १६६५ इंग्लंड देशात प्लेगची साथ.

इ. स. १६६५–६७ गुरुत्वाकर्षण सिद्धांतावर न्यूटनचे विचार सुरू झाले.

इ. स. १६६५ लंडन शहरांतील भयंकर आग.

इ. स. १६६८ न्यूटनने दुर्बिणीची (Reflecting Telescope) रचना पूर्ण केली.

इ. स. १६७२ न्यूटन रॉयल सोसायटीचा सभासद होतो.

इ. स. १६७२ फ्रेंच शास्त्रज्ञ पिकार्ड याचे रॉयल सोसायटीच्या सभागृहात व्याख्यान; व पृथ्वीच्या त्रिज्येची निश्चिती. (त्रिज्या = ३९६० मैल)

इ. स. १६७५ ग्रीनीच वेध–शाळेची दुसऱ्या चार्लसच्या हस्ते स्थापना.

इ. स. १६८४ गुरुत्वाकर्षण सिद्धांताचे प्रसिद्धीकरण.

इ. स. १६८५ दुसरा चार्लस राजाचा मृत्यू व दुसरा जेम्स इंग्लंडचा राजा झाला.

इ. स. १६८६ ओटो फॉन गेरिकेचा मृत्यू.

इ. स. १६८७ " प्रिंसिपिया " ग्रंथाचे प्रकाशन,

इ. स. १६८९ न्यूटन पार्लमेंटचा सभासद म्हणून निवडून आला.

इ. स. १६९१ रॉबर्ट बॉईलचा मृत्यू.

इ. स. १६९२–९३ न्यूटनचे आजारीपण.

इ. स. १६९६ न्यूटनला सरकारी टांकसाळीत अधिकाराची जागा मिळाली.

इ. स. १७०१ न्यूटन दुसऱ्या खेपेस पार्लमेंटचा सभासद म्हणून निवडून आला.

इ. स. १७०३ न्यूटन रॉयल सोसायटीचा अध्यक्ष झाला.

इ. स. १७०५ न्युटनला " सर " हा बहुमानाचा किताब राणी ॲनकडून मिळाला.

इ. स. १७२७ शिल्पकार ख्रिस्तफोर रेनचा मृत्यु.

इ. स. १७२७ न्युटनचा केंसिंग्टन प्रासादात मृत्यु.

प्रकरण बारावे

७१५५४ विंबध
१५२२ १६/५/६७

गुरुत्वाकर्षण

गुरुत्वाकर्षण सिद्धांताचे महत्व लक्षात येण्यासाठी सिद्धांताच्या पार्श्वभूमीचा अभ्यास करणे जरूर आहे. गुरुत्वाकर्षणासारख्या मूल-गामी सिद्धांताची जरुरी न्यूटन आणि त्याच्या समकालीन शास्त्रज्ञांना कां वाटली हे आपणास समजावून घेतले पाहिजे. न्यूटनच्या पूर्वी केप्लर, गॅलिलीओ आणि हायगेन्झ यांनी शास्त्राच्या तीन शाखात संशोधन करून सिद्धांत बसवले होते आणि ते त्या शाखेपुरते अचूक होते. परंतु केप्लरचा खगोल-शास्त्रातील सिद्धात गॅलिलीओचा गतिविषयक सिद्धांत आणि हायगेन्झचा गोफण-सिद्धांत (Centrifugal Force) या तीन सिद्धांतांचा परस्पर मेळ बसेना. या सर्वांत एकसूत्रीपणचा अभाव होता; आणि त्यामुळे काही कूट-प्रश्न उद्‌भवले. शास्त्रात जर एकसूत्रीपणा नसेल तर ते शास्त्र प्रगत होत नाही. आता हे कूट-प्रश्न कोणते व ते कसे उद्‌भवले हे पाहू.

फार प्राचीन कालापासून "पृवी-केंद्र" नांवाचा सिद्धांत प्रचारात होता. या सिद्धांतात असे मानण्यात येत असे कीं सर्व विश्वाचे केंद्र पृथ्वी असून तिचा पृष्ठभाग सर्व बाजूस अनेक योजने पसरला आहे. तसेच सूर्य, चंद्र, गुरु, शनि वगैरे ग्रह आणि तारका-पुंज पृथ्वीभोंवती सतत भ्रमण करीत आहेत. हे सर्व पूर्व-क्षितीजावर उगवतात आणि पश्चिम-क्षितीजाकडे मावळतात. बायबल या धर्म ग्रन्थात हाच सिद्धांत सत्य व सनातन आहे असे मानण्यात येते. याच गोष्टीमुळे या सिद्धांताविरुद्ध बोलणे म्हणजे शास्त्रज्ञांना आत्मघाताचे ठरत असे.

पंधराव्या शतकांच्या अखेर पर्यंत "पृथ्वी केंद्र" सिद्धांता विरुद्ध कोणीही शंका काढली नाही. पंधराव्या शतकाच्या अखेरीस कोपरनिकस (१४७३–१५४३) या पोलिश शास्त्रज्ञाने 'पृथ्वी-केंद्र' सिद्धांतावर पहिला हल्ला चढवला. पृथ्वी केंद्र सिद्धांत कसा पोरकट

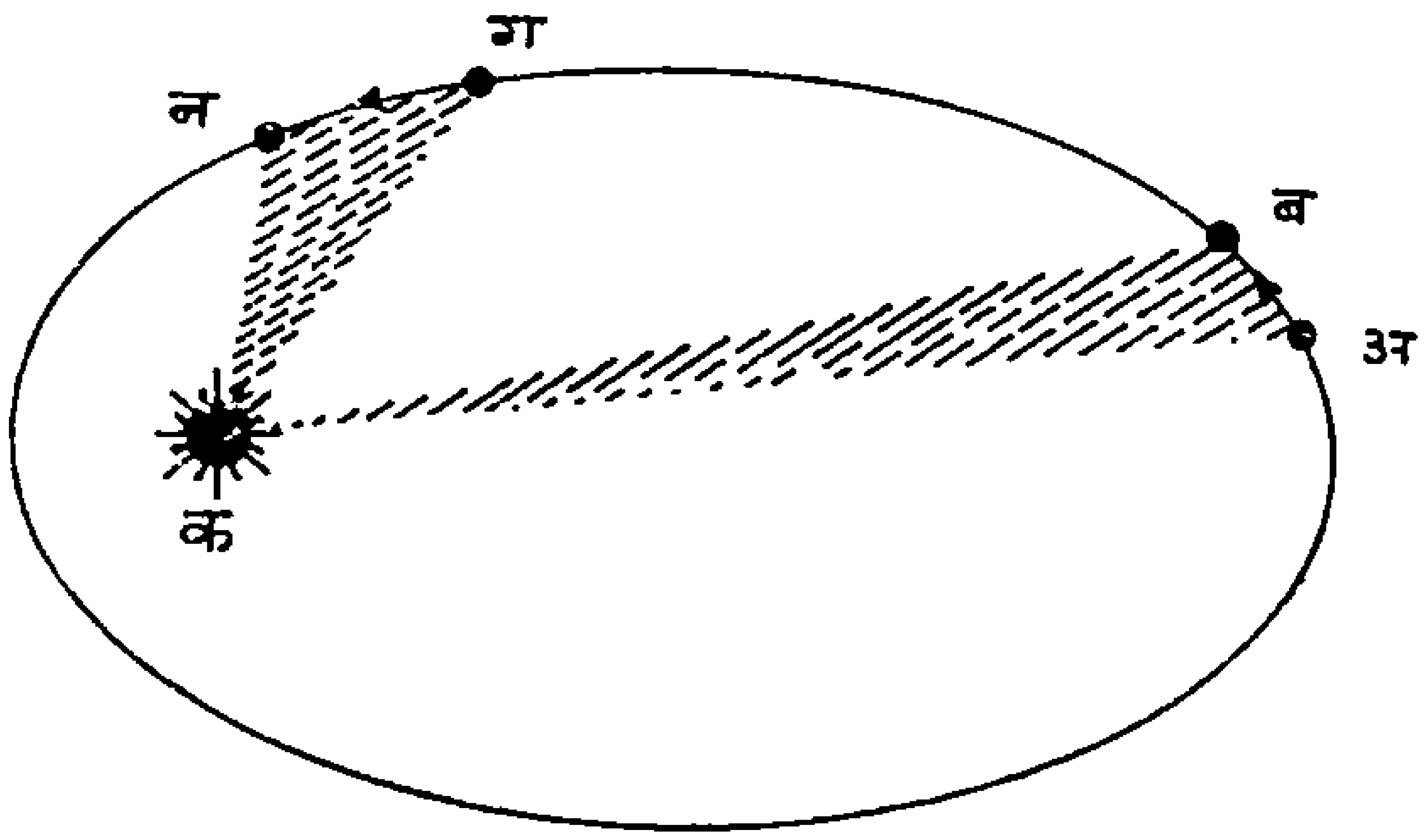
व हास्यास्पद आहे हे तो सांगत सुटला. तसेच या सिद्धांताच्या ऐवजी 'सूर्य केंद्र' सिद्धांताची कल्पना त्याने मांडली. पृथ्वी सपाट नसून गोलाकार आहे असे तो सांगू लागला. थोड्याच कालात ही कल्पना तरुण शास्त्रज्ञांना पटत चालली. या प्रचारामुळे कोपरनिकस व त्याचे अनुयायी मंडळींना धर्ममार्तंडांकडून त्रास होऊ लागला. कोपरनिकसचा एक अनुयायी ब्रूनो इटली देशांत रहात असे. त्याने ही 'सूर्य-केंद्र' कल्पना इटली देशात प्रसृत करण्याचा प्रयत्न केला. पोपच्या धर्ममंडळाने त्याच्यावर वारंट काढून त्यास कैद केले. धर्ममंडळापुढे त्याच्यावर खटला भरण्यात आला. धर्ममंडळाने त्याला मोठी कडक शिक्षा सांगितली. "याचे अपवित्र रक्त जमीनीवर न सांडता मृत्यू" अशी शिक्षा फरमाविली. या शिक्षेची कल्पना येताच अंगावर शाहारे येतात. ब्रूनोला अग्नीत जाळून ठार करण्यांत आले.

कोपरनिकसनंतर सूर्य–केंद्र सिद्धांताचा अभ्यास करणारे टॅकोब्राहे [Tycho-Brahe] (इ. स. १५४६–१६०१) आणि केप्लर (इ. स. १५७१–१६३०) हे दोन शास्त्रज्ञ होऊन गेले. केप्लर हा जर्मन असून मोठा ध्येयवादी व चिकाटीचा होता. शास्त्राची सेवा करण्याकरता सर्व जन्मभर तो दरिद्री राहिला. सतत वीस वर्षे ब्राह व केप्लर ग्रहांचे वेध घेत राहीले. या वेध परीक्षणांच्या साहाय्याने त्यांनी ग्रहांच्या गती निश्चित केल्या. हे कार्य करीत असतां त्यांना दारिद्र्याशी सतत झगडावे लागे. पोटाचा प्रश्न सोडविण्यासाठी त्यांना तीन वेळा स्थलांतर करण्याची पाळी आली. त्यांना चांगला राजाश्रय असता तर त्यांनी उत्तम कार्य केले असते. केप्लरने ग्रहाचे वेध घेऊन सूर्य–केंद्र सिद्धांताची मांडणी केली. तसेच ग्रह–गोलांच्या गतीविषयी त्यांनी नियम बसविले. हे सिद्धांत "केप्लरचे सिद्धांत" या नांवाने प्रसिद्ध आहेत. केप्लरसारखा ध्येयनिष्ठ, कष्टाळू व चिकाटीचा शास्त्रज्ञ न्युटनपूर्वी होऊन गेला नसता तर न्यूटनला गुरुत्वाकर्षण सिद्धांताची मांडणी करण्याचे कारणच पडले नसते.

केप्लरचे सिद्धांत :—

१) "ग्रह–गोल" सूर्याभोंवती लंबवर्तुळाकार मार्गाने भ्रमण करतात; आणि या लंब–वर्तुळाकार मार्गाच्या एका केंद्रात (Focus) सूर्य असतो.

२) सूर्य व ग्रहगोल यांना सांधणारी रेषा ठराविक कालखंडात ठराविक मापाचे क्षेत्र निमाण करते. (आकृतीत दाखवलेले दोन त्रिकोण एका कालखंडात तयार होतात असे मानले तर दोन त्रिकोणांचे क्षेत्र समान आहे. परंतु दोघांची उंची सारखी नाही. Δ अ ब क ची उंची Δ क न ग च्या उंचीपेक्षा अधिक आहे; म्हणजे अब ची लांबी नग पेक्षा कमी आहे यावरून असे दिसते कीं ग्रहांची गती कक्षेवर सारखी नाही. ग्रह सूर्याजवळ जसजसा येतो तसतसा त्याचा वेग वाढतो.



३) ग्रह-गोलास सूर्याभोवती प्रदक्षिणा करण्यास लागणाऱ्या कालाचा वर्ग हा दोहोंतील अंतराच्या घनावर अवलंबून असतो.

$$T^2 \propto R^3 \quad \text{i.e } \frac{T^2}{R^3} = K.$$

केप्लर नंतर अनेक शास्त्रज्ञांनी या सिद्धांताचे पडताळे करुन पाहिले आणि ते सर्व अचूक असल्याचे आढळून आले. केप्लरच्या काळी दुर्बिण सुद्धा अस्तित्वात नव्हती; तसेच कालखंड मोजण्यासाठी चांगले साधन उपलब्ध नव्हते. या सर्व गोष्टींचा विचार करता केप्लरची कल्पनाशक्ती किती अचाट होती हे वाचकांच्या लक्षात येईल.

ख्रिश्चन हायगेन्झ (Christian Hygens इ. स. १६२९–१६९५) हा डच शास्त्रज्ञ होता. पदार्थविज्ञान, गणित आणि खगोल या तीन शास्त्रांत तो सर्वांच्या आघाडीवर असे. गॅलिलीओच्या दुर्बिणीत त्याने बऱ्याच सुधारणा केल्या व अशा दुर्बिणीच्या साहाय्याने शनि-ग्रहाच्या कंकणाचा त्यानें शोध लावला. इ. स. १६५६ साली त्याने लंबकाचे पहिले घड्याळ साध्य केले. प्रकाश किरणे लहरी–मय असतात हे प्रथमच त्याने प्रतिपादन केले. तसेच प्रकाश किरणे स्फटीकातून मार्ग काढतात तेव्हां त्यातील आन्दोलने एका पातळीत होतात. अशा किरणांना पोलराईझ किरणे म्हणतात. याशिवाय हायगेन्झचे अनेक शोध आहेत. परंतु त्याचा गोफण–सिद्धांत (Centrifugal Force) प्रस्तुत विषयाच्या दृष्टीने विशेष महत्वाचा आहे.

गोफण सिद्धांत :

एखादा वस्तू–खंड वर्तुळाकार मार्गाने फिरत ठेवल्यास त्या वस्तू-खंडात मध्य बिंदूपासून दूर जाण्याची प्रवृत्ती निर्माण होते. या प्रवृत्तीस केंद्रोत्सारिणी प्रवृत्ती म्हणतात. वस्तु–खंडात निर्माण होणारी ही प्रवृत्ती काबूत ठेवुन त्या वस्तू-खंडास वर्तुळाकार कक्षेवर कायमचे फिरत ठेवणे इष्ट असेल तर त्या वस्तू-खंडात केंद्रगामी ताण (Centripetal Force) निर्माण करणे जरूर ठरते. गोफण फिरवतेवेळी दोरीवर येणारा ताण केंद्रगामी असतो. तसेच हा ताण ढिला करताच गोफणीतील धोंडा केंद्रापासून दूर फेकला जातो.

हायगेन्झचा गोफण सिद्धांत हा प्रयोग सिध्दांतच होय. हा ताण कसा मोजावा हेही त्याने दाखवून दिले आहे.

$$\text{केंद्रोत्सारिणी प्रेरणा} = \text{वस्तुमान} \times \frac{(\text{गति})^2}{\text{त्रिज्या}}$$

$$= m \frac{v^2}{R}$$

तसेच w = दिगंतर गति (Angular velocity)

$w = \frac{v}{R}$ radians R = केंद्र व वस्तु-खंड यातील अंतर

केंद्रोत्सारिणी प्रेरणा $= m w^2 R$

आता केप्लरचे सिध्दांत व गोफण-सिध्दांत या दोहोंचा एकत्रितपणे विचार करू लागलो तर एक महत्वाचा कूट-प्रश्न दत्त म्हणून पुढे उभा राहतो. केप्लरच्या सिध्दांताप्रमाणे ग्रह-गोल सूर्याभोवती लंबवर्तुळाकार कक्षेवरून भ्रमण करीत आहेत असे मानल्यास गोफण सिध्दांतान्वये ते आकाशात दूर फेकले जावयास हवेत आणि तसे तर घडून येत नाही. केंद्रोत्सारिणी प्रेरणा काबूत ठेवण्यास जरूर असलेली केंद्रगामी प्रेरणा हवीच. ही केंद्रगामी प्रेरणा कोणती हा कूटप्रश्न उभा राहतो.

आता आपण दुसरे उदाहरण घेऊ. आपली पृथ्वी गोलाकार आहे व ती आसाभोवती चोवीस तासात एक फेरी मारते. विषुववृत्तावर पृथ्वीचा घेर साधारणतः २५००० मैल आहे. याचा अर्थ असा की विषुववृत्तावरील वस्तू-खंड ताशी हजार मैलाच्या वेगापेक्षा थोड्या अधिकच वेगाने वर्तुळावरून धावत आहेत. गोफण सिध्दांताप्रमाणे हे वस्तू-खंड पृथ्वीच्या केंद्रापासून दूर जायला हवेत; परंतु असे काही घडून येत नाही. याला कारण काय ?

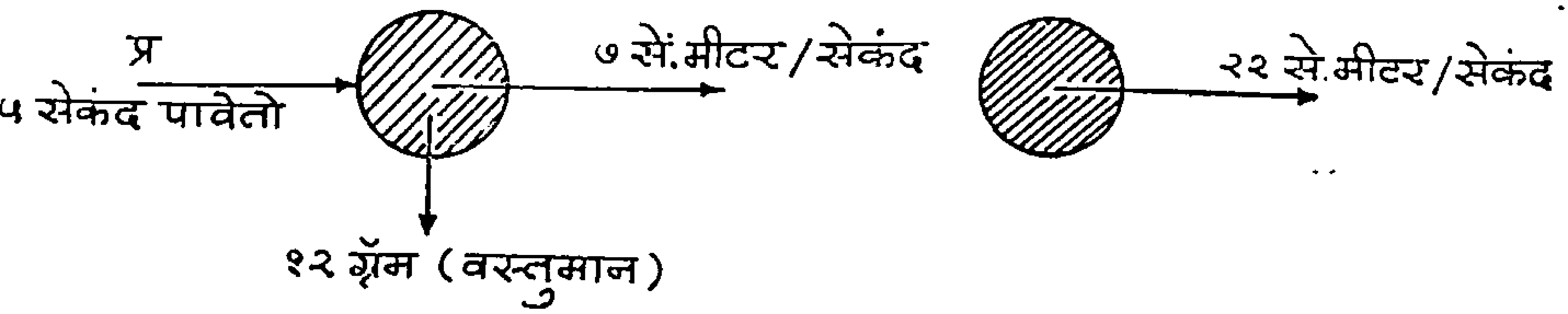
न्यूटनचे गति सिद्धांत : (Newton's Laws of Motion)

१) कोणत्याही स्थिर वस्तू-खंड बाह्य प्रेरणेशिवाय (Force) गतिमान होत नाही. तसेच कोणताही गतिमान वस्तू-खंड बाह्य प्रेरणेच्या (Force) अभावी स्थिर होत नाही. (Law of inertia स्थिती सातत्य)

या सिध्दांताचा आधार घेऊन प्रेरणा (Force) या शब्दाची शास्त्रीय व्याख्या निश्चित होते. ज्या योगे पदार्थाच्या गतिविषयक स्थितीत बदल होतो अगर होण्याचा संभव असतो त्यास प्रेरणा म्हणतात.

२) चलनमानात (Momentum = गतिविषयक स्थिती) प्रेरणेमुळे होणारा बदल हा प्रेरणेशी समप्रमाणात असतो आणि हा बदल प्रेरणेच्या दिशेत घडून येतो.

या सिद्धांताचा उपयोग करून प्रेरणेचे मोजमाप करता येते. प्रेरणा कशी मोजावी हे पुढील उदाहरणाने स्पष्ट होईल.



वस्तू खंडातील वस्तुमान १२ ग्रॅम आहे, व हा वस्तू खंड सेकंदास ७ सें. मीटर या गतीने धावत आहे. या वस्तू-खंडावर **प्र** ही प्रेरणा प्रभाव पाडीत आहे. **प्र** ही प्रेरणा फक्त ५ सेकंद काल पावेतो प्रभाव पाडीत आहे. **प्र** प्रेरणेच्या प्रभावामुळे वस्तू-खंडाची गति सेकंदास २२ सें. मीटर झाली तर ही **प्र** प्रेरणा किती असावी ?

रीत :—

वस्तूखंडाचे प्रथमचे चलनमान (Momentum)	= १२ × ७
	= ८४
वस्तूखंडाचे नंतरचे चलनमान	= १२ × २२
	= २६४
चलनमानात होणारा बदल	= २६४ – ८४
	= १८०
५ सेकंदात होणारा बदल	= १८०
१ सेकंदात होणारा बदल	= ३६

प्रेरणा = ३६ डाइन.

झाडाच्या सावलीत बाकावर विचारमग्न स्थितीत बसलेल्या न्यूटनचे चित्र वाचकांच्या पाहाण्यात आलेच असेल. या चित्रात न्यूटनचे लक्ष झाडाच्या शेंड्यावरून पतन होत असलेल्या फळाकडे आहे. प्रेरणेच्या अभावी फळास का गति यावी हा प्रश्न त्याच्या लक्षात आला. त्यानेच मांडलेल्या सिद्धांत १ प्रमाणे पाहाता फळास गति यावयास नको. बाह्य प्रेरणेवाचून गतिची निर्मिती अशक्य. हा कूट-प्रश्न सोडविण्यासाठी काही अदृश्य

प्रेरणा असलीच पाहिजे असा त्याने कयास केला. अदृश्य अशा प्रेरणेचे अस्तीत्व गृहीत धरल्याशिवाय प्रश्न सुटत नाही हे जाणूनच न्यूटनने गुरूत्वाकर्षण सिद्धांताची मांडणी केली.

न्यूटनच्या पूर्वी अनेक शास्त्रज्ञांनी "आकर्षण" अशी स्थूल कल्पना सूचित केली होती. परंतु या कल्पनेस शास्त्रीय असे मूर्त स्वरूप कधीच आले नाही. "आकर्षण" या कल्पनेस शास्त्रीयदृष्ट्या मूर्त स्वरूप देण्याचे कार्य न्यूटनने केले.

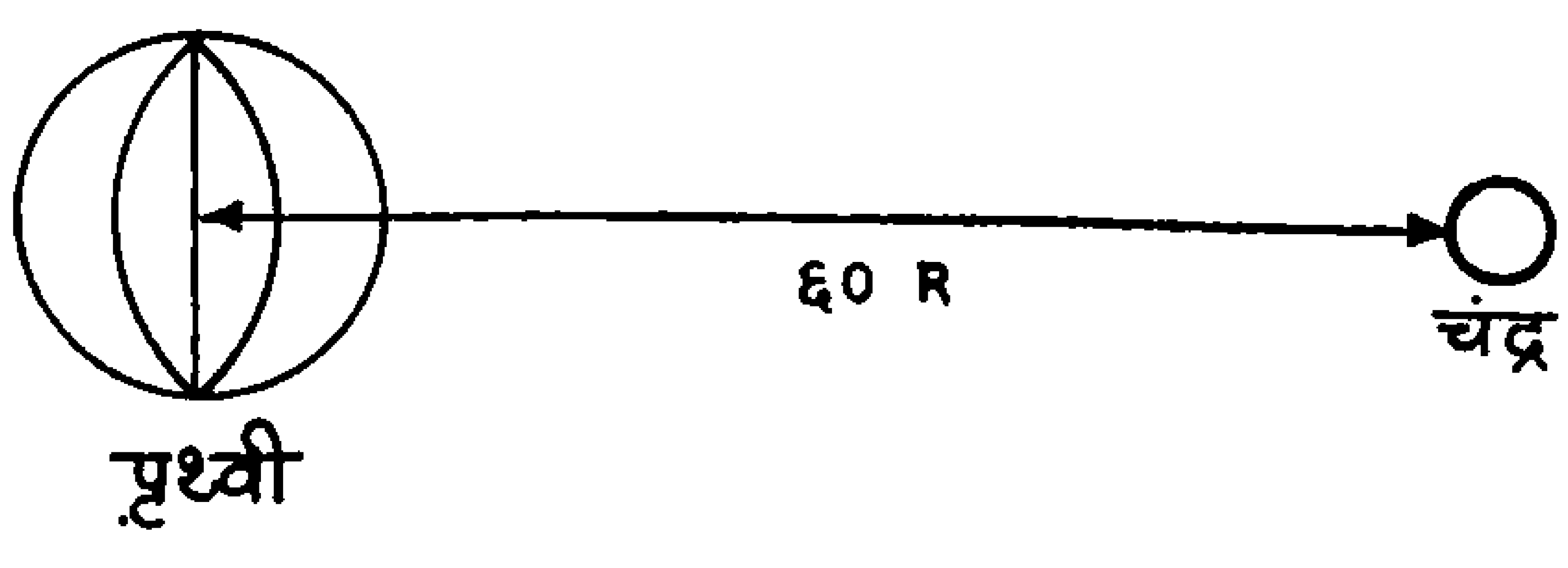
गुरूत्वाकर्षणाचा सिध्दांत :—

कोणत्याही दोन वस्तूखंडात परस्परात आकर्षण अथवा ओढ असते. हे आकर्षण वस्तूखंडांतील वस्तुमानांच्या गुणाकाराशी समप्रमाणात, तसेच खंडांतील अंतराच्या वर्गाशी व्यस्त प्रमाणात असते.

$$\text{आकर्षण} \propto \frac{\text{म}_1 \times \text{म}_2}{(\text{अंतर})^2} \qquad \text{आकर्षक} = G \quad \frac{\text{म}_1 \times \text{म}_2}{(\text{अंतर})^2}$$

सिध्दांताचे सूत्र अगदी सुटसुटीत आहे. परंतु या सूत्राच्या आधारे प्रयोग करणे तितकेच कठीण आहे. या सिध्दांताची मांडणी करतेवेळी न्यूटनचा हा हेतू होता की, केप्लरचा सिध्दांत व गोफण सिध्दांत या दोहोंचा मेळ घालता आला पाहिजे. केप्लरच्या सिध्दांता-प्रमाणे ग्रह गोल सूर्याभोंवती फिरत आहेत. या भ्रमणामुळे गोफण सिध्दांतान्वये त्यांच्यात केंद्रोत्सारिणी प्रेरणा निर्माण झालीच पाहिजे. या केंन्द्रोत्सारिणी प्रेरणेचे निरसन करणारी केंद्रगामी प्रेरणा हवीच. ही केंद्रगामी प्रेरणा म्हणजे न्यूटनच्या मते गुरुत्वाकर्षण होय.

वरील समीकरण अचूक आहे हे दाखवण्यावर गुरुत्वाकर्षण सिध्दांताचा खरेपणा अवलंबून आहे. हे कार्य न्यूटनने मोठ्या चिकाटीने केले. ग्रह-गोलाचे उदाहरण न घेता न्यूटनने पृथ्वीभोवती होत असलेल्या चंद्राच्या भ्रमणाचे घेतले.



पृथ्वीची त्रिज्या R (३९६३ मैल) आहे. तसेच पृथ्वीचा मध्य व चंद्र–मध्य यात ६० R इतके अंतर आहे. पृथ्वीच्या पृष्ठावर म्हणजे तिच्या केंद्रापासून R अंतरावर १ पौंड वस्तूमानांत गुरुत्वाकर्षणामुळे ३२ फूट / सेकंद^{२} एवढा प्रवेग (acceleration) निर्माण होतो. आता हाच एक पौंड वस्तू–खंड चंद्राइतक्या अंतरावर (६० R) नेल्यास आकर्षणा-मुळे होणारा प्रवेग सिद्धांत सूत्राप्रमाणे खालील प्रमाणे होईल:–

$$\text{चंद्रावर येणारा प्रवेग} = ३२ \times \frac{R^{२}}{(६०R)^{२}} = \frac{३२}{३६००} \text{ फू/सें}^{२}$$

$$= ०\cdot००८८ \text{ फूट / सें}^{२}$$

गुरुत्वाकर्षण सिद्धांतान्वये चंद्रांतरावर येणारा प्रवेग आपण सिद्ध केला. आता गोफण सिद्धांतान्वये प्रवेग किती येतो हे पाहू.

चंद्राचा पृथ्वीभोवती भ्रमणकाल म्हणजे चंद्रमास:—

चंद्रमास = २७ दिवस १३ तास १८॥ मिनिटे

= २३८१००० सेकंद.

= $२\cdot३८१ \times १०^{६}$ सेकंद.

$$\text{दिगंतर गति} \quad W = \frac{२\pi}{\text{चंद्रमास}}$$

$$= \frac{२\pi}{२\cdot३८१ \times १०^{६}} \text{ रेडिअन.}$$

$$\therefore W^{२} = \frac{४\pi^{२}}{(२\cdot३८१)^{२} \times १०^{१२}} = \frac{४\pi^{२}}{(२\cdot३८१)^{२}} \times १०^{-१२}$$

गोफण सिद्धांतान्वये येणारा प्रवेग = $W^{२} \times ६० R$

$$= \frac{४\pi^{२}}{(२\cdot३८१)^{२}} \times ६० \times ३९६३ \times ५२८० \times १०^{-१२}$$

(R = ३९६३ मैल) $= ८\cdot७४२ \times १०^{-३}$

$= ०\cdot००८७४२$ फूट / सें^{२}

वरील आकडेमोडीवरून असे दिसून येईल की :–

न्यूटनच्या सिद्धांतान्वये येणारा प्रवेग = ०·००८८ फूट / सें^{२}

गोफण सिद्धांतान्वये येणारा प्रवेग = ०·००८७ फूट / सें^{२}

या दोन उत्तरात फारच थोडी तफावत आहे. म्हणून न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षाचा सिद्धांत खरा मानावयास हरकत नाही.

इ. स. १७९८ साली हेन्री कॅव्हेनडिश या इंग्रज शास्त्रज्ञाने मोठ्या कल्पकतेने प्रयोग करून G ही स्थिर संख्या साध्य केली. G या संख्येस वैश्विक आकर्षणाचा गुणक (constant of universal gravitation) म्हणतात. या छोट्या पुस्तकात त्याने केलेल्या प्रयोगाचे संपूर्ण वर्णन लिहिता येत नाही. त्याने प्रयोगासाठी शिशाचे दोन गोळे तयार करून घेतले होते. या गोळ्यांचे व्यास अनुक्रमे २ इंच व १२ इंच होते. प्रेरणा मोजण्यासाठी केलेले साधन मोठ्या कल्पकतेने तयार केले होते. या प्रयोगात

$$G = ६.६५७६ \times १०^{-८} \text{ डाईन}$$

उदाहरण :– दोन गोळ्यांचे वस्तूमान अनुक्रमे २० किलोग्रॅम व १५० किलोग्रॅम आहे. हे गोल ३० सेंटीमिटर अंतरावर ठेवले असता आकर्षण ०.२२१९ डाईन येते, तर G ची किंमत किती ?

$$\text{आकर्षण} = \frac{M_1 \times M_2}{d^2} \times G$$

$$०.२२१९ = \frac{१५० \times १०^३ \times २० \times १०^३}{९००} \times G$$

$$G = \frac{.२२१९ \times ९००}{३००० \times १०^६} = ६.६५७ \times १०^{-८} \text{ डाइन}$$

उदाहरण २ रे — पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर १ ग्रॅम वस्तूखंडावर ९८० डाइन आकर्षण येते. यावरून पृथ्वीचे वस्तूमान ठरवा.

$$G = ६.६५७ \times १०^{-८} \quad \text{पृथ्वीची त्रिज्या} = ६३७६ \text{ किलोमिटर}$$

$$\text{आकर्षण} = \frac{M_1 \times M_2}{d^2} \times G$$

$$९८० = \frac{M_1 \times १}{(६.३७६ \times १०^८)^२} \times ६.६५७ \times १०^{-८}$$

$$M_1 = \frac{९८० \times (६.३७६ \times १०^८)^२}{६.६५७ \times १०^{-८}}$$

$$= \frac{९८० (६.३७६)^२ \times १०^{१६} \times १०^८}{६.६५७}$$

$$= ५.९८२ \times १०^{२७} \text{ ग्रॅम}$$

$$= ५.९८२ \times १०^{२१} \text{ किलो टन}$$

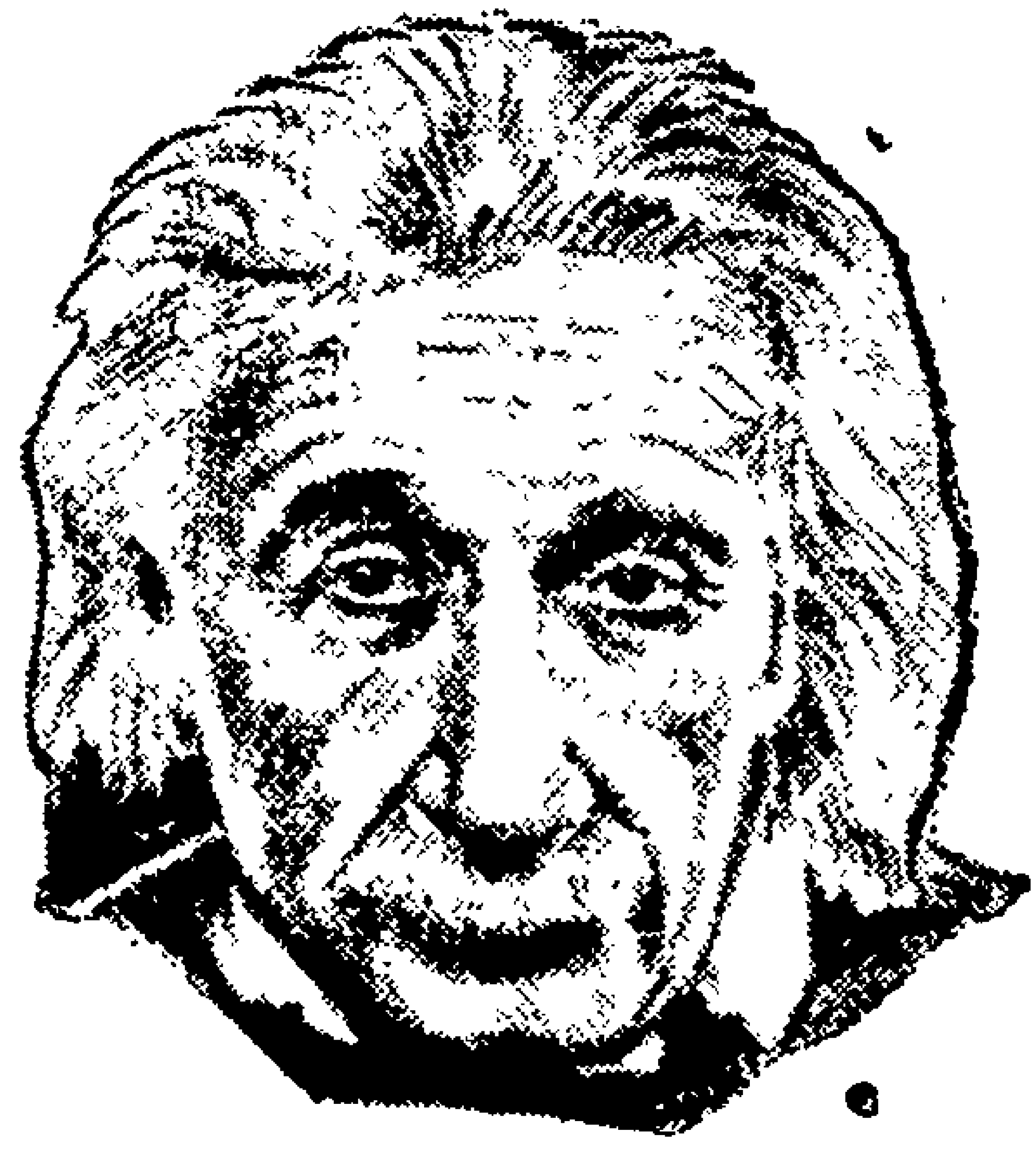
वरील उदाहरणे देण्याचा हेतू हा की गुरुत्वाकर्षण सिद्धांत हाती पडताच आपणास किती तरी माहिती होत गेली. या सिद्धांताच्या प्रसिद्धीनंतर संशोधन कार्यास गति मिळाली.

गुरुत्वाकर्षण सिद्धांतामुळे बरीच प्रगति झाली यात शंका नाही. परंतु हा सिद्धांत अगदी निर्दोष असेल असे म्हणता येत नाही. सूर्य व त्या भोवती फिरणारे ग्रह–गोल यांचे निरीक्षण करून न्यूटनने हा सिद्धांत बसवला. आपली "सूर्य–माला" व कोट्यावधी सूर्यांनी गजबजलेले विश्व यांची तुलनाकरता, सूर्यमाला संकुचित ठरते. सूर्यमालेसारख्या संकुचित क्षेत्राचे अवलोकन करून बसवलेले सिद्धांत सर्व विश्वाला लागू पडतील असे म्हणता येत नाही.

विसाव्या शतकात प्रयोगाच्या साधनात बरीच सुधारणा झाली आहे. दुर्बिणीच्या साहाय्याने सूर्यमालेपासून कोट्यावधी मैल दूर असलेल्या विश्वाचे निरीक्षण करता येऊ लागले. आहे. प्रकाश आणि तत्सम लहरीमय किरणांचा अभ्यासही होत चालला आहे. या सर्वाहून महत्वाची गोष्ट म्हणजे गणित शास्त्रात फारच स्पृहणीय प्रगती होत आहे. गुरुत्वाकर्षण सिद्धांताविषयी शंका येण्यास काही गोष्टी अवलोकनात येत आहेत. त्यातील दोन घटनांचा येथे उल्लेख करणे आवश्यक आहे.

गुरुत्वाकर्षण सिद्धांतान्वये सर्व ग्रह गोलांच्या सूर्याभोवतीच्या कक्षा ठराविकच (rigid) असावयास हव्यात. त्याच्यात यत्किंचित् बदल आहे असे प्रत्ययास आले तर गुरुत्वाकर्षण शंभर टक्के खरा आहे असे म्हणता येत नाही. अत्यंत मेहनतीने व अचूक पद्धतीने बुध ग्रहाचा वेध घेत गेल्यास बुध–ग्रह आपल्या धोपट मार्गाने जात नाही असे आढळून येते.

एकोणीसाव्या शतकाअखेरपर्यन्त आपला असा समज होता की, सूर्याची किरणे पृथ्वीकडे अगदी सरळ रेषेत येतात. विसाव्या शतकाच्या आरंभालाच शास्त्रज्ञ आइन्स्टाईन याने असे प्रत्ययास आणून दिले की सूर्य–किरणांचा मार्ग थोडा वक्र आहे. तसेच आपले विश्व अनंत आहे असे जरी आपण म्हणतो तरी त्याला आकार आहे आणि हा आकार अंडाकृति आहे. असो. या सर्व गोष्टींचा विचार पुढील भागात म्हणजे विसाव्या शतकातील प्रगति यात मांडण्यात येईल.



ALBERT EINSTEIN

नुकतेच प्रा. नारळीकर आणि त्यांचे सहकारी यांनी प्रसिद्ध केले आहे की, दोन वस्तू खंडातील आकर्षण हे केवळ त्या दोन खंडातील वस्तूमानावर अवलंबून नसून सर्व विश्वात असलेल्या वस्तूमानावरही अवलंबून आहे.

