शोधांच्या कथा: ९

ऊर्जा

आयझॅक आसिमॉव्ह

अनुवाद: सुजाता गोडबोले

१ ऊर्जा

आजकाल ऊर्जा आपल्यासाठी इतकी महत्वाची आहे की हा शब्द प्राचीन काळापासून माहित असेल असेच कोणाला वाटेल. पण तसे नव्हते. थॉमस यंग नावाच्या इंग्रज शास्त्रज्ञाने हा शब्द बनवला त्याला २०० वर्षेही लोटली नाहीत. १८०७ साली हा शब्द त्याने सर्वप्रथम वापरला.

ऊर्जा ही अशी गोष्ट आहे की ज्यामुळे काही कार्य करता येते, आणि कोणतेही कार्य होण्यासाठी प्रयत्न करावा लागतो. एखादी जड वस्तू उचलणे हे जसे कार्य आहे तसेच एखादी वजनाने हलकी वस्तू उचलणे हे देखील कार्यच आहे पण ते थोडे कमी कार्य आहे. एखादी जड वस्तू दूरवर उचलून नेणे, हे एखादी हलकी वस्तू थोडीशी हलवण्यापेक्षा अधिक कार्य आहे.

एखादी जड वस्तू खूप दूरवर नेताना जर तिला विरूद्ध बाजूकडून ओढ असेल, तर तुम्हाला अधिक कार्य करावे लागते.

ऊर्जा ही कार्याशी संबंधित असते. कार्य जितके अधिक तितकी अधिक ऊर्जा त्यासाठी आवश्यक असते. ऊर्जा जितकी अधिक तितके तुम्ही अधिक कार्य करू शकता.

थॉमस यंगने 'एनर्जी' (म्हणजे ऊर्जा) हा इंग्रजी शब्द 'वर्क इनसाइड' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दसमूहापासून बनवला. ऊर्जा ही अशी गोष्ट आहे की जिच्यात कार्यशक्ती दडलेली आहे. या कार्यशक्तीचा वापर करून आपण कार्य करू शकतो.

प्राचीन काळी हा शब्द जरी वापरात नसला तरी तेव्हाच्या लोकांना ऊर्जेची कल्पना होती. काहीही काम करण्यासाठी प्रयत्न करावा लागतो आणि त्यामुळे थकवा येतो हे त्यांना माहित होते. अधिक काम करण्यासाठी अधिक शक्ति लागते आणि त्यामुळे अधिक थकवा येतो हे ही त्यांना माहित होते.

त्यांना जर हा शब्द माहित असता तर ‘आपल्या शरीरात फक्त एवढीच ऊर्जा आहे. जास्त कामासाठी अधिक ऊर्जा वापरली जाते म्हणून जास्त दमणूक होते‘ असे ते म्हणाले असते.

कोणतेही कार्य करण्यासाठी ऊर्जेचा वापर करावाच लागतो हे प्राचीन लोकांच्या लक्षात आले नव्हते. काही वेगळ्या प्रकारच्या शक्तींमुळे कार्य करूनही थकवा येत नसेल असे त्यांना वाटे.

काही संगीतकार इतक्या कुशलतेने वाद्ये वाजवीत की त्यामुळे दगड आपण होऊन नाचत नाचत, स्वत:च भिंतीत जाऊन बसत अशा तऱ्हेच्या गोष्टी प्राचीन ग्रीक लोक सांगत असत. अरेबियन नाइट्स या सुरस आणि चमत्कारिक गोष्टीतील अल्लाउद्दिनकडे एक जादूचा दिवा होता आणि तो त्याला हवी ती वस्तू देत असे. दिव्यातला राक्षस त्याच्यासाठी मोठा महाल देखील एका क्षणार्धात बांधू शके. हे करताना राक्षस जरा सुद्धा दमत नसे कारण तो ऊर्जेऐवजी जादूचा उपयोग करत असे.

लोकांनी अशा कथा बनवल्या यात आश्चर्य वाटण्यासारखे काहीच नाही. कोणतेही कार्य करणे इतके कठीण होते की न थकता काम करण्याचा जर काही मार्ग सापडला तर लोकांना तो हवाच होता. पण जादूने कोणतेही काम झाल्याचे कोणीच पाहिले नव्हते आणि कोणालाही जादूने कोणतेच काम करता आले नव्हते. कोणत्याही कार्यासाठी ऊर्जा आवश्यक होती आणि काम करण्यासाठी केलेल्या श्रमाने माणसाला थकवा येतच असे.

बहुतेक वेळा कार्याचा विचार आपण जिवंत प्राण्यांच्या संदर्भातच करतो. माणसांप्रमाणेच घोडा, गाढव, गायी-गुरे हे देखील काम करतात. परंतू बऱ्याच वेळा निर्जीव वस्तूदेखील कार्य करतात.

वाऱ्यामुळे पाण्यावरील जहाजे ढकलली जातात. नदीच्या प्रवाहामुळे होड्या वाहून नेल्या जातात. समुद्राच्या भरतीमुळे मोठाली जहाजे उचलली जातात. तरफेवरील ताण एकदम सोडला, तर तरफ उचलली जाऊन मोठा दगड हवेत फेकला जातो. हा दगड एखाद्या भिंतीवर आदळला, तर भिंत पडूही शकते.

जेव्हा एखादी निर्जीव वस्तू कार्य करते त्यावेळी ते तिच्या गतीमुळे होते. स्थिर हवा, पाणी किंवा खडक काही ही हलवू शकत नाहीत अथवा तोडूही शकत नाहीत. हलणारी हवा, पाणी किंवा दगड हेच काही कार्य करू शकतात.

गतीमुळे कार्य होते म्हणजे गती ही एक प्रकारची ऊर्जा असली पहिजे. आपण तिला गतीजन्य प्रेरणा असे म्हणू शकतो, पण १८५६ साली लॉर्ड केल्विन या इंग्रज शास्त्रज्ञाने तिला 'कायनेटिक एनर्जी ' असे नाव दिले. ह्यात वेगळे असे काहीच नाही कारण ग्रीक भाषेतील कायनेटिक या शब्दाचा अर्थ आहे गती.

एखाद्या वस्तूची गती जेवढी अधिक तितके तिच्याकडून अधिक कार्य होते, म्हणजे तिच्यात अधिक ऊर्जा असणार. एखादी हातोडी हळूच खिळ्यावर टेकवली, तर तो खिळा थोडासाच लाकडात जाईल. याउलट त्याच हातोड्याने जोरात आघात केले तर खिळा लाकडात अधिक खोलवर जाईल.

त्याचप्रमाणे एकाच गतीने हलणाऱ्या वजनदार किंवा 'अधिक वस्तुमान' असणाऱ्या वस्तूत गतीची ऊर्जा कमी वजनाच्या वस्तूपेक्षा अधिक असते. गती जरी तेवढीच असली तरी एखाद्या मोठ्या जड हातोड्याच्या प्रत्येक आघाताने ठोकलेला खिळा, छोट्या, हलक्या हातोड्याच्या आघातापेक्षा अधिक खोलवर जाईल.

कधी कधी एखादी गतीहीन वस्तूदेखील कार्य करू शकते. उदाहरणार्थ, एखाद्या कड्याच्या टोकावर असलेल्या खडकाची कल्पना करा. वाऱ्याच्या झोताने तो घरंगळून पडू लागतो. तो खाली घसरू लागतो म्हणजेच दुसऱ्या शब्दात सांगायचे तर त्याला अचानक गतीची ऊर्जा प्राप्त

होते. एखादी वस्तू पडू लागली की तिची गतीही वाढत जाते आणि तिला अधिकाधिक ऊर्जा मिळते. अखेर ती वस्तू जमिनीवर पडते आणि त्यावेळी ती काहीतरी तोडण्या फोडण्याचे कार्य करू शकते.

कड्याच्या टोकावर स्थिर असताना त्या खडकात ऊर्जा होती असे दिसत नव्हते. त्यावेळी तो काहीच कार्य करत नव्हता. परंतू कड्यावरून खाली पडताना त्याला गतीची ऊर्जा प्राप्त झाली. कड्याच्या टोकावर असणाऱ्या खडकातील ऊर्जा योग्य संधीची वाट पहात होती असे आपण म्हणू शकतो.

१८५३ साली विल्यम जे. एम. रॅन्किन या स्कॉटिश इंजिनीयरने, एखादी वस्तू पडण्यामुळे निर्माण होणाऱ्या ऊर्जेला 'स्थितिजन्य कार्यशक्ती' (पोटेन्शियल एनर्जी) असे नाव दिले.

वस्तू जमिनीपासून जितक्या अधिक उंचीवर असेल, तितकी पडताना ती अधिक अंतर पार करेल, म्हणून तिच्यात 'स्थितिजन्य कार्यशक्ती' अधिक असेल. कारण लहान अंतरावरून पडणाऱ्या वस्तूला गती वाढण्याने ऊर्जा वाढण्याची फारशी संधी मिळत नाही. ती जमिनीवर पडताना होणाऱ्या लहानशा आघाताने थोडेच कार्य होऊ शकते. कारण तिच्यात सुरवातीपासूनच 'स्थितिजन्य कार्यशक्ती' कमी होती.

उंचावरून पडणाऱ्या वस्तूला अधिक गती मिळून, गतीजन्य ऊर्जा मिळवण्याची अधिक संधी असते. त्यामुळे जमिनीवर पडताना ती वस्तू अधिक कार्य करू शकते, कारण तिच्यात 'स्थितिजन्य कार्यशक्ती' सुरवातीपासूनच अधिक होती.

उंच भिंतीवरून उडी मारली असता, कमी उंचीच्या भिंतीच्या तुलनेत अधिक लागते हे तुम्हालाही अनुभवाने माहित आहे. उंच भिंतीवरून तुम्ही जमिनीवर जोरात आपटता.

प्राचीन लोकांना जर कोणी गतीजन्य ऊर्जा आणि स्थितिजन्य ऊर्जेबद्दल सांगितले असते तर ते कोड्यातच पडले असते. त्यांना हे शब्द माहित नव्हते पण तरीही त्यांना याची कल्पना होती. वाऱ्याच्या शक्तीचा उपयोग करता येईल अशी शिडाची जहाजे त्यांनी बनवली. नदीच्या वहात्या पाण्याने चाके फिरवून त्या शक्तीने ते कार्य करून घेत असत. उंचावरून पडणाऱ्या दगडाने मोडतोड होऊ शकते आणि उंचावरून उडी मारल्याने हात पाय मोडू शकतो किंवा जीवही जाऊ शकतो हे त्यांना चांगलेच माहित होते.

अर्थात केवळ कल्पना असणे पुरेसे नसते. ऊर्जेची कल्पना नीट समजण्यासाठी तिचा काळजीपूर्वक अभ्यास करणे आवश्यक असते. त्यासाठी अचूक मोजमापे घेऊन वेगवेगळ्या परिमाणांचा परस्पर संबंध लक्षात घेणे जरूर असते.

ऊर्जेचे परिपूर्ण ज्ञान मिळवण्यासाठी आवश्यक ती परिमाणे आणि अचूक नोंदी करण्याचे तंत्र प्राचीन लोकांना विकसित करता आले नव्हते. त्यासाठी आधुनिक काळ उजाडावा लागला.

२ यांत्रिक ऊर्जा

गती ही एक प्रकारची ऊर्जा असल्यामुळे गतीचा जर काळजीपूर्वक अभ्यास केला तर ऊर्जेसंबंधी अधिक माहिती मिळू शकते. गॅलिलिओ गॅलिली या इटालियन शास्त्रज्ञाने सर्वप्रथम गतीचा काळजीपूर्वक अभ्यास केला. गॅलिलिओ या त्याच्या पहिल्या नावानेच तो प्रसिद्ध आहे.

१५९० साली गॅलिलिओने एक प्रयोग केला. घसरगुंडीप्रमाणे उतार असणाऱ्या खाचातून त्याने काही चेंडू टाकले आणि विशिष्ठ वेळात ते किती अंतर कापतात हे मोजले. त्यावेळी अचूक घड्याळे अस्तित्वात नव्हती, म्हणून एका बादलीच्या तळाशी भोक पाडून त्यातून गळणारे पाण्याचे थेंब मोजून त्याने चेंडूंच्या घरंगळण्याची वेळ मोजली.

उतारावरून घरंगळत जाताना चेंडू अधिक वेगाने जातात हे त्याने सर्वप्रथम दाखवून दिले. त्याने दोन गणिती सूत्रे मांडली. एखादी वस्तू एका विशिष्ठ उंचीवरून निघून उतारावरून काही काळ जात राहिली असता तिचा वेग काय असेल हे या सूत्राद्धारे शोधून काढता येते. तसेच या सूत्राचा उपयोग करून ती वस्तू किती अंतरावरून पडली हे ही समजत असे.

खाली पडताना चेंडूची गती वाढत जाते हे जर माहित असेल तर त्याच वेळेत त्यातील गतीजन्य ऊर्जाही वाढत जाते हे देखील तुमच्या लक्षात येईल. गॅलिलिओच्या काळी शास्त्रज्ञांना गतीजन्य ऊर्जेसंबंधी विशेष स्पष्ट कल्पना नव्हती. कालांतराने गतीजन्य ऊर्जेची माहिती झाल्यावर ते गॅलिलिओच्या सूत्रांचा वापर करू शकले.

घरंगळणाऱ्या आणि पडणाऱ्या चेंडूंचा प्रयोग करण्याआधी बरीच वर्षे गॅलिलिओने एक वेगळाच शोध लावला होता. १५८१ साली, वयाच्या सतराव्या वर्षी, चर्चमधील प्रार्थनेच्या वेळी चर्चमधील झुंबर वाऱ्याच्या झोताने हलताना त्याने पाहिले.