ALESSANDRO VOLTA

प्रकरण तेरावे

ॲलेसॅन्ड्रो व्होल्टा

(इ. स. १७४५ ते १८२७)

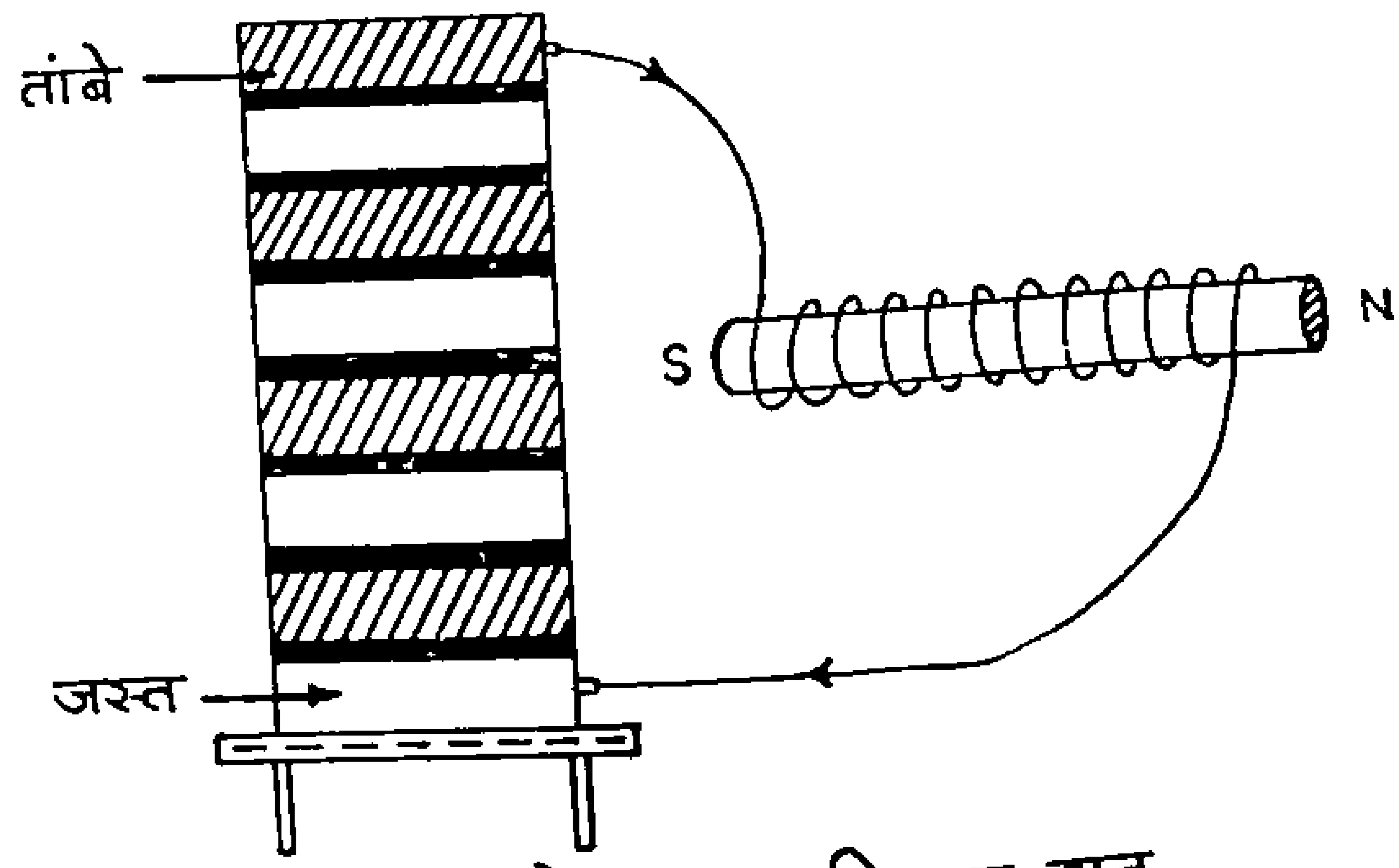
आल्पस् पर्वताच्या दक्षिणेकडील पायथ्याशी "कोमो" सरोवर आहे. या सरोवराच्या परिसरात कोमो नांवाचे शहर आहे. हा भूभाग सृष्टी-सौंदर्याने नटलेला आहे. यूरोपमधील धनिक कुटुंबे या निसर्ग रमणीय स्थळी वर्षातून काही महिने वास्तव्य करतात. हा भाग इटली देशात मोडतो. इ. स. १७४५ सालच्या फेब्रुवारी महिन्यात ॲलेसॅन्ड्रो व्होल्टा याचा जन्म कोमो गावी झाला. याचे शिक्षण कोमो या शहरीच झाले. व्होल्टा हा एक हुशार विद्यार्थी होता. तो वयाच्या सतराव्या वर्षी पदवीधर झाला. शिक्षण पुरे होताच त्याला कोमो येथील माध्यमिक शाळेत शिक्षकाची नोकरी मिळाली. कोमो येथील शाळेत तो इ. स. १७७९ अखेरपर्यंत होता. शिक्षकाचे काम करीत असता त्याचे संशोधन कार्य चालू होते. त्याने पदार्थ विज्ञान शास्त्रातील अनेक विषयावर संशोधन पत्रिका प्रसिद्ध केल्या. या संशोधन कार्यामुळे त्याला इ. स. १७७९ साली पाव्हिया विश्वविद्यालयात प्राध्यापकाची जागा मिळाली. कोमो येथील शाळेत काम करीत असतानाच त्याने विद्युत्दर्वी (Electrophorus) व विद्युत्-द्योतक (Electroscope) ही दोन उपकरणी साध्य केली होती.

व्होल्टाचा महत्त्वाचा शोध म्हणजे विद्युत् प्रवाह निर्मिती हा होय. व्होल्टाच्या पूर्वी स्थिर-विद्युत् या विषयीचा अभ्यास शास्त्रज्ञ करीत असत. त्यांना विद्युत-प्रवाहासंबंधी काहीच कल्पना नसे प्रवाही विद्युत निर्माण करणारा पहिला घट व्होल्टाने साध्य केला. २० मार्च १८०० रोजी व्होल्टाने विद्युत-घटाविषयीची माहिती पत्राने "रॉयल सोसायटी ऑफ लंडन"ला दिली. रासायनिक क्रीयेपासून विद्युत प्रवाह निर्माण होऊ शकतो, हे व्होल्टाने सिद्ध करून दिले. याच संशोधनाच्या आधारे पुढे ॲम्पेअर व फॅरेडे यांनी विद्युतप्रवाहाविषयी संशोधन चालू ठेवले; व त्यात त्यांना संपूर्ण यश मिळाले हे सांगणे

नकोच. व्होल्टाच्या कल्पनेचा पाठपुरावा करून सर हंफ्रे डेव्हीने ऑक्सीजन, हैड्रोजन, सोडीयम वगैरे मूल द्रव्ये अलग करून दाखवली.

व्होल्टाच्या वेळी फ्रान्सवर नेपोलिअनची सत्ता होती. नेपोलिअनने खास निमंत्रण पाठवून व्होल्टास पॅरिसला बोलाविले, व त्याचा उत्तम तऱ्हेने गौरव केला. इ. स. १८१९ साली व्होल्टा विश्वविद्यालयातून सेवानिवृत्त झाला; आणि पुढे नऊ वर्षांनी म्हणजे १८२७ साली कोमो शहरी तो खिस्तवासी झाला. त्याचे स्मारक म्हणून कोमो येथील रहिवाशांनी त्याचा पुतळा सरोवराकाठी स्थापन केला आहे. इ. स. १८९३ साली जागतिक विज्ञान शास्त्रज्ञांची परिषद भरवण्यात आली होती. या परिषदेने व्होल्टाचे उत्तम स्मारक केले ते म्हणजे विद्युत दाबाच्या परिमाणाला व्होल्टा ही संज्ञा दिली.

व्होल्टाचा विद्युत–घट :—



व्होल्टाचा विद्युत-घट

ताब्याच्या चकत्या व जस्ताच्या चकत्या या दोहोत मिठाच्या द्रवांत भिजव-लेल्या कार्ड-बोर्डच्या चकत्या असतात. या घटात रासायनिक विक्रीयेने विद्युत–प्रवाह निर्माण होतो.

हान खिश्चन आर्स्टेड

(इ. स. १७७७ ते १८५१)

" Nothing but the conviction that our love of knowledge is an endeavour after a true reality, and that it is true life and true harmony, can give you a genuine enthusiastic love of wisdom. The conviction that when you diffuse knowledge you are instrumental in the consolidation of God's Kingdom on earth can alone give you a true and

unalloyed desire to lead those around you towards a higher light and higher knowledge. This is the important vocation for which you have begun to educate yourself. Continue your endeavour with holy seriousness, and you will become capable of participating in a joy which the world cannot bestow, and your works will be a blessing to your fatherland; yes, and will confer a benefit on the whole human race."

H. C. Oersted.

(गोषवारा), "ज्ञान-लालसा म्हणजे सत्यान्वेषण आणि खरे जीवन म्हणजे निसर्गाशी होणारी एकतानता; या दोहोंविषयी एकदा कां तुमची खात्री पटली म्हणजे ज्ञान संपादन करण्याच्या कार्यात तुमच्या ठिकाणी खरोखरीचा उत्साह निर्माण होईल. तसेच ज्ञानप्रसार करतेवेळी ईश्वरी स्वर्ग भूतलावर सतत टिकवण्याच्या कामी आपण एक पाईक आहोत या एकाच भावनेमुळे तुमच्या मनीषा निष्पाप, निर्मळ व सात्विक राहातील. तुमच्या मनिषा एकदा कां सात्विक व निर्मळ झाल्या की इतरेजनांना उच्च ध्येयाकडे नेण्यास त्या तुम्हास प्रवृत्त करतील. ज्ञानप्रसार हेच आता आपले जीवनकार्य असे ठरवूनच तुम्ही स्वतःच स्वतःला शिकवीत राहाल, आणि याच एका शुद्ध व धार्मिक भावनेने तुम्ही आपले प्रयत्न चालू ठेवाल. असे केल्याने तुमचे जीवन कार्य तुमच्या मायभूचा बहुमोल ठेवा होईल व अखिल मानवांचे कल्याण साधेल."

हान ख्रिश्चन आरस्टेड

प्रोफेसर हान ख्रिश्चन आरस्टेड हे कोपनहेगन येथील विश्वविद्यालयात शास्त्रीय विषयाचे प्राध्यापक होते. पहिल्या प्रतीचे शिक्षक असल्यामुळे त्याना विद्यार्थीवर्गात मोठा आदर असे. त्यांच्या ध्येयनिष्ठेची छाप त्यांच्या विद्यार्थ्यांवर पडत असे. वर उद्धृत केलेल्या त्यांच्या भाषणातील उताऱ्यावरून त्यांची ध्येयनिष्ठा किती दांडगी होती याची कल्पना होते. विज्ञानाच्या अभ्यासामुळे मनुष्य धर्मापासून दूर जातो असा आरोप करणाऱ्या टीकाकारांना वरील उताऱ्यात समर्पक उत्तर मिळते. वर्गात मुलांना शिकवीत असता आरस्टेड तल्लीन होत असत व याचवेळी ते आपल्या ध्येयनिष्ठेचे वितरण विद्यार्थ्यांना करीत. आरस्टेड यांच्या हातून फक्त एकच शोध लागला परंतु हा एकच शोध मोठा परिणामी व सूचक ठरला. या एकाच शोधामुळे पुढील काळात विद्युत शास्त्रात महत्त्वपूर्ण प्रगती झाली.

एकदा आरस्टेड वर्गात विद्यार्थ्यांसमोर व्होल्टाच्या विद्युत-घटाची माहिती देत होता. प्रयोगाच्या मेजावर अनेक वस्तू अस्ताव्यस्त पडल्या होत्या. या वस्तूत एक लोहचुंबक पण होता. सहजगत्या विजेची तार चुंबकावरून परंतु समान्तर जात होती. विजेचा प्रवाह सुरू होताच चुंबकाला झटका बसे व तो तारेस काटकोनात राही वर्गातील एका विद्यार्थ्याचे लक्ष

चुंबकाकडे गेले व त्याने इतरांचे लक्ष चुंबकाच्या हालचालीकडे वेधले. सर्व विद्यार्थी काही काळ चुंबकाकडेच बघत राहिले. या घटनेमुळे आर्स्टेडचे लक्ष देखील चुंबकाच्या हालचालीकडे गेले. यानंतर तेथेच चुम्बकावर अनेक प्रयोग करण्यात आले. या सर्व प्रयोगामुळे वीज-प्रवाह व चुम्बकत्व या दोहोंत कार्यकारण संबंध आहे हे नक्की ठरले. ही गोष्ट नक्की ठरताच आर्स्टेडने या प्रयोगास प्रसिध्दी दिली. (सन १८२०). व्होल्टाने विद्युत्-घट इ. स. १८०० साली तयार केला; त्यानंतर वीस वर्षांनी आर्स्टेडला चुम्बकत्व व विद्युत प्रवाह यातील संबंध दाखवता आला.

या प्रयोगसिध्द ज्ञानाचा उपयोग नंतर तीन शास्त्रज्ञांनी करून घेतला. १) आंद्रे मारी ॲम्पेअर (फ्रान्स) २) मायकेल फॅरेडे (इंग्लंड) ३) जोसेफ हेन्री (अमेरिका).

★ ★

प्रकरण चौदावे

आन्द्रे मारी ॲम्पेअर

[इ. स. १७७५ ते १८३६]

ANDRE MARIE AMPERE

ॲम्पेअरचा जन्म २२ जानेवारी १७७५ रोजी फ्रान्स देशात लायोन्स शहरी झाला. यांच्या वडिलांचे नांव जॅक्स असून ते एक श्रीमान व यशस्वी व्यापारी होते. आंद्रे हा त्यांचा एकुलता एक मुलगा होता. आन्द्रेच्या जन्मानंतर जॅक्स ॲम्पेअरनी शहर सोडले व ते पॉलेमी या खेडेगावी राहाण्यास गेले. या खेडेगावी शिक्षणाची सोय नव्हती. आन्द्रेला त्याच्या वडिलांनीच लिहिण्यास व वाचण्यास शिकवले. लहानपणी आन्द्रेला गोट्या खेळण्याचा भारी छंद असे. तासन् तास तो गोट्या खेळत असे व त्या सर्व गोट्यांचा रात्री हिशोब लिहून ठेवी. अंकगणित तो स्वतःच शिकला असे त्याचा चरित्रकार लिहितो.

फ्रेंच भाषेच्या अभ्यासानंतर त्याला लॅटीन शिकवण्याचा प्रयत्न वडिलांनी केला परंतु त्यात यश आले नाही. आंद्रेचा ओढा गणितशास्त्राकडे फार असे. गणिताबरोबर तो भूमिती व बीजगणित शिकला. आन्द्रे अठरा वर्षांचा होईतों गणित शास्त्रात पूर्ण तयार झाला. गणित शास्त्रावरील सर्व पुस्तकांचा अभ्यास त्याने लहानपणीच केला होता. याच वेळी फ्रान्स देशात राजकीय उलथापालथ होत होती. देशाचा कारभार बंडखोरांच्या हाती गेला. कारभारी मंडळींना एखाद्या विषयी थोडा जरी संशय आला तर न्यायमंडळ त्याला शिरच्छेदाची शिक्षा फर्मावीत असे. या बंडाच्या खाईत आन्द्रेच्या वडिलांचा बळी पडला.

वडिलांच्या अकाली व क्रूर मृत्यूमुळे आन्द्रे हताश झाला. तो अगदी वीस वर्षांचा होता. त्यास इतर कोणीच जवळचे नातेवाईक नसल्याने मेलन्कोलिया (Melancholia) या मानसिक रोगाने त्याला पछाडले. या रोगाने पछाडलेला मनुष्य दुर्मुखलेला व खिन्न मनस्क असतो. या मानसिक रोगाने पछाडलेल्या माणसाकडून काहीही कार्य न होता तो आत्महत्या करण्याचा संभव असतो. अशा कठीण काळी त्याच्या हाती

प्रसिद्ध फ्रेंच लेखक जीन जॅक रूसो (Jean Jacques Rousseau) याचा ग्रंथ आला. या पुस्तकाच्या वाचनाने आन्द्रेच्या मनावरील ताण एकदम कमी झाला. त्याच्या मनातील मृत झालेली ज्ञानलालसा जिवंत झाली आणि आपण काहीतरी करावे असे त्यास वाटू लागले. याच वेळी त्याची व एका सुन्दर मुलीची ओळख झाली. या मुलीचे नाव होते जूली केरॉ (Julie Carron). दोघांच्या मैत्रीचे पर्यवसान लग्नात झाले. या दोघांचे लग्न ३ जुलै १७९७ रोजी झाले. लग्नानंतर आन्द्रेने तीन चार वर्षे एका शाळेत शिक्षकाचे काम केले. शिक्षकाचे काम करीत असतानाच त्याने गणित विषयावर एक सुंदर ग्रंथ लिहिला. या ग्रंथा-मुळे आन्द्रेला चांगली प्रसिद्धी मिळाली. फ्रान्स देशातील पहिल्या प्रतीचा गणितज्ञ म्हणून त्याची सर्वत्र ख्याती झाली. या ग्रंथांच्या प्रसिद्धीनतर त्याला लायाँ शहरी प्राध्यापकाची नोकरी मिळाली.

लायाँ शहरी आल्यानंतर एकाच वर्षाने आन्द्रेच्या आयुष्यातील दुसरी दुर्दैवी घटना घडली. त्याची प्रिय पत्नी ७ जून १८०४ रोजी एकाएकी मृत्यू पावली. पुन्हा एकदा आन्द्रे हतप्रभ झाला. दुःखाचा विसर पडावा म्हणून त्याने लायाँ गांव सोडले व तो पॅरीस येथे राहाण्यास आला. १८०६ च्या जुलै महिन्यात आन्द्रेने पुन्हा लग्न केले व त्याचे अडलेले गाडे पुढे सुरळीत चालू झाले. इ. स. १८०८ मध्ये विश्वविद्यालयाचा रेक्टर म्हणून आन्द्रे ॲम्पेअरची नेमणूक झाली.

१८२० च्या सप्टेंबर महिन्यात आन्द्रे ॲम्पेअरने विद्युत शास्त्रातील सुप्रसिद्ध शोध लावला. या शोधानंतर ॲम्पेअरच्या हातून विशेष कार्य झाले नाही. १० जून १८३६ रोजी वयाच्या बासष्टाव्या वर्षी हा फ्रेंच शास्त्रज्ञ दिवंगत झाला.

ॲम्पेअरचा प्रसिद्ध शोध :—

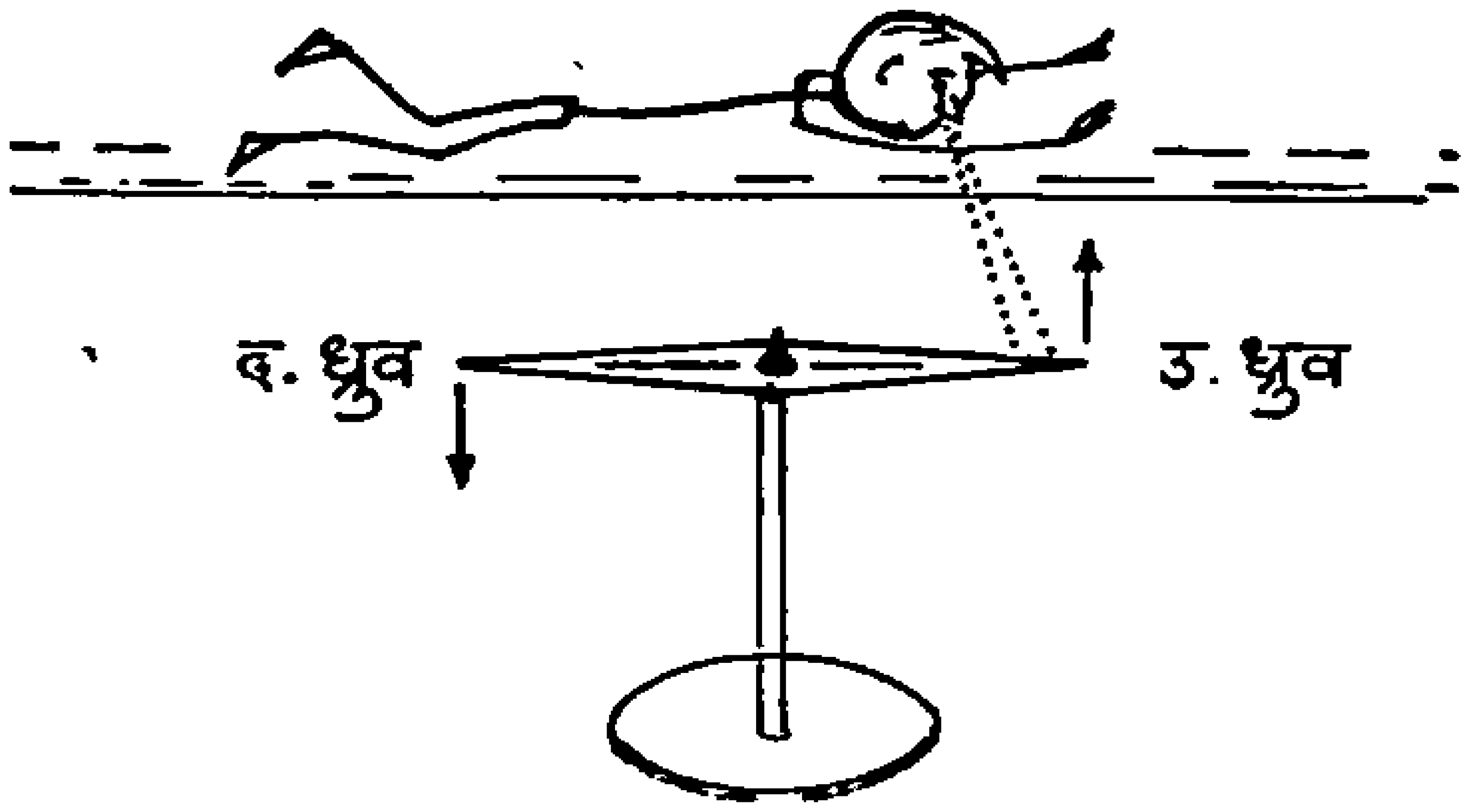
इ. स. १८१९ साली कोपनहेगन येथील प्रसिद्ध शास्त्रज्ञ आरर्टेड याने विद्युत्–प्रवाह व चुम्बकत्व यांचा एकमेकाशी काही संबंध आहे एवढेच प्रसिद्ध केले. या प्रयोगाची बातमी इ. स १८२० च्या सप्टेंबर महिन्यात पॅरिसला पोहोचली. इंस्टिट्यूट ऑफ सायन्स या संस्थेचा एक सभासद जिनेव्हा शहरी गेला होता. त्याला तेथे आर्स्टेडच्या शोधाविषयी माहिती मिळाली व त्याने ही माहिती पॅरीस येथील इतर सभासदांना दिली. या सभासदांपैकी आन्द्रे ॲम्पेअर हा एक होता. ॲम्पेअरने आपल्या प्रयोग शाळेत जाऊन आर्स्टेडच्या कल्पने-प्रमाणे प्रयोग करून पाहिले व त्याला त्यात बरेच यश आले. पुढे आठच दिवसांनी ॲम्पे-अरने आर्स्टेडच्या शोधाविषयी आपला निबंध सभेपुढे वाचून दाखवला.

Ampere's Left Hand Rule

" Imagine yourself so placed that the current enters by your feet and leaves by your mouth and your face is towards the magnet: then the N. pole will always be deflected to your left side.

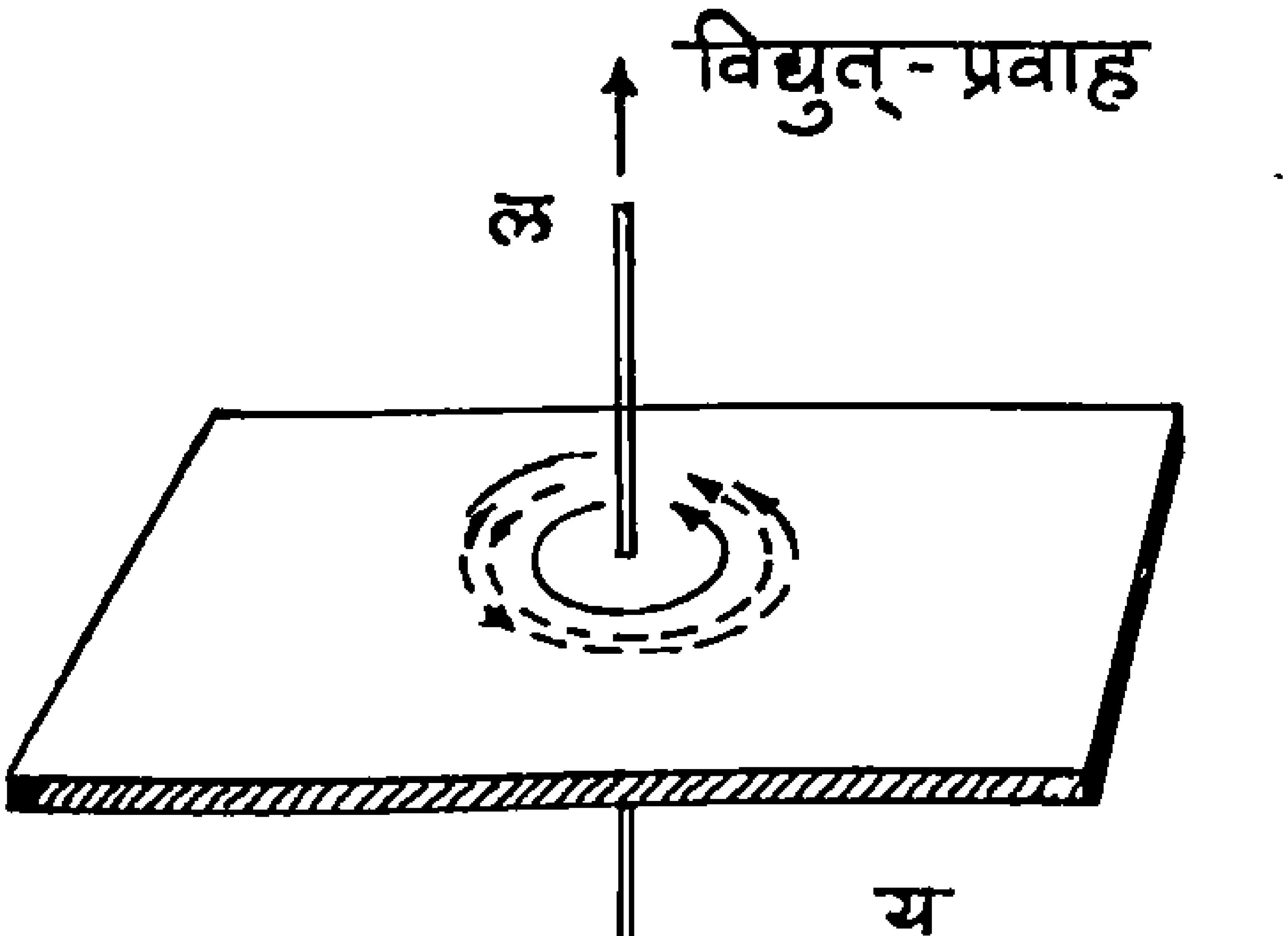
विजेच्या प्रवाहाबरोबर तुम्ही पोहोत आहात व तुमचे तोंड चुंबकाकडे आहे असे समजा, तर चुंबकीय उत्तर–टोंक तुमच्या डाव्या बाजूस झुकेल.

(आकृति १ ली पहा)

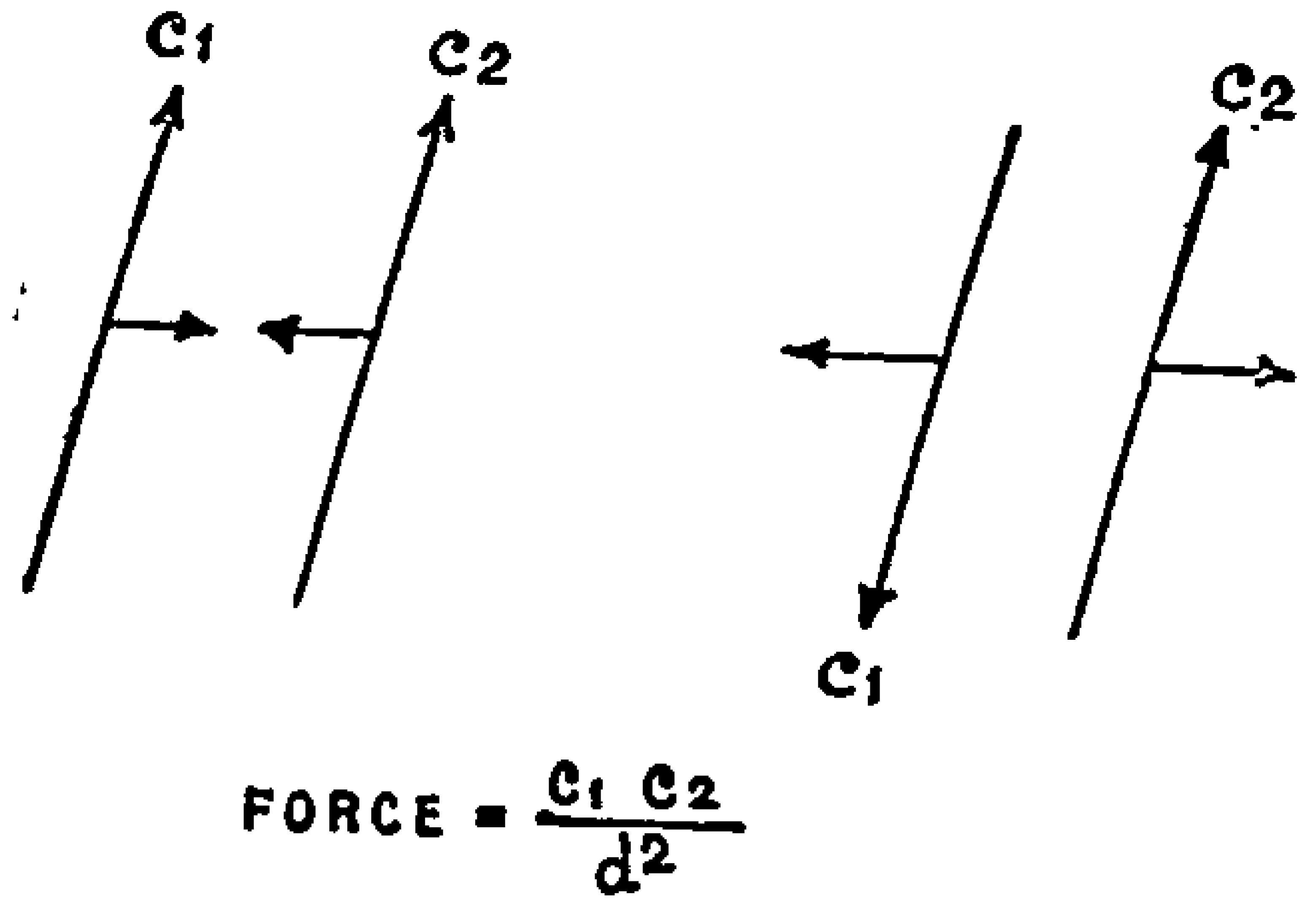


(आकृती २ री) अ ब क ड ही पातळ लाकडाची फळी आहे. या फळीच्या पृष्ठास काटकोन करून य र ल हा विद्युत्-प्रवाह जात आहे. या तारेभोंवती आकृतीत दाखवल्या प्रमाणे चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते. चुंबकीय कर्षक रेषांची कल्पना प्रथम ॲम्पेअरनेच काढली.

(आकृति २ री पहा)



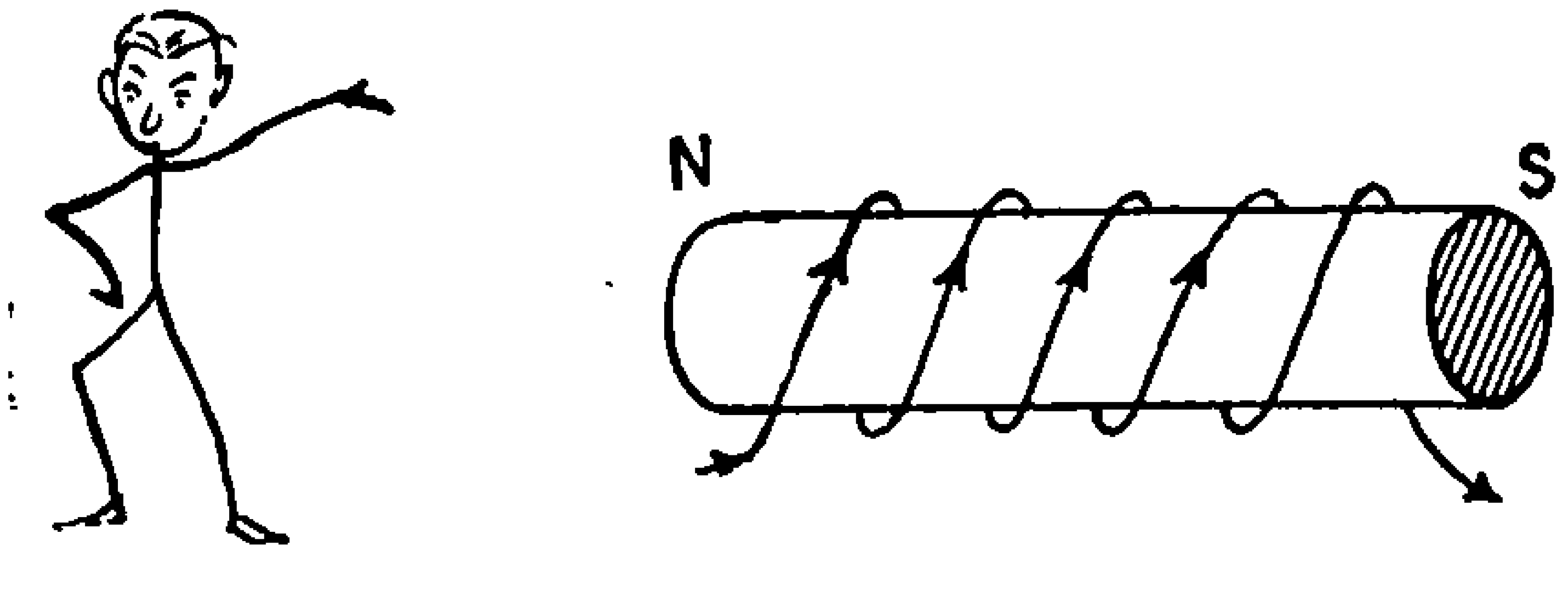
(आकृती ३ री) दोन समान्तर तारातून एकाच दिशेने विजेचा प्रवाह जात असेल तर त्या दोन तारा एकमेकीकडे आकर्षिल्या जातात. तसेच त्यांतील प्रवाह विरुद्ध दिशेने जात असतील तर त्या एकमेकीस दूर ढकलतील.



(आकृति ३ री)

$$\text{Force} = \frac{C_1 C_2}{D_2}$$

विद्युत्-प्रवाहाच्या साहाय्याने लोखंडाच्या ठिकाणी चुम्बकीय गुणधर्म पैदा करता येतात हे ॲम्पेअरने स्पष्ट केले. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे लोखंडाच्या कांबीवर तारेचे वेष्टन केले व त्यातून विद्युत्-प्रवाह सुरू केला तर लोखंडाची कांब लोहचुम्बक बनते. या चुम्बकास उत्तर व दक्षिण ध्रुव असतात. ज्या टोकाकडे पाहिले असता विद्युत-प्रवाह घड्याळाच्या कांट्याविरुद्ध (anti-clock wise) वाहात असल्याचे दिसते ते टोक उत्तर-ध्रुव होय.

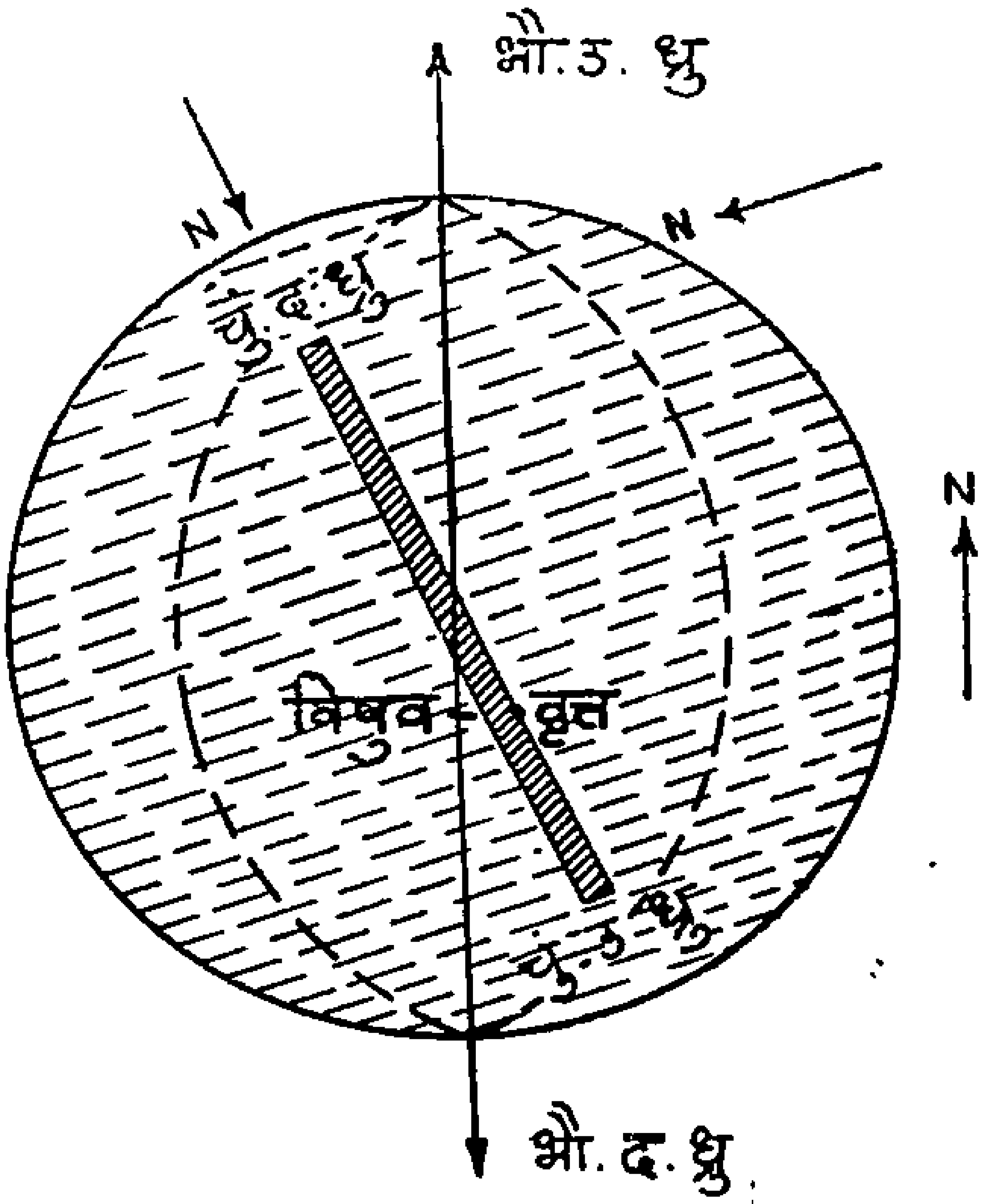


(आकृती ४ थी) विद्युत्-चुम्बक (Electro-magnet)

ॲम्पेअरचा तर्क :—

चुम्बकीय-सुई स्वतंत्ररित्या टांगली असता तिचे एक टोक उत्तर दिशेकडे व दुसरे टोक दक्षिणेकडे राहाते. यावरून अशी कल्पना येते की पृथ्वी ही एक चुम्बक आहे आणि या महान् चुम्बकाचा दक्षिणध्रुव भौगोलिक उत्तर ध्रुवाजवळ आहे; तसेच या महान् चुम्बकाचा उत्तर-ध्रुव भौगोलिक उत्तर ध्रुवाजवळ आहे. हीच कल्पना सोळाव्या शतकात इंग्रज शास्त्रज्ञ विल्यम गिल्बर्टने मांडली होती. ॲम्पेअरच्या कर्षक-रेषांच्या कल्पनेमुळे ही कल्पना जास्त स्पष्ट झाली. पृथ्वीच्या विषुववृत्तावर स्वतंत्ररित्या टांगलेली चुम्बकीय सुई भू-पृष्ठास समांतर राहाते. विषुववृत्तापासून आपण जसजसे उत्तरेकडे जाऊ तसतसे चुम्बकीय उत्तर टोक समांतर रेषेपासून खाली वाकते. चुम्बकीय सुई जितक्या कोनाने समांतर रेषेपासून वाकते

त्या कोनास "डिप कोन" (Angle of dip) म्हणतात. आपण उत्तर-ध्रुवावर गेलो तर त्या ठिकाणी चुम्बकीय सुई भू-पृष्ठास समांतर न राहाता काटकोनात राहाते. याचा अर्थ हा कीं भौगोलिक उत्तर-ध्रुवाजवळ "डिप कोन" ९० अंशाचा आहे.