काही वेळा ते अगदी थोडेसेच पुढे मागे होई तर काही वेळा वाऱ्याच्या जोराच्या झोताने ते अधिक हले. पण, हा झोका कमी जास्त असला तरी प्रत्येक वेळी या झोक्याचा कालावधी मात्र तोच होता. आपल्या स्वत:च्या नाडीच्या गतीवरून त्याने हा वेळ मोजला, त्यात तो इतका गुंग झाला असणार की त्याचे प्रार्थनेकडे लक्षच नसणार.

अशा तऱ्हेने गॅलिलिओने लंबकाच्या कार्यपद्धतीचा शोध लावला. लंबकाचे झोके इतकी अचूक वेळ दर्शवितात की ७० वर्षानंतर घड्याळे बनवण्यासाठी त्यांचा उपयोग केला गेला. लंबकाची घड्याळे ही अचूक वेळ दाखविणारी जगातील पहिलीच घड्याळे होत.

समजा लंबकाचे कार्य तुम्हाला समजून घ्यायचे आहे. त्यासाठी तुम्ही स्वतःच एक लंबक तयार करा. जमिनीपासून काही उंचीवर , उदाहरणार्थ पडदा लावण्याच्या दांडीला एक दोरी बांधा. त्या दोरीच्या खालच्या सुट्या टोकाला काहीतरी वजनदार वस्तू बांधा आणि तिला झोका द्या.

लंबक प्रथम एका बाजूला जाईल, मग दुसऱ्या बाजूला, आणि असा तो सतत पुढे मागे जातच राहील. एका बाजूला जाऊ लागला, की तो झोक्याच्या टोकाला पोचेपर्यंत हळू हळू जाईल. तिथे तो क्षणभर थांबेल. आणि मग परत खाली येताना त्याची गती वाढेल. झोक्याच्या खालच्या टोकाशी पोचेपर्यंत त्याची गती बरीच वाढलेली असेल. त्यानंतर तो दुसऱ्या दिशेने वर जाऊ लागेल आणि परत त्याची गती कमी कमी होत जाईल.

लंबक एका दिशेने वर जात असताना त्याची गती जेव्हा कमी होते त्यावेळी त्यातील गतीजन्य ऊर्जा देखील कमी होते. परंतू त्याच वेळी तो अधिक उंचीवर जात असल्याने त्यातील स्थितीजन्य ऊर्जा वाढते. लंबक झोक्याच्या वरच्या टोकाशी पोचतो तेव्हा त्यात गतीजन्य ऊर्जा नसते कारण तो क्षणभर थांबलेला असतो त्यावेळी त्याला गती नसते. पण त्यावेळी त्यात अधिकतम स्थितीजन्य ऊर्जा असते कारण तो सर्वात अधिक उंचीवर असतो आणि तिथून पडण्याची शक्यता असते.

लंबक जेव्हा परत खाली येताना त्याची गती वाढते तसतशी त्यातील गतीजन्य ऊर्जा वाढत जाते. त्याच वेळी तो खाली येत असल्याने त्यातील स्थितीजन्य ऊर्जा कमी कमी होत जाते. झोक्याच्या खालच्या टोकाशी असताना त्याची गती सर्वाधिक असते म्हणून त्यात अधिकतम गतीजन्य ऊर्जा असते आणि तो कमीतकमी उंचीवर असल्याने कमीतकमी स्थितीजन्य ऊर्जा असते.

लंबक झोका घेत असताना प्रथम त्यातील गतीजन्य ऊर्जा कमी होऊन स्थितीजन्य ऊर्जा वाढते , नंतर गतीजन्य ऊर्जा वाढते आणि स्थितीजन्य ऊर्जा कमी होते आणि असे परत परत होत रहाते. या दोन प्रकारच्या ऊर्जा एकसारख्या बदलत रहातात.

लंबकाच्या कार्यपद्धतीचे निरीक्षण करण्याने, निरनिराळ्या प्रकारच्या ऊर्जेचे एकमेकात रूपांतर सहज रितीने होऊ शकते ही कल्पना पहिल्यानेच शास्त्रज्ञांच्या लक्षात आली.

शिवाय, एका प्रकारातून दुसऱ्या प्रकारच्या ऊर्जेत वारंवार रूपांतर होताना देखील एकूण ऊर्जा वाढत नाही हे ही तुमच्या लक्षात येईल. कारण दर वेळी लंबक दोन्ही बाजूंना पूर्वीएवढ्या उंचीवरच जातो.

कालांतराने, झोक्याच्या प्रत्येक बिंदूपाशी लंबकात गतीजन्य ऊर्जा व स्थितीजन्य ऊर्जा किती आहे हे कसे मोजावे याचे गणित देखील शास्त्रज्ञांना समजले. गतीजन्य ऊर्जा व

स्थितीजन्य ऊर्जा यांची बेरीज नेहमी एकच असते हा शोध त्यांनी लावला. प्रत्येक प्रकारच्या ऊर्जेचे प्रमाण जरी कायम बदलत असले तरी त्यांची बेरीज मात्र न बदलता कायम रहाते.

गतीजन्य ऊर्जा व स्थितीजन्य ऊर्जा यांना एकत्रितपणे 'यांत्रिक ऊर्जा' (मेकॅनिकल एनर्जी) असे म्हंटले जाते. कारण यंत्रांमधे हलणारे भाग असतात आणि ते कमी अधिक गतीने वर खाली होत असतात. यंत्रांमधे गतीजन्य ऊर्जा व स्थितीजन्य ऊर्जा यांचे वरचेवर एकमेकात रूपांतर होत असते.

लंबकाच्या संदर्भात, गतीजन्य ऊर्जा व स्थितीजन्य ऊर्जा यांचे प्रमाण कायम बदलते असते. पण एकूण यांत्रिक ऊर्जा मात्र बदलत नाही.

वस्तू हलत असल्या, जागा बदलत असल्या तरीही त्यातील ज्या गोष्टीची एकूण बेरीज कायम रहात असेल, तिला 'कायम रहाणारी' किंवा 'टिकून रहणारी' (कॉन्झर्वड), असे म्हणतात. म्हणजे लंबकात 'यांत्रिक ऊर्जा कायम टिकून रहाणारी' आहे असे आपल्याला म्हणता येईल.

हे केवळ लंबकाच्या बाबतच होते असे नाही. समजा, कोणत्याही वस्तूत गतीजन्य ऊर्जा व स्थितीजन्य ऊर्जा यांचे एकमेकात रूपांतर होऊनही त्यातील एकूण यांत्रिक ऊर्जा तेवढीच रहात असेल; तर मग हा एक 'निसर्ग नियम' (नॅचरल लॉ) आहे असे आपण म्हणू. 'यांत्रिक ऊर्जा कायम रहाण्याच्या निसर्ग नियमानुसार' लंबकाचे कार्य होते असेही आपण म्हणू शकू.

याच नियमाचे रोजच्या जीवनातील आणखी एक उदाहरण पाहूया.