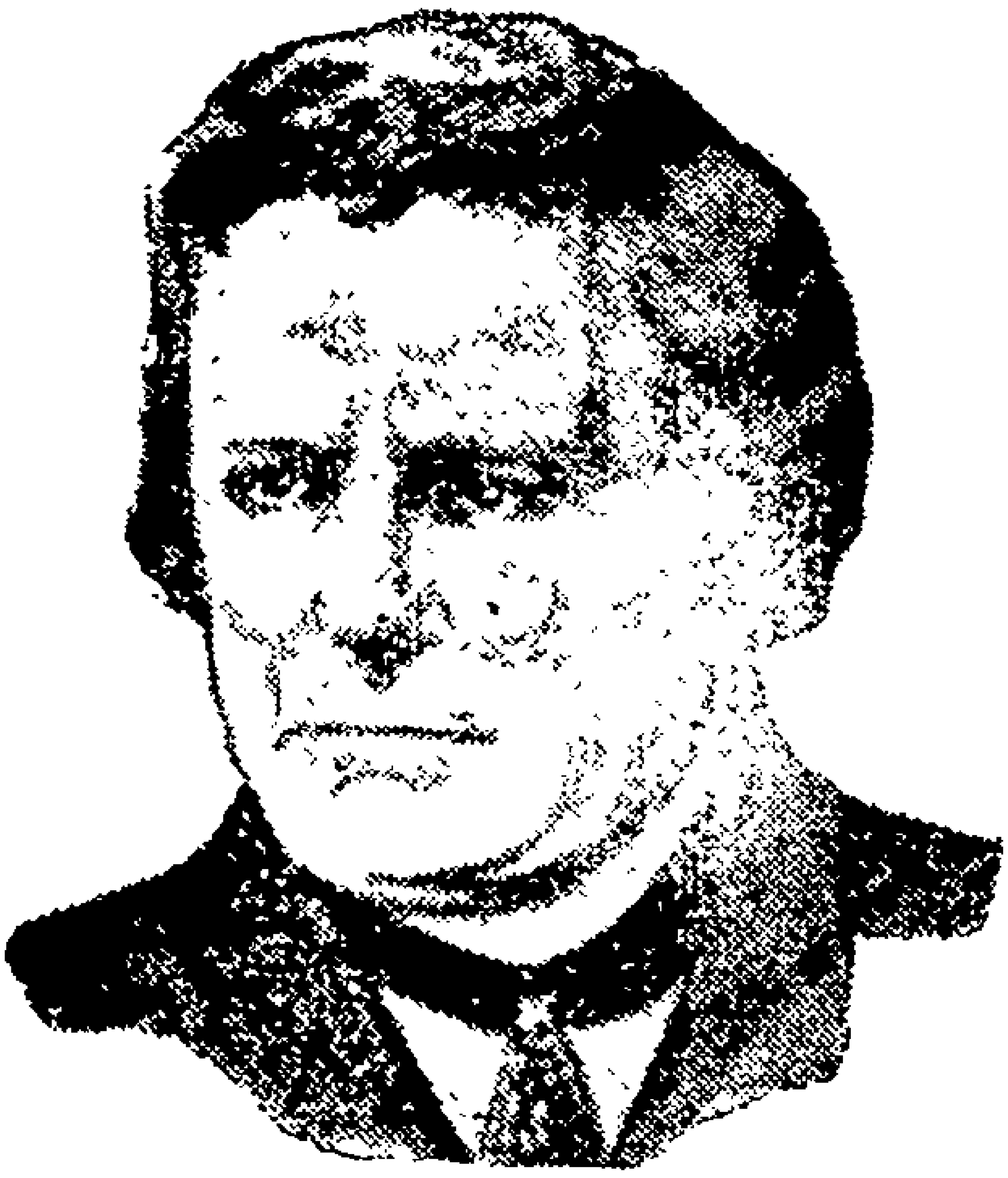
टेलिग्राफ यंत्राची सुरुवात:– टेलिग्राफ यंत्र अस्तित्वात येण्यास किती शास्त्रज्ञांचे परिश्रम कामास आले ही गोष्ट विचार करण्यासारखी आहे. इ. स. १८०० मध्ये इटालीयन शास्त्रज्ञ होल्टा याने विद्युत घट तयार केला. त्यात बरेच दोष होते. इतर शास्त्रज्ञांनी हे दोष काढून टाकले व निर्दोष विद्युत-घट तयार केला. इ. स. १८१९ साली हान ख्रिश्चन आर्स्टेडने विद्युत प्रवाहामुळे चुम्बक सुईवर परिणाम होतो एवढेच दाखवले. आर्स्टेडच्या संशोधनाचा पाठपुरावा ॲम्पेअरने केला व विद्युत-प्रवाह व चुम्बकीय क्षेत्र यांचा एकमेकाशी असलेला संबंध त्याने स्पष्ट केला. वरील तीन संशोधनांचा उपयोग करून जर्मन शास्त्रज्ञ गॉस व वेबर या दोघांनी टेलिग्राफ यंत्र तयार केले. इ. स. १८३३ साली पहिले टेलिग्राफ यंत्र जर्मनी देशातील गॉटिन्जन शहरी बसवण्यात आले.

इ. स. १८३७ साली अमेरिकन शास्त्रज्ञ सॅम्युअल मोर्स याने सध्या प्रचलीत असलेली तारायंत्राची पद्धत चालू केली. इंग्लंडमध्ये हेच कार्य चार्लस व्हिट्स्टन याने केले.

● ● ●

जॉर्ज सायमन ओहम

(इ. स. १७८७--१८५४)



GEORGE SIMON OHM

जॉर्ज सायमन ओहमचा जन्म जर्मनीमधील एरलान्जेन शहरी इ. स. १७८७ साली झाला. हा जर्मन शास्त्रज्ञ लोहाराचा मुलगा होता. याचे शिक्षण एरलान्जेन येथील शाळेत झाले. माध्यमिक शिक्षण पुरे होताच तो शिक्षकाचा व्यवसाय करू लागला. हा व्यवसाय करीत असता तो व्होल्टाच्या विद्युत्घटावर प्रयोग करीत असे. विद्युत् शास्त्रातील महत्वाचा सिद्धांत "ओहम लॉ" यानेच शोधून काढला.

ओहमचा सिद्धांतः-विजेचा प्रवाह हा विद्युत् दावाच्या समप्रमाणात व विद्युत-विरोधाच्या व्यस्त प्रमाणात असतो.

$$\text{विद्युत् प्रवाह} = \frac{\text{विद्युत दाब}}{\text{विद्युत विरोध}}$$

$$\text{No. of amperes} = \frac{\text{No. of Volts}}{\text{No. of Ohms}}$$

ओहमने वरील शोध इ. स. १८२६ साली प्रसिद्ध केला. खुद्द जर्मनी देशात या शोधावर टीकेची झोड उठली; परंतु इंग्लंडमध्ये या शोधाचे स्वागत झाले. विद्युत शास्त्रातील कोणतेही उदाहरण सोडवतेवेळी ओहमच्या सिद्धांताचा चारदोन वेळा तरी उपयोग करावा लागतो.

इ. स. १८८९ साली म्यूनिक येथील रॉयल बव्हेरियन ॲकॅडमी ऑफ सायन्स या संस्थेने ओहमची जन्मशताब्दी साजरी केली. या प्रसंगी प्रो. ई. फॉन लोमेल यानी भाषण केले; त्या भाषणातील पुढे दिलेला उतारा आहे.

The deeds of a man of science are his scientific investigations. Truth once discovered does not remain shut up in the study or laboratory. When the moment comes, it bursts its narrow bonds and joins the quick pulse of life. That which has been discovered in solitude, in the unselfish struggle for knowledge, in pure love of science, is often fated to be the mighty lever to advance the culture of our race,...... This enormous development of electro-technology could only be accomplished upon the firm foundation of "Ohm's law". Ohm has placed the sceptre of this dominion in the hands of the present.

Prof. E. Von. Lommel.

" शास्त्रज्ञाचे जीवन-कार्य म्हणजे त्याने केलेले संशोधन होय. गुह्य असलेले सत्य प्रकट झाल्यानंतर ते प्रयोगशाळेत अगर अभ्यासिकेत बंदिस्त राहात नाही. योग्य क्षणी ते बंधने तोडून बाह्य जीवन प्रवाहात एकरूप होते. एकांत स्थळी, विज्ञानदेवी वरील निर्व्याज भक्तीने आणि खडतर तपाने जे ज्ञान प्राप्त होते तेच पुढे मानवीसंस्कृतीच्या विकासाचे अमोघ साधन ठरते. ओहमच्या सिद्धांतावर विद्युत-तंत्राची महान प्रगति आधारित आहे. विद्युत-तंत्र क्षेत्रात नेहमी उपयोगी पडणारे असे अमोघ साधन ओहमने आपल्या हाती सुपूर्त केले आहे. "

प्रकरण पंधरावें

मायकेल फॅरेडे

(इ. स. १७९१ ते इ. स. १८६७)

MICHAEL FARADAY

"I do think that the study of Natural Sciences is so glorious a school for the mind that, with laws impressed on all created things by the Creator, and the wonderful unity and stability of Matter and the forces of Matter, there cannot be a better school for the education of mind.".

M. Faraday.

"माझा असा विश्वास आहे की मानसिक उन्नतीसाठी विज्ञानाचा अभ्यास हे उत्तम साधन आहे. परमेश्वर निर्मित या चराचर सृष्टीतील व्यापार कसे नियमबद्ध, एकसूत्री व अव्याहत चालू राहाणारे आहेत याची प्रचीती विज्ञानाच्या अभ्यासामुळे मनास येते; व तेणेकरून मन सुसंस्कृत होते."

मायकेल फॅरेडे.

उद्घाटन समारंभ:— २९ ऑगस्ट १८३१ रोजी एका महत्त्वपूर्ण शोधाची प्रसिद्धी झाली. या दिवशी लंडन येथील रॉयल इंस्टिट्यूशन ऑफ सायन्स या संस्थेने शोधाची प्रसिद्धी करण्याकरता खास सभा बोलावली होती. संस्थेच्या सभागृहात आमंत्रित पाहुण्यांची बरीच गर्दी जमली होती. यांत्रिक शक्तीच्या साह्याने विजलीची निर्मिती होते, हे सप्रयोग या सभेत सिद्ध करण्यात आले. मायकेल फॅरेडे हा या सभेतील मुख्य वक्ता होता. मोठ्या प्रमाणात विद्युत्-प्रवाह निर्माण करणे कसे शक्य आहे हे फॅरेडेने सिद्ध करून दाखवले. याच दिवशी बिजलीयुगाचा प्रारंभ झाला.

व्याख्यान सप्रयोग असल्यामुळे श्रोत्यांची चांगलीच करमणूक झाली. परंतु प्रयोगाचे रहस्य फारच थोड्यांना समजले. व्याख्यानाचा मुख्य विषय श्रोत्यांच्या डोक्यावरून गेला. व्याख्यान संपताच सर्व मंडळी चुळबूळ करीत सभागृहातून बाहेर पडली. श्रोते मंडळीतून एक स्त्री मोठ्या धिटाईने व्याख्यात्यापुढे उभी राहिली व तिने मायकल फॅरेडेला सरळ प्रश्न केला. तिने विचारले. "प्रोफेसर साहेब या लहानशा विजेचा काय हो उपयोग?" प्रश्न ऐकून व्याख्याते थोडे चमकलेच कारण त्यांचे लक्ष बाईच्या कडेवर असलेल्या लहान मुलाकडे होते. प्रश्न ऐकताच फॅरेडेने मुलाच्या गोंडस गालावर टिचकी मारली व त्याने बाईस उलट प्रश्न केला "बाई, या छोट्या बचाचा काय हो उपयोग?" हा प्रश्न ऐकून ती स्त्री उमजली व ती तेथून निघून गेली.

व्याख्यान संपल्यावर बड्या मंडळींना संस्थेमार्फत चहापान होते. या बड्या मंडळीत त्या वेळचे इंग्लंडचे मुख्य प्रधान श्रीयुत ग्लॅडस्टन मुख्य पाहुणे होते. या राजकारणी गृहस्थास देखील व्याख्यानाचे रहस्य समजले नाही या गृहस्थाने देखील फॅरेडेला प्रथमच्या स्त्री सारखाच प्रश्न केला. "तुमचा प्रयोग यशस्वी झाला खरा परंतु या अल्पशा विजेचा उपयोग काय?" हा प्रश्न ऐकताच मायकेल फॅरेडेने लगेच उत्तर दिले "अहो, मंत्रि महाशय, पुढे कर वसुली करता तुम्हाला एक साधन मिळेल." (Why, Sir, replied the lecturer there is every probability that you will soon be able to tax it !

एकाच प्रश्नाची व्याख्यात्याने दिलेली दोन उत्तरे किती तंतोतंत बरोबर आहेत हे विसाव्या शतकातील वाचकांना स्पष्ट करून सांगण्याची जरूरी नाही. सांप्रतचे युग हे बिजली युग म्हणण्यास हरकत नाही. चालणे, बोलणे, ऐकणे, पाहाणे वगैरे अनेक क्रिया हल्ली विजेच्या साहाय्याने होऊ लागल्या आहेत. यंत्राच्या साहाय्याने प्रचंड आकडेमोडीची उदाहरणे केवळ एकदोन मिनिटात करता येतात. या नवयुगाचा आद्यप्रवर्तक एकोणिसाव्या शतकातील महान शास्त्रज्ञ मायकेल फॅरेडे हा आहे, हे विसरून चालणार नाही.

मायकेलचे वडील जेम्स फॅरेडे हे सामान्य लोहार होते. धंद्यासाठी ते एका गावाहून दुसऱ्या गावी स्थलांतर करीत असत. मायकेलच्या आईचे नाव मार्गारेट व ती एका शेतकऱ्याची मुलगी होती. जेम्स व मार्गारेट यांचा विवाह इ. स. १७८६ साली झाला. मायकेलचा जन्म इ. स. १७९१ साली झाला. पुढे पाचच वर्षांनी फॅरेडे कुटुंब लंडन येथे राहाण्यास आले.

मायकेलच्या बाल्यावस्थेविषयी काही सांगण्यासारखे नाही. एका म्हातारीच्या खाजगी शाळेत मायकेल व त्याचा वडील भाऊ रॉबर्ट काही दिवस शिकत असत. परंतु एके दिवशी शिक्षेच्या भितीने या दोघा बंधूनी शाळेतून पळ काढला; व ते पुन्हा शाळेत गेले नाहीत. मायकेलने स्वतःच आपल्या शालेय शिक्षणाविषयी लिहीले आहे. ("My education was of most ordinary description consisting of little more than rudime-

बाई :— प्रोफेसरसाहेब, या लहानशा विजेचा काय हो उपयोग ?

फॅरेडे :— बाई, या छोट्या बच्च्याचा काय हो उपयोग ?

nts of reading, writing and arithmetic at a common school.")
"माझे शिक्षण अगदी सामान्य प्रतीचे होते. मला जेमतेम लिहिता, वाचता व आकडेमोडी करता येत असे."

शहरातील गरीब वस्तीतील मुले लहानाची मोठी कशी होतात हे आपण पाहातोच. या मुलांचा सर्व वेळ रस्त्याच्या कडेला खेळण्यात जातो, त्यांच्या शिक्षणाची, प्रकृतीची व कपड्यालत्याची कोणालाच फिकीर नसते. आई-बाप सर्व दिवसभर पोटापाण्याच्या विवंचनेत असतात म्हणून त्यांची मुले उकिरड्या सारखीच वाढत असतात. अशा मुलांपैकी एखादाच नशिबाने नांवारूपास येतो. अशाच मुलांपैकी मायकेल फॅरेडे होता.

घरच्या गरिबीमुळे मायकेलच्या बापाने मायकेलला अगदी तेराव्या वर्षापासून कामाला जुंपले. इ. स. १८०४ सालापासून मायकेल एका पुस्तकाच्या दुकानात "छोकरा" अगर "पोऱ्या" म्हणून काम करू लागला. वर्तमानपत्रे व पुस्तके वर्गणीदारांच्या घरी पोहोचवणे व ती परत आणणे ही दोन कामे त्याजकडे असत. ही कामे तो दोन वर्षे करीत होता. या नंतर त्यास पुस्तक बांधणीचे काम मिळाले. या कामामुळे मायकेलचा संबंध ग्रंथांशी येऊ लागला. पुस्तकांची बांधणी करतेवेळी मायकेलची नजर पुस्तकातील लिखाणाकडे जाऊ लागली. बांधणीस आलेली बरीच पुस्तके त्याने वाचून काढली. मायकेलच्या या संवयीमुळे पुस्तकाच्या बांधणीस उशीर होऊं लागला व गिऱ्हाईकांनी तशी तक्रार मालकाकडे केली. आता मालकाची नजर चुकवून मायकेलला विद्या-चौर्य करणे भाग पडले.

संपूर्णपणे वाचल्यानंतर बांधणी केलेले पहिले पुस्तक हे वॅट या ग्रंथकाराचे मानस विकार (Watts Improvement of Mind) हे होय. या नंतर मायकेलच्या दुकानात "ब्रिटिश विश्वकोश" हा ग्रंथ बांधणीस आला. या विश्वकोशातील रसायन शास्त्रावरील संवाद हा लेख मायकेलला वाचावयास मिळाला. या लेखामुळे मायकेलचे मन शास्त्राच्या अभ्यासाकडे आकर्षिले गेले. या लेखाची पक्कड त्याच्या बालमनावर कायमची पडली. आता त्याला शास्त्राचा अभ्यास करावा असे वाटू लागले. मायकेलच्या काळी शास्त्रसुद्धा बाल्यावस्थेतच होती. विज्ञानाच्या ग्रंथातून निरनिराळ्या प्रयोगांची माहिती असे. त्यांत तर्कशुद्ध असे सिद्धांत क्वचितच असत. यामुळे प्रयोगाचे वाचन करताच वाचकाला सहज बोध होईल. सांप्रतच्या काळात सामान्य वाचकास सहज बोध होईल असे शास्त्रीय ग्रंथ नाहीत.

हाताला लागतील असे शास्त्रीय ग्रंथ वाचून मायकेलची दोन वर्षे गेली. पुढे पगारातील पैशाची बचत करून मायकेल प्रयोगासाठी उपकरणी खरेदी करू लागला. पुस्तकातून दिल्याप्रमाणे तो प्रयोग करून पाहू लागला. अशा तऱ्हेने शास्त्राचा अभ्यास करण्याचा त्याला छंदच लागला. एके दिवशी एका दैनिक वर्तमानपत्रात एका व्याख्यान-मालेविषयी जाहिरात आली. 'मिस्टर टर्टन आपल्या घरी वास्तवशास्त्रावर दररोज सकाळी आठ वाजता सप्रयोग व्याख्यान देतील. प्रत्येक व्याख्यानास फी फक्त एक शिलिंग.'

मायकेलने ही जाहिरात वाचली; परंतु त्याच्यासारख्या गरीब मुलास ही फी कशी देता येणार ! ! काही करून व्याख्यानांना हजर राहावयाचेच असे मायकेलने ठरवले. फीच्या पैशासाठी तो आपला वडील भाऊ रॉबर्ट याजकडे गेला. मायकेलच्या मनाची तळमळ पाहून रॉबर्टने त्यास पैसे दिले. व्याख्यानमालेचा मायकेलला फारसा उपयोग झाला नाही, परंतु यामुळे त्याला त्याच्यासारखेच इतर स्नेही सोबती मिळाले. या सर्व मंडळींनी मिळून अभ्यासक मंडळ स्थापन केले. अभ्यासक मंडळाच्या स्थापनेमुळे कल्पनांची देवाणघेवाण सुरू झाली व सर्वांची प्रगती होत राहिली.

मायकेलच्या दुकानी श्री. डेन्स या नावाचे गृहस्थ येत असत. मायकेलला शास्त्राच्या अभ्यासाचा छंद आहे, ही गोष्ट डेन्सच्या लक्षात आली होती. या गृहस्थाने एके दिवशी मायकेलला बातमी दिली. " रॉयल इंस्टिटयूशन ऑफ सायन्स " या संस्थेच्या सभागृहात हंफ्रे डेव्ही शास्त्रीय विषयावर व्याख्यान देणार आहेत. या व्याख्यानमालेतील निदान चार व्याख्याने ऐकण्याविषयी डेन्सने मायकेल फॅरेडेला आग्रह केला. डेन्सच्या सांगण्यावरून व्याख्याने ऐकण्याचे मायकेलने ठरवले. प्रवेश फीची व्यवस्था करून तो व्याख्यानास जाऊ लागला. हंफ्रे डेव्हीची ही चार व्याख्याने म्हणजे मायकेलला एक प्रकारची मेजवानीच वाटली. प्रत्येक व्याख्यानाची त्याने उत्तम तऱ्हेची टिपणे तयार केली. व्याख्याने ऐकून मायकेलला वाटू लागले की आपण पुस्तके बांधणीचा धंदाच सोडावा व शास्त्राचा अभ्यास करावा. पण हे कसे घडणार ! त्याचे दारिद्र्य त्याच्यापुढे उभे ठाकले ! !

अशा मनःस्थितीत रॉयल इंस्टिटयूशन ऑफ सायन्स या संस्थेच्या अध्यक्षास मायकेलने अर्ज करून आपली मनीषा व्यक्त केली. परंतु या अर्जास काहीच उत्तर आले नाही. यानंतर मायकेलने दुसरा अर्ज लिहीला. या दुसऱ्या विनंती अर्जासोबत त्याने ऐकलेल्या डेव्हीच्या चार व्याख्यानांची टांचणे पाठवली. या विनंती अर्जात मायकेल स्वतःविषयी लिहीतो :—

" चालू धंद्यात (पुस्तक बांधणी) दुर्गुण आणि स्वार्थ या शिवाय काही नाही. काहीही झाले तरी हा धंदा सोडलाच पाहिजे असे माझ्या मनाने ठरविले आहे. धंदा सोडून शास्त्राची सेवा करणे हेच माझ्या आयुष्याचे ध्येय ! " या पत्राचा योग्य तो उपयोग झाला. " सत्यसंकल्पाचा दाता भगवान " या बोध–वचनाप्रमाणे गोष्ट घडून आली. डेव्हीला मायकेलच्या मनःस्थितीची जाणीव झाली. डेव्हीने हा मायकेलचा अर्ज आपल्या स्नेहांना दाखवला. " या मनुष्याकरिता मी काय करावे " असा सल्ला डेव्हीने स्नेहांना विचारला. स्नेहाने उत्तर दिले, " निदान बाटल्या धुण्याचे काम तरी त्यास दे ! " या घटनेनंतर चार-दोन दिवसांतच डेव्हीचे पत्र मायकेलला गेले. डेव्ही पत्रोतरी लिहीतात :—

HUMPHRY DAVY

"I am far from displeased with having given me of your confidence, in your letter which displays great zeal, power of memory and attention. It would gratify me to be of any service to you. I wish it may be in my power."

" आपल्या पत्रात आपण व्यक्त केलेला मजविषयीचा विश्वास व श्रद्धा पाहून मला समाधान वाटत आहे. आपल्या पत्रातील मजकूर वाचून आपल्या ठिकाणी असलेला शास्त्राविषयीचा उत्साह, मनाची एकाग्रता व दांडगी स्मरण शक्ती यांची जाणीव होते. मजकडून आपणाकरता काही करता आले तर मला फार आनंद होईल."

मायकेल फॅरेडेने सर हम्फ्र डेव्हीला पत्र लिहीणे म्हणजे धारिष्टाची गोष्ट होती. मायकेल हा गरीब व पुस्तके बांधणी सारखा हलका धंदा करणारा पोऱ्या! त्याला माध्यमिक शिक्षणाचा देखील गंध नव्हता. कोणत्याही विद्येत त्याने नाव कमावले नव्हते. उलटपक्षी डेव्ही हा खानदानी घराण्यातला व श्रीमंत मंडळीत वावरणारा पदवीधर होता. डेव्ही गुणग्राही असल्यामुळेच मायकेल फॅरेडेला पत्राचे उत्तर मिळाले. १ मार्च १८१३ पासून मायकेल फॅरेडे इंस्टिटयूशनचा नौकर झाला. मायकेलला राहाण्यासाठी छोटीशी खोली व आठवड्याला पगार पंचवीस शिलिंग मिळू लागला.

इंस्टिटयूशनमध्ये मायकेलला मिळालेले काम अगदी खालच्या दर्जाचे होते तरी तो तो आनंदाने करी. प्रयोग शाळेतील वाटल्या स्वच्छ पुसून ठेवणे. प्रयोगानंतर सर्व उपकरणी स्वच्छ करून जागच्याजागी ठेवणे ही दोन कामे त्याला करावी लागत. तसेच व्याख्यान चालू असता योग्य ती उपकरणी व्याख्यात्यापुढे आणून ठेवणे हेही काम त्यालाच करावे लागत असे. पुष्कळ प्रसंगी प्रयोगांची टांचणे आकृतीसह तो लिहून काढीत असे.

मायकेलच्या हुशारीची व टापटिपीची छाप डेव्हीवर चांगलीच पडली. नौकरी लागल्यानंतर सातआठ महिन्यांनी डेव्हीला यूरोपच्या दौऱ्यावर जाण्याचा प्रसंग आला. या दौऱ्यात आपला सेक्रेटरी म्हणून मायकेलला डेव्हीने बरोबर घेतले. प्रवासात असताना

डेव्हीची दैनंदिनी लिहीणे व कार्यक्रम ठरवणे हे मायकेलचे काम असे व त्याने ते चोख बजावले. या कामातील बढतीमुळे मायकेलचा पगार पाच शिलिंगाने वाढला. आता मायकेलचा पगार आठवड्यास तीस शिलिंग झाला.

शिक्षणाच्या दृष्टीने मायकेल फॅरेडेला हा दौरा फार फायद्याचा झाला. यूरोपमधील नामवंत शास्त्रज्ञांच्या व फॅरेडेच्या ओळखी झाल्या. त्यांचे प्रयोग त्याला अगदी जवळून पाहाण्यास मिळाले. तसेच डेव्ही व इतर शास्त्रज्ञ यांचे होणारे वादविवाद मायकेलला ऐकण्यास मिळाले.

केल्याने देशाटन पंडितमैत्री सभेत संचार ।
शास्त्र ग्रंथ विलोकन मनुजा चातुर्य येतसे फार ।।

या श्लोकाची शंभर टक्के सत्यता पटते.

इ. स. १८१३ पासून ते इ. स. १८१५ ही तीन वर्षे सर हंफ्रे डेव्ही व मायकेल फॅरेडे ही गुरु–शिष्याची जोडी यूरोपच्या दौऱ्यावर होती. हा काल राजकीय दृष्ट्या मोठा अस्थिर व धोक्याचा होता. फरान्स देशावर नेपोलियनची सत्ता होती. याच वेळी नेपोलियनची अजिंक्य समजली जाणारी सेना पराभूत होऊन मास्कोहून परत येत होती. याच वेळी इंग्रज, जर्मन व रशिअन ही दोस्त–राष्ट्रे झाली व ती एकत्र होऊन पॅरीसवर चाल करून जाण्याच्या विचारात होती अशा धामधुमीच्या काळात या दोन इंग्रज गृहस्थांना फरान्स देशात येण्याची परवानगी कशी मिळाली. यात आश्चर्य करण्याचे कारण नाही. स्वतः नेपोलियन शास्त्रज्ञांचा चाहता होता. या दोन इंग्रज शास्त्रज्ञांना खास पासपोर्ट देण्यात आला होता; व सरकारी नोकर यांच्या जीविताची खास व्यवस्था पाहात असत. या पासपोर्टवर मायकेल फॅरेडेचे वर्णन असे आहे. “A round chin, brown beard, a large mouth and a great nose”,

पॅरीसच्या मुक्कामात डेव्ही व फॅरेडे यांनी आन्द्रे मारी ॲम्पेअर (Andre Marie Ampere) याचा परिचय करून घेतला. या वेळी ॲम्पेअर पॅरीस येथील विश्वविद्यालयात रेक्टरचे काम पाहात असे. याच विद्यालयात तो गणित शास्त्राचा प्राध्यापक होता. इंस्टिट्यूट ऑफ फरान्स या संस्थेच्या सभागृहात ॲम्पेअरची व्याख्याने फॅरेडेला ऐकण्यास मिळाली. या भेटीचा व तत् जन्य ज्ञानाचा फायदा फॅरेडेला फार झाला, हे सांगणे नकोच. याच वेळी पॅरीसमध्ये गेलुसॅक नावाचा रसायन शास्त्रज्ञ राहात असे. याची भेट या इंग्रज गुरु–शिष्यानी घेतली. त्या वेळी गेलुसॅक रसायन शास्त्रातील महत्वाचा सिद्धांत हाताळीत होता. युद्धाची झळ लागण्याचा संभव असल्यामुळे हे गुरु–शिष्य फरान्स सोडून इटली देशात गेले. त्याकाळी इटली देशात फ्लोरेन्स शहर शास्त्रीय शिक्षणाचे केंद्र होते.

फ्लोरेन्स मुक्कामी या दोघांना गॅलिलीओने तयार केलेली दुर्बिण पाहावयास मिळली. फॅरेडेने आपल्या स्मरण टिपणात या दुर्बिणीचा उल्लेख पुढील प्रमाणे केला आहे. "दोन बाजूस भिंगे असलेली व कागदाच्या पुठ्याची साडेतीन फूट लांबीची नळी."

फ्लोरेन्सहून हे दोघे रोम शहरी गेले. या शहरी विजेचा-घट प्रथमःतच तयार करणारा शास्त्रज्ञ कौन्ट अलसांड्रो व्होल्टा (Count Aleesandro Volta) राहात असे, डेव्ही आणि फॅरेडे यांनी व्होल्टाच्या प्रयोग शाळेस भेट दिली. या दोघांनी व्होल्टाचा परीचय करून वीज-घटाचे सूक्ष्म निरीक्षण करून घेतले, या वीज-घटात कोणते दोष निर्माण होतात हे प्रत्यक्ष पाहीले. फॅरेडेने आपल्या स्मरण टिपणात या सर्वांची नोंद करून ठेवली हे सांगणे नकोच. लंडनला परत आल्यावर या दोघांनी स्मरण टिपणांचा भरपूर उपयोग करून घेतला. या वीज-घटाचा उपयोग करून डेव्हीने पोटॅशिअम व सोडियम या दोन मौलांचा (Elements) शोध लावला.

यूरोपचा प्रवासकरून ही गुरुशिष्याची जोडी इ. स. १८१५ च्या बसंतऋतूत परत लंडनला आली. यूरोपातील शास्त्रज्ञ किती पुढारलेले आहेत याची कल्पना या दोघांना आली.

इंस्टिटयूशनमध्ये परत आल्यावर डेव्हीने रक्षा-दीप या विषयावरील संशोधन हाती घेतले व त्यात तो यशस्वी झाला. या नंतर वायू रूपात असणारी द्रव्ये द्रव अगर घन स्थितीत रूपांतरीत करण्याचे प्रयोग या दोघांनी सुरू केले.

हर (Cholorine) वायूवर मोठा दाब देऊन त्याचा आकारमान कमी होत असे. ही क्रिया बॉईलच्या सिद्धांतान्वये घडून येत असे. परंतु आकार कमी करते वेळी वायूचे तापमान वाढे. हे वाढलेले तापमान थंड पाण्याच्या साहाय्याने कमी करण्यात येई. वायू थंड होताच पुन्हा त्याजवर अधिक दाब देण्यात येई व त्याचा आकार कमी करण्यात येत असे. असे अनेक वेळ करता हर (Chorine) वायूचे रूपांतर द्रवात झाले. हा प्रयोग प्रसिद्ध होताच इतर शास्त्रज्ञांनी प्राणवायू, हवा, सल्फर-डाय-ऑक्साईड अमोनिया वगैरे वायूवर प्रयोग करून त्यांचे रूपांतर द्रवांत अगर घनांत करण्याचे प्रयोग सुरू केले. हे सर्व प्रयोग यशस्वी झाले.

इ. स. १८२४ सालात डेव्ही व फॅरेडे यांनी बेंझॉल तेलाचा शोध लावला. प्रथम बेंझॉल तेल म्हणजे बायकार्बाइड ऑफ हायड्रोजन असे मानण्यात येत असे. या नंतर बेंझॉल सारखी अनेक द्रव्ये तयार करण्यात आली. या सर्वांना बेंझॉलच्या प्रपंचातील द्रव्ये असे नांव देण्यात आले. डामरापासून ही सर्व द्रव्ये आता काढली जातात; या सर्व द्रव्यांचा उपयोग उद्योगपति भरपूर करून घेत आहेत. इ. स. १८२९ साली हंफ्रे डेव्हीचे देहावसान झाले व नंतर फॅरेडे स्वतंत्र रीतीने संशोधन करू लागला.

आता आपण मायकेल फॅरेडेच्या खाजगी जीवनाकडे वळू. यूरोपचा प्रवास करून आल्यानंतर फॅरेडेचे महत्व वाढीस लागले. लौकरच प्रयोग शाळेचा संचालक म्हणून त्याची

नेमणूक झाली. यामुळे त्याची सांपत्तिक स्थिती सुधारली. १२ जून १८२१ रोजी त्याने लग्न केले. परंतु फॅरेडेला स्वत:चे असे अपत्य झाले नाही त्याने आपल्या बहिणीची मुलगी मिस् जेन बर्नार्ड हीला आपल्या घरी ठेऊन घेतले होते. याच मुलीच्या स्मरण टिपणावरून फॅरेडेच्या खाजगी जीवनाची माहिती मिळते.

फॅरेडेची दीनचर्या आखीव व नियमबद्ध असे. सकाळी आठ वाजता तो अल्पोपहार घेऊन प्रयोग शाळेत जात असे. दोन प्रहरचे अडीच वाजेपर्यंत त्याचे प्रयोगाचे काम चाले अडीचच्या सुमारास तो जेवत असे आणि नंतर अभ्यासिकेत बसून प्रयोगांचें सर्वलिखाण पुरे करी. या नंतर तो पुढच्या दिवसाचा कार्यक्रम ठरवून उपकरणांची नोंद करून ठेवी. प्रयोग शाळेतील उपकरणी योग्य ठिकाणी आहेत हे तो कटाक्षाने पाहात असे.

प्रयोगाचे काम चालू असता तो कोणासही भेटत नसे. खुद्द त्याच्या पत्नीला प्रयोग संपेपर्यन्त बाहेर बसून राहावे लागे. फारच थोड्या प्रसंगी तो कुटुंबातील मंडळी समवेत जेवणास बसे. मायकेल फॅरडे वृत्तीने अत्यंत धार्मिक होता. दर रविवारी न चुकता तो बायबलचे वाचन करी. काही प्रसंगी धार्मिक विषयावर चर्चमध्ये प्रवचन देई. त्याने पैशाचा कधीच संग्रह केला नाही. तो मोठा झाल्यावर देखील जुन्या मित्रांना व नातेवाईकांना भेटण्यास जाई. ''चला, तुम्हाला मी एक स्थळ दाखवितो'', असे तो आपल्या मित्रांना म्हणे व त्यांना पुस्तक-बांधणीच्या दुकानात घेऊन येई. दुकानांत जाताच तो आपल्या कामाच्या जागी बसे. हे करण्यात त्याला फार समाधान होई.

फॅरेडे उत्तम प्रतीचा व्याख्याता होता. व्याख्यान देण्याची कला त्याने डेव्हीपासून उचलली होती. राजकारणी पुढाऱ्याचे व्याख्यान व शास्त्रज्ञाचे सप्रयोग व्याख्यान यात बराच फरक आहे. आपल्या प्रयोगांनी फॅरेडे सामान्य प्रेक्षकांना देखील मंत्रमुग्ध करून टाकी. डेव्ही व फॅरेडे यांच्या व्याख्यानांना गर्दी होई. त्याच्या व्याख्यानांना राजकारणी पुरुष व राजघराण्यातील मंडळी पण येत. इ. स. १८५७ साली त्याच्या व्याख्यानाला खुद्द इंग्लंडचे युवराज (सातवे एडवर्ड) उपस्थित होते. त्यांच्याकडून आलेले अभिनंदन-पत्र फॅरेडेच्या दप्तरी आहे. पुष्कळ प्रसंगी फॅरेडेला दुसऱ्या एखाद्या शास्त्रज्ञाच्या संशोधनाविषयी बोलण्याचा प्रसंग येई. अशा प्रसंगी तो त्या शास्त्रज्ञाची खूप तारीफ करी व व्याख्यानाचे सर्व यश त्या शास्त्रज्ञांना देई.

फॅरेडेची व्याख्याने शाळकरी मुलांना फार आवडत. त्या काळी शाळेतून विज्ञान शास्त्राचा अभ्यास मुलांना नसे. यामुळे शाळकरी मुले मोठ्या संख्येने व्याख्यानांना उपस्थित असत. फॅरेडे एखाद्या जादुगारा सारखा मुलापुढे प्रयोग करी व आपला विषय रंगून सांगे. व्याख्यान चालू असता प्रयोगापासून निष्पन्न झालेले मुद्दे सूत्ररूपाने फळ्यावर लिहून काढीत असे. अशा तऱ्हेच्या व्याख्यानामुळे शाळकरी मुलांत तो विज्ञानाची आवड उत्पन्न करी.

इ. स. १८३८ मध्ये फॅरेडेची प्रकृती बरीच क्षीण झाली. त्याला प्रयोग शाळेत काम करणे कठीण झाले. इ. स. १८४१ साली फॅरेडेच्या पत्नीने त्यास विश्रांतीसाठी स्वित्झरलंड-मध्ये नेले. तेथे तो दोन वर्षे होता. पत्नीच्या शुश्रुषेमुळे व विश्रांतीमुळे त्याची प्रकृती पूर्ववत झाली.

या काळात फॅरेडेची कीर्ति सर्व जगभर पसरली. त्याने केलेल्या शोधामुळे मानवी जीवन सुखावह झाले. विजेच्या साहाय्याने यूरोपातील बातमी अमेरिकेस काही क्षणांत पोहोचू लागली. विद्युत् जनित्रे (Dynamo) व चलित्रे (Motor) कारखान्यात तयार होऊ लागली व कारखानदार पैशाने गब्बर बनले परंतु शास्त्रज्ञ मात्र तसेच दरिद्री राहिले.

इ. स. १८४४ साली फ्रान्स देशातर्फे मायकेल फॅरेडेचा गौरव करण्यांत आला. लंडन येथील रॉयल सोसायटीने त्याला अध्यक्ष म्हणून निवडण्याचे ठरवले होते. परंतु फॅरेडेने या गोष्टीला मान्यता दिली नाही. मायकेल फॅरेडेनें आपला स्नेही टिंडालला स्पष्ट लिहिले की

("Tyndall," said he, "I must remain plain Michael Faraday to the last.")

"शेवटपर्यंत मायकेल फॅरेडे असा साधासुधा इसम म्हणून मला राहू द्या."

मायकेल फॅरेडे जरी अगदी साधासुधा होता तरी तो अत्यंत मानी होता. कोणीहि त्याचा अगर विज्ञानशास्त्राचा अवमान केला तर त्याला ते खपत नसे. त्याच्या मानीपणाचे उदाहरण म्हणून त्याच्या आयुष्यातील एका घटनेची माहिती वाचकांना असणे जरूर आहे. पहिल्या श्रेणीचा शास्त्रज्ञ म्हणून फॅरेडेची कीर्ति सर्व यूरोपभर पसरली होती. त्याच्या भेटी-करता निरनिराळ्या देशांतून विद्वान लोक लंडनला येत असत. या घटनेमुळे राजकारणी मंडळीचे लक्ष फॅरेडे या व्यक्तीकडे गेले, आणि त्यांना कळून आले की फॅरेडे अगदी निर्धन माणूस आहे. ही गोष्ट बरी नाही असे राणीचे मुख्य–मंत्रि सर रॉबर्ट पील याना वाटू लागले. सर रॉबर्ट पील यानी फॅरेडेला वार्षिक तीनशे पौंड मानधन म्हणून देण्याचे ठर-वले. प्रथम हे मानधन न स्वीकारण्याचे फॅरेडेने ठरवले होते. परंतु त्याच्या मित्रांनी त्याचे मन वळवले; व त्याला पटवून दिले की ही नेमणूक भिक्षा अगर धर्म नसून त्याच्या श्रमाचा मोबदला आहे. श्रमाचा मोबदला स्वीकारण्यात काहीच कमीपणा नाही. मित्रांचे हे म्हणणे फॅरेडेला पटले व मानधन स्वीकारण्यास त्याने अनुमती दिली. परंतु याच वेळी पार्लमेंटची निवडणूक झाली. सर रॉबर्ट पीलच्या जागी लॉर्ड मेलबोर्न आले. अधिकाराच्या जागी येताच लॉर्ड मेलबोर्ननी भेटीसाठी मायकेल फॅरेडेला पाचारण केले लॉर्ड मेलबोर्नला फॅरेडेच्या स्वभा-वाची विशेष कल्पना नव्हती. विज्ञानाच्या प्रसारामुळे राष्ट्राची उन्नती कशी झपाट्याने होत आहे याची जाणीव त्यांना नव्हती. संभाषणाच्या ओघात ते सहज बोलून गेले की, विज्ञान-शास्त्र म्हणजे एक 'खूळ' (Humbug) आहे. खूळ हा शब्द फॅरेडेच्या वर्मी लागला. भेटीचा कार्यक्रम संपताच फॅरेडे घरी परतले. घरी परत येताच त्याने लॉर्ड मेलबोर्नला नम्रपणे परंतु स्पष्ट शब्दात पत्र लिहिले की मानधन स्वीकार करण्याचा विचार करता येत नाही.