एक काचेची गोटी तुम्ही गुळगुळीत फरशीवर टाकली आहेत अशी कल्पना करा. खाली पडताना तिच्यातील स्थितीजन्य ऊर्जा कमी होईल आणि गतीजन्य ऊर्जा वाढेल. मग ती जमिनीवर पडली की उसळी मारेल. वर जाताना तिच्यातील गतीजन्य ऊर्जा कमी होईल आणि स्थितीजन्य ऊर्जा वाढेल. तुम्ही पहिल्याने ज्या उंचीवरून ती खाली टाकलीत तिथपर्यंत जर ती पोचली, तर एकूण यांत्रिक ऊर्जा तेवढीच राहिली. खरे पाहता, खाली पडताना आणि परत वर उसळी घेताना प्रत्येक बिंदूवर तिच्यातील एकूण यांत्रिक ऊर्जा पहिल्याइतकीच आहे.

म्हणजे, उसळी घेणारी काचेची गोटी देखील यांत्रिक ऊर्जा कायम रहाण्याचा नियमाचेच एक उदाहरण आहे असे आपल्याला म्हणता येईल.

३ उष्णता

सतराव्या आणि अठराव्या शतकात शास्त्रज्ञ गती आणि ऊर्जा याबद्दलच वाद घालत बसले आणि यांत्रिक ऊर्जा कायम रहात असण्याच्या नियमाची त्यांना स्पष्ट कल्पना आलीच नाही. यांत्रिक ऊर्जा कायम रहात असण्याचा नियम खरे म्हणजे दरवेळी लागू होत नसे ही यातील मुख्य अडचण होती. हा काही खरा निसर्ग नियम नव्हता.

जर लंबक खूप वेळपर्यंत झुलत ठेवला, तर त्याचे झोके लहान लहान होत जातील आणि अखेर तो थांबेल. काचेच्या गोटीच्या उसळ्या लहान लहान होता होता त्या थांबून अखेर ती जमिनीवर पडून राहील. दुसऱ्या शब्दात सांगायचे तर यांत्रिक ऊर्जा नेहमीच कमी कमी होत जाते. काही वेळा ती अगदी संथ गतीने कमी होते तर कधी चटकन कमी होते, पण नेहमीच कमी होते हे निश्चित.

समजा, एखादी लाकडी वस्तू मेण लावलेल्या सपाट लाकडी जमिनीवरून ढकलली. ती वस्तू घरंगळत जाईल, पण जमीन एकाच पातळीत असल्यामुळे त्या वस्तूची उंची कधीच बदलणार नाही आणि तिच्यातील स्थितीजन्य ऊर्जा कधीच वाढणार नाही. जर यांत्रिक ऊर्जा कायम टिकण्याचा नियम खरा असेल तर त्या वस्तूतील गतीजन्य ऊर्जा कधीच कमी होणार नाही. म्हणजे ती वस्तू त्याच गतीने कायम घरंगळत जायला हवी.

पण असे होत नाही. लाकडी वस्तूच्या घरंगळण्याची गती कमी होत जाते आणि अखेर ती थांबते.

आपण काहीही केले तरी यांत्रिक ऊर्जा कायम रहात नाही. ती नेहमी बदलते आणि हा बदलही एकाच प्रकारे होतो तो म्हणजे ऊर्जा कमी होते.

यांत्रिक ऊर्जा कमी होण्याचे कारण 'घर्षण' (फ्रिक्शन), म्हणजे दोन वस्तूंचे एकमेकांवर घासले जाणे. खरखरीत लाकडी जमिनीवरून एखादी लाकडी वस्तू थोडेसे अंतर गेली की थांबते. खरखरीत जमिनीवर अधिक घर्षण होते, आणि घरंगळणाऱ्या वस्तूतील गतीजन्य ऊर्जा त्याला तोंड देतानाच संपून जाते.

जर ती वस्तू एखाद्या गुळगुळीत जमिनीवरून घरंगळत असेल तर ती अधिक अंतर जाऊन थांबेल. तीच जर बर्फावरून जात असेल तर ती त्याहून अधिक अंतर पार करेल.

झोका घेताना लंबकाचे हवेशी घर्षण होते. या घासले जाण्याला 'हवेचा प्रतिकार किंवा विरोध' असे म्हणतात आणि ते देखील एक प्रकारचे घर्षणच आहे. शिवाय, लंबकाची दोरी ज्याला बांधली आहे त्याच्याशी तिचेही घर्षण होते.

अजिबात घर्षण नसलेल्या जगाची जर आपण कल्पना केली तर त्यात यांत्रिक ऊर्जा कायम टिकून राहू शकेल. ज्या ठिकाणी काहीही नाही, हवा देखील नाही, अशा 'निर्वात' ठिकाणी लंबक झुलतो आहे अशी कल्पना करा. दोरीच्या टोकाशी देखील घर्षण नसेल तर तो लंबक कायम झुलतच राहील. निर्वात पोकळीतील पूर्णपणे गुळगुळीत पृष्ठभागावरून घरंगळणारी वस्तू कायम घरंगळतच राहील.

परंतू वास्तवात जगात घर्षण हे असतेच. याचा अर्थ, यांत्रिक ऊर्जा नेहमीच नाहीशी होत असते. ती जाते कुठे? ती पूर्णपणे नाहीशीच होते का? की तिच्यात इतर काही बदल होतात? कदाचित, तिचे ऊर्जेच्या दुसऱ्या कोणत्या स्वरूपात रूपांतर होत असेल का?

घर्षणाने उत्पन्न होणारी एक गोष्ट म्हणजे उष्णता. आपले हात एकमेकांवर चोळले तर ते गरम होतात. दोन काड्या जर योग्य रितीने एकमेकांवर घासल्या, तर त्या इतक्या गरम होतात की त्यातून अग्नि निर्माण होतो. उष्णतेचा ऊर्जेशी काही संबंध असेल का?

अठराव्या शतकात, उष्णता हा एक पदार्थ आहे असे अनेक शास्त्रज्ञांना वाटत असे. उष्णता या अर्थाच्या लॅटिन शब्दावरून ते त्याला 'कॅलोरिक् ' असे म्हणत असत. 'कॅलोरिक् ' एका वस्तूकडून दुसरीकडे सहज जाऊ शकतो असे त्यांना वाटत असे. गरम वस्तूमधे पुष्कळ 'कॅलोरिक्' असते, आणि ते थंड वस्तूत मिसळले असता काही 'कॅलोरिक्' गरम वस्तूकडून थंड वस्तूकडे जाते; त्याने गरम वस्तू थंड होते आणि थंड वस्तू कोमट होते.

यात बरेच तथ्य दिसते- पण समजा दोन्ही वस्तू मुळात थंडचअसतील तर? कोणातच फारसे 'कॅलोरिक्' असणार नाही, पण जर तुम्ही त्या दोन वस्तू एकमेकांवर घासल्यात तर दोन्ही गरम होतात आणि त्यांच्यात अधिक 'कॅलोरिक्' येते. हे जादा 'कॅलोरिक्' आले कुठून?