पत्र वाचताच लॉर्ड मेलबोर्नला आपली चूक लक्षात आली. यातून मार्ग कसा काढावा हा विचार ते करू लागले. फॅरेडेच्या चाहात्या मंडळींपैकी एका बड्या स्त्रीची व लॉर्ड मेलबोर्नची चांगली मैत्री होती. या स्त्रीला पाचारण करून सर्व हकीगत तिच्या कानावर घातली. या प्रकरणी तिने मध्यस्थी करावी अशी विनंति मेलबोर्नने तिला केली. या स्त्रीला ज्या प्रकारचे पत्र फॅरेडेने लिहिले त्यावरून फॅरेडेचा मानीपणा व तडफ लक्षात येते.

" I should require from His Lordship, what I have no right or reason to expect, that he would grant a written apology for the words he permitteed himself to use to me"

हे पत्र मध्यस्थी करणाऱ्या बाईनी लॉर्ड मेलबोर्नला दाखवले. मोठ्या खिलाडू वृत्तीने लॉर्ड मेलबोर्ननी पत्राचा आशय समजावून घेतला. त्यानी लगेच दिलगिरी दर्शक पत्र मायकेल फॅरेडेला लिहिले व हे वादळ शांत झाले.

सरकारी मानधन मिळत असल्याने फॅरेडेचा वृद्धापकाळ समाधानात गेला. वयाची सत्तर वर्षे होईतों तो व्याख्यानास उभा राहात असे. शेवटी इ. स. १८६२ साली त्याने श्रोत्यांचा निरोप घेतला. "मी तुमच्या पुढे प्रदीर्घकाळ उभा आहे तर मला आता निरोप द्यावा". इ. स. १८६५ च्या अखेरीस त्याला एक लहानसा आजार झाला व तोच अखेरचा ठरला. मरण समयी फॅरेडे हॅम्टन कोर्ट या राजवाड्यात राहात असे. महाराणी व्हिक्टोरिया यानीच हा राजवाडा फॅरेडेला रहावयास दिला होता. फॅरेडेचे देहावसान २५ ऑगस्ट १८६७ साली झाले. आपल्या व्यक्तिमाहात्म्याचा मागमूस मागे राहू नये अशी त्याची इच्छा होती. आपल्या मृत देहाची कशी व्यवस्था करावी हे त्यानेच लिहून ठेवले होते. मोठा समारंभ करून माझे स्मारक करू नये. फक्त धार्मिक विधीप्रमाणे माझे दफन करावे, अशी खास इच्छा त्याने प्रदर्शित केली. या महान शास्त्रज्ञाच्या स्मरणार्थ रॉयल इंस्टिटयूशनच्या आवारात प्रचंड प्रयोग-मंदीर उभारण्यांत आले. या मंदिराचे नांव डेव्ही-फॅरेडे प्रयोग शाळा.

फॅरेडेने सतत चाळीस वर्षे धनाची व मानाची इच्छा न धरता शास्त्राची सेवा केली. शास्त्रज्ञ कसा असावा हे पुढील पिढीस फॅरेडेच्या जीवनयात्रेचा अभ्यास करून समजण्यासारखे आहे.

प्रकरण सोळावें

मायकेल फॅरेडेचे संशोधन कार्य

"This discovery of Magneto-electricity is the greatest result ever obtained, It is the Mont Blanc of Faraday's own achievments. He always worked at great elevations, but higher than this he never attained.

John. Tyndall.

फॅरेडेच्या संशोधन कार्यातील हा शोध 'मॉंट ब्लॅंक' शिखरच होय. फॅरेडेच्या कल्पना नेहमी उच्च प्रतीच्या संशोधनाकडे धाव घेत असत; परंतु वरील शोधानंतर त्यास विशेष वर जाता आले नाहीं.

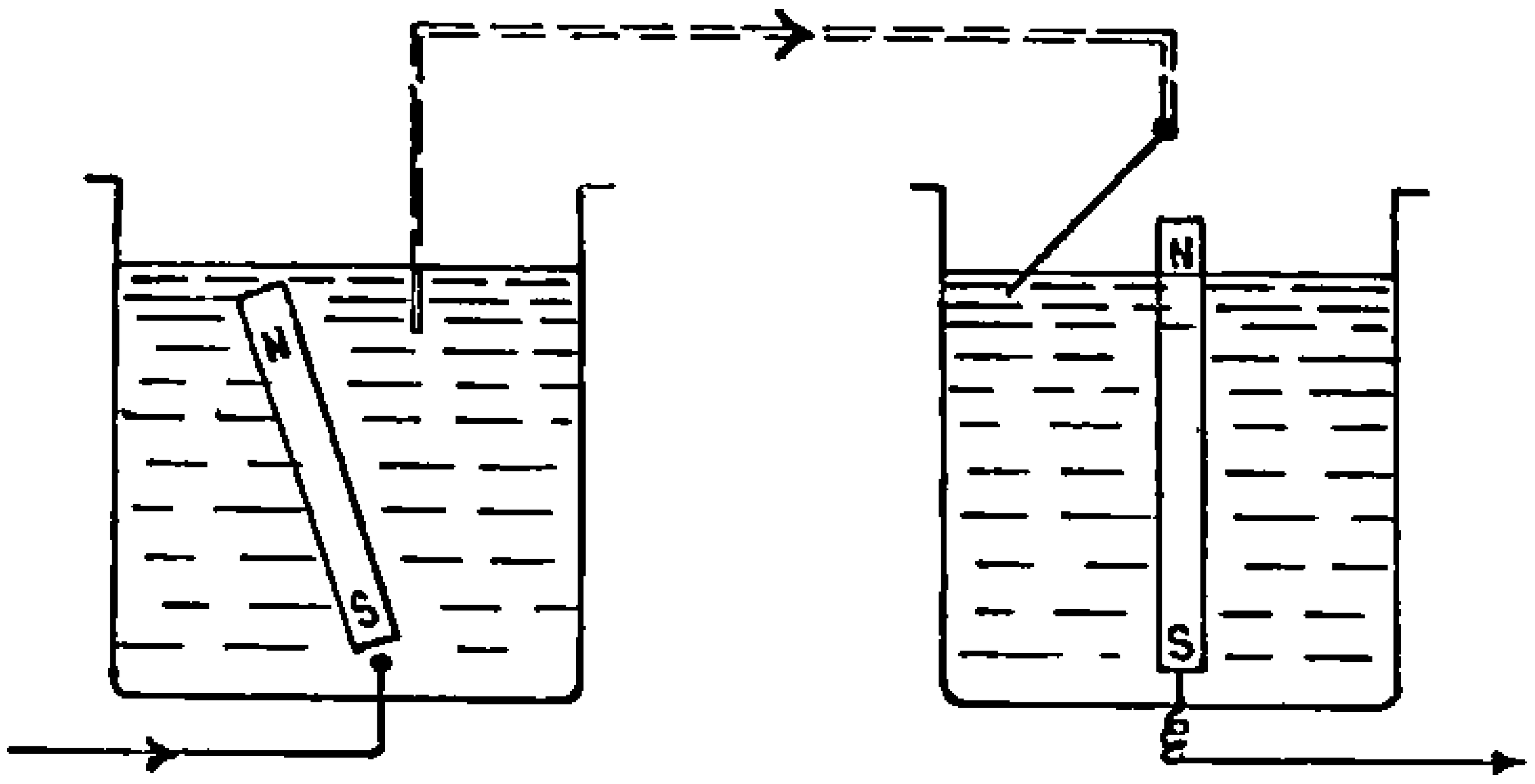
जॉन टिंडॉल.

इ. स. १८१९ साली शास्त्रज्ञ आर्स्टेड याने विद्युत्–प्रवाहामुळे चुंबकीय सुई विचलित होते एवढीच गोष्ट निदर्शनास आणली. यानंतर १८२० साली शास्त्रज्ञ ॲम्पेअरने विद्युत–प्रवाह व लोहचुंबक यातील नाते अधिक स्पष्ट केले. विद्युत्–प्रवाहामुळे कृत्रीम रित्या लोह-चुंबक बनवता येतो ही गोष्ट त्यानेच सिद्ध केली. फॅरेडे व डेव्ही यूरोपच्या दौऱ्यावर असताना त्यानी ॲम्पेअरच्या प्रयोग शाळेस भेट दिली होती. ॲम्पेअरच्या सान्निध्यात राहून या दोघांनी त्याच्या संशोधन कार्याची पूर्णपणे माहिती करून घेतली. ॲम्पेअरच्या प्रयोगाची टांचणे फॅरेडेच्या स्मरण वहीत होती.

इंग्रज शास्त्रज्ञ डॉ. वूलस्टन याने प्रथमच आर्स्टेड व ॲम्पेअर यांचे प्रयोग करून पाहिले; परंतु या शास्त्रज्ञास जास्त प्रगती करता आली नाही. एकदा डॉ. वूलस्टन प्रयोग करीत असता मायकेल फॅरेडे उपस्थित होता. फॅरेडेने प्रयोगाची साधारण माहिती करून घेतली आणि नंतर त्याने स्वतः प्रयोग करण्यास सुरुवात केली

विद्युत–प्रवाह व लोहचुम्बक या दोहोतील नाते समजावून घेऊन फॅरेडेने विद्युत्–द्योतक (Galvanometer) हे उपकरण तयार केले. विद्युत्–द्योतक कसा बनवतात हे वाचकांस माहीत आहे असे आम्ही धरून चालतो.

मायकेल फॅरेडेने केलेल्या एका महत्वाच्या प्रयोगाचे वर्णन येथे आम्ही देत आहोत. आकृतीत दाखवल्याप्रमाणें त्याने उपकरणांची जुळणी केली. प्रयोगाविषयीची अशी



कल्पना होती की जर चुंबक विद्युत्-प्रवाहांभोंवती फिरतो तर स्थीर चुंबकाभोंवती प्रवाहाने कां फिरू नये ? या विचारसरणीचा खरेपणा पहाण्यासाठीच हा चमत्कारीक प्रयोग फॅरेडेने केला. प्रयोग चालू होताच सुटा असलेला चुंबक व सुटी असलेली प्रवाही तार पात्रात गर-गर फिरू लागले. हे दृश्य पाहून मायकेल फॅरेडेही टेबलाभोंवती स्वतः नाचू लागला. एवढा त्याला आनंद झाला.(Look ? there it goes round !).

प्रवर्तित-विद्युत प्रवाह (Induce Current)

आतापर्यंत फॅरेडे ॲम्पेअरच्या प्रयोगानुसार प्रयोग करीत होता. या योगे ॲम्पे-अरच्या सिद्धांताविषयी खात्री झाली. यानंतर त्याला नवीन कल्पना सुचली. विद्युत-प्रवाहा-मुळे जर चुम्बकीय क्षेत्र निर्माण होते; तर चुम्बकीय क्षेत्रामुळे विद्युत्-प्रवाह कां निर्माण होऊं नये ? अगदी हीच विचारसरणी अमेरिकन शास्त्रज्ञ प्रोफेसर जोसेफ हेन्री याची होती. हे दोघेही याच कल्पनेच्या आधारे प्रयोग करीत गेले. इ. स. १८३१ साली मित्राला लिहीलेल्या एका पत्रात मायकेल फॅरेडे लिहीतो.

"I am busy just now again on electromagnetism and I think I have got hold of good thing, but cannot say. It may be a weed instead of a fish that, after all my labour, I may at last pull up."

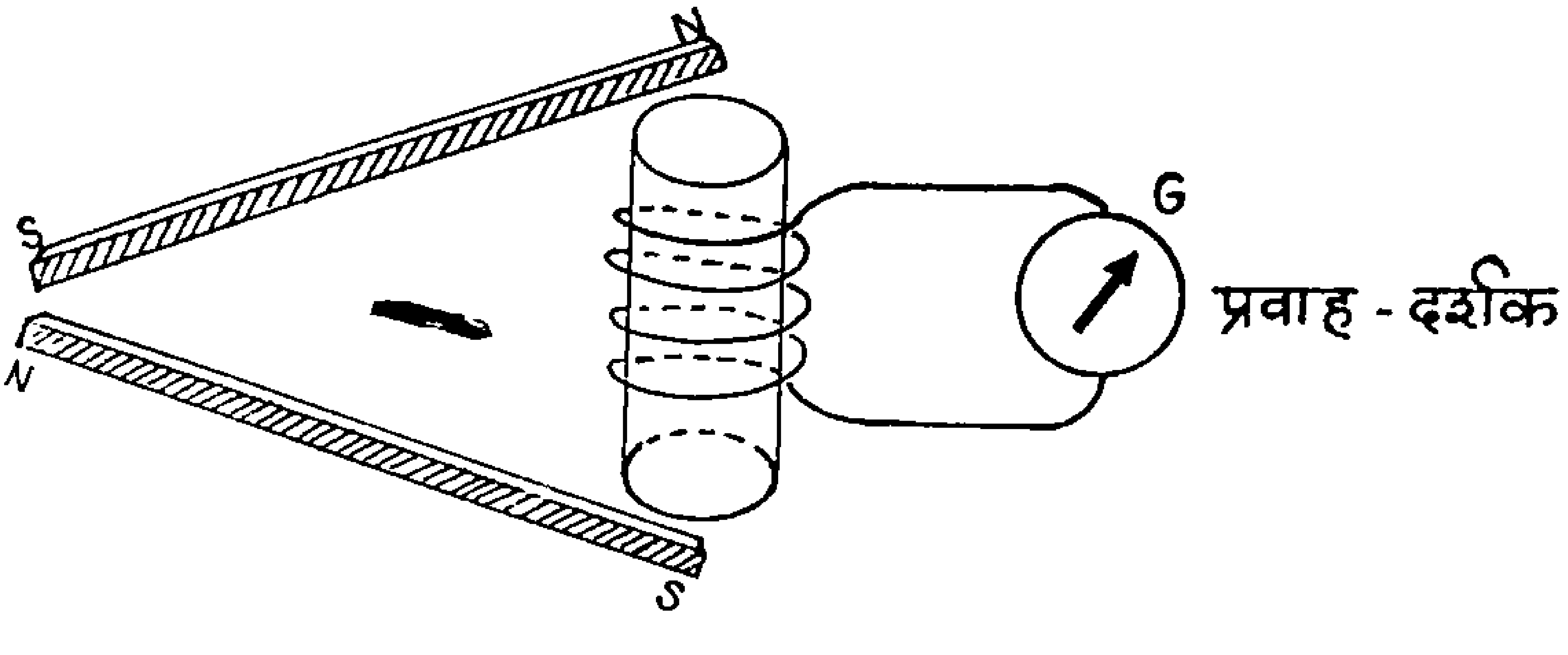
"सध्या मी विद्युत-निर्मित चुम्बकीय क्षेत्राविषयी गूढ विचार करीत आहे. मला वाटते की माझे हाती लहानमोठा मासा लागेल. परंतु काय सांगावे त्याच्या-ऐवजी लोहाळ्याचा पुंजकाच हातात यावयाचा. पण माझी खात्री आहे की श्रम केल्यास नक्कीच काहीतरी लाभ होईल ?" प्रयोग करण्यापूर्वी, शास्त्रज्ञाला प्रयोग साधने स्वतःच तयार करावी लागत. शास्त्रीय उपकरणी पैसे मोजून बाजारात मिळत नसत. पोलादाचा लोहचुम्बक प्रयोग शाळेतच करून घ्यावा लागत असे. चुम्बक तयार करण्याच्या कामी विद्युत्-घटाची जरूरी पडते. एक प्रभावी चुम्बक तयार करण्यास कितीतरी दिवस खर्ची पडत. हा चुम्बक ॲम्पेअरच्या शोधामुळे फॅरेडेला करता आला. यानंतर दुसरे महत्वाचे उपकरण म्हणजे विद्युत-प्रवाह-दर्शक (Galvanometer) तयार करून घ्यावा लागला.

९५६३४

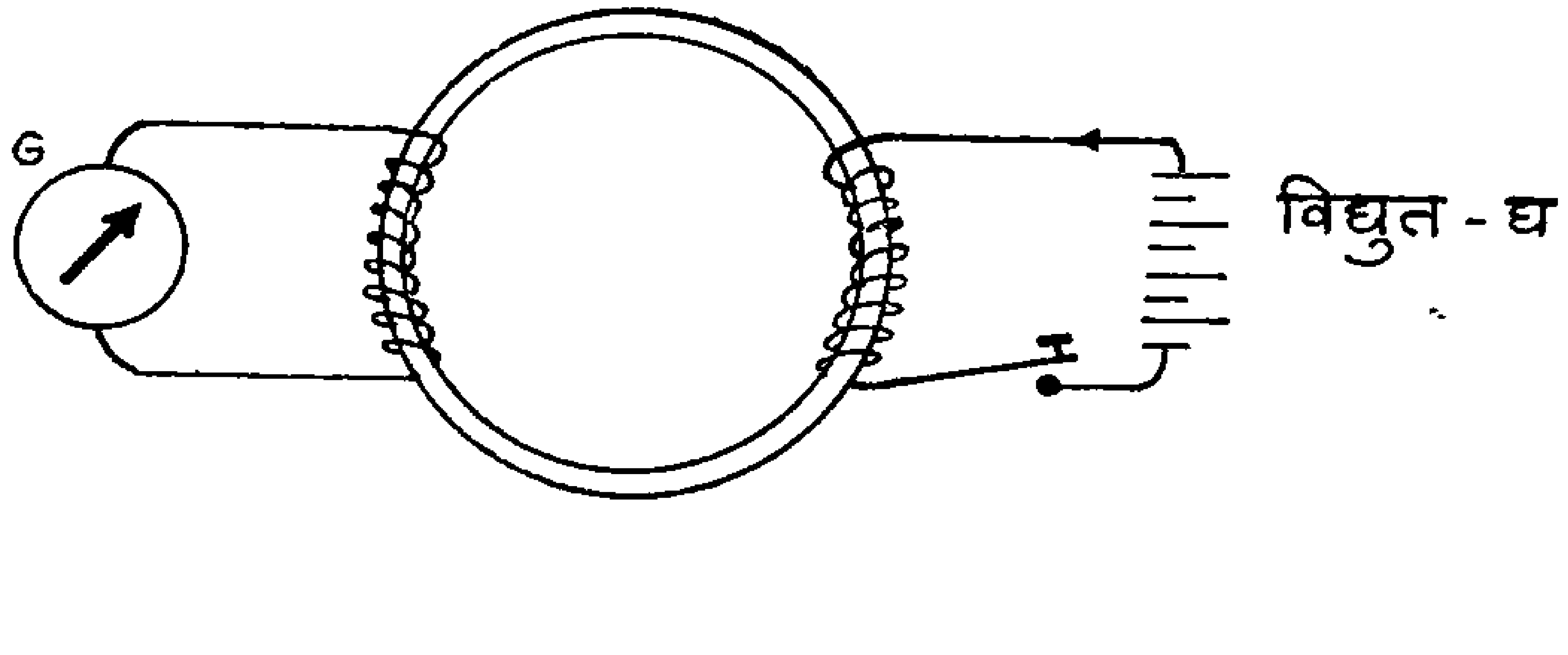
फॅरेडेचे प्रथमचे प्रयोग अगदी साधे होते. त्याने तारेचे वलय (insulated wire) उभे ठेवले. त्याची दोन टोंके विद्युत-दर्शकाला जोडली. नंतर लोहचुम्बकाचा एक ध्रुव वलयाच्या मध्यावर नेऊन ठेवला व प्रवाह चालू होतो कां ते पाहूं लागला. अर्थात या योगे विद्युत–प्रवाह चालू होणे अशक्यच. असेच प्रयोग करण्यात त्याचे काही दिवस गेले. नंतर त्याला सुचले की लोहचुम्बक वलयाजवळ सावकाश न आणता त्वरेने आणावा. या योगेही काही जमेना. क्षणार्धात चुम्बकीय क्षेत्र निर्माण केल्याशिवाय विद्युत प्रवाह उत्पन्न होणार नाही असे त्यास वाटू लागले. लोहचुम्बक मोठया वेगाने वलयाजवळ कसा आणता येईल यावर तो विचार करू लागला.

अखेरीस त्याला एक युक्ती सुचली. इमारतीच्या छतापासून एक चुम्बक टांगून ठेवला. त्याच्याबरोबर खाली तारेचे वाटोळे टेबलावर समान्तर स्थितीत स्थीर बसवले. हेतू हा की वरून खाली पडणारा चुम्बक मोठ्या वेगाने वाटोळ्याच्या मध्यातून जावा. हा प्रयोग करताच, विद्युत दर्शकातील चुम्बकीय सुईस झटका बसला प्रयोग यशस्वी झाला. या योगे त्याची विचारसरणी खरी असल्याचे पाहून त्यास समाधान झाले.

यानंतरचा प्रयोग आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे होता.



आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे दोन लोह-चुम्बक बसवले. या दोहोपैकी एकाचे टोंक वर उचलताच प्रवाह-दर्शकातील सुईस एका बाजूस झटका बसे व पुन्हा खाली ठेवताच विरुद्ध बाजूस झटका बसे.

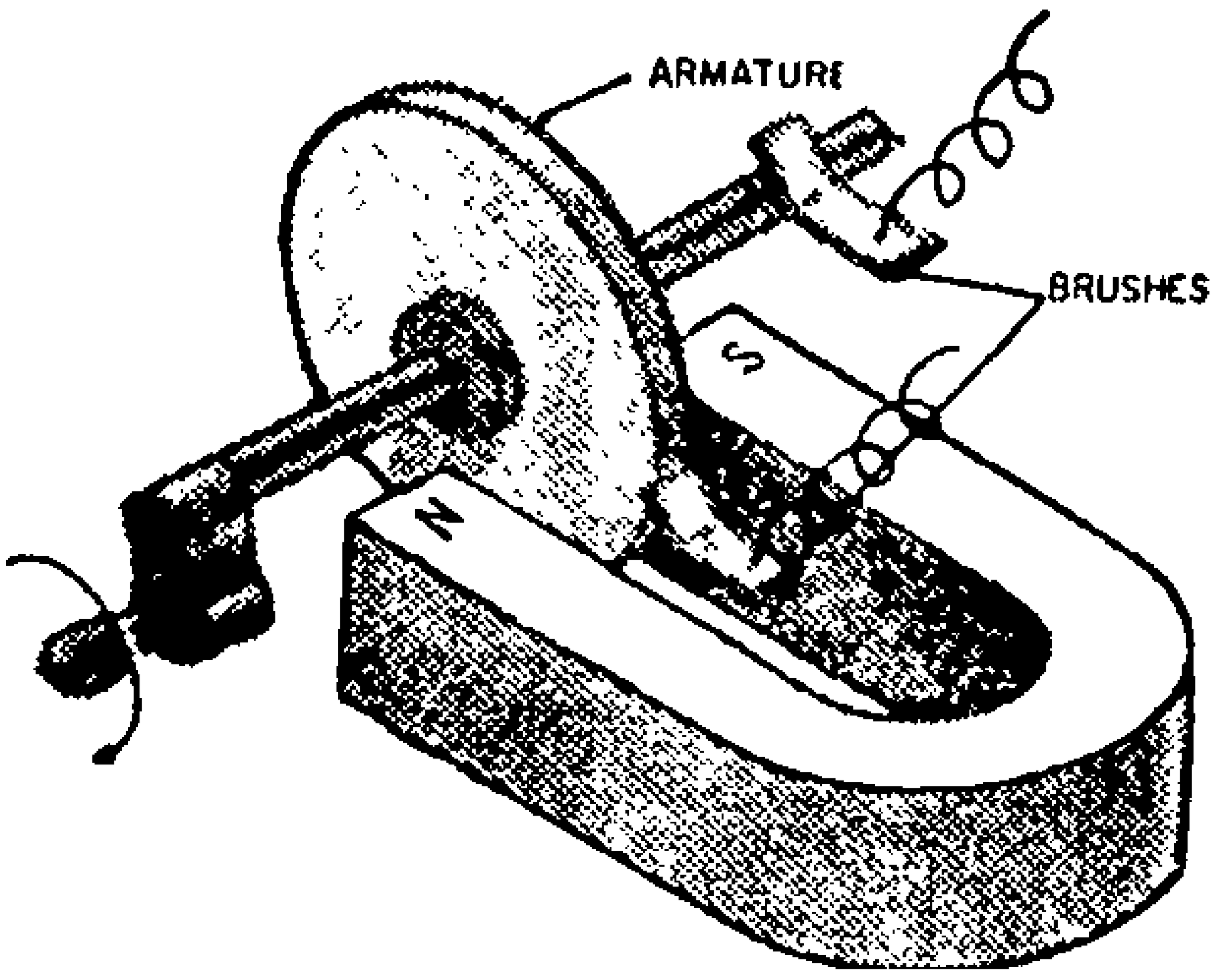


विद्युत् घटाच्या योगे वहाळ वेटोळ्यातून (Coil) वि. प्रवाह चालू होताच लोखंडी कडे चुम्बक बनते. या घटनेमुळे दुय्यम वहाळातून जाणाऱ्या चुम्बकीय क्षेत्रात बदल घडून येतो, चुम्बकीय क्षेत्रात एकाएकी बदल झाल्यामुळे दुय्यम वहाळातून क्षणैक विद्युत्-प्रवाह चालू होतो. या प्रवाहाचे अस्तित्व प्रवाह-दर्शकामुळे (Galvanometer) समजून येते. या क्षणैक विद्युत-प्रवाहास प्रवर्तित विद्युत-प्रवाह (Induced Current) म्हणतात.

प्रवर्तित-विद्युताविषयी फॅरेडेने सूचित केलेला सिद्धांत पुढीलप्रमाणे आहे :—

कोणत्याही कारणामुळे वहाळाच्या निकटवर्ती क्षेत्रात चुम्बकीय बदल घडून आला तर वहाळाच्या दोन अंतीम टोकात विद्युत्-दाब (E. M. F.) निर्माण होतो व त्या योगे प्रवर्तित विद्युत-प्रवाह चालू होतो. विद्युत-प्रवाहास कारणीभूत असलेला विद्युत-दाब व चुम्बकीय क्षेत्रात होणारा क्षणैक बदल या दोहोतील संबंध दाखवणारे समीकरण फॅरेडेने तयार केले.

$$\text{प्रवर्तित विद्युत-दाब} = \frac{\text{कर्षक रेषांच्या संख्येतील बदल}}{\text{काल.}}$$



Faraday's electrical generator.

फॅरेडेच्या या प्रयोगानंतर सुमारे पंचवीस वर्षांनी जनित्राची (Dynamo) रचना साध्य झाली.

विद्युत् प्रवाहाचा रासायनिक परिणाम :

विद्युत् प्रवाहामुळे रासायनिक विघटन होते ही गोष्ट फॅरेडेने इ. स. १८३३ साली प्रत्ययास आणून दिली. प्रवाहाच्या साहाय्याने मॅग्नेशिअमच्या संयुगापासून त्याने मॅग्नेशिअम धातू तयार केला. तसेच विद्युत् प्रवाहाच्या साहाय्याने त्याने पाण्याचे पृथक्करण करून पाणी हे हायड्रोजन व ऑक्सीजन यांचे संयुग आहे हे निश्चित केले.

युरोपच्या प्रवासाहून परत आल्यानंतर फॅरेडे व डेव्ही या दोघांनी विद्युत प्रवाहाविषयी संशोधन सुरू केले. या संशोधन कार्याचा परिपाक म्हणजेच रासायनिक विघटन विषयीचे दोन सुप्रसिद्ध नियम होत. विद्युत प्रवाहामुळे रासायनिक विघटन का घडून येते या विषयीची त्याची कल्पना त्याने शास्त्रज्ञापुढे मांडली.

दोन मौलांचे (Elements) परमाणू रासायनिक दृष्ट्या एकजीव झाल्याने संयुगाची निर्मिती होते. मौलांचे परमाणू विद्युताने भारलेले असतात. विद्युत दोन प्रकारचे म्हणजे धन व ऋण असते. काहींच्या परमाणूवर फक्त धन विद्युत व काहींच्यावर ऋण विद्युत असते धन परमाणू व ऋण परमाणू यांच्या युतीने संयुगाची निर्मिती होते. संयुगाचा द्राव (Solution in water) केला असता परमाणूतील परस्परातील बंधन थोडे शिथिल (dissociation) होते. अशा द्रावात विद्युत् प्रवाह चालू केला तर परमाणूंतील बंधन अधिकच शिथिल होते. यामुळे ऋण परमाणू वीज प्रवाहाच्या धन टोकाकडे (anode) व धन परमाणू वीजप्रवाहाच्या ऋण टोकाकडे [Cathode] खेचले जातात. अशा प्रकारे विद्युत प्रवाहामुळे रासायनिक विघटन घडून येते.

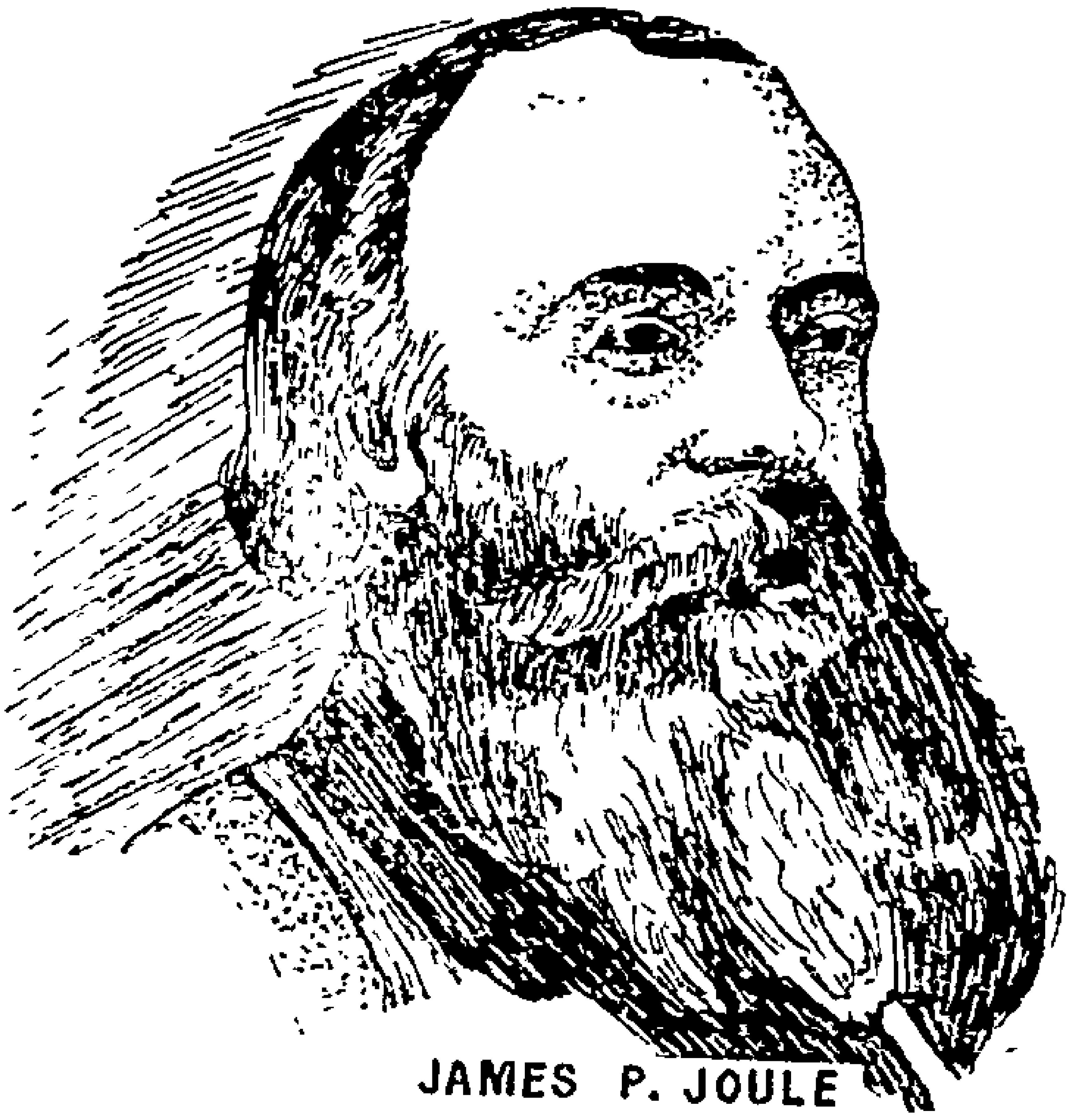
विद्युत पृथक्करणासंबंधीचे नियम :—

१] पृथक्करण क्रियेत मुक्त होणाऱ्या मौलाचे वस्तुमान द्रावातून वाहात असलेल्या विद्युत प्रवाहाच्या सामर्थ्यावर व प्रवाह किती कालपर्यंत वाहात आहे यावर समप्रमाणात अवलंबून असते.

२] निरनिराळ्या विद्युत द्रावातून एकाच सामर्थ्याचा विद्युत प्रवाह जाऊ दिल्यास मुक्त होणाऱ्या मौलांचे वस्तूमान त्यांच्या [मौलांच्या] रासायनिक सममूल्याच्या [Chemical Equivalent] समप्रमाणात असते.

काही मौलांचे रासायनिक सममूल्यांचे आकडे खाली दिले आहेत.

मौले	रासायनिक सममूल्य
१] हैड्रोजन	१.०४४×१०^{-५}
२] ऑक्सीजन	८.२८५×१०^{-५}
३] तांबे	३.२९४×१०^{-४}
४] चांदी	१.११८×१०^{-३}


JAMES P. JOULE

प्रकरण सतरावे

जेम्स प्रेस्कॉट जूल

इ. स, १८१८ ते १८८९

जेम्स जूल या इंग्रज शास्त्रज्ञाचा जन्म इ. स. १८१८ साली मँचेस्टर गांवी झाला. त्याच्या वडीलांचे नाव प्रेस्कॉट जूल असून त्यांचा व्यवसाय दारु गाळण्याचा होता. व्यवसायामुळे प्रेस्कॉट जूलची सांपत्तिक स्थिती उत्तम होती. प्रेस्कॉट जूलने आपल्या मुलाच्या शिक्षणाची चांगली व्यवस्था ठेवली होती. जेम्सचे प्राथमिक शिक्षण पुरे होताच प्रसिद्ध रसायन शास्त्रज्ञ जॉन डाल्टन याच्याकडे जेम्सच्या विद्यालयीन शिक्षणाची सोय करण्यात आली. जॉन डाल्टनसारख्या कल्पक शास्त्रज्ञाकडे जूलचे शिक्षण झाले हा मोठाच योग जुळून आला. वायू रुप पदार्थाविषयीच्या संशोधनास डाल्टनने प्रथमतःच सुरुवात केली होती. डाल्टनच्या सहवासात राहून जूलला संशोधनाची गोडी लागली. परंतु जूलने संशोधन विषय अगदी निराळा घेतला. डाल्टनकडील शिक्षण पुरे होताच जेम्स वडीलाकडे राहाण्यास आला. मुलाची शिक्षणातील प्रगती पाहून त्याच्या शिक्षणाचा उपयोग धंद्याच्या दृष्टीने करून घेऊ नये असे जूलच्या वडीलांनी ठरवले. त्यांनी आपल्या कारखान्याच्या आवारात मुलासाठी प्रयोग शाळा बांधून दिली. संशोधन कार्यास लागणारी उपकरणे बनवून घेण्यासाठी बरेच पैसे खर्च केले. याच काळात इंग्लंडमध्ये अनेक ठिकाणी संशोधन कार्य चालू होते. सर हंफ्रे डेव्ही व मायकेल फॅरेडे ही जोडी रसायन व विद्युत क्षेत्रात संशोधन करीत होती.

जूलच्या संशोधनाचा मुख्य विषय उष्णतेचे निश्चित स्वरूप ठरवणे हा होता. त्याने इ. स. १८४३ साली उष्णतेचे यांत्रिक मूल्य या विषयावरील संशोधन-पत्रिका ब्रिटिश

असोसिएशनकडे सादर केली. यावेळी जूलचे वय अवघे पंचवीस वर्षांचे होते. त्याला शास्त्रज्ञ म्हणून कोणी ओळखीत नसत. यांमुळे मंडळांतील सभासदांनी जूलच्या संशोधन–पत्रिकेची विशेष कदर केली नाही. पत्रिकेवर विचार न करतांच ती तशीच जूलला परत पाठवण्यात आली. जूलने या घटनेमुळे विशेष वाईट वाटून घेतले नाही. त्याने चिकाटीने संशोधन कार्य तसेच चालू ठेवले. पुढे दोन दोन वर्षांच्या अंतराने आपल्या संशोधन–पत्रिका जूल पुन्हा पुन्हा मंडळाकडे सादर करीत राहीला. तिसऱ्या खेपेसही त्याची पत्रिका परत करण्याचा मंडळाचा विचार होता. परंतु या खेपेस मंडळात केंब्रीज विद्यालयातून रँगलरची परीक्षा पास झालेला एक तरूण सभासद होता. या सभासदाने मंडळाच्या ठरावास हरकत घेतली व संशोधन–पत्रिकेवर विचार झालाच पाहिजे असा आग्रह धरला. पत्रिकेतील संशोधन कार्याचे किती महत्व आहे याची जाणीव त्याने सभासदांना करून दिली. या तरूण सभासदाचे नांव विल्यम थॉमसन असे होते. हाच पुढे लॉर्ड केलव्हीन म्हणून प्रसिद्धीस आला.

उष्णतेचे यांत्रिक मूल्य :

जूलच्या संशोधनापूर्वी शास्त्रज्ञांचा असा समज असे की उष्णता नावाचे अदृष्य द्रव सर्व पदार्थांना व्यापून आहे आणि या अदृश्य द्रवामुळे पदार्थांना तापमान येते. दोन वस्तुखंड एकमेकावर घासल्याने हे अदृश्य द्रव बाहेर पाझरते व पदार्थ अधिक तप्त होतो. या कल्पनेविषयी अठराव्या शतका अखेरपर्यंत कोणीही शंका घेतली नाही. इ. स. १७९८ साली कॉउन्ट रुमफोर्ड या इंजिनियरने या कल्पने-विषयी प्रथम शंका प्रदर्शित केली. या शंकेस अनुसरून सर हंफ्रे डेव्ही या इंग्रज शास्त्रज्ञाने प्रयोग करून उष्णता–द्रव ही कल्पना चुकीची आहे हे सिद्ध केले. हंफ्रे डेव्हीने प्रयोगा-करता दोन बर्फाचे तुकडे घेतले. बर्फाचे तापमान शून्य असते याचा अर्थ असा की बर्फामध्ये उष्णता-द्रवाचा अभाव आहे. हे दोन बर्फाचे तुकडे एकमेकावर घासले असता त्यातून द्रवपाणी गळू लागते. अर्थात हे द्रवरूप पाणी बर्फ वितळल्यामुळे तयार होते. बर्फ वितळण्यास उष्ण-तेची जरूरी आहे. बर्फ वितळण्यास लागणारी उष्णता कोठून आली? बर्फाच्या तुकड्यातून उष्णता–द्रव नाही असे आपण गृहीत धरतो. यासारखे अनेक प्रयोग करून उष्णता हे अदृश्य द्रव आहे असे मानणे चूक ठरते.

उष्णता हा एक शक्तीचा (Energy) अंतिम आविष्कार अगर स्वरूप आहे असे जूलने प्रतिपादन केले. जेव्हां शक्तीमुळे कार्य घडून येत नाही तेव्हां त्या शक्तीचे रूपांतर उष्णतेत होते. एखादी नदी कड्यावरून खोल दरीत उडी घेते त्यास आपण धबधबा म्हणतो. नदीचे पाणी उंचावर असताना त्या पाण्याच्या ठिकाणी स्थितीजन्य शक्ती (Potential Energy) असते. हे पाणी दरीत पडताच पाण्यातील स्थितीजन्य शक्ती नष्ट होते. याचा अर्थ असा नाही की ही शक्ती विश्वातून कायमची नष्ट झाली. जूलच्या मताप्रमाणे या शक्तीचे रूपांतर उष्णतेत होते व त्यामुळे दरीत पडलेले पाणी थोडे गरम होते जूलच्या मताप्रमाणे विश्वातील शक्ती कदापीहि नष्ट होत नाही म्हणजे ती अविनाशी व सनातन आहे.