बेंजामिन थॉम्सन या अमेरिकन गृहस्थाने या प्रश्नाचे उत्तर शोधण्याचा प्रयत्न केला. अमेरिकन राज्यक्रांतीच्या वेळी त्याने अमेरिका सोडली आणि ती कायमचीच. युरोपमधे तो सरदार होऊन स्थायिक झाला व काउंट रम्फोर्ड या नावाने ओळखला जाऊ लागला.

१७९८ साली काउंट रम्फोर्ड जर्मनीत तोफांच्या उत्पादनावर देखरेख करत होता. तोफ बनवण्यासाठी धातूचा एक मोठा गोळा घेऊन त्यात एक लांब भोक करावे लागते. हे भोक

कोरण्यासाठी एका गोल फिरणाऱ्या तीक्ष्ण आणि कठिण अशा धातूच्या कांबीचा वापर केला जातो.

अर्थात, हे भोक कोरले जात असताना, फिरणारी धातूची कांब आणि ज्यात भोक केले जात आहे तो धातूचा गोळा यात खूपच घर्षण होत असे. धातूचे हे दोन्ही भाग अतिशय गरम होत असत आणि ते थंड ठेवण्यासाठी त्यावर सारखे थंड पाणी ओतावे लागे.

रम्फोर्डने याचा बराच विचार केला आणि ही सर्व उष्णता येते तरी कोठून असा त्याला प्रश्न पडला. भोक केले जात असताना धातूच्या गोळ्यातून जो धातूचा भुगा बाहेर पडतो, त्यातून धातूतील कॅलोरिक् बाहेर पडत असेल असे काही शास्त्रज्ञांचे मत होते. परंतू त्यात असे कितीसे कॅलोरिक् असेल? सुरवातीला तर दोन्ही धातू थंडच होते, तरीही एकदा भोक पाडणे सुरू झाल्यावर तोच धातू इतका गरम होत असे की त्यावर हवे तेवढे पाणी उकळता येईल.

भोक पाडण्यासाठी मग रम्फोर्डने टोकदार कांबेऐवजी बोथट, सपाट तुकडा वापरून पाहिला. त्यामुळे धातूचे तुकडे बाहेर उडाले नाहीत, म्हणजे यातून कॅलोरिक् निघणार नाही. आता हा धातू गरम होणे थांबेल का? पण नाही! उलट धातू आता आणखी लवकर गरम झाला. जेवढा वेळ भोक करण्याचे काम चालू होते तेवढा वेळ त्यातून उष्णता येतच राहिली.

उष्णता म्हणजेही एक प्रकारची गती असेल असे रम्फोर्डला वाटले. भोक पाडण्यासाठी होणारी गिरमिटाची क्रिया, या गतीजन्य ऊर्जेचे उष्णता या निराळ्या प्रकारच्या हालचालीत रूपांतर होत असणार.

उष्णता ही त्या संपूर्ण वस्तूच्या हालचालीतून निर्माण झालेली गती नव्हती असे रम्फोर्डला वाटले. त्या वस्तूत सामावलेल्या तिच्या सर्व लहान लहान घटकांच्या हालचालीने उष्णता उत्पन्न होत असणार. हे घटक न दिसण्याइतके लहान असणार आणि त्यांची हालचालही इतक्या सूक्ष्म अंतरात होत असणार की ती दिसत नाही.

शिवाय, त्यांचा संचार सर्व दिशांना पुढे मागे असा होत असणार. सर्व दिशांनी होणाऱ्या हालचालीचा एकमेकांवर उलट सुलट परिणाम झाल्याने वस्तू हलत नाही, ती जागच्या जागीच रहाते.

घर्षणामुळे जेव्हा एखाद्या वस्तूचे झुलणे, घसरणे किंवा उसळी मारणे थांबते, तेव्हा त्यातील गतीजन्य ऊर्जा नाहीशी झालेली नसते अशी रम्फोर्डची कल्पना होती. ही गतीजन्य ऊर्जा त्या सबंध वस्तूतून तिचे घटक असलेल्या लहान लहान भागांकडे, आणि त्यांचे ज्यांच्याशी घर्षण होते त्या सर्वांकडे दिली जाते.

रम्फोर्डने जेव्हा हे प्रथम सुचवले तेव्हा फारच थोड्या शास्त्रज्ञांनी यावर विश्वास ठेवला. एखाद्या वस्तूचे न दिसण्याएवढे सूक्ष्म घटक कसे असतील आणि त्यांची हालचाल ही सर्व दिशांना, पण न दिसण्याइतक्या सूक्ष्म अंतरात कशी काय होईल? त्यावेळी हे जरा वेडगळपणाचेच वाटले.

१८०३ साली, म्हणजे रम्फोर्डच्या प्रयोगानंतर केवळ पाचच वर्षांनी, जॉन डॅल्टन या इंग्रज रसायन शास्त्रज्ञाला आणखी एक कल्पना सुचली. प्रत्येक गोष्ट ही सूक्ष्म घटकांची बनलेली असते हे जर मान्य केले तर त्याकाळी शास्त्रज्ञ जे नवे शोध लावत होते त्या सर्वांचे स्पष्टीकरण देता येईल असे त्याने दाखवून दिले. या सूक्ष्म घटकांना त्याने 'ॲटम' म्हणजे अणू असे नाव दिले.

हे अणू न दिसण्याइतके सूक्ष्म होते. परंतू ही अणूंची कल्पना शास्त्रज्ञांना इतकी उपयुक्त वाटली की अधिकाधिक शास्त्रज्ञांचा अणूंच्या अस्तित्वावर विश्वास बसू लागला.

अणू कशा प्रकारचे आहेत हे शोधून काढण्यासाठी शास्त्रज्ञांनी निरनिराळे प्रयोग शोधून काढले. काही वर्षात त्यांना या सूक्ष्म अणूंबद्दल बरीच माहिती मिळाली. उष्णता ही या सूक्ष्म अणूंच्या सूक्ष्म हालचालीतून उत्पन्न होत असावी या म्हणण्यात त्यांना आता तथ्य वाटू लागले. एखाद्या पदार्थातील अणूंची सर्वत्र होणारी हालचाल जितकी जलद असेल, तितका तो पदार्थ अधिक गरम होतो.

एखादा पदार्थ किती गरम आहे हे 'तापमापक' (थर्मॉमीटर) नावाच्या यंत्राने त्याचे तापमान मोजून सांगता येते.

इ.स. १८०० च्या सुमारास तपमान मोजण्यासाठी चांगल्या प्रतीची तापमापक यंत्रे बनवण्यात आली आणि ऊर्जेसंबंधी संशोधन करणाऱ्या शास्त्रज्ञांना त्यांचा फारच उपयोग झाला.

उष्णता ही एक प्रकारची गतीजन्य ऊर्जा आहे असे मानल्यावर यांत्रिक ऊर्जा कायम टिकण्याच्या नियमाकडे शास्त्रज्ञ वेगळ्या दृष्टीकोनातून पाहू लागले. काही यांत्रिक ऊर्जेचे उष्णतेत रूपांतर होते आणि उष्णता ही आणखी एका वेगळ्या प्रकारची ऊर्जाच आहे, हे माहित नसल्याने हा नियम या आधी लागू होत नव्हता.

गतीजन्य ऊर्जा आणि स्थितीजन्य ऊर्जा यांचे एकमेकात परिवर्तन होऊ शकते असे न म्हणता, कोणत्याही प्रकारची ऊर्जा इतर कोणत्याही प्रकारच्या ऊर्जेत रुपांतरित होऊ शकते असे आपण म्हणू शकतो.

उदाहरणार्थ, साध्या गतीजन्य ऊर्जेचे उष्णतेत रूपांतर होऊ शकते. तसेच, उष्णता गतीजन्य ऊर्जेत बदलू शकते; आतील गरम वाफेमुळे किटलीचे झाकण वर खाली होते हे याचेच एक उदाहरण आहे.

ऊर्जेचे आणखीही प्रकार आहेत. उजेड, आवाज किंवा ध्वनि, वीज, चुंबकीय शक्ती हे सर्व ऊर्जेचेच प्रकार आहेत आणि त्यामुळे निरनिराळे कार्य होऊ शकते. त्यांचे एकमेकात परिवर्तन करता येते. विजेमुळे दिव्यातून उजेड मिळतो आणि विजेच्या घंटीतून आवाज येतो. विजेमुळे चुंबकीय शक्ती निर्माण होऊ शकते आणि चुंबकीय शक्तीतून वीज. उष्णता, उजेड आणि हालचाल (मोशन) यातून वीज निर्माण करता येते.

रसायनांच्या स्फोटातून आवाज आणि गतीजन्य ऊर्जा निर्माण होते, तर त्यांच्या ज्वलनाने उजेड आणि उष्णता मिळते म्हणून त्याला 'रासायनिक ऊर्जा ' किंवा 'रासायनिक शक्ती' असेही म्हणता येईल. त्याचप्रमाणे, उजेड, उष्णता आणि गतीजन्य ऊर्जा यामुळे काही रासायनिक बदल घडून येतात आणि त्यामुळेही रासायनिक ऊर्जा मिळते.

निरनिराळ्या स्वरूपातील ऊर्जेचा एकत्रितपणे विचार केला तरच ऊर्जेची कल्पना स्पष्टपणे समजून घेता येईल हे एकोणिसाव्या शतकाच्या मध्यापर्यंत शास्त्रज्ञांच्या लक्षात आले.

४ ऊर्जेचे अविनाशित्व

एका मोठ्या प्रश्नाचे उत्तर आपल्याला अद्याप शोधायचे आहे. आपण जर जगातली सर्व प्रकारची ऊर्जा एकत्र केली तर तिची बेरीज कायम तेवढीच रहाते का? ऊर्जेचे वेगवेगळ्या स्वरूपात रुपांतर होत असताना काही ऊर्जा कायमची नष्ट होते का? काही थोडी ऊर्जा आपोआप उत्पन्न होते का?

ज्युलीयस रॉबर्ट मायर नावाच्या जर्मन शास्त्रज्ञाने या प्रश्नाचा सर्वप्रथम विचार केला. तो दूरवरच्या प्रवासाला जाणाऱ्या एका जहाजावर डॉक्टर होता आणि या विषयाचा विचार करायला त्याला भरपूर वेळ होता.

त्याला असे सुचले की गतीजन्य ऊर्जा व स्थितीजन्य ऊर्जा यांचे एकमेकात रूपांतर होताना ते जर मोजता आले, तर त्याचप्रमाणे यांत्रिक ऊर्जेचे उष्णतेत रूपांतर होताना ते देखील मोजता येईल. १८४० सालच्या एका प्रयोगात त्याने एका मोठ्या पातेल्यातील घट्ट मिश्रण ढवळणाऱ्या एका यंत्राला एक घोडा जुंपला. घोड्याने किती ऊर्जा वापरली आणि त्या मिश्रणाचे तापमान किती वाढले याचे त्याने गणित मांडले.

विशिष्ठ प्रमाणात उष्णता वाढण्यासाठी किती यांत्रिक ऊर्जा आवश्यक होती हे मोजताना त्याने 'उष्णतेशी समान असणारी यांत्रिक ऊर्जा' (मेकॅनिकल इक्विवॅलंट ऑफ हीट) मोजली. १८४२ सालच्या एका शोधनिबंधात त्याने याचे स्पष्टीकरण दिले.

त्यात त्याने आणखी असेही म्हंटले की कोणत्याही ऊर्जेचे इतर कोणत्याही स्वरूपात रूपांतर होऊ शकते परंतू एकूण ऊर्जा मात्र होती तेवढीच कायम रहाते. यात जिवंत प्राण्यांच्या शक्तीचाही समावेश होतो असे त्याचे मत होते.

मायरच्या सिद्धांतानुसार सूर्यप्रकाशातील ऊर्जेने हिरव्या रंगांच्या झाडांमधील रासायनिक ऊर्जेचे अन्नात रूपांतर होते. प्राणी जेव्हा हिरव्या झाडांतील हे अन्न खातात तेव्हा या रासायनिक ऊर्जेचे प्राण्यांतील रासायनिक ऊर्जेत रूपांतर होते.

सूर्यप्रकाशातील ऊर्जेमुळे समुद्रातील काही पाण्याचे वाफेत रूपांतर होते आणि तेच पाणी पावसाच्या रूपाने नद्यात परत येते. अशा रितीने सूर्यप्रकाशातील ऊर्जेचे वाहत्या पाण्यात रूपांतर होते असे मायरचे मत होते.

सूर्यप्रकाशाने समुद्राचा काही भाग आणि हवा कमी अधिक तापते. यातील गरम भागाचा थर वर येतो आणि थंड भाग त्याची जागा घेतो. अशा तऱ्हेने सूर्यप्रकाशातील ऊर्जेचे वाऱ्यात आणि सागरी प्रवाहात रूपांतर होते.

सूर्याकडून ऊर्जा घेतलेल्या काही झाडांचा ऱ्हास होऊन त्यांचे कोळशात परिवर्तन होते. अशा प्रकारे कोट्यावधी वर्षांपूर्वी तयार झालेला कोळसा आपण आता खाणीतून खोदून काढू शकतो. त्यातील रासायनिक ऊर्जा त्या काळातील सूर्यप्रकाशातून आलेली आहे. आपण जेव्हा कोळसा जाळतो तेव्हा या रासायनिक ऊर्जेचे रूपांतर प्रकाश आणि उष्णतेत होते.

समुद्रातील काही सूक्ष्म प्राणी मेल्यानंतर त्यांचा विशिष्ठ तऱ्हेने ऱ्हास होऊन त्यांचे खनिज तेलात (पेट्रोलियम) परिवर्तन होते. खनिज तेलातील ऊर्जा ही त्या सूक्ष्म प्राण्यांनी खाल्लेल्या वनस्पतींमधून म्हणजेच सूर्यप्रकाशातून मिळालेली असते.