उष्णतेचे परिणाम :— उष्णता आपण कॅलरी या परिमाणाने मोजतो. एक ग्रॅम पाण्याचे तापमान एक डिग्री [सेन्टीग्रेड] ने वाढण्यास जी उष्णता लागते त्या उष्णतेस आपण एक कॅलरी उष्णता म्हणतो. शक्तीचे (Energy) मापन अर्ग या परिमाणाने करतात. अर्ग याविषयीची माहिती न्यूटनच्या प्रकरणी आलीच आहे. एक कॅलरी उष्णता निर्माण होण्यास ४.२ कोटी अर्ग शक्ती लागते.

एक कोटी अर्ग = एक ज्यूल

एक कॅलरी = ४.२ ज्यूल = (४.२×१०^{७} अर्ग)

जूलचे संशोधन चालू असताना, लंडन येथे मायकेल फॅरेडेचे संशोधन चालू होते विद्युत–प्रवाह व उष्णता याविषयी फॅरेडेचे प्रयोग होते. उष्णता निर्मिति हा एक विद्युत प्रवाहाचा परिणाम आहे असे फॅरेडेने प्रयोगाने सिद्ध केले. इ. स. १८६२ साली फॅरेडेने विद्युत–प्रवाहाच्या साहाय्याने उष्णतेचे यांत्रिक मूल्य ठरवले. फॅरेडेने ठरवलेला अंक जूलच्या अंकाशी तंतोतंत समान आला. या घटनेमुळे जूलच्या सिद्धांतास विज्ञान शास्त्रात काय-मचे स्थान मिळाले. जुलच्या संशोधनामुळे यंत्रशास्त्र व उष्णता या दोहोंची सांगड बसली.

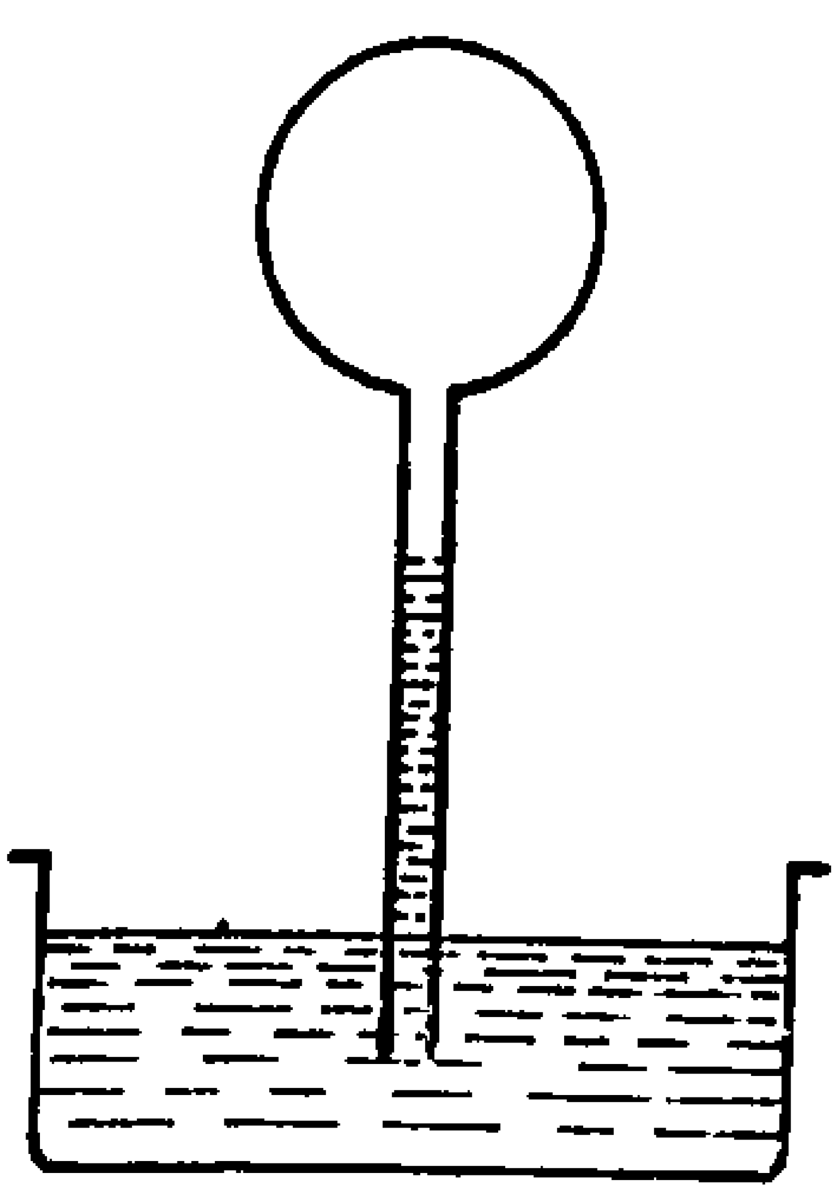
उष्णतेचे यांत्रिक मूल्य निश्चित करण्याच्या कार्यात जूलला आपले सर्व आयुष्य वेंचावे लागले. सुमारे चाळीस वर्षे तो या एकाच संशोधनाचा पाठपुरावा करीत होता. या कार्यात अनेक प्रसंगी त्याला बड्या शास्त्रज्ञाकडून अनुदार वागणूक मिळत असे. परंतु लॉर्ड केलव्हीन हा त्याचा मित्र असल्याने त्याला सरतेशेवटी यश मिळाले. जुलचा अंत इ. स. १८८९ साली झाला.

जूलचे स्मारक राष्ट्रीय पातळीवर करण्याचे इंग्रज शास्त्रज्ञांनी ठरवले. स्मारक कर-ण्याच्या कामी लॉर्ड केलव्हीन यानी पुढाकार घेतला. देशाच्या मानकरी प्रजाजनांची स्मारके लंडन येथील वेस्ट मिन्स्टर ॲबे या इमारतीत करण्यात येतात. सरकारी अधिकारी मंडळींनी बरीच घासाघीस करून जूलचे स्मारक वेस्ट मिन्स्टर ॲबे या इमारतीस बांध-ण्यास परवानगी दिली. स्मारकाकरता एका अंधाऱ्या कोपऱ्यात जागा देण्यात आली. याच स्मारकाच्या बाजूस प्रसिद्ध शास्त्रज्ञ चार्लस डार्विन याचे स्मारक आहे. या दोनही व्यक्तींचे कार्य एवढे महत्वाचे आहे की मानवी संस्कृती जगात असेतोपर्यंत त्यांची नांवे लोकाच्या स्मरणातून पुसली जाणार नाहीत. मौज ही की याच इमारतीत इंग्लंडच्या राजकीय पुढा-ऱ्यांची व सेनानींची स्मारके प्रमुख ठिकाणी व मोठ्या आकर्षक पद्धतीने बांधलेली आहेत त्यांची अशी स्मारके जर नसती तर त्यांचे स्मरण होण्यास काहीच कारण आज शिल्लक नाहीं. ही माणसे मोठी का तर त्यांची स्मारके वेस्ट मिन्स्टर ॲबेमध्ये आहेत. इतकेच यावरून एक गोष्ट स्पष्ट होते की सामान्य जनता शास्त्रज्ञाविषयी थोडी बेफिकीर व अनुदार आहे.

तापमापकाचा इतिहास :–

प्रयोग शाळेत जी उपकरणे लागतात त्यात तापमापक (Thermometer) हे एक आहे. आज जो आपण तापमापक पाहतो तसाच तो पूर्वीपासून आहे हे मानणे फार चूक ठरेल. तापमापकात अनेक स्थित्यंतरे झाली आहेत. तापमापकाने आपण पदार्थ थंड आहे का गरम आहे हे जाणतो. ज्या पदार्थाकडून आजुबाजूच्या पदार्थांना उष्णता मिळत असेल तर तो पदार्थ गरम आहे असे आपण म्हणतो. आणि याच्या उलट क्रिया घडत असेल म्हणजे पदार्थ आजूबाजूच्या पदार्थांकडून उष्णता घेत असेल तर तो पदार्थ थंड आहे असे आपण म्हणतो. तापमान या शब्दाची व्याख्या पुढे दिल्याप्रमाणे करता येईल :– "तापमान ही पदार्थाची औष्णिक–पातळी (Thermal Condition) असून तिच्या योगे उष्णतेचा प्रवाह कसा वाहील हे ठरते." ज्याप्रमाणे आपण एखाद्या स्थळाची पातळी समुद्र सपाटीपासून मोजतो त्याप्रमाणे औष्णिक पातळी अगर तापमान वितळल्या बर्फाच्या थंडाव्यापासून मोजतो. वितळत्या बर्फाच्या थंडाव्यास "शून्य तापमान" म्हणण्याचा प्रघात आहे. वितळत्या बर्फाच्या थंडाव्यास शून्य तापमान म्हणण्याचे एकच कारण की हा थंडावा कधीही कमी–अधिक होत नाही. शुद्धपाणी समुद्रकाठी ज्या तापमानाने उकळते त्या तापमानास १०० अंश तापमान म्हणतात.

पहिला तापमापक गॅलिलीओ या शास्त्रज्ञाने इ. स. १५९२ मध्ये तयार केला. त्यावेळी गॅलिलीओ पादुआ विद्यालयात प्राध्यापकाचे काम करीत असे. पदार्थास उष्णता दिली असता तो तापतो व प्रसरण पावतो याची पूर्ण माहिती त्याला होती. वायूरूप पदार्थांचे प्रसरण पावण्याचे प्रमाण घन व द्रवरूप पदार्थांच्या प्रमाणापेक्षा अधिक आहे हेही गॅलिलीओच्या लक्षात आले होते. गॅलिलीओचा तापमापक आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे



होता. चंबूतील हवा जसजशी थंड होत जाई तसतसे नळीतून पाणी वर चढत जाई. तसेच चंबूतील हवा जसजशी गरम होत जाई तसतशी नळीतील पाण्याची पातळी खाली येत असे. गॅलिलीओनंतर सुमारे पन्नास वर्षांनी पाण्याचा उपयोग करून तापमापक करण्यात येऊ लागला. पाण्याचा तापमापक **जीन रे** (Jenn Rey) या फ्रेंच माणसाने तयार केला. हाही तापमापक अगदी साधा असे. एका चंबूत रंगीत पाणी भरून त्यास बारीक व्यासाची कांचेची नळी बुचातून बसवण्यात येई. या तापमापकाचे वरचे नळीचे तोंड उघडेच ठेवण्यांत येई. असा उघड्या तोंडाचा तापमापक इ. स. १७०० पर्यंत प्रचारात होता. यावरून एक गोष्ट लक्षात येते की तत्कालीन शास्त्रज्ञांचे लक्ष उष्णता व तापमान याकडे गेले नाही. प्रचारात असलेल्या पाऱ्याचा उपयोग केलेला तापमापक प्रथम इ. स. १७१४ मध्ये करण्यात आला. या तापमापकाचा साधक फॅरेन्हीट नावाचा शास्त्रज्ञ होता. वितळत्या बर्फाच्या थंडाव्यास ३२°F तसेच उकळत्या पाण्याच्या गरमपणास २१२°F म्हणावे असे त्याने सुचवले. या दोन

स्थिर औष्णिक पातळीतील अंतराचे १८० भाग करतात. प्रत्येक भागास अंश अगर डिग्री म्हणतात. या तापमापकाप्रमाणे नवसागर व बर्फ या मिश्रणाचा थंडावा बर्फाच्या थंडाव्यापेक्षा ३२ अंश (फॅरेन्हीट) नी कमी आहे. या थंडाव्यास फॅरेन्हीटचा O°Fतापमान म्हणतात.

सेंटीग्रेड तापमापक :– प्रयोग शाळातून वापरण्यात येणारा शतांश तापमापक (Centigrade Thermometer) इ. स. १७४२ पासून प्रचारात आला. या तापमापकाचा साधक स्विडीश शास्त्रज्ञ सेलसीअस (Celsius) होता. सेलसीअस उपसाला येथील विद्यालयात प्राध्यापक होता. याने बनवलेल्या तापमापकास सेंटीग्रेड तापमापक म्हणतात. या तापमापकात वितळलेल्या बर्फाच्या थंडाव्यास O° अंश सेंटीग्रेड म्हणतात. हाच तापमापक विशेष प्रचारात आहे.

मूल शून्यांश (Absolute Zero)

बॉईलच्या सिद्धांतात वायूच्या आकाराची आणि त्यावर असलेल्या दाबाची सांगड घालण्यात आली आहे. बॉईलनंतर वायूरूप पदार्थाविषयी बरीच वर्षे संशोधन कार्य झाले नाही. इ. स. १७८७ साली चार्लस नावाच्या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने वायूरूप पदार्थाविषयीचा दुसरा सिद्धांत प्रसिद्ध केला. या सिद्धांतात तापमानाचा परिणाम वायूरूप पदार्थाच्या दाबावर कसा होतो हे स्पष्ट केले आहे. या सिद्धांतात वायूरूप पदार्थाचे तापमान व दाब यांची सांगड घालण्यात आली आहे. या सिद्धांतात वायूचा आकारमान स्थिर आहे असे गृहीत धरावे लागते.

चार्लसचा सिद्धांत :– वायूचे वजन आणि आकारमान कायम ठेवून त्याचे तापमान जसजसे वाढवावे तसतसे त्याचा दाब वाढत जातो. प्रत्येक सेंटीग्रेड तापमानाने दाबात होणारी वाढ मूळ दाबाच्या (O °C च्या वेळी असणारा दाब) $\frac{१}{२७३}$ हिस्याइतकी असते.

समीकरण रूपाने हा सिद्धांत पुढे दिल्याप्रमाणे होईल :–

$$P_t = P_o + \frac{P_o}{२७३}t$$

P_t – t°c तापमान असतानाचा दाब
P_o — o °c तापमान असतानाचा दाब
t — नवे तापमान.

उदाहरण :– o°c तापमान असलेल्या प्राण-वायूवर (oxygen) ७६ सेंटीमीटर (पारद स्तंभ) दाब आहे. या वायुचे तापमान २७३°c केल्यास दाब किती येईल? आकारमान वाढू दिले नाही.

$$P_{२७३} = ७६ + \frac{७६}{२७३} \times २७३ = १५२$$ (सेंटीमीटर पारद स्तंभ)

याचा अर्थ असा की २७३°C तापमान केल्यास दाब दुप्पट होतो.

आता वायूरूप पदार्थांचे तापमान जसे कमी करावे तसे त्याचा दाब कमी होत जातो. प्रत्येक सेंटीग्रेड तापमानाने दाबात होणारी घट मूळ दाबाच्या $\frac{१}{२७३}$ हिश्याइतकी असते.

उदाहरण :– o °C तापमान असलेल्या प्राणवायूचा दाब ७६ सेंटीमीटर : या वायूचे तापमान – २७३ °C केल्यास दाब किती येईल ?

$$P_{-२७३} = P_0 + \frac{P_0}{२७३}(-२७३)$$

वरील उदाहरणावरून असे दिसून येईल की कोणत्याही वायूचे तापमान –२७३ °C केल्यास त्या वायूचा दाब पूर्णपणे शून्य येईल. अशी परिस्थिती उत्पन्न होऊ नये म्हणून निसर्गाने पळवाट काढली आहे. कारण – २७३ °C तापमान येण्यापूर्वीच बहुतेक सर्व वायू वायूरूप स्थितीत राहात नाहीत. सर्व वायू घनरूप होतात. वायू घनरूप झाल्यावर चार्लसचा सिद्धांत त्यास लागू पडत नाही. आजपावेतो शास्त्रज्ञांना –२७३ °C हे तापमान साध्यच झाले नाही. –२७३ °C या तापमानास "मूल शून्यांश" असे म्हणतात. मूल शून्यांशापासून मोजल्या जाणाऱ्या तापमानास पदार्थाचा आमूल तापमान असे म्हणतात)

१५ °C तापमान = (२७३+१५) आमूल तापमान.

गेलु सॅकूचा सिद्धांत:– वायू संबंधीचा तिसरा सिद्धांत गेलु-सॅक नावाच्या फ्रेंच पंडिताने इ. स. १८०२ साली प्रतिपादन केला. या सिद्धांतात वायूचे आकारमान व त्याचे तापमान यांची सांगड घालण्यात आली आहे. या सिद्धांतात वायूचा दाब स्थिर आहे असे अभिप्रेत समजावे.

$$V_t = V_0 + \frac{V_0}{२७३}t$$

तापमान – २७३ केल्यास वायूचा आकारमान शून्य होतो.

इ. स. १९११ साली कॅमरलिंग या शास्त्रज्ञाने – २७१·३°C पर्यंत तापमान उतरवलेले होते.

प्रभाव, कार्यक्षमता (Energy) मोजण्याची परिमाणे

१) अर्ग (erg) हे सूक्ष्म परिमाण आहे.

२) ज्यूल = एक कोटी अर्ग = $१०^{७}$ अर्ग

३) किलो-वॅट-अवर = $३·६ \times १०^{६}$ ज्यूल.

प्रकरण अठरावे

JAMES CLERK MAXWELL

जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेल

इ. स. १८३१ ते इ. स. १८७९

रेडिओ, रडार, टेलिव्हिजन, बिनतारी यंत्र वगैरे उपयुक्त साधनांचा द्रष्टा जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेल हा आहे. तसेच मायकेल फॅरेडे व जोसेफ हेन्री या शास्त्रज्ञांच्या शोधांचे कार्य पुढे चालू ठेवणारा संशोधक क्लार्क मॅक्स्वेलच होय. या शास्त्रज्ञाचा जन्म १३ नोव्हेम्बर १८३१ रोजी स्कॉटलंडमधील एडिन्बरो शहरी झाला. जेम्स नऊ वर्षांचा असतानाच त्याची आई खिस्तवासी झाली. आईच्या पश्चात जेम्सचे संगोपन त्याच्या आतेने केले. जेम्स आपल्या वडिलांचा लाडका मुलगा होता. जेम्सच्या शिक्षणाची हेळसांड होऊ नये म्हणून त्यांनी द्रव्यार्जनाचा वकिलीचा व्यवसाय सोडला. आणि सारे लक्ष मुलाच्या शिक्षणावर केंद्रित केले. यांत्रिक खेळणी बनविण्याचा जेम्सला विलक्षण छंद असे. कोणतेहि यंत्र पाहताच ते कसे चालते हे समजाऊन घेण्यास तो उतावीळ होई. प्रश्न विचारून तो वडिलांना सतावीत असे. जेम्सचे प्राथमिक शिक्षण त्याच्या वडिलांनी घरीच केले.

जेम्स दहा वर्षांचा होताच त्याला एडिन्बरो येथील माध्यमिक शाळेत दाखल करून दिले. माध्यमिक शाळेत त्याची अभ्यासात फारशी प्रगती दिसली नाही. त्याला मैदानी खेळ खेळण्याचा भारी छंद असे. जेम्स वयाच्या सोळाव्या वर्षी मॅट्रिकची परीक्षा पास झाला. या नंतर त्याचे पुढील शिक्षण एडिम्बरो विश्वविद्यालयात सुरू झाले. विश्वविद्यालयात सुरू झाले. विश्वविद्यालयात असताना त्याची बुद्धी एकदम प्रगल्भ झाली. विद्यालयाच्या प्रथमच्या वर्षीच त्याने दीर्घ-वर्तुळ (ellipse) या विषयावर प्रबंध लिहीला. हा प्रबंध

विद्यालयीन प्राध्यापकांना फार पसंत पडला. या त्याच्या प्रबंधावद्दल विद्यालयाने त्याला सुवर्ण–पदक दिले. जेम्सने कायद्याचा अभ्यास करून वकिलीचा व्यवसाय करावा असे त्याच्या वडिलास वाटत असे. परंतु जेम्सला गणित विषयात सुवर्ण–पदक मिळाल्याचे पाहून त्यानी आपला विचार बदलला. जेम्स एडिंबरो विद्यालयात शिकत असताना त्याने गणित विषयात उत्तम प्रगति करून दाखविली. त्याकाळी गणित विषयाचे खास शिक्षण केंब्रीज विद्यापीठात देण्यात येत असे. जेम्सच्या प्राध्यापकांच्या सांगण्यावरून जेम्सला केंब्रीज येथे पाठवण्यात आले. न्यूटनच्या काळापासून ट्रिनिटी कॉलेज गणित विषयाच्या अध्यापना-विषयी प्रसिद्ध होते. या ट्रिनिटी कॉलेजमध्ये शिक्षण घेण्याची संधी जेम्सला मिळाली. ट्रिनिटी कॉलेजात जेम्स मॅक्स्वेलचे शिक्षण प्रो. हॉपकीन यांच्या मार्गदर्शनाखाली झाले.

इ. स. १८५४ साली जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेल केंब्रीज विद्यापीठाचा पदवीधर झाला. गणित विषयातील अगदी पहिल्या प्रतीची परीक्षा केंब्रीज विद्यापीठात घेण्यात येते. या परिक्षेस मॅथेमेटिकल ट्रायपॉस असे म्हणतात. या परीक्षेत पहिल्या क्रमाने उत्तीर्ण होणारास "सीनीयर रँग्लर" असे म्हणतात. मॅथमिटिकल ट्रायपॉस परीक्षेत जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेल दुसरा आला. पदवीपरीक्षा पास झाल्यानंतर पुढील दोन वर्षे तो केंब्रीज विद्यापीठात अध्यापनाचे काम करीत असे. या काळात त्याने रंगविषयीचा प्रबंध प्रसिद्ध केला. या प्रबंधात त्याने असे दाखवले की मुख्य तीन रंगांच्या (तांबडा, हिरवा व निळा) योग्य मिश्रणाने कोणताही रंग तयार करता येतो. या प्रबंधाकरता रॉयल सोसायटीकडून त्याला रुम्फोर्ट–पदक मिळाले. अगदी याच कालखंडात बर्लिन विद्यापीठात प्राध्यापकाचे काम करीत असलेले डॉ॰ हरमान फॉन् हेम्होल्टझ (Dr. Hermann Von Helmholtz) रंग विषयावर संशोधन करीत होते.

ट्रिनिटी कॉलेजमध्ये कायमचे वास्तव्य करावे अशी मॅक्स्वेलची इच्छा होती; परंतु वडिलांच्या आजारीपणामुळे त्याने आपला विचार सोडला. जेम्स मॅक्स्वेलने केंब्रीज विद्या-पीठातील प्राध्यापकाच्या जागेचा राजिनामा दिला व तो परत स्कॉटलंडला आपल्या वडि-लांच्या सान्निध्यांत राहाण्यास गेला. स्कॉटलंडमध्ये तो ॲबर्डीन शहरी राहात असे. ॲबर्डीन येथील मारिशल कॉलेजमध्ये त्याने प्राध्यापकाची नोकरी स्वीकारली. कॉलेजात तो गणित विषय शिकवी. मॅक्स्वेल केंब्रीज विद्यापीठाचा ट्रायपॉस रँग्लर असल्यामुळे त्याच्या वर्गात विद्यार्थ्यांची गर्दी जमे. परंतु मॅक्स्वेल यशस्वी शिक्षक नव्हता. शिक्षकास आवश्यक अशा गुणांचा त्याच्या ठिकाणी आभाव होता. त्याच्या ज्ञानाचा उपयोग सामान्य विद्यार्थ्यांना होत नसे. मॅक्स्वेलच्या वर्गात त्याच कॉलेजच्या मुख्य प्राध्यापकाची मुलगी विद्यार्थिनी म्हणून शिकण्यास येत असे. या मुलीचे लक्ष पाठाकडे नसे ती फक्त प्राध्यापकाकडे बघत राही. अखेर मॅक्स्वेलचे व त्या विद्यार्थिनीचे प्रेम जमले व त्यांचा विवाह झाला.

या कॉलेजमध्ये प्राध्यापकाचे काम करीत असता मॅक्स्वेलने गणिताच्या अनेक विषया-वर प्रबंध लिहून प्रसिद्ध केले. मॅक्स्वेल पूर्वी जॉन डाल्टन नावाचा इंग्रज शास्त्रज्ञ होऊन

गेला. त्याने वायूरूप पदार्थाविषयी बरेच संशोधन केले होते. याच्या संशोधनास "डाल्टन्स ॲटोमिक थिअरी ऑफ गॅसेस" (Dalton's Atomic Theory of Gases) असे म्हणतात.

डाल्टनच्या संशोधनाचा पाठपुरावा मॅक्स्वेलने केला. मॅक्स्वेलच्या संशोधनामुळे वायूरूप पदार्थाच्या अभ्यासास गणिताची बैठक लाभली. मॅक्स्वेलच्या संशोधनामुळे बॉईलचा सिद्धांत, चार्लसचा सिद्धांत व इतर सिद्धांतांचा एकमेकात मेळ घालता येऊ लागला. मॅक्स्वेलच्या या कार्यामुळे वायूरूप पदार्थाच्या अभ्यासास नवीन चालना मिळाली. पाठ्यपुस्तकातून हा मॅक्स्वेलचा सिद्धांत "कायनेटिक थिअरी ऑफ गॅसेस" (Kinetic Theory of Gases) म्हणून दिला असतो.

आता आपण मॅक्स्वेलच्या मुख्य संशोधनाकडे वळू. "तडित् चुम्बकीय लहरी" चे अस्तित्व सिद्ध करणारी बैजिक समीकरणे जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेलने तयार केली. यामुळे त्याचे नाव विज्ञानाच्या इतिहासात अमर झाले. या संशोधनामुळे विद्युत-तंत्र शास्त्रात स्पृहणीय प्रगति झाली. तसेच या संशोधनामुळे आरस्टेड, ॲम्पेअर, फॅरेडे व जोसेफ हेंरी या चार संशोधकांच्या संशोधनास गणित शास्त्राची बैठक लाभली व त्यामुळे विद्युत शास्त्र एकजिनसी झाले, या गोष्टीमुळे पुढील प्रगती सुलभ झाली. ज्याप्रमाणे न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षण सिद्धांतामुळे गॅलिलीओ, केप्लर यांच्या संशोधन कार्यास गणित शास्त्राची बैठक उपलब्ध झाली त्याचप्रमाणे मॅक्स्वेलच्या तडित् चुम्बकीय लहरी (Electro-magnetic waves) या कल्पनेमुळे विद्युत् क्षेत्रातील संशोधन कार्यास गणित शास्त्राची बैठक उपलब्ध झाली. मॅक्स्वेलच्या कल्पनेमुळे पुढील तीस वर्षाचा काळात विद्युत-तंत्रात अनेक साधने उपलब्ध झाली. या साधनापैकी रडार, रेडिओ, टेलिव्हिजन ही महत्वाची साधने होत.

दूरचा पदार्थ आपल्याकडे ओढण्यासाठी अगर दूर ढकलण्यासाठी आपणास काठी दोर, अगर तत्सम जड (Material) साधनांची जरूरी वाटते. याचा अर्थ असा की शक्तीचे स्थलांतर करण्यास जड माध्यमाची (Material Medium) जरूरी असते. जड माध्यमाच्या अभावी शक्तीचे (उर्जा) स्थलांतर होऊ शकणार नाही असा आपला समज होता. परंतु लोहचुम्बकाचे टोंक दूरस्थ लोखंडाच्या वस्तूस ओढते हे पाहाताच आपली जुनी कल्पना चूक ठरते. तसेच विद्युताने भारलेला एक पदार्थ जड माध्यमाच्या अभावी दूरस्थ पदार्थास कसा ओढू शकतो? फॅरेडेने वर निर्दिष्ट केलेले आकर्षण कर्ष-रेषांच्यामुळे घडून येत असावे असे सुचवले. फॅरेडेच्या कल्पनेप्रमाणे घन-विद्युत व ऋण-विद्युत यांना जोडणाऱ्या कर्ष-रेषा आहेत व या कर्ष-रेषामुळे आकर्षण घडून येते. या कल्पनेमुळे शास्त्रज्ञांचे विशेष समाधान झाले नाही. यानंतर इ. स. १८३२ साली फॅरेडेने प्रवर्तित विद्युताची (Induced Current) निर्मिती करून दाखविली. फॅरेडेच्या प्रयोगाने असे निश्चित झाले की एका ठिकाणी असलेली विद्युत-शक्ती अगर ऊर्जा जड माध्यमाच्या अभावी दूर ठेवलेल्या तारेच्या

वलयात निर्माण होते. फॅरेडेने आपल्या मताप्रमाणे प्रवर्तित-विद्युतासंबंधी कारणमिमांसा सांगितली. यानंतर इ. स. १८४२ साली अमेरिकन शास्त्रज्ञ जोसेफ हेन्री लेडन जार या उपकरणावर प्रयोग करीत असताना त्याच्या निदर्शनास पुढील गोष्टी आल्या.

१) धन-विद्युताने भारलेला गोल ऋण-विद्युताने भारलेल्या गोलानजीक नेताच त्या दोहोत विजेची ठिणगी पडते.

२) विजेचा दाब जास्त असल्यास ठिणग्यामधून लख्ख प्रकाश व तड्तड् आवाज पण निघतो.

अशा तऱ्हेच्या विद्युत-ठिणग्या हेन्रीपूर्वी अनेक शास्त्राज्ञांनी पाहिल्या असव्यात. आपणही दोन ढगात विद्युत ठिणग्या पडत असताना पाहातो व गडगडाट ऐकतो. आता जोसेफ हेन्रीने या तडित्-प्रकाशाविषयी काही निराळी कल्पना शास्त्रज्ञांपुढे मांडली. तो म्हणतो तडित्-प्रकाश जरी अल्प काल असला तरी या अल्प कालात विद्युताच्या अनेक ठिणग्या पडत असतात. या अल्प कालात विद्युतची अनेक आंदोलने (Vibrations) होत असतात.

वरील विवेचनावरून वाचकांना मॅक्स्वेलच्या संशोधन कार्याच्या पार्श्वभूमीची कल्पना येईल. ॲम्पेअर, फॅरेडे व हेन्री यांचा संशोधनांचा एकत्रितपणे विचार करण्याची आवश्यकता मॅक्स्वेलला वाटू लागली. विशेषत: जोसेफ हेन्रीने सुचवलेल्या विद्युत-आंदोलनाची कल्पना मॅक्स्वेलला फार पसंत पडली. विद्युत-आंदोलने म्हणजे अल्पकाल टिकणारे विद्युत प्रवाहच होय. या विद्युतप्रवाहांची दिशा अल्पकालांत अनेकवेळा बदलत राहाते. विद्युत-प्रवाहांच्या बदल होण्याने त्याला निगडीत असलेल्या चुम्बकीय क्षेत्रात अगर कर्ष-रेषात अनेक वेळ बदल होत राहाणार. फॅरेडेच्या मताप्रमाणे चुम्बकीय क्षेत्रात बदल होण्याने प्रवर्तित-विद्युताची निर्मिती होत राहाणार. या सर्वांचा विचार करून मॅक्स्वेलने सुचवले की विद्युताच्या आंदोलनामुळे तडित्-चुम्बकीय लाटा [Electro magnetic waves] निर्माण होतात. या लाटांच्या अगर तरंगाच्या मार्गे शक्तीचे क्षेपण (Radiation) होत राहाते. तरंगाची कल्पना मॅक्स्वेलला अगदीच काही नवीन नव्हती. मॅक्स्वेलपूर्वी हायगेंझने प्रकाश-तरंगाची कल्पना सुचवली होती. मॅक्स्वेलच्या मताप्रमाणे प्रकाश-तरंगदेखील तडित्-चुम्बकीय लाटाच आहेत. दोहोत फरक फक्त तरंग आयामाचा [Wave Length] आहे. प्रकाश-तरंगाचा आयाम (Wave Length) सूक्ष्म असतो. तांबड्या प्रकाशाचा तरंग-आयाम $७\frac{१}{१०}\times१०^{-५}$ सेंटीमीटर आहे व क्षिप्रता (Frequency) ४.२३×१०^{४} आहे. मॅक्स्वेलच्या तडीत चुम्बकीय लाटांचा आयाम एक मीटरपासून ते पांचशे मीटरपर्यंत कोणताहि असू शकेल. तसेच प्रकाश लाटा व तडीत चुम्बकीय लाटा यांचा वेग मात्र समान आहे. हा वेग सेकंद गणीक ३×१०^{१०} सेंटीमीटर आहे. प्रकाश लाटांचे आकलन आपणास डोळ्यातील ज्ञानपटला (Retina) मुळे होते. तडीत-चुम्बकीय लाटांचे आकलन

करण्यास लागणारे साधन विधात्याने मानवास दिले नाही. तडीत-चुम्बकीय लाटांचे आकलन करण्यासाठी आपणास रेडिओ या साधनाचा उपयोग करावा लागतो. असो.

इ. स. १८६५ सालात जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेलने "तडित्-चुम्बकीय तरंगा" विषयी प्रबंध प्रसिद्ध केला. या प्रबंधात हे तरंग कां व कसे निर्माण होतात हे स्पष्ट करण्यात आले आहे. या प्रबंधाची मांडणी त्याने प्रामुख्याने गणित शास्त्राला धरून केली आहे. हा प्रबंध प्रसिद्ध झाल्यानंतर इतर शास्त्रज्ञांचा असा समज झाला की मॅक्स्वेल या कल्पनेचा पाठपुरावा पुढील संशोधन कार्यात करील. परंतु या प्रबंधाच्या प्रसिद्धीनंतर मॅक्स्वेलने संशोधन असे काहीच केले नाही. या प्रबंधाच्या प्रसिद्धीनंतर सुमारे पंचवीस वर्षाचा कालांत या विषयाकडे शास्त्रज्ञांचे लक्ष गेले नाहीं. मॅक्स्वेलनंतर जर्मन शास्त्रज्ञ हेन्री हर्टझ व भारतीय शास्त्रज्ञ जगदीशचंद्र बोस या दोन शास्त्रज्ञांनी मॅक्स्वेलने दाखवलेल्या मार्गाने पुढे संशोधन चालू ठेवले. या दोन शास्त्रज्ञांना संपूर्ण यश मिळाले.

इ. स. १८७१ साली केंब्रीज येथे कॅव्हेन्डिश प्रयोगशाळा स्थापन झाली. ही प्रयोगशाळा संपूर्णपणे तयार करण्यास येणारा सर्व खर्च त्या वेळच्या डयूक ऑफ डेव्हानशायरने केला. हे डयूक ऑफ डेव्हानशायर केंब्रीज विद्यापीठाचे कुलगुरू (Chancellor) होते. कॅव्हेन्डिश प्रयोगशाळेचा पहिला संचालक म्हणून जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेलची नेमणूक झाली. प्रयोग शाळेच्या संचालकाचे काम त्याला फार दिवस करता आले नाहीं. परंतु या अल्प कालात त्याने हेन्री कॅव्हेनडिश या शास्त्रज्ञाच्या संशोधन कार्याचे संकलन करून ते पुस्तकरूपाने प्रसिद्ध केले.

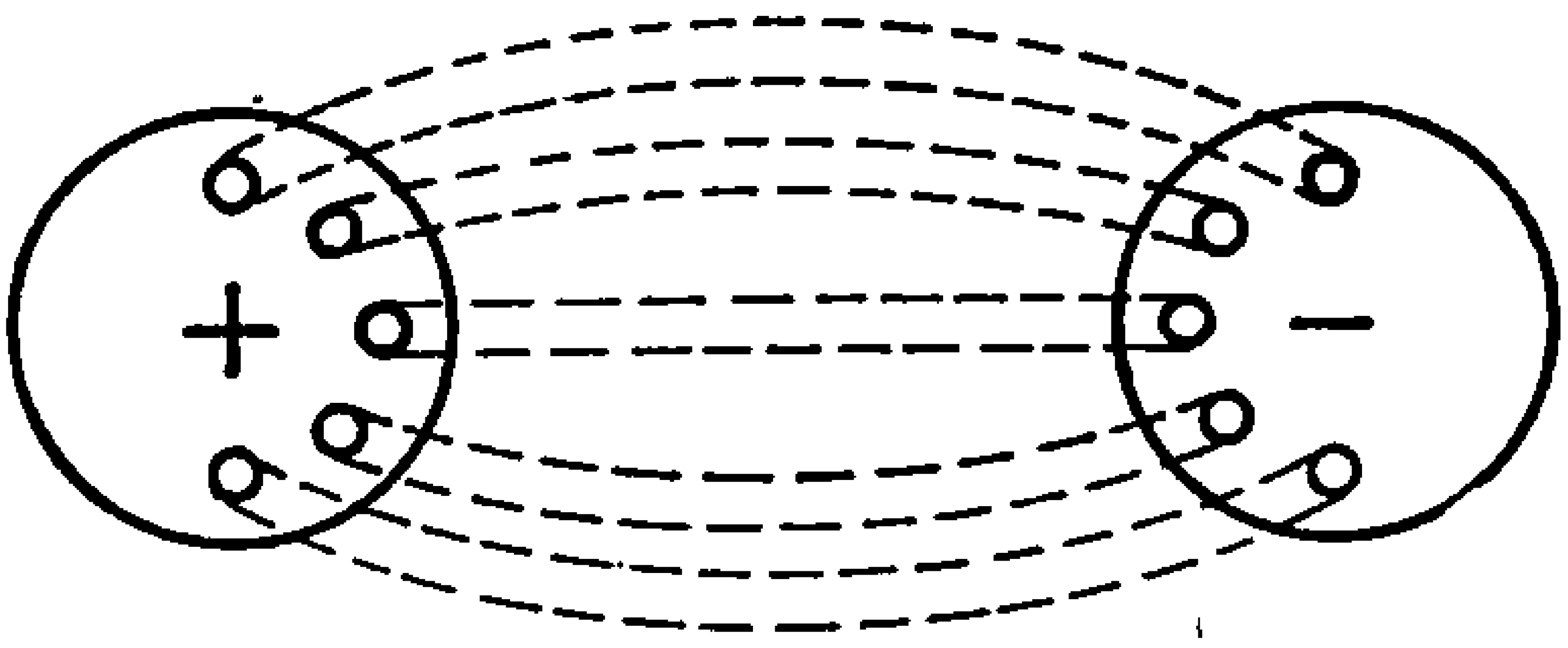
ऐन उमेदीतच मॅक्स्वेलला कॅन्सर या असाध्य रोगाने पछाडले.त्याच्या आजारीपणातच त्याची प्रिय पत्नी पंगू होऊन अंथरुणास खिळून होती. ती पुढे थोड्याच दिवसात खिस्तवासी झाली. मॅक्स्वेलच्या आयुष्यातील शेवटची वर्षे फार हालात गेली. हा शास्त्रज्ञ अठ्ठेचाळीस वयाचा असताना म्हणजे इ. स. १८७९ साली खिस्तावसी झाला. या शास्त्रज्ञास थोडे जास्त आयुष्य व आरोग्य असते तर त्याच्या हातून उत्तम कामगिरी झाली असती. तडीत चुम्बकीय लहरीसंबंधी पूर्ण संशोधन झाले असते. असो.

जड माध्यमाच्या आभावी आकर्षण कसे घडून येत असावे या विषयीची जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेलची कल्पना.