ऊर्जा आपले स्वरूप बदलू शकते परंतू तिचे परिमाण मात्र कायम रहाते अशी कल्पना करा. अशा परिस्थितीत ऊर्जेचे रक्षण झाले, तिचा नाश झाला नाही, अथवा ती कायम राहिली असे म्हणता येईल. ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा निसर्गनियम आहे असे दाखवून देण्याचा मायरचा या शोधनिबंधात प्रयत्न होता.

आपल्या सिद्धांताकडे लोकांचे लक्ष वेधून घेण्यासाठी मायरला बरेच कष्ट घ्यावे लागले. बऱ्याच लोकांनी त्याचा शोधनिबंध वाचून बाजूला ठेवला आणि ते त्याबद्दल विसरूनही गेले. सूर्यप्रकाशातील नेमकी किती ऊर्जा वाऱ्याला मिळाली आणि कोळशात किती ऊर्जा सामावली आहे हे कोण कसे सांगू शकणार? मायरची कल्पनाशक्ती जबरदस्त आहे असेच बहुतेकांना वाटले.

लोकांनी त्याच्या शास्त्रीय संशोधनाकडे केलेल्या दुर्लक्षाने आणि इतर कौटुंबिक त्रासाने गांजल्यामुळे मायर इतका निराश झाला की १८४९ साली त्याने तिसऱ्या मजल्यावरील

खिडकीतून उडी मारून आत्महत्या करण्याचा प्रयत्न केला. त्याच्या फक्त पायांनाच इजा झाली पण काही काळासाठी त्याला वेड्यांच्या इस्पितळात ठेवण्यात आले. अखेर त्याची तिथून सुटका झाली पण त्यानंतर त्याने शास्त्रीय संशोधन मात्र केले नाही.

१८६० साली मात्र मायरच्या संशोधन कार्याचे महत्व शास्त्रज्ञांच्या लक्षात आले आणि त्याची प्रशंसा होऊ लागली. १८७१ साली त्या काळातील शास्त्रज्ञांना देण्यात येणाऱ्या सर्वोत्कृष्ठ संशोधनासाठीच्या पदकांपैकी 'कोप्ले पदक' त्याला देण्यात आले.

मायरने केवळ एकच प्रयोग केला असल्यामुळे त्याच्या कामाकडे इतके कमी लक्ष दिले गेले. घोड्याकडून घट्ट मिश्रण ढवळून घेण्याचा एकच प्रयोग त्याने केला होता.

जेम्स प्रेस्कॉट जूल या इंग्रज शास्त्रज्ञाने या प्रश्नाचा वेगळ्या तऱ्हेने विचार केला.

तो लहानपणी बराच आजारी असे. त्याच्या वडिलांचा बीयर तयार करण्याचा उद्योग होता आणि त्यांच्या बीयरला खूप मागणी असल्यामुळे ते चांगले श्रीमंत होते. जूलचे शिक्षण घरीच, खाजगीरित्या झाले होते आणि त्याने स्वत:साठी घरीच एक प्रयोगशाळाही थाटली होती.

कशाचेही अचूक मोजमाप घेण्याचा त्याला छंदच जडला होता. १८४० च्या दशकात, विशिष्ठ प्रकारची ऊर्जा ठराविक प्रमाणात वापरल्याने नेमकी किती उष्णता निर्माण होते याचे त्याने मोजमाप केले. त्याला सुचलेल्या प्रत्येक प्रकारच्या ऊर्जेचा त्याने यासाठी वापर केला.

उदाहरणार्थ, त्याने वल्ह्याच्या सहाय्याने पाणी ढवळले. त्यानंतर त्याने पारा वल्ह्याने ढवळला. घर्षणाने उष्णता निर्माण होण्यासाठी त्याने लहान छिद्रातून पाण्याचा प्रवाह सोडला. वायू प्रसरण पावल्यानंतर त्याचे परत आकुंचन केले. वेगवेगळ्या वस्तू तापवण्यासाठी त्यांतून विजेचा प्रवाह सोडला.

अशा तऱ्हेच्या मोजमापाचे त्याला इतके वेड होते की त्याच्या मधुचंद्राच्यावेळी देखील तो अशा अभ्यासात गर्क होता. त्याने स्वत: एक नवे तापमापक तयार केले होते. आपल्या नववधूसमवेत एका धबधब्यापाशी गेला असता त्या तापमापकाचा उपयोग करून त्याने त्या धबधब्याच्या वरच्या व खालच्या टोकाच्या पाण्याचे तापमान मोजले. उंचावरून पडणाऱ्या पाण्यातील ऊर्जेमुळे धबधब्याच्या खालच्या बाजूच्या पाण्यात उष्णता निर्माण झाली आहे का हे त्याला पहायचे होते आणि जर उष्णता निर्माण झाली असेल तर ती किती हे ही त्याला मोजायचे होते.

१८४७ च्या सुमारास, मायरच्या शोधनिबंधानंतर ५ वर्षांनी, जूलची अशी खात्री पटली होती की कोणत्याही प्रकारच्या ऊर्जेतून ठराविक प्रमाणातच उष्णता निर्माण होते. उष्णतेचे मोजमाप त्याने मायरपेक्षाही अधिक अचूकपणे केले होते.

शिवाय, ऊर्जेचे एका स्वरूपातून दुसऱ्या स्वरूपात रूपांतर होताना, जर त्यातून काही ऱ्हास झाला नाही किंवा कशाची भर पडली नाही, तर त्यातून ऊर्जेचे अविनाशित्वच सिद्ध होते.

जूलने आपले सर्व निष्कर्ष एका निबंधात लिहून ते छापण्याचा प्रयत्न केला. परंतू तो काही खराखुरा शास्त्रज्ञ नव्हता. तो एक श्रीमंत बीयर उत्पादक होता. (त्याच्या वडिलांच्या निधनानंतर, बीयरच्या उद्योगाची जबाबदारी आता त्याच्यावरच होती.) त्याच्या संशोधनाचा गांभीर्याने विचार करण्याबद्दल त्यावेळचे शास्त्रज्ञ साशंक होते म्हणून त्याच्या निबंधाला प्रसिद्धी देण्याचे त्यांनी नाकारले.

जूलचा एक भाऊ वर्तमानपत्रात काम करत असे. त्या वर्तमानपत्रात आपला संपूर्ण निबंध छापून आणण्यासाठी जूलने आपल्या भावाची मदत घेतली. त्यामुळे निदान काही लोकांना तरी तो वाचण्याची संधी मिळाली. त्यानंतर या विषयावर त्याने एक व्याख्यान दिलेले ऐकून काही शास्त्रज्ञांचे कुतुहल जागृत झाले. काही थोड्या वर्षातच जूलच्या कार्याची गंभीरपणे दखल घेतली जाऊ लागली.