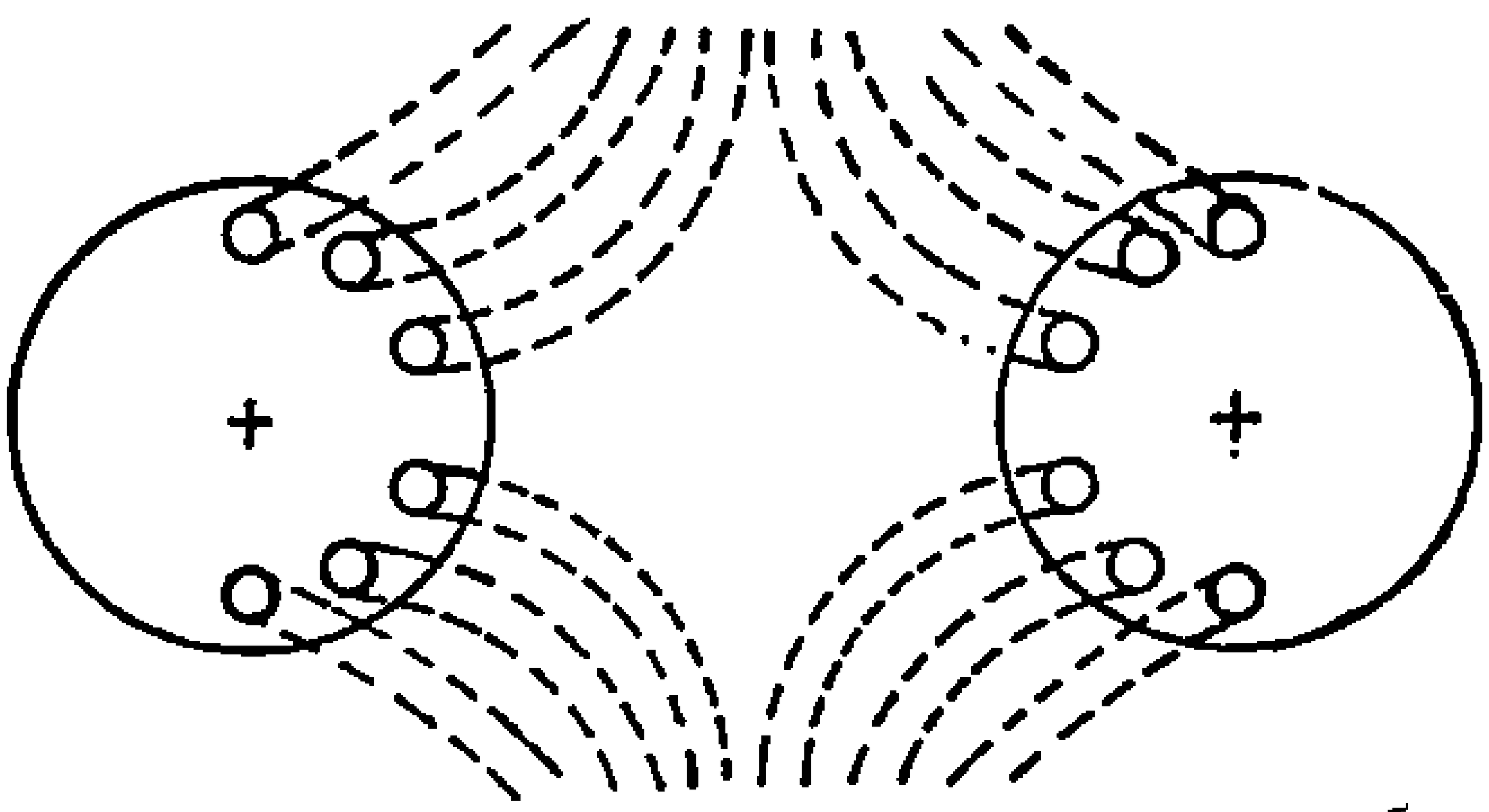
फॅरेडेच्या कल्पनेप्रमाणे घनविद्युत व ऋण विद्युत याना जोडणाऱ्या कर्ष-रेषा [Lines of Forces] आहेत आणि या कर्ष-रेषामुळे आकर्षण निर्माण होते. या फॅरेडेच्या कल्पनेत मॅक्स्वेलने थोडी सुधारणा सुचवली. मॅक्स्वेलच्या मताप्रमाणे विद्युताने भारलेल्या पदार्थांना

जोडणाऱ्या रज्जू-नलिका (Tubes of Forces) आहेत. या नलिका धन विद्युतावरून निघून धन विद्युतावर स्थिर होतात. या नलिकांची दोन्ही टोके एकमेकीकडे येण्याचा प्रयत्न करीत असतात. यामुळे त्यांच्या ठिकाणी एक प्रकारचा ताण [Tension] असतो. तसेच प्रत्येक नलिका आपल्या बाजूवर दाब निर्माण करतात. दोन पदार्थांना जोडणाऱ्या अनेक रज्जू-नलिकांच्या ओढीने दोन पदार्थ एकमेकाकडे खेचले जातात.

आकर्षण दाखवणाऱ्या रज्जू-नलिका.



आकर्षण दाखविणाऱ्या रज्जू- नलिका



पदार्थ दूर ढकलले जातात

प्रकरण एकोणिसावे

हरमान हेमहोल्टझ

(इ. स. १८२१ ते १८९४)

औद्योगिक क्षेत्रात जर्मन राष्ट्राची प्रगति घडवून आणणारा म्हणून हरमान हेमहोल्टझ ओळखला जातो. हा जातीवन्त शिक्षक होता. याने अनेक विद्यार्थ्यांना विद्यार्जनाची स्फूर्ति देऊन नामवंत संशोधक बनवले. हेमहोल्टझच्या मार्गदर्शनाखालीं तयार झालेल्या संशोधकांनी जर्मन देशास सर्व यूरोपीय राष्ट्रांत औद्योगिक क्षेत्रात पहिले स्थान मिळवून दिले. हेन्री हर्ट्झ व मॅक्स प्लँक हे हेमहोल्टझचेच विद्यार्थी. या पैकी पहिल्याने तडित चुम्बकीय लहरींचा पूर्ण अभ्यास करून रेडिओ, रडार, बिनतारी वगैरे साधने मानवाना उपलब्ध करून देण्यास कारणीभुत झाला आणि मॅक्स प्लँकने अणु-विच्छेदना विषयी संशोधन करून अणु-शक्ती मानवाच्या स्वाधीन केली.

हरमान हेमहोल्टझचा जन्म ३१ ऑगस्ट १८२१ रोजी जर्मनीमधील पोटस्‌डॅम शहरी झाला. याचे वडील एक सामान्य शिक्षक होते. हरमान हा वडिलांचा सर्वात वडील मुलगा; यामुळें वडिलांच्या हरमानकडून फार मोठ्या अपेक्षा होत्या. अगदी लहानपणापासून हरमान कुशाग्रबुद्धीचा मुलगा होता. त्याला कोणताहि विषय अवघड वाटत नसे. शाळेतील सर्व परीक्षांतून सर्व विषयात त्याचा पहिला नंबर असे. मुलाची प्रगती पाहून वडिलानी ठरवले की हरमानने शस्त्रवैद्य व्हावे. वडिलांच्या इच्छेप्रमाणे हरमान शस्त्रवैद्य झाला व त्याने "फ्रेडरिक विल्हीयम् इंस्टिटयूट"ची पदवी घेतली. वैद्यकीय पदवी घेतल्या नंतर त्याने जर्मन सैन्यात शस्त्र-वैद्य म्हणून नोकरी धरली. परंतु त्याचा पिंडच शिक्षकाचा असल्यामुळे त्याला सैन्यातील नोकरीत बरे वाटेना. सैन्यात चारच वर्षं काम करून त्याने ती नोकरी सोडली व विद्यापीठात प्राध्यापक बनला.

विद्यापीठात तो काही वर्षे विद्यार्थ्यांना शरीर–विज्ञान शास्त्र व इतर मेडिकल कॉलेज मधील विषय शिकवीत असे. थोड्याच दिवसात हरमानला वैद्यकीय विषय शिकवण्याचा कंटाळा आला. त्याची बुद्धी सर्वगामी असल्यामुळे त्याने गणित व विज्ञान ही शास्त्रे हताळण्यास सुरुवात केली. थोड्याच दिवसात त्याने ही शास्त्रे आत्मसात केली. या शास्त्रात तो पहिल्या प्रतीचा प्राध्यापक म्हणून ठरला.

हरमान प्राध्यापकाचे काम करीत असता संशोधन करीत असे. याला तीन चार शास्त्रे चांगल्या तऱ्हेने अवगत असल्यामुळे त्याचे संशोधन निरनिराळ्या क्षेत्रातील विषयावर असे. स्वतःचे संशोधन कार्य चालू असता विद्यार्थ्यांना देखील त्यांच्या विषयात संशोधनास तो मदत करीत असे. निरनिराळे विषय हाताळणारा एकच प्राध्यापक पाहून इतराना मोठे आश्चर्य वाटत असे. हरमान हेमहोल्टझसारख्या सव्यसाची गुरुकडून शिकावयास मिळणे म्हणजे विद्यार्थ्यांचे भाग्य समजावयास हवे.

वयाच्या सव्वीसाव्या वर्षी हरमानने संशोधनाचा पहिला प्रबंध प्रसिद्ध केला. या वेळी तो सैन्यात शस्त्र-वैद्याचे काम करीत असे आणि त्याच्या प्रबंधाचा विषय होता "शक्तीचे सातत्य" (consevation of energy), वाचकाच्या सहज लक्षात येईल की 'शक्तीचे सातत्य' हा वास्तव शास्त्रातील अगदी मूलग्राही विषय आहे. या विषयाचा व हरमानच्या व्यवसायाचा काहीहि संबंध नाही. शक्तीचे सातत्य हा विषय हरमानने मोठ्या अधिकाराने हताळला. याचवेळी इंग्लंडमध्ये थोड्याशा निराळ्या विषयावर जूलचे संशोधन चालू होते. जूलचा विषय होता उष्णतेचे यांत्रिक मूल्य. हेमहोल्टझ व जूल यांचे विषय एकमेकांना पोषक होते.

यानंतरचे दोन संशोधन प्रबंध वैद्यकीय शास्त्रातील होते. मानव शरीरात ज्ञान–तंतूचे कार्य कसे होत असते व ज्ञान–तंतू आपले कार्य जलदगतीने कसे करतात हे या प्रबंधात हेमहोल्टझने स्पष्ट केले आहे. वैद्यकीय शास्त्रातील दुसरा शोध म्हणजे मानवी डोळ्याची रचना व कार्य या विषयीचा आहे. डोळ्यातील दोष तपासण्या करता त्याने महत्वाचे उपकरण तयार केले. या उपकरणास ऑपथल्मोस्कोप Ophthalmoscope म्हणतात.

डोळ्यानंतर हेमहोल्टझ कर्णेन्द्रियाकडे वळला. परंतु या प्रबंधात याचे विशेष लक्ष ध्वनि–शास्त्राकडेच आहे. कोणताही पदार्थ कंप होऊ लागला म्हणजे ध्वनि निर्माण होतो. परंतु सर्व प्रकारचे कंप आपल्या कर्णेन्द्रियाना आकलन करता येत नाहीत. ज्या ध्वनि-तरंगाचे आकलन कर्णेन्द्रियांना करता येते अशा ध्वनि तरंगांना Auditory wayes ऑडिटरी वेव्हस म्हणतात. अशा वायू–तरंगांची क्षिप्रता (Frequecy) ३६ पासून १००० असावी लागते. तसेच संगीत शास्त्रात येणाऱ्या सूरांच्या क्षिप्रता हेमहोल्टझने निश्चित केल्या. त्या पुढे दिल्याप्रमाणे आहेत:—

सा	री	ग	म	प	ध	नी	सा'	
C	D	E	F	G	A	B	C'	
२५६	२८८	३२०	३४१	३८४	४२६	४८०	~~५१२~~	512

C	आणि	C'	यातील	क्षिप्रतेचे	गुणोत्तर	१ : २
C	आणि	G	यातील	क्षिप्रतेचे	,,	२ : ३
C	आणि	E	यातील	क्षिप्रतेचे	,,	४ : ५
C	आणि	C'	यातील	क्षिप्रतेचे	,,	३ : ४

दोन सुरांच्या क्षिप्रतेतील गुणोत्तर साधे म्हणजे वर सांगितल्याप्रमाणें असेल तर असे दोन सूर सहज एकमेकात मिसळू शकतात व कर्ण-मधूर असतात.

अनुनादक (Resonator)

वीणेच्या दोन तारा एकाच सुरात (म्हणजे दोन सुरांची क्षिप्रतासमान) असतील व त्या दोहोतील एक तार छेडली तर दुसरी तार आपण होऊन कंप होऊ लागते. ज्या प्रमाणे दोन मित्र अगदी जीवाभावाचे असतील तर त्यापैकी एकास चिमटा घेतला तर दुसऱ्याच्या डोळ्यास पाणी येते. अगदी हीच गोष्ट दोन सुरांची असते. या दुसऱ्या सुरास पहिल्याचा अनुनादक (Resonator) म्हणतात. हेमहोल्टझने अनेक सुरांचे अनुनादक बनवले. या अनुनादकांच्या साह्याय्याने आवाजाचे तो निरनिराळ्या सुरात पृथक्करण करीत असे. एखादा आवाज निघत असता कोणत्या सुरांचे अनुवादक निनादित होतात हे तो निरनिराळ्या अनु॰ नादकास कान लावून पाहात असे. या नंतर तो त्या अनुनादकाचे सुर एकत्रितपणे काढीत असे. या सुरांच्या मिश्रणाने मूळचा आवाज निघत असे.

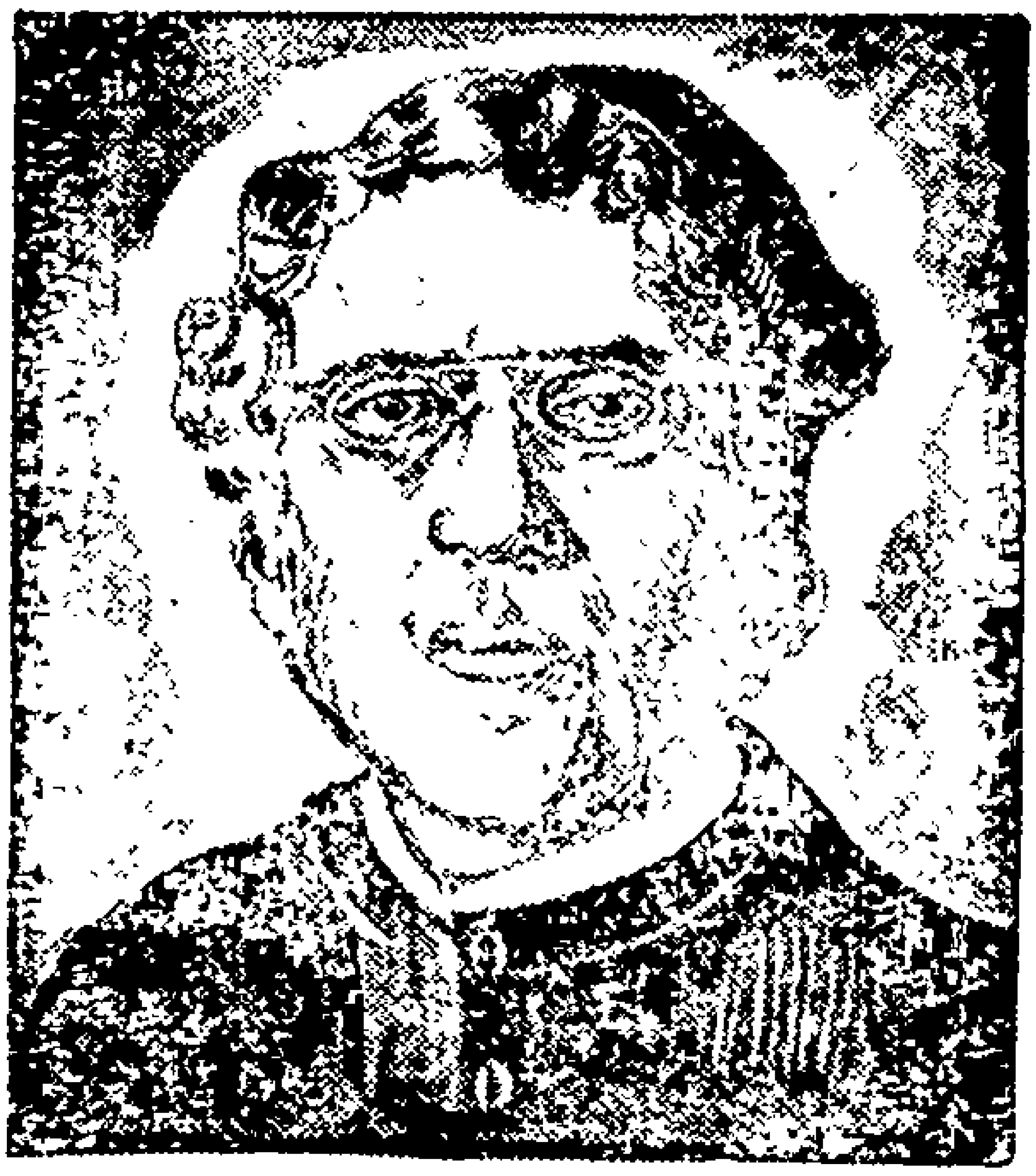
आता या अनुनादकाना कंप होण्यास लागणाऱ्या शक्तीचा उगम कोठे आहे ? प्रथम कंपमान होत असलेली तार अनुनादकांला शक्तीचे वितरण करीत असते. यावरून एक गोष्ट निश्चित होते की कंपमान असलेली तार तरंगाच्या मार्गे शक्तीचे [energy] क्षेपण करीत असते. [The vibrators radiate energy through the medium of waves] तंतोतंत हीच कल्पना तडित चुंबकीय लाटाना लागू पडते. हेम्होल्टझच्या मार्गदर्शनाखाली हेन्री हर्टझ तडित-चुम्बकीय लाटा विषयी संशोधन करीत होता. त्याने आपल्या गुरुची वरील कल्पना उचलून घेतली. असो.

हेमहोल्टझच्या कालापर्यन्त संगीत--शास्त्र गाणाराच्या व कलाकाराच्या लहरीवर विसंबून असे. परंतु हेमहोल्टझच्या संशोधनामुळे कलाकाराच्या लहरीवर बंधन निर्माण झाले गणित शास्त्राने संगीतशास्त्र आपल्या कक्षेत ओढले. हार्मोनियम व पियानो यांतील सूर गणित शास्त्राच्या आधारे निश्चित करावे लागतात.

हरमान हेमहोल्टझ सुमारे सोळा वर्षे (इ. स. १८५५ ते १८७१) मेडिकल कॉलेजमध्ये प्राध्यापकाचे काम करीत होता. इ. स. १८७१ साली तो बर्लिन विद्यापीठात वास्तव शास्त्राचा प्राध्यापक झाला. हे काम तो साधारणत: तेवीस वर्षे करीत होता. याच काल-

खण्डात त्याने संशोधन कार्यात अनेक विद्यार्थ्यांना मार्गदर्शन केले. इ. स. १८८० साली बर्लिन विद्यापीठात हेन्री हर्टझ नांवाचा एक तरुण विद्यार्थी दाखल झाला. त्याकाळीं संशोधनाचा एकच ज्वलंत विषय होता आणि तो म्हणजे इंग्रज शास्त्रज्ञ मॅक्स्वेल याने सुचित केलेल्या तडित–चुम्बकीय लहरी प्रत्यक्षात उत्पन्न करणे हा होता. इ. स. १८६७ पासून यूरोपातील संशोधक या एकाच गोष्टीचा पाठपुरावा करीत होते. शेवटी हेमहोल्ट्झचा विद्यार्थी हेन्री हर्टझ याला या लहरी इ. स. १८८८ मध्ये प्रत्यक्षात तयार करता आल्या.

हा महान शास्त्रज्ञ व व्यासंगी प्राध्यापक इ. स. १८९४ साली खिस्तवासी झाला.



JAGADISH CHANDRA BOSE

प्रकरण विसावे

जगदीशचंद्र बोस

(इ. स. १८५८ ते इ. स. १९३७)

जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेलनंतर त्याने संशोधन केलेल्या तडित चुम्बकीय लहरी विषयींच्या समीकरणावर संशोधन करणारे प्रामुख्याने दोन शास्त्रज्ञ होते :- १) जगदीशचंद्र बोस, २) हेन्री हर्टझ.

जगदीशचंद्र बोस यांचा जन्म ३० नोव्हेम्बर १८५८ रोजी डाका शहरापासून २५ मैल अंतरावर असलेल्या रारीखेल गावी झाला. यांचे वडील भगवानचंद्र फरीदपूर जिल्ह्याचे दुय्यम तालुकदार होते. लहानपणापासून जगदीशचंद्र मोठा चौकस मुलगा होता. निर-निराळे प्रश्न विचारून तो वडिलांना सतावीत असे. त्याचे वडील देखील मुलाच्या प्रत्येक प्रश्नास समर्पक उत्तर देत असत. पुष्कळ प्रसंगी प्रश्नांना उत्तर देणे वडिलांना शक्य नसे. अशा प्रसंगी ते स्पष्टपणे स्वतःच्या अज्ञानाची कबुली देत असत. थाप मारून व प्रश्नास निराळे वळण देऊन ते वेळ मारून नेत नसत. त्यांनी कधीहि मुलाची दिशाभूल केली नाही. वडि-लांच्या या सरळपणामुळे जगदीशचंद्राला वडिलाबद्दल विलक्षण आदर वाटत असे.

जगदीशचंद्राचे माध्यमिक शिक्षण सेंट झेवियर हायस्कूलमध्ये झाले. या शाळेत साधारणतः इंग्रज अधिकाऱ्यांची मुले शिकण्यास येत. कलकत्ता विद्यापीठातून जगदीशचंद्र पदवी परीक्षा पास झाले. यानंतर ते पुढील शिक्षणासाठी इंग्लंडला गेले. काही दिवस ते केंब्रीज विद्यापीठात शिक्षण घेत होते. इ. स. १८८५ साली कलकत्ता येथील प्रेसिडेन्सी कॉलेजमध्ये त्यांना पदार्थ-विज्ञान शास्त्राच्या प्राध्यापकाची नोकरी मिळाली ही नोकरी

करीत असतांना त्यांचे संशोधन कार्य चालू होते. मॅक्स्वेलची तडित-चुम्बकीय लहरी विषयीची समीकरणे हा त्यांच्या संशोधनाचा विषय होता.

या संशोधन कार्यात त्याना बरेच यश मिळाले. परंतु ते प्रसिद्धी पराङ्मुख होते त्यामुळे त्यानी आपल्या संशोधन कार्याची विशेष प्रसिद्धी केली नाही. तडित-चुम्बकीय लहरी प्रत्यक्षात निर्माण करता येतील असे उपकरण त्यानी तयार केले होते. त्यांच्या या संशोधन कार्याविषयी व्याख्याने देण्यासाठी त्याना लिव्हरपूल येथील ब्रिटिश ॲसोसिएशन या संस्थेने त्याना आमंत्रण दिले. कोणत्याहि तऱ्हेची गुप्तता न ठेवता त्यानी लिव्हरपूल येथील सभेत विद्युत-लहरी कशा निर्माण होतात हे सप्रयोग दाखवून दिले. जगदीशचंद्रानी तयार केलेले उपकरण प्रेक्षकांनी मोठ्या कौतुकाने पाहिले. जगदीचंद्रांची खिलाडू वृत्ती पाहून त्यांना मायकेल फॅरेडेची आठवण झाली हे सांगणे नकोच. त्यांच्या उपकरणाचे पेटंट विकत घेण्यासाठी काही उद्योगपती त्यांच्याकडे आले; परंतु जगदीशचंद्रानी आपल्या संशोधनाचा सौदा केला नाही. पुढे थोड्याच वर्षांनी मार्कोनी या शास्त्रज्ञाने तशाच तऱ्हेचे उपकरण करून त्याचे पेटंट घेतले.

जगदीशचंद्र पहिल्या प्रतीचे देशभक्त होते. आपल्या देश बांधवांची होत असलेली मानहानी त्यांना अगदी खपत नसे. प्रेसिडेन्सी कॉलेजात प्राध्यापकाचे काम करीत असतांना त्यांना असे आढळून आले की भारतीय प्राध्यापकास कमी वेतन व इंग्रज प्राध्यापकास अधिक वेतन देण्यात येत असे. ही गोष्ट त्यांनी अधिकाऱ्यांच्या निदर्शनास आणून दिली वा पुढे तीन वर्षं त्यांना देण्यात येणाऱ्या कमी वेतनाचा त्यांनी स्वीकार केला नाही.

मॅक्स्वेलच्या तडित्-चुम्बकीय समीकरणाचा पूर्ण अभ्यास केल्यानंतर त्यांचे लक्ष वनस्पती शास्त्राकडे वळले. या नवीन शास्त्रात त्यांने स्पृहणीय यश मिळविले. त्यांने असे दाखवून दिले की वनस्पतीनादेखील भावना असतात. वनस्पतीना आनंद, दुःख, भय वगैरे भावना असतात परंतु त्या मानवी दृष्टीला आकलन करता येत नाहीत. वनस्पतींच्या भावनांची प्रचीती पाहाण्यासाठी जगदीशचंद्र बोस यांनी एक साधन तयार केले होते. हे साधना डोळ्यास लावून वनस्पतीचे निरीक्षण केले तर मानवी डोळ्यांना वनस्पतींच्या भावना स्पष्ट दिसतात. जगदीशचंद्राच्या या उपकरणास क्रेस्कोग्राफ (Crescograph) म्हणतात. या साधनाच्या उपयोगाने वनस्पतींच्या जीवनाचा उत्तम अभ्यास करता येतो.

इ. स. १९१५ साली जगदीशचंद्र बोस यांनी कलकत्ता येथे संशोधन प्रयोग शाळा स्थापन केली. या संशोधन शाळेस जगदीशचंद्र बोस असेच नांव दिले आहे. असो. हा भारतीय संशोधक इ. स. १९३७ साली स्वर्गवासी झाला.

जगदीशचंद्र बोस यांच्या संशोधन कार्याचा गौरव करण्याकरता लंडन येथील रॉयल सोसायटीने त्यांना संस्थेचा सदस्य (Fellow) निवडले.

HEINRICH HERTZ

हेन्री हर्टझ

इ. स. १८५७ – १८९४

जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेल या इंग्रज शास्त्रज्ञाच्या संशोधन कार्याचा यशस्वीपणे पाठपुरावा करणारा शास्त्रज्ञ म्हणजे हेन्री हर्टझ हा होय. हेन्री हर्टझचा जन्म २२ फेब्रुवारी १८५७ रोजीं हॅम्बूर्ग (जर्मनी) शहरी झाला. त्याचे वडील व्यवसायाने वकील असून हॅम्बूर्ग नगर पालिकेचे सभासद होते. हेन्रीच्या शिक्षणाची कांहीं वर्षे धंदे-शिक्षणाच्या शाळेत गेली. परंतु या धंदेशिक्षणात त्याचे मन रमेना. यांत्रिक-शिक्षणाला आधारभूत असलेल्या वास्तव शास्त्राच्या अभ्यासाकडे त्याचे लक्ष वेधले. धंदे शिक्षणाची शाळा सोडून त्याने बर्लिन विद्यापीठात प्रवेश मिळविला. या कालखंडांत प्रा. हेमहोल्टझ बर्लिन विद्यापीठात वास्तवशास्त्र शिकवीत असत. हेमहोल्टझची संशोधन करणाऱ्या विद्यार्थ्याला चांगली मदत होत असे. इ. स. १८८० सालीं हेन्री हर्टझ हेमहोल्टझचा विद्यार्थी म्हणून विद्यापीठात दाखल झाला. यावेळीं तो फक्त तेवीस वर्षांचा होता. बर्लिन विद्यापीठात हर्टझने पाच वर्षे काढली. या पाच वर्षांच्या कालात वास्तव शास्त्रात त्याची उत्तम प्रकारे प्रगती झाली. इ. स. १८८५ साली त्याने बर्लिन विद्यापीठ सोडले व तो कार्ल्स्रू (Kerlsruhe) येथील विद्यापीठात वास्तव शास्त्राचा प्राध्यापक म्हणुन गेला. या विद्यापीठात तो स्वतंत्ररित्या संशोधन करू लागला. संशोधनाचा त्याचा पहिलाच विषय मॅक्स्वेलची तडित्-चुम्बकीय लहरींची समीकरणे हा होता. या विषयावर अनेक संशोधक काम करीत होते, परंतु त्यांच्या हातीं कांहीं मिळाले नाही. हा अवघड विषय हर्टझने यशस्वीरित्या हाताळला. तीनच वर्षात त्याने आपले संशोधन पूर्ण केले; आणि इ. स. १८८८ साली त्याने आपला प्रबंध तयार केला. हर्टझने तडित्-चुम्बकीय लहरी इंडक्शन कॉइलच्या साहाय्याने तयार केल्या. हा लहरी स्वकृत करील असा

अनुनादक (Resonator) त्याने तयार केला. हा अनुनादक म्हणजे वाहकाचे वेटोळे असून त्याची दोन्ही टोंके अगदी जवळ आणून ठेवली होती. या अनुनादकाची क्षिप्रता (Frequency) तडित्–चुम्बकीय लहरींच्या क्षिप्रतेसमान होताच अनुनादकाच्या टोंकांतून विजेच्या ठिणग्या पडत. हर्टझची ही अनुनादकाची योजना ध्वनिशास्त्रातील आहे आणि या विषयीची माहिती त्याला आपल्या गुरुकडून मिळाली होती. पहिल्या प्रयोगाच्या वेळीं हर्टझने अनुनादक प्रक्षेपकापासून (Transmitter) थोड्याच अंतरावर असलेल्या खोलीत बसवला होता. अनेक प्रयत्नानंतर त्याला अनुनादकात ठिणग्यांचा अगदीं सूक्ष्म आवाज ऐकू येऊ लागला. परंतु ठिणग्यांचा प्रकाश कांहीं दिसेना. खोलीत पूर्ण काळोख करतांच ठिणग्यांची लुक–लुक त्याच्या दृष्टीस पडली. अशा तऱ्हेने हर्टझने मॅक्स्वेलचे भाकित पूर्ण केले.

तडित्–चुम्बकीय लहरींना हर्टझ लहरी म्हणण्याचा प्रघात आहे. काही वर्षे हर्टझ–लहरी म्हणजे प्रयोग शाळेतील एक चमत्कार म्हणून संशोधक करमणूक करून घेत असत. अल्पकाल टिकणाऱ्या ठिणग्यांचा व्यवहारात काही उपयोग होईल असे कोणाच्या मनिमानसी नव्हते. फॅरेडेने तयार केलेल्या प्रवर्तित विद्युताविषयी देखील प्रथम लोकांचा असाच समज होता. प्रवर्तित–विद्युतामुळे पुढे जशी अनेक साधने तयार झाली. तसेच हर्टझ लहरींच्या साहाय्याने अनेक साधने तयार झाली. ही साधने तयार करणारा योजक संशोधक हवा होता.

तडित्–चुम्बकीय लहरींवर हर्टझने संशोधन चालू ठेवले. परंतु हा द्रष्टा संशोधक पुढे फार वर्षे जगला नाही. ऐन तारुण्यात म्हणजे वयाच्या अवघ्या सदतीसाव्या वर्षी तो दिवंगत झाला. अशा तऱ्हेच्या संशोधकाचा अकाली मृत्यू म्हणजे राष्ट्राचे महान नुकसानच होय.

हर्टझ लहरी व प्रकाश लहरी या संबंधी संकलित माहिती.

१) हर्टझ-लहरी व प्रकाश लहरी या तडित्–चुम्बकीय लहरी (Electro-magnetic waves) आहेत. या लहरीत होणारी आंदोलने किरणांच्या दिशेस काटकोन करून होतात (Transversal waves)

२) या सर्व लहरी ईथरातून (Ether) ३.०×१०^{१०} सेंटीमीटर / सेकंद या प्रचंड वेगाने धावत असतात.

३) या सर्व लहरीमार्गे शक्तीचे प्रक्षेपण होत राहाते

लहरींची तरंगलांबी (λ) या बोध चिन्हानें क्षिप्रता (frequency) n या बोधचिन्हाने व्यक्त करतात.

४) हर्टझ-लहरींची तरंग-लांबी (λ) ३० सेंटीमीटर पासून ६०० मीटरपर्यंत कोणतीहि असू शकेल. त्याचप्रमाणे त्यांची क्षिप्रता (n) १×१०^{९} पासून ५×१०^{५}

५) इन्फ्रा-रेड............ $\lambda = ३\cdot०\times१०^{-२}$ सेन्टीमीटर
६) तांबडा................ $\lambda = ७\cdot१\times१०^{-५}$ सेन्टीमीटर
७) नारिंगी................ $\lambda = ६\cdot१\times१०^{-५}$ सेन्टीमीटर
८) पिवळा................ $\lambda = ५\cdot७\times१०^{-५}$ सेन्टीमीटर
९) हिरवा.. .... $\lambda = ५\cdot२\times१०^{-५}$ सेन्टीमीटर
१०) निळा................ $\lambda = ४\cdot७\times१०^{-५}$ सेन्टीमीटर
११) जांभळा................ $\lambda = ४\cdot१\times१०^{-५}$ सेन्टीमीटर
१२) अल्ट्रा व्हायलेट.... . $\lambda = १\cdot३६\times१०^{-६}$ सेन्टीमीटर
१३) क्ष-किरणे.......... $\lambda = १\cdot००\times१०^{-८}$ सेन्टीमीटर

गुग्लीमो मार्कोनी

इ. स. १८७४ ते इ. स. १९३७

विद्युल्लता नरे ती केली संदेशहारिका दासी ॥

वरील श्लोकार्धात सांगितल्याप्रमाणे एका संशोधकाने आकाशात संचार करणाऱ्या "सौदामिनीला" निरोप पोहोचविणारी दासी बनवली. विद्युल्लतेला मानवाच्या कार्यात राबवणारा संशोधक गुग्लीमो मार्कोनी होय. गुग्लीमो मार्कोनीचा जन्म २५ एप्रिल १८७४ रोजीं इटली देशातील बलोना [Bologna] शहरी झाला. गुग्लीमोचे वडील श्रीमंत व्यापारी होते. गुग्लीमोची आई आयर्लंड देशाची नागरिक होती. गुग्लीमोचे प्राथमिक व माध्यमिक शिक्षण बलोना शहरी झाले. तो वयाच्या पंधराव्या वर्षी मॅट्रिकची परीक्षा उत्तीर्ण झाला. मॅट्रिकची परीक्षा दिल्यानंतर उच्च शिक्षणासाठी त्याने बलोना विद्यापीठात प्रवेश मिळविला. त्या कालखंडात बलोना विद्यापीठात प्रा. आगस्टो रेगी (Augusto Righi) वास्तव शास्त्र शिकवीत असत. उत्तम प्रतीचे शिक्षक म्हणून प्रा. रेगीचा लौकिक होता.

गुग्लीमोने ज्यावर्षी विद्यापीठात प्रवेश मिळविला त्याच्यापूर्वी एकच वर्ष हर्टझ्‌चा "तडित–चुम्बकीय लहरी" विषयी प्रबंध प्रसिद्ध झाला होता. हर्टझच्या प्रबंधांच्या अनुसंधानाने प्रा. रेगी स्वतःच संशोधन करीत होते. या कामात गुग्लीमो मार्कोनी हा त्यांचा सहाय्यक बनला.

प्रा. रेगीच्या मार्गदर्शनाखाली मार्कोनीची बरीच प्रगती झाल्यानंतर त्याने स्वतःची स्वतंत्र अशी प्रयोग शाळा तयार केली. बलोना शहरापासून दोन मैलावर मार्कोनीच्या वडिलांचा बंगला होता. हा बंगला अगदी एकांतात अशा बगीच्यात होता. प्रयोग शाळेतील सर्व साधने त्याने स्वतःच तयार केली होती. त्याकाळी प्रयोगशाळेत आवश्यक असलेली उपकरणी बाजारात विकत मिळत नसत. प्रयोगास लागणारा अगदी लहानसहान जिन्नसदेखील संशोधकास स्वतःच हाताने करून घ्यावा लागत असे. या अडचणीमुळे अगदी छोटासा प्रयोग करण्यास देखील फार दिवस लागत.

गुग्लीमो मार्कोनी याने आपले गुरुजी प्रा. रेगी यांचेकडून जर्मन शास्त्रज्ञ हर्टझ यांच्या संशोधन कार्याची बरीच माहिती मिळविली. या माहितीप्रमाणे त्याने हर्टझचे प्रयोग करून पाहिले. विद्युत लहरी निर्माण करण्यासाठी तो हर्टझ प्रमाणे "इंडुकशन कॉइल"चा उपयोग करीत असे. या लहरी स्वीकृत करणारे अनुनादक (Resonating) वलय त्याने बनवले. हे त्याचे प्रयोग हर्टझच्या प्रयोगाप्रमाणेच होते. यानंतर त्याने जास्त विद्युत दाबाची "इंडक्शन–कॉईल" तयार केली व अनुनादक थोड्या जास्त अंतरावर ठेवला. इ.स.१८९६ सालात मार्कोनी सुमारे दोन मैल अंतरावर अगदी साध्या यंत्राच्या साहाय्याने अनुनादकात विजेचा "तड्-तड्" आवाज उत्पन्न करू शकला. याच वर्षाच्या जून महिन्यात मार्कोनीने हे यंत्र लंडनला नेले. हा प्रयोग पाहाण्यासाठी लंडन येथील बरीच अधिकारी मंडळी उपस्थित होती.

इ. स. १९०० साली "मार्कोनी वायरलेस टेलिग्राफ कंपनीची" स्थापना झाली. याच वर्षाच्या आक्टोबर महिन्यात इंग्लंडच्या पश्चिम किनाऱ्यावरून अमेरिकेच्या किनाऱ्यानजिक असलेल्या न्यू फाउंडलंड बेटावर संदेश पाठवण्याचा प्रयोग यशस्वीपणे पार पडला.

"मार्कोनी वायरलेस कंपनीची" स्थापन झाल्यानंतर या कंपनीच्या प्रयोग शाळेत बरेच संशोधक प्रयोग करू लागले. संशोधक संघटितरित्या प्रयोग करू लागल्याने मार्कोनीच्या यंत्रात अनेक सुधारणा होत गेल्या. या संशोधक मंडळीत डॉ. जॉन अम्ब्रोझ फ्लेमिंग व डॉ. ली डी फॉरेस्ट यांचा नामनिर्देश करणे जरूर आहे.

डॉ. फ्लेमिंगने थर्मोनिक व्हाल्व्ह (Thermoic Valve) तयार केला. य व्हाल्व्हच्या साहाय्याने क्षीण झालेल्या हर्टझ–लहरी तीव्र करता येऊ लागल्या. (Amplify). तसेच भिन्न-दिक् (Alterating) असलेल्या लहरी एक–दिक् करता येऊ लागल्या. या व्हाल्व्हच्या साहाय्याने हजार मैल अंतरावर होत असलेले भाषण अगर

संगीत ऐकण्याची सोय झाली. रेडिओ यंत्राचे बरेचसे श्रेय फ्लेमिंग यासच देणे न्यायाचे ठरते.

इ. स. १९१४ साली पहिले जागतिक युद्ध सुरू झाले. या युद्धकालात मार्कोनीला इटली देशामार्फत सैन्यात नोकरी पत्करणे भाग पडले. हे पहिले जागतिक युद्ध इ. स. १९१४ पासून इ. स. १९१८ पर्यंत चालू होते. इ. स. १९१८ पर्यंत मार्कोनीचे संशोधन कार्य स्थगितच होते. इ. स. १९१९ साली युद्धाचा जो तहनामा झाला त्यावर इटली देशामार्फत मार्कोनीने स्वाक्षरी केली आहे.

इ. स. १९१९ साली इंग्लंड येथे पहिले आकाशवाणी केंद्र स्थापन झाले. जागतिक युद्धानंतर मार्कोनी पुनश्च संशोधन कार्यास लागला. या कालात त्याने ऱ्हस्व लाटावर (short waves) प्रयोग करून पाहिले. ऱ्हस्व लाटा (λ=५० सेन्टीमीटर) लहरी प्रकाश किरणासारख्याच आहेत असे मार्कोनीने सिद्ध केले. या लाटांचे परावर्तन (Reflection) व वक्रीभवन प्रकाश–किरणासारखेच होते. दोहोत फरक एवढाच कीं हर्टझ लाटा आपल्या डोळ्यांना दिसत नाहीत. त्यांचे अस्तित्व समजण्याकरता अनुनादकाची जरूरी असते. अंतर गोल आरशाचा उपयोग करून प्रकाश किरणे एकमार्गी करता येतात त्याचप्रमाणे हर्टझ लहरी अंतरगोल आरशाच्या साहाय्याने एकमार्गी करता येतात ही गोष्ट मार्कोनीने सिद्ध करून दिली. या गोष्टीमुळे "रडार" यंत्राची उभारणी करता आली. रडार यंत्रात ऱ्हस्व लाटा अंतरगोल आरशापुढे एकमार्गी करून दूरवर पाठवता येतात. त्यांच्या मार्गात अडथळा आल्यास या लाटा पुन्हा मूळ ठिकाणी परत येतात. यामुळे रडारवर काम करणाऱ्यास दूर असलेल्या विमानाचे अस्तित्व कळून येते. वैमानिकास मात्र या लाटांची काहीच कल्पना नसते. रडार यंत्रामुळे दूरस्थ विमान किती अंतरावर व कोणत्या दिशेत धावत आहे हे निश्चित समजते.

युद्धकालात व शांततेच्या काळात रडारचा चांगला उपयोग होतो. बिनतारी यंत्रामुळे विमान तळावरील अधिकाऱ्यास वैमानिकास सूचना देणे शक्य झाले आहे. असो.

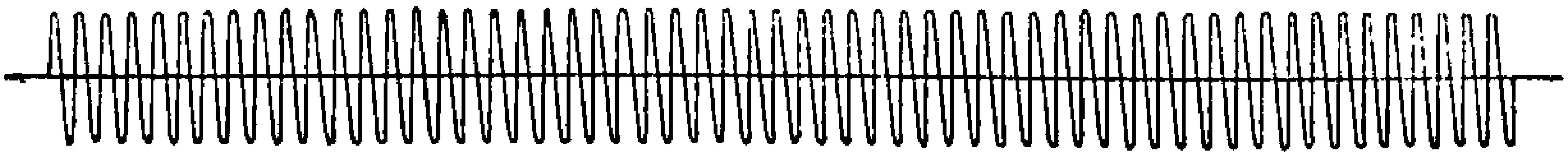
इ. स. १९०९ साली मार्कोनीला त्याच्या संशोधन कार्याबद्दल नोबल प्राईझ देण्यात आले. त्याच वर्षी तो इटली सिनेटचा सभासद झाला. मार्कोनी सतत ३० वर्षे संशोधन कार्य करीत होता. त्याच्या संशोधन कार्याने ज्ञानाची अनेक दालने अभ्यासकास खुली झाली. हा शास्त्रज्ञ इ. स. १९३७ साली ख्रिस्तवासी झाला.

मार्कोनीचे संशोधन कार्य

अलेक्झँण्डर ग्रॅहम बेल या शास्त्रज्ञाने दूरश्रावक (Telephone) यंत्र बनवले. हे यंत्र बनवण्यात त्याने विद्युत–प्रवाहाचा उपयोग केला. यानंतर हर्टझ–लहरीचा (Electro–magnetic Waves) शोध लागला, हर्टझ–लहरींचा उपयोग करून दूर-

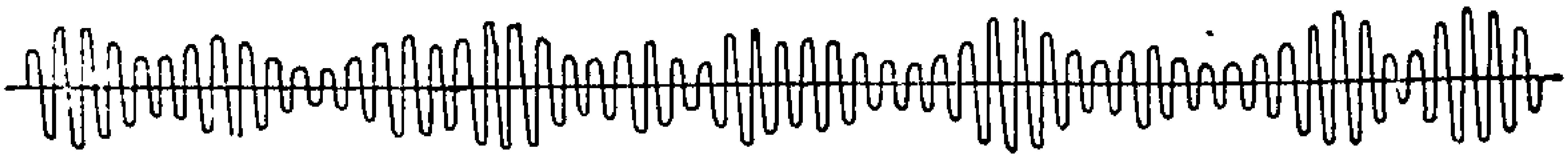
श्रावक साध्य करणे शक्य आहे का याचा विचार मार्कोनी करू लागला. एका स्थळी निर्माण झालेल्या ध्वनि–लहरींचे स्थलांतर हर्टझ–लहरींच्या साहाय्याने होणे शक्य आहे असे मार्कोनीस वाटू लागले.

ध्वनिलहरींचा वेग साधारणतः सेकंदास ३०० मीटर व हर्टझ–लहरींचा वेग सेकंदास ३ लक्ष किलोमीटर आहे. मार्कोनीने अशी शकल काढली की मंद गतीने धावणाऱ्या ध्वनि–लहरींची स्थापना द्रुत गतीने धावणाऱ्या हर्टझ लहरींवर करणे. ज्याप्रमाणे मंद गतीने चालणारा माणूस द्रुत गतीने धावणाऱ्या घोड्यावर स्वार होऊन प्रवास करतो. मार्कोनीची ही कल्पना अगदी अचूक ठरली. हर्टझ–लहरींना त्याने वाहक–लहरी (Carrier Waves)



१) वाहक लहरी म्हणजे हर्टझ लहरी

अशी संज्ञा दिली. रेडिओ स्टेशनवर ध्वनिलहरींची स्थापना हर्टझ–लहरींवर करण्याचे कार्य करण्यात येते. या संयुक्त लहरींना मॉडयुलेटेड वेव्हझ अगर रेडिओवेव्हझ म्हणतात. या संयुक्त लहरी रेडिओ स्टेशनपासून प्रकाशाच्या वेगाने (सेकंदास ३ लक्ष किलोमीटर) संवहातून धावत राहतात. या संयुक्त–लहरी [Modulated Waves] शेकडो मैल दूर असलेल्या



२) मॉडयुलेटेड लहरी

अनुनादकाच्या [Radio] एरिअलवर आदळतात. परंतु शेकडो मैल दूर प्रवास केल्यानंतर या संयुक्त लहरी फारच क्षीण होतात. यामुळे अनुनादकात अगदी सूक्ष्म परिणाम होतो. ही अडचण डॉ. फ्लेमिंगने दूर केली. डॉ. फ्लेमिंगने थरमॉनिक व्हाल्व्ह तयार केला. या व्हाल्व्हच्या साहाय्याने लहरींची तीव्रता वाढवता येऊ लागली. (Radio waves are amplified).

याशिवाय संयुक्त-लहरीत आणखी एक दोष राहतो रेडिओ वेव्हझ अगर संयुक्त लहरी अनेक दिक असतात. (alternating-waves) अशा लहरी पुनश्च ध्वनीलहरी

३) एक दिक् लहरी

निर्माण करू शकत नाहींत. हाहि दोष फ्लेमिंगच्या थर्मोनिक व्हाल्व्हमुळे काढता येतो. थर्मोनिक व्हाल्व्हमधून बाहेर पडणाऱ्या लहरी एक–दिक असतात त्यामुळे दूरश्रावकाच्या ग्राहकात मूळ ध्वनि ऐकू येतो. थर्मोनिक व्हाल्व्हमधून बाहेर पडणाऱ्या लहरींना रेक्टीफाईड वेव्हज म्हणतात. आकृतीवरून वाचकाना स्पष्ट कल्पना येईल.

४) रेडिओ यंत्रातून बाहेर पडणाऱ्या लहरी

प्रकरण एकविसावे

इतर शास्त्रज्ञ

" Many of the intellectual giants to which the human race will do homage came from the most unexpected places, and the great discoveries they made in poverty went unregarded by men. "

The names of the men who have made this the golden age of scientific discovery do not loom so large to-day in the public eye as those of successful military commanders or politicians, but future generation will cherish them when the warrior and the politician have passed into the limbo of forgotten things "

R. A. Gregory

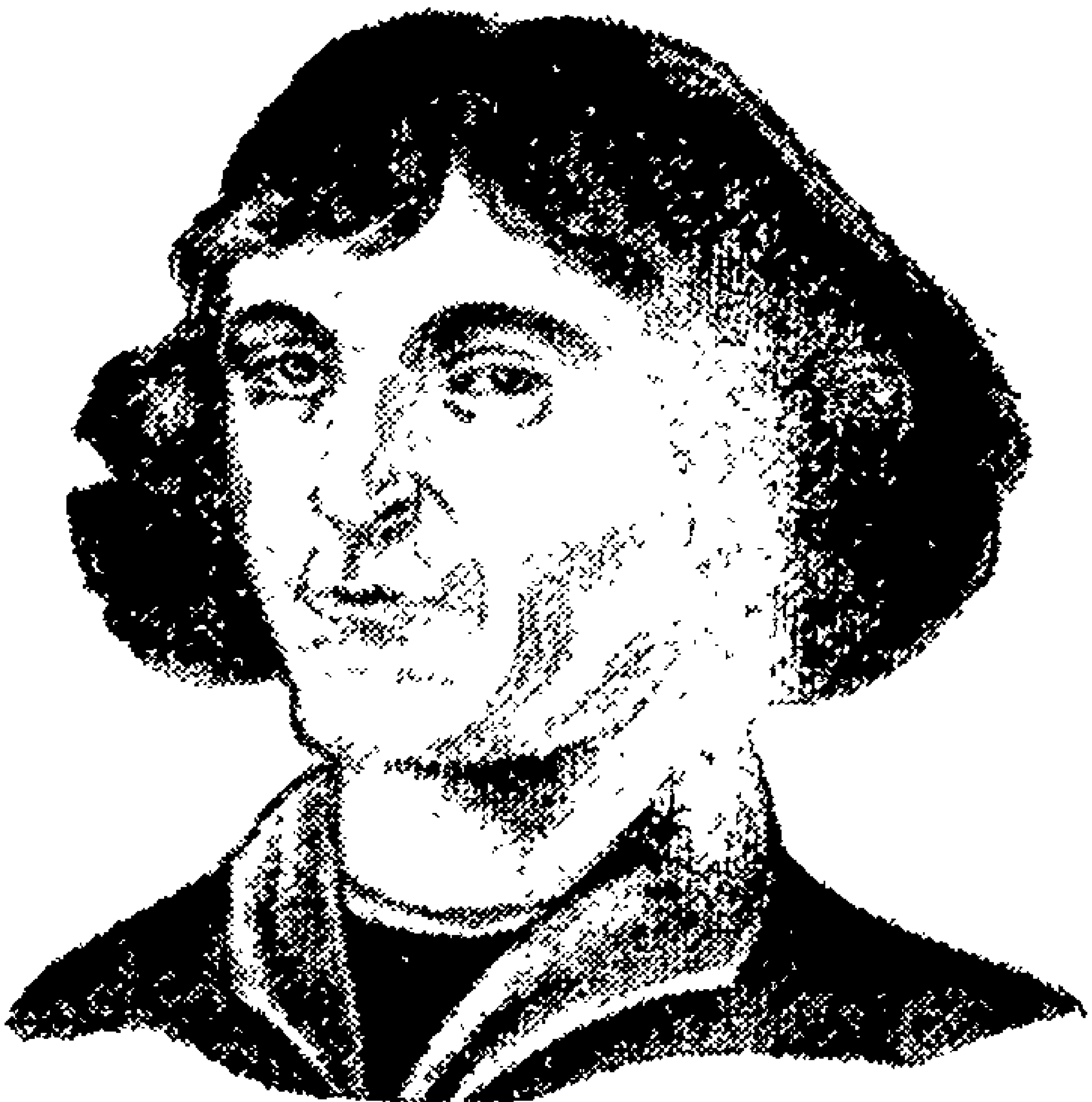
"ज्या शास्त्रज्ञांच्या कार्याबद्दल अभ्यासकाने आपली कृतज्ञता व्यक्त करावी ते बहुतेक मनीमानसी नसलेल्या अशाच ठिकाणी जन्मास आले आणि दारिद्र्याशी झगडतच त्यांनी संशोधन कार्य केले. सुवर्ण–युगाची निर्मिती करणाऱ्या शास्त्रज्ञांची कामगिरी सामान्य जनतेच्या डोळ्यात भरत नाही. राजकीय पुढारी व विजयी सेनांनी यांचीच सामान्य माणूस तोंड भरून स्तुती करीत राहतो; परंतु या पुढाऱ्यांचा व सेनानींचा काळाच्या पोटात नंतर मागमूसही राहात नाही."

१

निकोलस कोपरनिकस

(इ. स. १४७३

ते १५४३)



NICOLAUS COPERNICUS

सूर्य-केंद्र कल्पनेचा जनक निकोलस कोपरनिकस याचा जन्म पोलंड देशात इ. स. १४७३ च्या फेब्रुवारी महिन्यात झाला. त्याचे वडील एक सधन व्यापारी होते. परंतु निकोलस दहा वर्षांचा असतानाच त्याचे वडील वारले. वडीलांच्या पश्चात त्याचे शिक्षण त्याच्या चुलत्याने केले. त्याचे चुलते एक प्रसिद्ध धर्मोपदेशक होते. निकोलस अठरा वर्षांचा असताना त्याला क्रॅको (पोलंड) येथील विश्वविद्यालयात प्रवेश मिळाला. या विश्व-विद्यालयात सर्व यूरोपमधील देशातून विद्यार्थी येत. या विद्यालयातील सर्व शिक्षण लॅटीन भाषेतून दिले जात असे. लॅटीन ही यूरोपातील पुढारलेल्या वर्गाची सामान्य भाषा असे. कोपरनिकस एकोणीसाव्या वर्षाचा असताना कोलंबसाने अमेरिका खंडाचा शोध लावला ह्या शोधामुळे पृथ्वी गोलाकार आहे ही कल्पना दृढमूल झाली. कोपरनिकसच्या काळात विद्यार्थी निरनिराळ्या देशात जाऊन आपले शिक्षण पुरे करीत. त्याकाळी विद्यार्थ्यांना भाषेची अडचण पडत नसे कारण सर्वत्र लॅटीन भाषेतून शिक्षण दिले जात असे. कोपर-निकसचे शिक्षण प्रामुख्याने इटली देशातच झाले. वयाच्या तेहतीसाव्या वर्षापर्यंत कोपर निकसचे शिक्षण चालू होते. वयाच्या चौतीसाव्या वर्षी तो पोलंडला परत आला. यावेळी त्याचे चुलते फारच वृद्ध झाले होते. त्याने धर्मोपदेशकाचा पेशा पत्करला होता त्याला पोटाची विवंचना नसल्याने तो रात्रीच्या रात्री आकाशस्थ ग्रह व नक्षत्रे यांचे वेध घेऊन टिपणे करून ठेवी. त्याच्या काळी निरीक्षण करण्याची विशेष साधनेसुद्धा नव्हती. असे असून देखील केवळ तर्काने व अचाट बुद्धीने सूर्य-केंद्र सिद्धांताची त्याने मांडणी केली. याच्याच तर्काचा फायदा ब्राह्य व केप्लर यांनी घेतला. याने लिहीलेल्या पुस्तकाचे पूर्ण नांव De Revolutionibus Orbium Coeleslium असे आहे. दुर्दैव हे कीं पुस्तकाची छापील प्रत तयार झाली तेव्हा तो रक्त-दाबामुळे आजारी झाला व त्यातच त्याचा अंत झाला (इ. स. १५४३).

२

जॉन केपलर

(इ. स. १५७१ ते १६३०)

JOHANNES KEPLER

या खगोल शास्त्रज्ञाचा जन्म दक्षिण जर्मनीतील वील (Weil) या गावी इ. स. १५७१ साली झाला. याचे वडील एक सैन्यातील अधिकारी होते; आणि आई एका खानावळीच्या मालकाची मुलगी होती. जॉन केप्लरची आई बुद्धीने अर्धवट होती. चौथ्या वर्षी जॉन केप्लर देवीच्या साथीत आजारी पडला त्यामुळे त्याचे डोळे अधू झाले. शालेय शिक्षणात जॉन केप्लरने फारच हुशारी दाखवली त्यामुळे त्याने धर्मोपदेशक व्हावे असे त्याच्या वडीलाना वाटत असे. माध्यमिक शिक्षण संपवून त्याने टयूबिंजन् विश्वविद्यालयात प्रवेश मिळविला. विद्यालयात त्याला विज्ञान शास्त्राची व गणिताची गोडी लागली. याच विद्यालयात कोपरनिकसच्या कार्याची त्याला माहिती मिळाली. तेविसाव्या वर्षी त्याला ग्राझ येथील विश्वविद्यालयात प्राध्यापकाची जागा मिळाली. ग्राझ येथे त्याला फार दिवस राहाता आले नाही. जॉन केप्लर प्रॉटेस्टंट पंथाचा होता आणि इतर मंडळी रोमन कॅथालिक होती. कॅथॉलिक पंथीयांच्या त्रासामुळे त्याने ग्राझ शहर सोडले आणि तो प्राग शहरी राहावयास आला. याच ठिकाणी केप्लरची टॅको. ब्राह या खगोल शास्त्रज्ञाची मैत्री झाली. प्रथम टॅकोब्राहची मते कोपरनिकसच्या कल्पने-विरुद्ध होती. केप्लरने टॅकोब्राहचे मतपरिवर्तन केले. पुढे या जोडीने अनेक वर्षे खपून प्रत्येक ग्रह गोलाचा अभ्यास केला. याच अभ्यासाचा परिपाक म्हणजे केप्लरचे सिद्धांत हे सांगावयास नको. जॉन केप्लर जरी शास्त्रज्ञ होता तरी त्याचा ज्योतिषावर भारी विश्वास असे. प्रत्येक वर्षी तो आपली कुंडली मांडून आपले भविष्य लिहून काढीत असे. असो. हा शास्त्रज्ञ इ. स. १६३० साली खिस्तवासी झाला.

केपलरच्या सिद्धांताविषयीची माहिती " गुरुत्वाकर्षण " या प्रकरणात दिली आहे. स्वतःच्या सिद्धांताविषयी केपलरचा किती आत्मविश्वास होता याची कल्पना त्याच्या पुढील उताऱ्यावरून येण्यासारखी आहे. हा उतारा त्याने लिहिलेल्या पुस्तकाच्या प्रस्तावनेतील आहे.

.. that for which I joined Tycho Brahe, for which I settled in Prague, for which I have devoted the best part of my life to astronomical contemplation, at length I have brought to light, and recognised its truth beyond my expectations......the die is cast, the book is written, to be read either now or by posterity, I care not which; it may well wait a century for a reader, as God has waited six thousand years for an observer.

J. Kepler.

(गोषवारा)

खगोलांच्या निरीक्षणाकरता मला प्राग शहरी वास्तव्य करणे भाग पडले; आणि टॅको-ब्राह सारखा मदतनीस मिळवावा लागला. आयुष्याचा सर्व उमेदीचा काळ याच एका कार्यात व्यतीत करावा लागला. सरते शेवटी अपेक्षेपेक्षा अधिक यश मला कार्यात आले. अज्ञात अशा ग्रहगोलांच्या कक्षा मला उजेडात आणता आल्या.... पुस्तक लिखाणाचे कार्य माझ्या हातून पार पडले. आता या पुस्तकास अभ्यासक केव्हा मिळेल याची मला फिकीर नाही. कदाचित पुस्तकाला योग्य अभ्यासक शंभर वर्षांनी लाभेल! कोणी खात्री द्यावी!। खुद्द परमेश्वराला त्याच्या निर्मितीचे निरीक्षण करणाऱ्या माझ्यासारख्याची सहा हजार वर्षे वाट पाहावी लागली!!!

CHRISTIAN HUYGENS

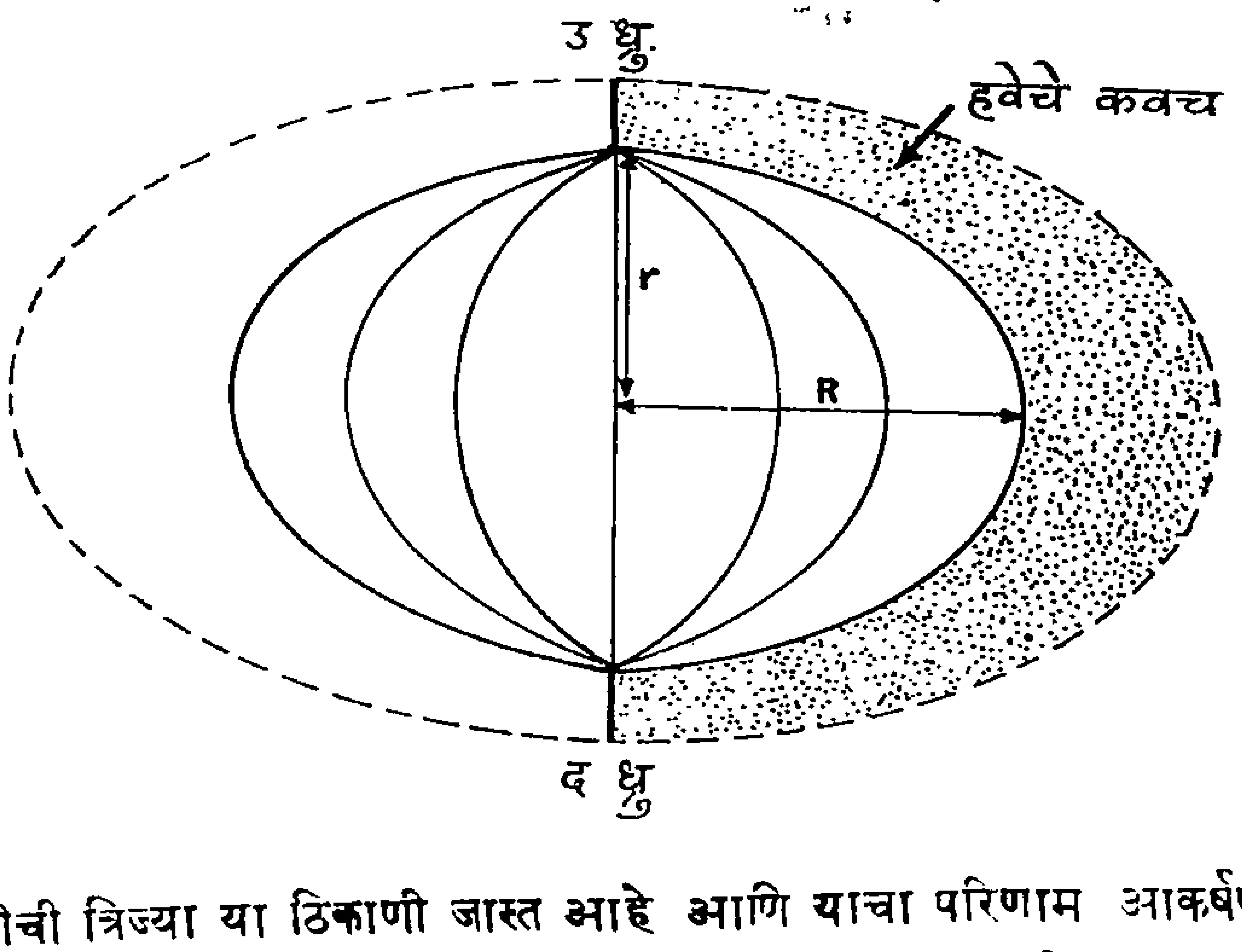
ख्रिश्चन हायगेंझ

(इ. स. १६२९ ते १६९५)

(३) ख्रिश्चन हायगेंझ [इ. स. १६२९–१६९५] या डच शास्त्रज्ञाचा जन्म हेग शहरी १४ एप्रिल १६२९ रोजी झाला. याची गृहस्थिती समाधानकारक असल्यामुळे, त्याच्या शिक्षणाची थोडीसुद्धा हेळसांड झाली नाही. माध्यमिक शाळेत असतानाच त्याला गणित शास्त्राची व खगोल शास्त्राची गोडी लागली होती. माध्यमिक शिक्षण पुरे करून त्याने लीडेन येथील विश्वविद्यालयात प्रवेश मिळविला. त्या काळचे विद्यालयीन वातावरण गॅलिलीओ व केप्लर यांच्या संशोधन कार्याने भारावून गेले होते. ख्रिश्चन हायगेंझ याने गॅलिलीओ व केप्लर या दोघांच्या संशोधनाचा पूर्ण अभ्यास करून त्यात स्पृहणीय प्रगती केली.

गॅलिलीओने साध्या लंबकाचा अभ्यास करून त्याविषयी सिद्धांत प्रतिपादन केले होते. याच सिद्धांताचा पाठपुरावा ख्रिश्चन हायगेंझने करून काम्पाउन्ड पेन्डयूलंची सिद्धता केली. काम्पाउन्ड पेन्डयूलंचा आन्दोलन काल (Period) स्थिर असतो हे त्याने प्रतिपादन केले. या लंबकाचा उपयोग करून त्याने लंबकाचे घड्याळ तयार केले.

दक्षिण अमेरिकेत न्यु गायना नावाची फ्रेंचांची वसाहत आहे. केनी हे वसाहतींतील मुख्य शहर आहे. हा भू-भाग पृथ्वीच्या विषुववृत्ताजवळ आहे. केनी येथील प्रयोग शाळेत काम्पाउन्ड पेन्डयूलम मंद गतीने चालतो असे निदर्शनास आले. असे का घडावे? असा प्रश्न हायगेंझला पडला. याचवेळी हायगेंझ गोफण सिद्धांताविषयी (Centrifugal Force) संशोधन करीत होता. पृथ्वी आंसाभोवती फिरते यामुळे विषुववृत्तावरील भूभाग ताशी १००० मैलापेक्षा अधिक वेगाने वर्तुलाकार गतीने फिरत आहे. गोफण सिद्धांतान्वये काम्पाउन्ड पेन्डयूलम जलद गतीने चालयास हवा. हा कूट-प्रश्न कसा सोडवावा याचा विचार हायगेंझ करू लागला. त्याने असे सुचवले कीं विषुववृत्तावर पृथ्वीचे आकर्षण कमी कमी होत असावे. हायगेंझच्या या विचार सरणीवरून असे वाटते की हायगेंझला गुरुत्वाकर्षणाची थोडी फार माहिती होती. पृथ्वीचा विषुववृत्तावरील पृष्ठभागावर आकर्षण कमी असण्याचे कारण हे की पृथ्वीचा भाग फुगवट्यासारखा पुढे आला आहे. (आकृती पहा)



यामुळे पृथ्वीची त्रिज्या या ठिकाणी जास्त आहे आणि याचा परिणाम आकर्षणावर व्यस्त प्रमाणात घडून आला. हायगेंझच्या या विचारसरणीची सत्यता पुढे बऱ्याच कालानंतर शास्त्रज्ञांना आली. आकृतीवरून लक्षात येईल की विषुववृत्तावर वातावरणाची जाडी देखील अधिक आहे.

गॅलिलीओने तयार केलेल्या दुर्बिणीत हायगेंझने अनेक सुधारणा सुचवल्या. या दुर्बिणीच्या साहाय्याने शनि-ग्रहाचे वलय स्पष्ट दिसू लागले. इ. स. १६६३ साली हायगेंझने लंडन येथील रॉयल सोसायटीला भेट दिली याच वेळी त्याचा व आयझॅक न्यूटनचा परिचय झाला. हायगेंझला लंडन येथे ठेवून घ्यावे अशी न्यूटनची फार इच्छा होती परंतु पैशाच्या अभावी न्यूटनला ते करता आले नाही. याच वर्षी हायगेंझ रॉयल सोसायटीचा सभासद झाला.

हायगेंझची प्रकाश–किरणाविषयीचीकल्पना:—

सर्व विश्व संवहाने (Ether) भरले आहे. या संवहात क्षोभ झाला म्हणजे तरंग उत्पन्न होतात हे तरंग म्हणजे प्रकाश किरण होय. या कल्पनेचा आधार घेऊन हायगेंझने प्रकाश किरणांचे परावर्तन (Reflection) व मार्गान्तर (Refraction) या क्रिया स्पष्ट करून दाखवल्या इतके जरी होते तरी १७ व्या व १८ व्या शतकात तरंग कल्पना कोणास मान्य झाली नाही. असे असण्याचे मुख्य कारण न्यूटनचे व्यक्तिमत्व होते. न्यूटनला हायगेंझची ही कल्पना पसंत नव्हती. प्रकाशाचे परावर्तन व मार्गान्तर न्यूटन गुरुत्वाकर्षणाच्या साहाय्याने सिद्ध करण्याचा प्रयत्न करीत असे. इ. स. १८०२ साली डॉ. यंग याने तरंग कल्पनेवर आधारित असे अनेक प्रयोग यशस्वीरित्या करून दाखवले. पुढे इ. स. १८१५ साली फ्रेंच शास्त्रज्ञ ऑगस्टीन जीन फ्रेझनेल याने स्वतंत्ररित्या प्रकाशकिरणात होत असलेले इंटर फरन्स व डिफ्रॅक्शन या दोन गोष्टी तरंग कल्पनेच्या साहाय्याने सिद्ध केल्या.

इ. स. १८१५ नंतर न्यूटनची कल्पना मागे पडली. इ. स. १८४६ साली मायकेल फॅरेडेने असे प्रतिपादन केले की प्रकाश किरणांना संवहाचे अस्तित्व मानण्याची आवश्यकता नाही. सर्व पदार्थातून कर्षरेषांचे जाळे पसरलेले आहे. याच कर्षरेषांनी सर्व विश्वातील पदार्थ एकमेकात संबंधित झाले आहेत. फॅरेडेच्या मनाने कर्षरेषांचे तरंग म्हणजेच प्रकाश तरंग होय.

हायगेंझच्या संशोधन कार्याचा विचार करता असे वाटते की हायगेंझ हाच खरा गॅलिलीओ व केप्लरचा वारस ठरतो. हा न्यूटनचा समकालीन होता. सर आयझॅक न्यूटन केंब्रीज विद्यालयात प्राध्यापक होता. तसेच तो रॉयल सोसायटीचा बरीच वर्षे अध्यक्ष होता. या गोष्टीमुळे न्यूटनची शास्त्रज्ञ मंडळीत मोठी प्रतिष्ठा होती. हायगेंझचे संशोधन कार्य न्यूटनच्या संशोधन कार्यापेक्षा अधिक महत्वाचे होते तरी त्याचा प्रभाव डोळ्यात भरण्या-सारखा वाटला नाही. असो. हा शास्त्रज्ञ इ. स. १६९५ साली ख्रिस्तवासी झाला.

(४) सर ख्रिस्तफर रेन (इ. ल. १६३२—१७२३.) हा सर आयझॅक न्यूटनचा समकालीन असून ऑक्सफोर्ड येथील विद्यालयात गणित व खगोल शास्त्राचा प्राध्यापक होता. ख्रिस्तफर रेन याला स्थापत्य शास्त्राची बरीच माहिती होती. इ. स. १६६३ साली लंडन येथील सेन्ट पॉलस् कॅथेड्रल ही भव्य इमारत याच्याच देखरेखीखाली बांधण्यात आली. लंडन येथे एका प्रशस्त इमारतीत याचे वास्तव्य असे. लंडन येथील ख्रिस्तफर रेनचे घर म्हणजे शास्त्रज्ञांना एकत्रितपणे भेटण्याचे व चर्चा करण्याचे ठिकाणच झाले होते. या शास्त्रज्ञांच्या चर्चा–मंडळाला अनौपचारिक विद्यालय [Invisible College] अशी संज्ञा त्याकाळी देण्यांत आली होती. याच विद्यालयाचे रूपांतर पुढे रॉयल सोसायटीत झाले.

ख्रिस्तफर रेनच्या घरी येणाऱ्या मंडळींत प्रामुख्याने रॉबर्ट बॉईल, रॉबर्ट हूक आणि न्यूटनचा परम स्नेही हेली हीं असत.

इ. स. १६८४ सालातील जानेवारी महिन्यात ख्रिस्तफर रेनच्या घरी केपलरच्या सिद्धांताविषयी चर्चा चालू होती. चर्चेत भाग घेणारे दुसरे दोन शास्त्रज्ञ हूक व हेले होते. या दोघाना उद्देशून ख्रिस्तफर रेनने पैज मारली की ग्रहांना सूर्याभोंवती लंब–वर्तुळाकार मार्गाने जाण्यास कारणीभूत असलेल्या प्रेरणेचा शोध तुम्हा दोघांपैकी कोणी लावल्यास आपण त्याला चाळीस शिलिंग किंमतीचे पुस्तक बक्षीस देऊ.'' या घटनेनंतर काही दिवसांनी हेले न्यूटनला भेटण्यास केंब्रीजला गेला. हेलेने वरील मुद्यावर न्यूटनशी चर्चा केली. याच प्रसंगी गुरुत्वाकर्षण सिद्धांत उजेडात आला.

(५) जोसेफ ब्लॅक [१७२८—१७९९] हा ग्लासगो विद्यापीठात प्राध्यापक होता. बर्फाची व वाफेची अनुनुभूत उष्णता (Latent Heat) या विषयी त्याने संशोधन केले. वॅटने वाफेवर चालणारे इंजीन तयार केले ते ब्लॅकच्या संशोधन कार्यावर अवलंबून होते. वॅटचा शास्त्रीय सल्लागार जोसेफ ब्लॅक होता. याच्या संशोधन कार्याचा उपयोग पुढे काउन्ट रूमफोर्ड व जेम्स प्रेस्काट जूल यांना झाला.

काउन्ट रूमफोर्ड

(इ. स. १७५३ ते १८१४)

Benjamin Thompson,
COUNT RUMFORD

(६) काउन्ट रूमफोर्ड [इ. स. १७४३--१८१४] काउन्ट रूमफोर्ड हा जन्माने अमेरिकन. याचा जन्म अमेरिकेतील मॅसॅच्यूसेट संस्थानातील वूबर्न गांवी इ. स. १७५३ साली झाला. याचे वडील एक शेतकरी होते. परंतु ते मुलाच्या जन्मानंतर थोड्याच महिन्यात निवर्तले. कौन्ट रुमफोर्डचे अमेरिकेतील नांव बेनजामिन थॉमसन असे होते. याचे शिक्षण बेताचेच होते. बेनजामिन थॉमसन दिसण्यात मोठा रुबाबदार असे. त्याची एका श्रीमंत विधवेशी ओळख झाली व नंतर दोघांचे लग्न झाले. या स्त्रीचे वय तेहतीस वर्षाचे होते. या स्त्रीची ओळख सरकार दरबारी होती. या ओळखीने त्याला सरकारी नोकरी मिळाली. त्याकाळी अमेरिकेवर ब्रिटिश सत्ता होती. ब्रिटिश सत्तेपासून अमेरिका स्वतंत्र करण्याचे अमेरिकन जनतेचे प्रयत्न चालू होते. स्वातंत्र्याची चळवळ करणारे स्वतःस

स्वातंत्र्य पुत्र [Sons of Liberty] म्हणवून घेत असत. बेनजामिन थॉमसन हा ब्रिटिश गव्हर्नरचा हस्तक होता. व "तो स्वातंत्र्य पुत्रांच्या" हालचालीच्या बातम्या सरकारला पुरवीत असे. यामुळे स्वातंत्र्य पुत्रांकडून बेनजामिन थॉमसनला त्रास होऊ लागला. या त्रासामुळे इ. स. १७७५ साली बेनजामिनने अमेरिकेस रामराम ठोकून इंग्लंड देशात तो राहण्यास गेला.

इंग्लंडमध्ये बेनजामिन थॉमसनला वसाहत-खात्यात अधिकाराची नोकरी मिळाली. वसाहत-खात्यात काम करीत असताना तो खासगीरित्या प्रयोग करीत असे. त्याने बंदुकीत व तोफात वापरण्यात येणाऱ्या दारुच्या मिश्रणांत बरीच सुधारणा केली. या कार्यामुळे इ.स. १७८४ साली त्याला 'सर' हा बहुमानाचा किताब मिळाला. या नंतर काही दिवसांनी त्याला जर्मन सम्राटा-कडून निमंत्रण आले आणि तो म्युनिच येथे राहाण्यास गेला. थोड्याच काळात त्याची सम्राटावर छाप बसली. त्याने जर्मनीत निरनिराळया क्षेत्रांत बऱ्याच सुधारणा घडवून आणल्या. बेन्जामिन थॉमसनने जर्मनीत असतानाच त्याला कौंट ही बहुमानाची पदवी मिळाली. आता तो " कौंट रूमफोर्ड " नांवाने ओळखला जाऊ लागला.

इ. स. १७९७ साली कौंट रूमफोर्ड इंग्लंडला परत आला. इ. स. १७९८ च्या जानेवारीत रूमफोर्डने स्वतःच्या संशोधन-पत्रिकेवर रॉयल सोसायटीच्या सभागृहात चर्चा केली. संशोधन पत्रिकेत त्याने असे प्रतिपादन केले की घर्षणामुळे उष्णतेची निर्मिती होते. [An inquiry concerning the source of Heat which is excited by Friction.]

इ. स. १७९९ सालीं कौन्ट रूमफोर्डने रॉयल इन्स्टिटयूशनची स्थापना केली. ही इन्स्टिटयूशन स्थापण्याचा कौंट रूमफोर्डचा हा हेतू होता की प्रायोगिक ज्ञानाचा उपयोग राष्ट्राच्या उद्योगधंद्याकडे व्हावा. परंतु संस्थेच्या स्थापनेनंतर कौन्ट रूमफोर्ड फ्रान्सला निघून गेला. कौंट रूमफोर्डच्या पश्चात संस्थेची इतिश्री व्हावयाची; परंतु हंफ्रे डेव्हीच्या प्रयत्नाने संस्था वाचली. यानंतर डेव्हीच्या साहाय्यास मायकेल फॅरेडे आला. या दोघांच्या प्रयत्नाने या संस्थेची भरभराट होत गेली.

कौन्ट रूमफोर्डने वेगीय-शक्ती व उष्णता यांचा संबंध उलगडण्याचा बराच प्रयत्न केला. त्याचे हे कार्य पुढे जूलने पुरे केले. दीपकांची दीप्ति त्यांच्या योगे पडणाऱ्या छाये-वरून कशी ठरवावी हे रूमफोर्डने दाखवून दिले.

कौन्ट रूमफोर्ड हा प्रतिभाशाली शास्त्रज्ञ होता यांत काहीच संशय नाही. परंतु तो स्वभावाने मोठा तऱ्हेवाईक व चंचल बुध्दीचा होता. अखेरच्या दिवसात त्याला कौटुंबिक स्वास्थ्य लाभले नाही. आपले शेवटचे दिवस त्याला जन्मभुमीपासून दूरच्या देशात घाल-वावे लागले. मरतेवेळी त्याच्याकडे बरीच संपत्ती होती. त्याने ती संपती हारवर्ड विद्या-लयास देऊन टाकली. हा शास्त्रज्ञ इ. स. १८१४ साली मरण पावला.

HENRY CAVENDISH

हेन्री कॅव्हेंडिश

इ. स. १७३१ ते १८१०

हेन्री कॅव्हेंडिश इतका माणूसघाण्या व स्त्रीद्वेष्टा माणूस क्वचितच सापडेल. बहुतेक शास्त्रज्ञ निर्धन असत परंतु कॅव्हेंडिश त्या काळच्या इंग्लंडमधील सर्वात श्रीमंत मनुष्य होता. त्याच्या मृत्यूनंतर त्याच्या वारसास दहा लक्ष पौंडाची इस्टेट मिळाली.

हेन्री कॅव्हेंडिशचा जन्म इ. स. १७३१ च्या आक्टोबर महिन्यात झाला. हा लहान असतानाच याची आई स्वर्गवासी झाली. याच्या वडिलाचे नांव लॉर्ड चार्लस कॅव्हेंडिश. लॉर्ड कॅव्हेंडिश हेहि पहिल्या प्रतीचे शास्त्रज्ञ होते. त्यानीच पहिला किमान व कमाल ताप-मापक साध्य केला. या कामगिरीबद्दल त्याना रॉयल सोसायटीने सुवर्ण–पदक दिले होते.

हेन्री कॅव्हेंडिशच्या शिक्षणाची सोय उत्तम प्रकारे करण्यात आली होती. वयाच्या अठराव्या वर्षी केंब्रीज येथील विद्यालयात त्याने प्रवेश मिळविला. या विद्यालयात त्याने चार वर्षे शिक्षण घेतले. परंतु पदवी न घेताच त्याने विद्यालय सोडले. त्याच्या काळी विद्यार्थ्यांना ख्रिश्चन धर्माचा अभ्यास हा आवश्यक विषय असे. हीच गोष्ट हेन्री कॅव्हेंडिशच्या मनास पटेना.

केंब्रीज सोडल्यानंतर पुढील अभ्यासासाठी तो पॅरीस शहरी गेला. अभ्यास पूर्ण होताच तो परत लंडन येथे राहाण्यास गेला. हेन्री कॅव्हेंडिशचे घर म्हणजे छोटासा राजवाडाच होता. एवढ्या मोठ्या घरात एकदोन पुरुष नोकरासह तो राहात असे. घराचे रूपांतर त्याने प्रयोग शाळेत केले होते. एकच खोली झोपण्यासाठी ठेवली होती. तो कोणासही भेटत नसे. अंधार पडल्यावर एकटाच निर्जन रस्त्यावरून शतपावली करून परत आपल्या प्रयोग शाळेत येई. विज्ञान शास्त्राव्यतिरिक्त इतर कोणत्याही विषयावर त्याने तोंडावाटे उभ्या आयुष्यात चार शब्दही उच्चारले नाहींत असे त्याचा चरित्र लेखक सांगतो. इ. स. १७६० साली तो रॉयल सोसायटीचा सभासद झाला.

हेन्री कॅव्हेंडिशचे संशोधन क्षेत्र प्रामुख्याने रसायन शास्त्र होते. यानेच हायड्रोजन वायूचा शोध लावला. हायड्रोजन वायूला तो फ्लॉजेस्टाईन म्हणत असे. तसेच पाणी हे मूल द्रव्य [Element] नसून ते ऑक्सिजन हायड्रोजनचे संयुग (Compound) आहे असे त्याने निश्चित केले. त्याची मुख्य कामगिरी म्हणजे गुरुत्वाकर्षण सिद्धांतातील G या वैश्विक आकर्षणाचा गुणक या संख्येचे किंमत ठरवणे ही होय.

$$G = ६\cdot६५७६ \times १०^{-८} \text{ डाईन.}$$

हा शास्त्रज्ञ वयाच्या एकूणएंशीव्या वर्षी म्हणजे इ. स. १८१० साली मरण पावला. त्याच्या वारसाने हेन्री कॅव्हेंडिशची इस्टेट विकून त्या पैशाने कॅव्हेंडिश-प्रयोगशाळा इ. स. १८१७ साली स्थापन केली. याच प्रयोग शाळेत प्रयोग करून इ. स. १८९८ साली जे. जे. थॉमसनने परमाणूचा (Electron) चा शोध लावला. या प्रयोग शाळेमुळे इंग्लंडच्या वाट्यास सहा नोबेल पारितोषके आली.

JOSEPH HENRY

जोसेफ हेन्री

इ. स. १७९७

ते १८७८

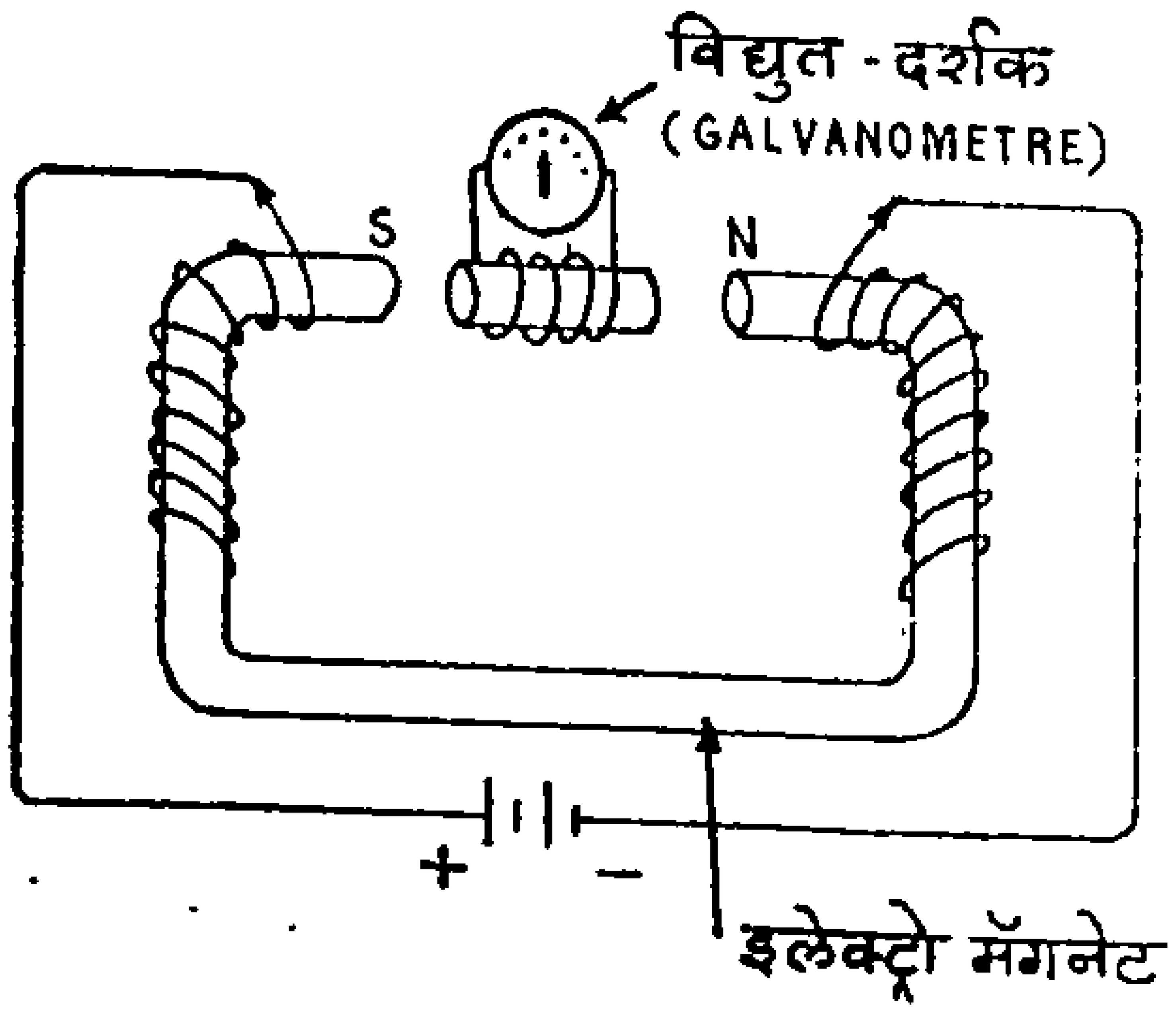
पर्वताच्या शिखरावर जाणारा मार्ग हा कधी सरळ असू शकणार नाही. तो नेहमी वळसे घेऊनच वर चढत जातो. याच प्रमाणे निकृष्ट परिस्थितीत जन्मास येणाऱ्या व्यक्तीस यशाच्या शिखरावर जाण्यास जीवन मार्गावर अनेक ठिकाणी वळणे घ्यावी लागतात. जोसेफ हेन्री याचा जन्म निकृष्ट परिस्थितील एका शेतकऱ्याच्या कुटुंबात इ. स. १७९७ साली झाला. याचे जन्म ठिकाण न्यूयार्क शहराच्या उपनगरांत आहे. जोसेफ हेन्रीला शाळेत जाऊन शिकण्यास संधीच मिळाली नाही. हेन्री स्वतःच्याच प्रयत्नाने थोडे फार लिहीण्यावाचण्यास शिकला. चौदा वर्षाचा होताच त्याला पोट भरण्यासाठी व्यवसाय करणे भाग पडले.

एका व्यापारी वखारीत त्याला कारकुनीचे काम मिळाले. हे कारकुनीचे काम करीत असताना त्याला नाटकांचा नाद लागला व पुढे दोन तीन वर्षे तो नाटकांतून निरनिराळ्या भूमिका करू लागला. त्याच्या जीवनातील एका विशिष्ट घटनेमुळे त्याला स्वत:च्या सुप्त बुद्धीची जाणीव झाली व त्याने नाटक कंपनी सोडली. एका माध्यमिक शाळेच्या मुख्याध्यापकाकडून शिक्षण चालू करण्याची त्याला स्फूर्ति मिळाली तो रात्रीच्या शाळेत शिक्षणाकरता जाऊ लागला. थोड्याच दिवसांत त्याने माध्यमिक शिक्षण पुरे केले, माध्यमिक शिक्षण पुरे करून त्याने विश्वविद्यालयांत प्रवेश मिळविला. विद्यालयांत त्याने शास्त्र व गणित या दोन विषयांचा अभ्यास पूर्ण केला. विद्यालयीन अभ्यास पूर्ण केल्यावर त्याने डेमॉन्स्ट्रेटरची नोकरी धरली. या नोकरीत त्याला आर्थिक अडचणी येऊ लागल्या यामुळे त्याने ही पण नोकरी सोडली. नंतर सर्वे इंजिनीयरची नोकरी पकडली. या नोकरीत त्याला बराच धनसंचय करता आला. परंतु लौकरच त्याला पैशाचा वीट आला व त्याने तीही नोकरी सोडली. इ. स १८२६ साली तो पुन्हा विद्यालयांत परत आला. विद्यालयात तो विज्ञानशास्त्र व गणित हे दोन विषय शिकवीत असे. फुरसतीच्या वेळात तो संशोधन करीत असे.

याच काळात ॲम्पेअर या शास्त्रज्ञाने इलेक्ट्रो मॅगनेट तयार केल्याची बातमी त्याच्या कानावर आली. या घटनेमुळे त्याच्या संशोधनास निराळाच विषय मिळाला. लौकरच त्याने स्वत:च एक इलेक्ट्रो-मॅगनेट तयार केला. हा इलेक्ट्रो मॅगनेट २३०० पौंड वजन उचलू शकत असे.

मायकेल फॅरेडेप्रमाणे याच्याही डोक्यांत शिरले कीं लोहचुम्बकाच्या साहाय्याने विद्युत-प्रवाह उत्पन्न करावा. या प्रयत्नात त्याला पूर्ण यश आले; परंतु ही गोष्ट त्याने प्रसिद्ध केली नाही. यामुळे प्रवर्तित-विद्युत् (Induced Current) याचा जनक मायकेल फॅरेडेच ठरला. जोसेफ हेन्रीने केलेला प्रयोग आकृतीवरून स्पष्ट होईल

विद्युत-दर्शक (Galvanometer)



आता फॅरेडेच्या लक्षात न आलेली एक गोष्ट होती ती म्हणजे स्वयंप्रवर्तित विद्युत् (self–induction). एखाद्या विद्युत वेटाळ्यातील तारेच्या टोंकाशी असलेला विद्युत-दाब (voltage) नष्ट केल्यास त्याच क्षणी वेटाळ्यातील विद्युत्-प्रवाह एकदम नष्ट होत नाही. तो प्रवाह अगदी सूक्ष्म काल तरी टिकून असतो. असे घडण्याचे कारण त्या टोंकाशीं नवा विद्युत-दाब क्षणैक पैदा होतो. या क्षणैक विद्युत्-दाबामुळे प्रवाह काही काल तरी टिकून राहतो. या क्षणैक प्रवाहास स्वयंप्रवर्तित विद्युत् प्रवाह म्हणतात.

या व इतर संशोधन कार्यामुळे हेन्रीस प्रिस्टन येथील विद्यालयात प्राध्यापकाची जागा मिळाली. या नोकरीवर इ. स. १९३२ पासून इ. स. १९४६ पर्यंत होता.

इ. स. १८४६ साली जेम्स सिमसन या श्रीमंत इंग्रज शास्त्रज्ञाने ५० लक्ष डॉलर्स देणगी म्हणून अमेरिकन सरकारला दिली. या देणगीतून **स्मिथसोनियन** इंस्टिट्यूशन स्थापन करण्यात आली. या इंस्टिट्यूशनची इमारत वॉशिंग्टन या शहरी आहे. ही इमारत इ. स. १८५२ साली जोसेफ हेन्रीच्या देखरेखीखाली पूर्ण झाली. या संस्थेचा मुख्य संचालक म्हणून जोसेफ हेन्री काम पाहात असे. या जागेवर तो अखेरपर्यंत होता याचा अंत इ. स. १८७६ साली झाला.

अलेक्झॅण्डर ग्रॅहॅम बेल

इ. स. १८४७ ते १९२२

दूरश्रावक (Telephone) यंत्राचा साधक अलेक्झॅण्डर बेल असून त्याचा जन्म ३ मार्च १८४७ रोजी एडिंन्बरो (स्कॉटलण्ड) शहरी झाला. याचे वडील पहिल्या प्रतीचे शिक्षक होते. अलेक्झॅण्डरचे माध्यमिक शिक्षण एडिन्बरो हायस्कूलमध्ये झाले. विद्यालयीन शिक्षण लंडन येथील विद्यापीठात झाले. यानंतर अलेक्झॅण्डर जर्मनीस पुढील शिक्षणासाठी गेला. जर्मनी मधील वूर्झबर्ग विद्यापीठात त्याने पी. एच. डी ची पदवी मिळविली.

इ. स. १८७० च्या सुमारास अलेक्झॅण्डरची प्रकृती अगदी ढासळली. त्याचे ठिकाणी क्षयरोगाची लक्षणे दिसू लागली. या रोगातून सुटका होण्यासाठी त्याच्या वडिलानी अमेरिकेस प्रयाण केले. तेव्हापासून बेल घराणे अमेरिकन रहिवाशी झाले. अमेरिकेत बेल कुटुंब बोस्टन शहरी स्थायीक झाले. बोस्टन येथे अलेक्झॅण्डरची प्रकृती उत्तम झाली. थोड्याच दिवसात मुक्या मुलांना बोलके करण्याची त्याने शाळा काढली. या शाळेत शिक्षण्याकरता मॅबेल ह्युबार्ड नावाची मुकी मुलगी येत असे. काही दिवसानी अलेक्झॅण्डरने याच मुलीशी लग्न केले.

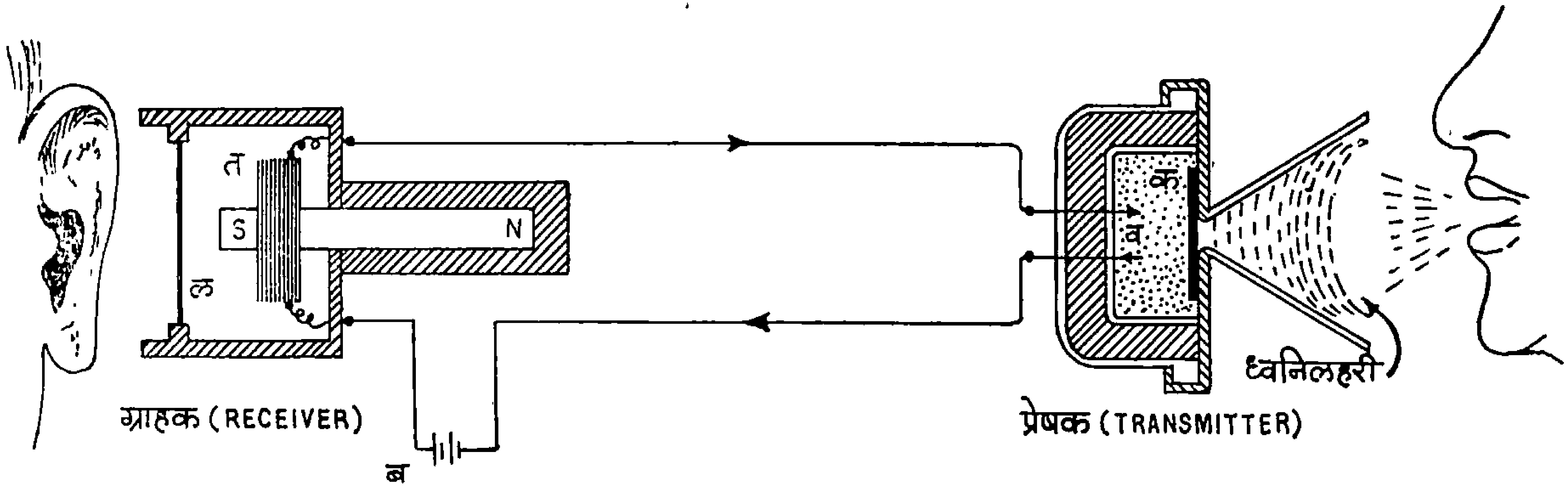
शिक्षणाचे कार्य करीत असताना फावल्यावेळी तो विद्युत् क्षेत्रात संशोधन करीत असे. अलेक्झॅण्डर बेलचे विद्यार्थी जीवन एडिन्बरो, लंडन, वूर्झबर्ग या तीन शहरी व्यतीत झाले होते. विद्युत्–शास्त्रातील अग्रगण्य शास्त्रज्ञ मायकेल फॅरेडे लंडन येथे विद्यार्थ्यांपुढे व्याख्यान देत असे. एडिन्बरो विद्यापीठात जेम्स मॅक्स्वेलसारखा प्राध्यापक तडित्–चुम्बकीय लहरीविषयी संशोधन करीत होता. जर्मनीमध्ये हरमान हेमहोल्टझ व हर्टझ हे गुरु–शिष्य विद्युत् क्षेत्रातच संशोधन करीत होते. या सर्व संशोधकांच्या कार्यामुळे तत्कालीन विद्यार्थीवर्गाला स्फूर्ति मिळत असे. तसेच त्याकाळी संशोधनकार्य गुप्तपणे होत नसे. संशोधक आपल्या कार्याची माहिती इतरांना खुल्या दिलाने देत असे. त्या काळची राष्ट्रीयत्वाची भावना हल्लीच्या सारखी तीव्र नव्हती.

विद्युताच्या साहाय्याने एका ठिकाणी बोललेले शब्द दूरच्या ठिकाणी कसे ऐकू येतील याविषयी बेल विचार करीत होता. या कामी त्याने फॅरेडेच्या प्रवर्तित–विद्युताच्या तत्वाचा उपयोग केला. इ. स. १८७६ साली बेलने अगदी साधा दूरश्रावक (Telephone) तयार केला. (पुढील पानावर आकृती पहा) या यंत्राचे दोन भाग असतात— प्रेषक (Transmitter) व ग्राहक [Receiver].

प्रेषक:— ध्वनी–लहरीमुळे क हीं कार्बनची पातळ तबकडी कंप होऊ लागते. व या बंदिस्त ठिकाणी असलेली छार्बनची वाळू कंप पावू लागते. यामुळे कार्बन वाळूचे विरोधन [Resistance] कमी जास्त होऊ लागते; आणि याचा परीणाम विद्युत्–प्रवाहावर होतो.

ग्राहक यंत्रात रेशीमवेष्ठीत तारेचे वेटोळे आहे. या वेटोळयातून वाहाणारा विद्युत्–प्रवाह कमी जास्त होत असल्याने त्यात बसवलेल्या चुम्बकीय पट्टीची आकर्षण क्षमता कमी जास्त होते. यामुळे ग्राहकातील ल ही पोलादी पातळ तबकडी कंपमान होते. तबकडीच्या कंपमानाने ध्वनि–लहरी निर्माण होतात.

अलेक्झॅण्डरने टेलिफोन–यंत्राचे पेटंट घेतले व बेल कंपनीची स्थापना केली. या कंपनीमुळे त्याला बराच आर्थिक फायदा झाला. २ ऑगस्ट १९२२ रोजी हा शास्त्रज्ञ आपल्या निवासस्थानी ख्रिस्तवासी झाला.



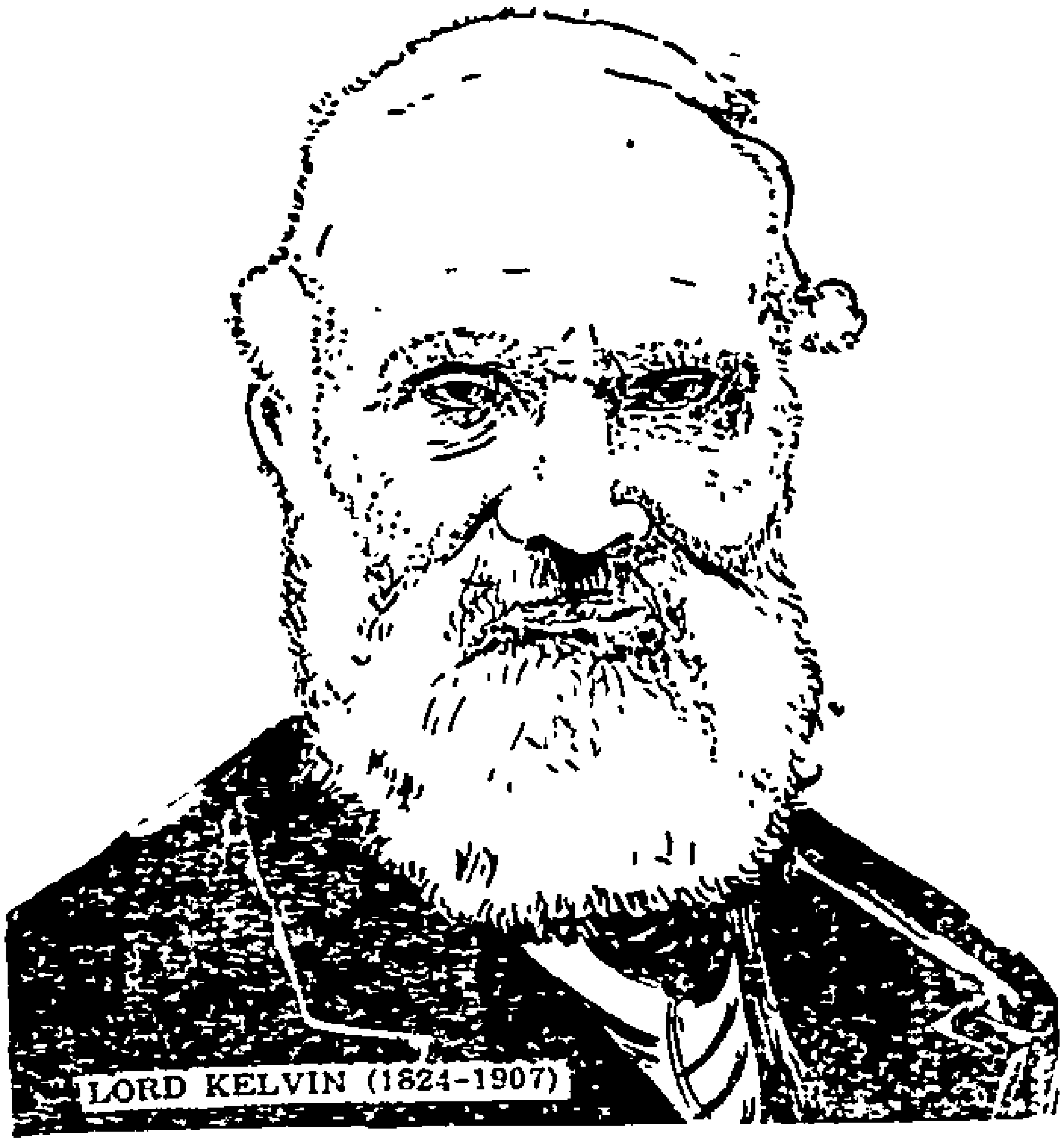
(N-S)	चुंबक पट्टी	क	कार्बनची पातळ तबकडी
त	रेशीमवेष्टित तारेचे वेटोळे	व	कार्बनची वाळू
ल	पोलादी पातळ तबकडी	ब	विद्युत-घट

अलेक्झॅण्डर ग्रॅहॅम बेलचा दूरश्रावक

लॉर्ड केल्व्हिन

इ. स. १८२४

ते १९०७


LORD KELVIN (1824-1907)

एकोणीसाव्या शतकाच्या उत्तरार्धात वास्तव शास्त्रात जी स्पृहणीय प्रगती झाली तिचे श्रेय मुख्यतः विश्वविद्यालयीन प्राध्यापक मंडळीस द्यावे लागेल. या मंडळीत लॉर्ड केल्व्हीन, मॅक्स्वेल आणि हेम्होल्टझ हे मुख्य होत. या प्राध्यापकांनी अनेक शास्त्रज्ञ तयार केले. शास्त्रज्ञांच्या शोधामुळे तंत्र शास्त्रात झपाट्याने प्रगती होत गेली, आणि सर्व यूरोप खंडांत " औद्योगिक क्रांती " घडून आली.

लॉर्ड केल्व्हीन यांचे मूळचे नाव विलिअम थॉम्सन होते. थॉम्सन कुटुंब मुळचे स्कॉटलंड मधील राहाणारे परंतु नोकरी निमित्त विलिअमचे वडील बेलफास्ट (आयलण्ड) शहरी राहात असत. त्यानी काही दिवस एका माध्यमिक शाळेत शिक्षकाची नोकरी केली नंतर ते आपल्या हुशारीने बेलफास्ट येथील कॉलेजात प्राध्यापक झाले. विलिअम थॉम्सनचा जन्म बेलफास्ट शहरी २६ जून १८२४ रोजी झाला विलिअम सहा वर्षाचा असतानाच त्याची आई ख्रिस्तवासी झाली. विलिअम व त्याचा वडील भाऊ जेम्स यांचे प्राथमिक व माध्यमिक शिक्षण घरीच झाले. विलिअम दहा वर्षाचा असतानाच तो मॅट्रिकची परीक्षा पास झाला. आणि सोळावे वर्ष पूर्ण होण्यापूर्वीच तो एम्. ए. ची परीक्षा मोठ्या यशस्वीपणें पास झाला. मुलाची ही प्रगती पाहून त्याच्या वडिलानी त्याला पुढील शिक्षणाकरता केंब्रीज विद्यालयात पाठविले. केम्ब्रीज विद्यालयात शिकत असताना त्याने गणित विषयातील अनेक कूट प्रश्नावर उत्तम प्रबंध लिहून प्रसिद्ध केले. यानंतर तो ट्रॉय पॉस परीक्षेस बसला. या परीक्षेत मात्र तो दुसऱ्या क्रमांकाने पास झाला. कोणतीहि परीक्षा म्हणजे

उमेदवाराच्या स्मरण शक्तीची चाचणी असते. परीक्षेतील यश उमेदवारीची कल्पकता व बुद्धीमता या विषयीचे शिफारसपत्र असू शकत नाही. विलिअम थॉम्सनच्या परीक्षकांतील खासगी संभाषणावरून थॉम्सनच्या बुद्धीची कल्पना येते. परीक्षकांतील एकाने कबुली दिली व तो म्हणतो " या विद्यार्थ्याची लेखणी तासण्याची आपली योग्यता आहे." (You and I are just about fit to mend his pens.")

वयाच्या बाविसाव्या वर्षी विलिअम थॉम्सन ग्लासगो येथील विद्यापीठात वास्तव शास्त्राचा प्राध्यापक झाला. शेवटपर्यंत याच विद्यापीठात तो अध्यापनाचे काम करीत होता. प्राध्यापकाचे काम करीत असता त्याने अनेक विद्यार्थ्यांना मार्गदर्शन केले. ही त्याची कामगिरी देशाच्या दृष्टीने फार मोलाची ठरली. विलिअम थॉम्सनचा समकालीन जर्मन शास्त्रज्ञ हरमान हेम्होल्टझ हेच अध्यापनाचे कार्य जर्मनीत करीत होता. एकोणीसाव्या शतकाच्या उत्तरार्धात वास्तव शास्त्रात जी स्पृहणीय प्रगती झाली त्याचे सर्व श्रेय त्या काळच्या प्राध्यापक मंडळीना द्यावे लागेल. विलिअम थॉम्सनच्या संशोधनाचा विशेष हा असे की त्याचा उपयोग औद्योगिक क्षेत्रात होत गेला. यामुळे विलिअम थॉम्सनचा बराच अर्थिक फायदा झाला.

" उष्णतेचे यांत्रिक मूल्य " निश्चित करणारा शास्त्रज्ञ जूल याला थॉम्संनची बरीच मदत झाली. तसेच उष्णतेविषयीचा दुसरा सिद्धांत (Second low of thermodynamics) याने प्रतिपादन केला.

थॉम्सनचे इतर संशोधन कार्ये :—

१) तापमानाचे मूल शून्यांश " निश्चित करणे.

२) स्थिर विद्युत–मापकाची [Quadrant Electometer) सिद्धता.

३) मिरर गॅल्व्हॅनोमीटर

४) उष्णतेपासून विद्युताची निर्मिती [Thomson Effect]

इ. स. १८६६ सालीं विलिअम थॉम्सनला महाराणी व्हिक्टोरिआकडून "लॉर्ड केल्व्हीन " हा बहुमानाचा किताब मिळाला. राष्ट्राने विलिअम थॉम्सनच्या संशोधन कार्याचा उत्तम तऱ्हेने गौरव केला. विलिअम थॉम्सनच्या स्वभावाचे हे विशेष होते की तो आपल्या यशाचे सर्व श्रेय आपला वडील भाऊ रॉबर्ट यास देत असे.

लॉर्ड केल्व्हीनच्या कामगिरीचा गौरव करण्याकरता इ. स. १८९६ साली ग्लासगो विद्यालयात मोठी सभा घेण्यांत आली होती. या सभेस त्याचे विद्यार्थी व जगातील सर्व भागातून आलेली शास्त्रज्ञ मंडळी उपस्थित होती. या सभेत उत्तरादाखल लॉर्ड केल्व्हीनने जे भाषण केले त्यातील एक महत्वाचे वाक्य पुढील प्रमाणे आहे.

"One word that characterises the most strenuous efforts for the advancement of Science that I have made perseveringly during fifty-five years is failure. "

गेली पंचावन्न वर्षे विज्ञान क्षेत्रात मजकडून जे चिकाटीचे परंतु यशस्वी कार्य झाले त्याचे वर्णन दोन शब्दात सांगावयाचे झाल्यास ते शब्द म्हणजे 'अपयशाशी दिलेली झुंज'. लॉर्ड केल्व्हीन वयाच्या ८३ व्या वर्षी म्हणजे १७ डिसेंबर १९०७ रोजी ख्रिस्तवासी झाला.

लॉर्ड केल्व्हीनसारखे शास्त्रज्ञ नेहमी नवीन ज्ञानाच्या मार्गावर असतात. लॉर्ड केल्व्हीनचा समकालीन प्रसिद्ध सर जे. जे. थॉमसन याने तत्कालीन शास्त्रज्ञांच्या भावना पुढील वाक्यात व्यक्त केल्या आहेत. यावरुन एक गोष्ट स्पष्ट होतें कीं संशोधन कार्य करीत असता ही संशोधक मंडळी ईश्वराच्या अगदी सान्निध्यात वावरत असतात.

"As we conquer peak after peak we see infront of us regions full of interest and beauty, but we do not see our goal, we do not see the horizon; in the distance tower still higher peaks, which will yeild to those who ascend them still wider prospects, deepen the feeling, the truth that "Great are the Work of the Lord"

Sir J. J.Thomson.

आपण निसर्गाच्या एका शिखरावरून पुढच्या शिखरावर चढून जावे तसे नवीनच शिखर आपल्या दृष्टीपथात येते. हे नवे शिखर सौंदर्यपूर्ण असतेच परंतु ते आपल्या कल्पनाशक्तीस आवाहन देत राहाते. यामुळे आपल्या प्रयत्नांचा शेवट कोठे होणार आहे हे समजत नाही व क्षितिजाचा थांगपत्ता लागत नाही. या नवीन शिखरावर कोण भाग्यवान चढणार आहे तो चढो. परंतु त्याला देखील आमच्यासारखाच अनुभव येईल. यावरुन एकच सत्य मनास पटते की 'परमेश्वरी विश्व अनंत आहे.' त्याच जगदीशास त्याचेच कार्य अर्पण करून हा छोटासा ग्रंथ मी समाप्त करतो.

मराठी ग्रंथ संग्रहालय ठाणे
ग्रा. क्र. १५८३८
ग्रंथ शाखा

पारिभाषिक शब्द

Acceleration प्रवेग Uniform acc. समवृद्धि. Accelerator वेग वर्धक.
Barometer वायुभार मापक. Mercurial Barometer पारदीय भारमापक.
Battery विद्युत्पात्र माला. Binomial Theorem द्विपद सिद्धांत.
Chromatic aberration रंगदोष, रंगविक्षेप.
Calcalus सूक्ष्मांश गणित. Integral Calculus सूक्ष्म संचयन शास्त्र.
Differential C. सूक्ष्म गुणोत्तर शास्त्र.
Chronometer सूक्ष्मकाल मापक.
Density दार्ढ्य, घनता.
Dip–angle अवपात कोण, अधःकोण.
Dissociation विघटण.
Electricity विद्युत्, तडित्, सौदामिनी. Static Electricity स्थिर विद्युत्.
Current Electricity विद्युत् प्रवाह.
Electrophorus विद्युत्–दर्वी.
Electro Scope विद्युत् द्योतक. Quadrant Electometers स्थिर विद्युत्मापक
Electro–magnet विद्युत् चुंबक.
Electric Cell विद्युत् घट.
Electrolysis विद्युत् विघटन, विद्युत् पृथक्करण.
Electro plating विद्युत् विलेपन.
Energy शक्ती, ओज, ऊर्जा. Kinetic E. गतिजन्य शक्ती.
Potential E. स्थितीजन्य शक्ती. Mechanical E. यांत्रिक शक्ती.
Radiant E. विकरण शक्ती. Conservation of E. शक्ती–नित्यता.
Electric E विद्युत्–शक्ती. Dissipation of E. शक्ती विक्षेप.
Ether संवह, आकाश तत्व.
Force प्रेरणा. Centrifugal F. केंद्रत्साही प्रेरणा.
Centripetal F. केंद्रगामी प्रेरणा.
Lines of F. कर्षक रेषा. Tubes of F. कर्षकनलिका.
Frequency लहरी संख्या, क्षिप्रता. Frequency Ratio क्षिप्रता गुणोत्तर.
Gravitation गुरुत्वाकर्षण. G वैश्विक आकर्षणाचा गुणक.
Heat उष्णता. Specific H. विशिष्ट उष्णता, उष्णता गुणोत्तर.
Latent H, अनुद्भूत उष्णता.
Hypothesis सापेक्ष कल्पना.
Inertia स्थिती सातत्य, जडत्व. Self Induction आत्मप्रवर्तक.

Induction Coil विद्युत्-प्रवाह मंडळ. Induced Current प्रवर्तित प्रवाह.
Isochronism समकालत्व, कालैकता.
Infra Red अतिरक्त अगर अधोरक्त किरणे.
J उष्णता शक्तीमूल्य, जूल अंक.
Liver तरफ.
Medium माध्यम, वहित्र. Material M. जड माध्यम.
Mechanical Advantage यांत्रिक लाभ.
Normal स्तंभिका.
Octave द्विगुण स्वर.
Pendulum लंबक, दोलक. Seconds P. सेकंद लंबक.
Period of Vibration लहरी काल, आंदोलन काल.
Parabola परवलय, जलपात रेषा. Parabolic Mirror परवलय दर्पण.
Pressure दाब.
Propogation of Light दीप्ती प्रसरण. P. of Sound ध्वनिसंचार.
Radiation क्षपण. R. of Energy शक्ती क्षपण.
Retardation वेगक्षय.
Speed गति.
Spectrum रंगपटल. वर्णलेख. S. Analysis वर्णपटल - विश्लेषण.
Temperature तापमान. Absolute T. मूळ शून्यांश तापमान.
Thermal औष्णिक.
Thermometer तापमापक. Centigrade T. शतभाग तापमापक.
Ultra-Violet rays एतश किरणे, नीलातीत किरणे.
Velocity वेग. Anguiar V. दिगंतर वेग, कोणीय वेग.
initial V. प्राथमिक वेग. Tangential V. स्पर्शिनी वेग.
Voltage ऊर्जमान.
Wave तरंग, आंदोलन, लहरी. Carrier W. वाहक लहरी.
Sound W. ध्वनि तरंग.
Electro-Magnetic W. तडित चुंबकीय लहरी, विद्युत चु. लहरी.
Reflection परावर्तन. Total internal R. व्यावर्तन.
Critical angle व्यावर्तन कोन.
Refraction वक्रीभवन, परिवर्तन.
Angle of Deviation विचलन कोन, परिवर्तन कोन.
Resonator अनुनादक.

काही ठळक घटना

इ. स. १७६६ इंग्रज कारागीर हार ग्रीव्हज याने सूत कातण्याचे यंत्र तयार केले.

इ. स. १७८५ वाफेच्या शक्तीने चालणारा कापड विणण्याचा माग तयार झाला.

इ. स. १७९९ कौंट रूमफोर्डच्या प्रयत्नाने लंडन येथे 'रायल इंस्टिटयूशन'ची स्थापना.

इ. स. १८०७ वाफेच्या शक्तीने चालणारी पहिली आगबोट 'क्लेआरमॉन्ट' अमेरिकेत तयार झाली. ही १०० टन वजनाची असून तिची लांबी व रुन्दी अनुक्रमे १५० फूट व १३ फूट होती. या बोटीचा वेग ताशी ५ मैल असे. या बोटीचा प्रवास न्यूयार्क पासून अल्बानीपर्यंत असे.

इ. स. १८०० अलेसॅन्ड्रो व्होल्टाने विद्युत-घट साध्य केला.

इ. स. १८१० इंग्रज शास्त्रज्ञ हेन्री कॅव्हेंडिशचा मृत्यू.

इ. स. १८१४ शास्त्रज्ञ कौंट रूमफोर्डचा मृत्यु.

इ. स. १८१५ इंग्रज शास्त्रज्ञ हंफ्रे डेव्ही व मायकेल फॅरेडे यांचा यूरोपचा प्रवास.

इ. स. १८१९ संशोधक आर्स्टेड याने विद्युत-प्रवाह व चुंबक या दोहोत संबंध असल्याचे प्रसिद्ध केले.

इ. स. १८२० ॲम्पेअरने विद्युत-प्रवाह व चुम्बक या विषयीचा 'लेफ्ट हॅण्ड रूल' प्रसिद्ध केले.

इ. स. १८२१ नेपोलियनचा मृत्यू.

इ. स. १८२१ जर्मन शास्त्रज्ञ व प्राध्यापक हेम व्होल्टझचा जन्म.

इ. स. १८२६ ओहमच्या प्रसिद्ध सिद्धांताचे प्रकाशन.

इ. स. १८२९ वाफेच्या शक्तीने गतिमान होणारे पहिले रेल्वे इंजिन "रॉकेट" तयार झालें. या इंजिनचा प्रवास मँचेस्टरपासून लिव्हरपूलपर्यंत असे रॉकेट इंजिनचे वजन फक्त साडेचार टन होते. हे छोटे इंजिन ताशी २५ मैल वेगाने धावत असे. हे इंजिन ३० प्रवाशांना वाहून नेत असे.

इ. स. १८२९ इंग्रज शास्त्रज्ञ हंफ्रे डेव्हीचा मृत्यू.

इ. स. १८३१ इंग्रज शास्त्रज्ञ मायकेल फॅरेडेने 'प्रवर्तित विद्युताचा' पहिला यशस्वी प्रयोग केला.

इ. स. १८३३ विद्युत प्रवाहाच्या साहाय्याने 'रासायनिक विघटन' (Electro lysis) ही गोष्ट मायकेल फॅरेडेने प्रत्ययास आणून दिली. विद्युत प्रवाहाच्या साहाय्याने त्याने मॅग्नेशिअम धातू शुद्धावस्थेत मिळविला-

इ. स. १८३३ गॉल व वेबर या दोघा जर्मन तंत्रज्ञांनी पहिले टेलिग्राफ यंत्र रॉटिन-जन शहरी बसवले.

इ. स. १८३७	अमेरिकन तंत्रज्ञ सॅम्युएल मोर्स याने प्रचलित असलेल्या तारायंत्राची सुरूवात केली.
इ. स. १८३९	फ्रान्स देशांत फोटोग्राफीचा शोध.
इ. स. १८४३	इंग्रज शास्त्रज्ञ जेम्स प्रेस्कॉट जूलने 'उष्णतेचें यांत्रिक मूल्य' निश्चित केले.
इ. स. १८२६	वॉशिंगटन शहरी 'स्मिथसोनियन इंस्टिटयूशनची' स्थापना. जोसेफ हेन्री हा इंस्टिटयूशनचा पहिला संचालक होता.
इ. स. १८४६	अमेरिकेत शिवण्याचे यंत्र तयार झाले.
इ. स. १८४८	भारतात रेल्वे मार्ग तयार करण्याची योजना त्याकाळचे गव्हरनर जनरल लॉर्ड डलहौसी यानी तयार केली.
इ. स. १८५३	भारतात रेल्वेचा प्रारंभ झाला. पहिली आगगाडी बोरीबंदर (मुंबई) पासून ठाण्यापर्यंत असे.
इ. स. १८५४	जॉर्ज सायमन ओहमचा मृत्यू
इ. स. १८६२	मायकेल फॅरेडेने विद्युत प्रवाहाच्या साहाय्याने उष्णतेचे यांत्रिक मूल्य निश्चित असल्याचे प्रत्ययास आणून दिले.
इ. स. १८६४	इंग्रज शास्त्रज्ञ जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेलने "तडित चुम्बकीय" आंदोलनाची Electro magnetic Waves) कल्पना प्रसिद्ध केली.
इ. स. १८६७	स्वीडनचा रहिवाशी नोबेल याने डायनामाईटचा शोध लावला. नोबेल हाच "नोबेल बक्षिसाचा" दाता व प्रवर्तक होय.
इ. स. १८६७	मायकेल फॅरेडेचा मृत्यू.
इ. स. १८६९	सुवेज कालव्यातून आगबोटींची वाहतूक सुरू झाली.
इ. स. १८७१	केंब्रीज विद्यापीठात 'कॅव्हेंडिश प्रयोग शाळेची' स्थापना.
इ. स. १८७४	शास्त्रज्ञ गुग्लीमो मार्कोनीचा जन्म.
इ. स. १८७६	अमेरिकन शास्त्रज्ञ जोसेफ हेन्रीचा मृत्यू.
इ. स. १८७६	अमेरिकन तंत्रज्ञ ग्रॅहॅम बेलने टेलिफोन यंत्र तयार केले.
इ. स. १८७९	इंग्रज शास्त्रज्ञ जेम्स क्लार्क मॅक्स्वेलचा मृत्यू.
इ. स. १८८४	जर्मन शास्त्रज्ञ हर्टझने 'तडित-चुम्बकीय आंदोलना' विषयी पहिला यशस्वी प्रयोग केला.
इ. स. १८८४	जर्मन शास्त्रज्ञ हेन्री हर्टझचा मृत्यू.
इ. स. १८९४	जर्मन शास्त्रज्ञ हेरी हेमहोल्टझचा मृत्यू.
इ. स. १८९५	इटलियन शास्त्रज्ञ मार्कोनीने 'बिनतारी यंत्राचा' पहिला यशस्वी प्रयोग केला.
इ. स. १८९७	प्रो. जे. जे. थॉमसनने परमाणूचा शोध लावला.
इ. स. १९००	मार्कोनीने अॅटलॉन्टिक महासागरावरून बिनतारी संदेश पाठविला.

४९५५४ निबंध
१७२२ २८।३।६७