जूल ज्यावेळी आपला निबंध छापत होता, त्याच सुमारास हेरमान एल. एफ वॉन हेल्महोल्ट्झ हा जर्मन शास्त्रज्ञ, ऊर्जा अविनाशी आहे अशा निष्क्रर्षापर्यंत पोचला होता. १८४७ साली आपली कल्पना त्याने एका निबंधात स्पष्टपणे मांडली.

हेल्महोल्ट्झ प्राध्यापक होता, तरीही आपला निबंध प्रसिद्ध करण्यात त्याला अडचण आली. अखेर त्याचा शोधनिबंध प्रसिद्ध झाला. त्याचे व्यवस्थित स्पष्टीकरण आणि जूलची मोजमापे यांचा अखेर प्रभाव पडला. मायर, जूल आणि हेल्महोल्ट्झ या तिघांनी १८४० च्या दशकात आपल्या संशोधनाने ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचे तत्व सिद्ध केले. ऊर्जा जरी एका स्वरूपातून दुसऱ्या कोणत्याही स्वरूपात रूपांतरीत झाली तरी विश्वातील एकूण ऊर्जा कायमच रहाते, कमी अधिक होत नाही हेच ते तत्व होय.

ऊर्जेचे एका स्वरूपातून दुसऱ्यात रूपांतर कसे होते, निरनिराळ्या स्वरूपातील सर्व ऊर्जेतून उष्णतेची निर्मिती कशी होऊ शकते, तसेच उष्णतेचे एका ठिकाणाहून दुसरीकडे वहन कसे होते याचा अभ्यास एका विशेष ज्ञानशाखेत केला जातो. उष्णतेचे वहन या अर्थाच्या ग्रीक शब्दावरून या विज्ञानशाखेला 'थर्मोडायनॅमिक्स' किंवा 'उष्मगतिकी' असे नाव देण्यात आले आहे.

या शास्त्रातील सर्व अभ्यास, इतर कशाहीपेक्षा, ऊर्जेच्या अविनाशित्वावर आधारित असतो. त्याच कारणाने ऊर्जेच्या अविनाशित्वाच्या नियमाला, थर्मोडायनॅमिक्समधील पहिला नियम असेही म्हटले जाते.

त्याही पेक्षा महत्वाचे म्हणजे, शास्त्रज्ञांच्या मते विश्वाचे कार्य कसे चालते हे समजून घेण्यासाठी, स्पष्ट करण्यासाठी, ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम हा सर्वाधिक महत्वाचा नियम आहे.

एकदा ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम समजल्यावर, काही गोष्टी जादूने होतील अशी अपेक्षा करण्यात काही अर्थ नाही हे लोकांच्या लक्षात आले. दगड नाचत नाचत भिंतीत जाऊन बसतील, जादूचा गालिचा हवेतून उडत जाईल अथवा जादुची कांडी फिरवल्याने महाल बांधला जाईल हे कसे शक्य आहे? त्यासाठी आवश्यक ती ऊर्जा किंवा शक्ती कुठून येईल?

५ ऊर्जेची सम व विषम पातळी

तुमच्याकडे काही विशिष्ठ प्रमाणात ऊर्जेचा पुरवठा आहे अशी कल्पना करा. कितीही कार्य करायचे असल्यास तो पुरेसा होईल का? ऊर्जेच्या अविनाशित्वाच्या नियमानुसार ऊर्जा नाहीशी होतच नाही. एका स्वरूपातून ऊर्जेचे दुसऱ्या स्वरूपात रूपांतर होईल, मग तिसऱ्या, त्यानंतर कदाचित परत पहिल्या, आणि असे अव्याहत होतच राहील. आणि प्रत्येक बदलातून दरवेळी कार्य करून घेता येईल. पण असे खरेच होते का?

असे घडत नाही असेच दिसून येईल. ऊर्जा नाहीशी होत नाही, परंतू तिच्यातून दरवेळी कार्य करून घेता येते असे नाही.

ही गोष्ट निकोलस एल.एस. कार्नो या फ्रेंच शास्त्रज्ञाच्या सर्वप्रथम ध्यानात आली. त्याचे संशोधन कार्य त्याने १८२४ साली केले, म्हणजे ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम प्रस्थापित होण्यापूर्वी. असा नियम आहे का हे पडताळून पहाण्याचा कार्नोचा प्रयत्न नव्हता. त्याचे लक्ष दुसऱ्याच एका लहान प्रश्नाकडे वेधले गेले होते. १८२४ च्या सुमारास वाफेच्या इंजिनांचा उपयोग वेगवेगळ्या कार्यासाठी करण्यात येऊ लागला होता. वाफेच्या इंजिनात पाणी उकळेपर्यंत तापवले जाते आणि त्यातून निर्माण झालेली वाफ एका कप्प्यात जमवली जाते.

कप्प्यातील वाफेचे प्रमाण जसजसे वाढत जाते तसा त्यातील दाबही वाढत जातो. ही वाफ जेव्हा बाहेर सोडली जाते तेव्हा ती इतक्या जोरात बाहेर पडते की त्यामुळे दांडे हलू शकतात, चाके फिरतात आणि अशा तऱ्हेने कार्य केले जाते.

कार्नोच्या संशोधनापूर्वी, वाफेच्या इंजिनाचा शोध लागून जवळ जवळ ५० वर्षे झाली होती. त्यात जरी बऱ्याच सुधारणा करण्यात आल्या असल्या तरी त्याचे कार्य फारसे समाधानकारक नव्हते. पाणी उकळण्यासाठी लाकूड अगर कोळसा जाळण्याच्या क्रियेपासून यात ऊर्जेच्या वापराची सुरवात होते. आणि कार्य करून घेण्यात तिचा शेवट होतो. सुरवातीला वापरण्यात आलेल्या ऊर्जेच्या सुमारे ५ टक्के ऊर्जाच अखेर कार्यासाठी उपयोगी पडत होती. बाकीची ९५ टक्के ऊर्जा आजुबाजूचे वातावरण गरम करण्यात खर्ची पडून निरुपयोगी ठरत होती.

ही परिस्थिती सुधारण्यासाठी काही करता येईल का हे पाहण्याचा कार्नोचा उद्देश होता. ज्यातून ऊर्जा अजिबात वाया जात नाही असे परिपूर्ण इंजिन तयार करता येईल अशी त्याची समजूत होती. हे करताना, गणिताने त्याला असे दाखवून दिले की, संपूर्ण ऊर्जा कार्यासाठी वापरता येणारच नाही.

वाफेच्या इंजिनात वाफेच्या कप्प्यातील वाफेचे तपमान अधिक असते, आणि थंड कप्प्यातील पाण्याचे तपमान कमी असते. जळणाच्या वापराने प्रथम पाणी तापवून त्याची वाफ बनवली जाते, आणि थंड कप्प्यात त्या वाफेचे परत पाणी केले जाते.

या दोन तापमानातील फरकाइतक्याच ऊर्जेचा कार्यासाठी उपयोग करता येतो असे कार्नोने दाखवून दिले. त्यातील फरक जितका अधिक असेल तेवढी अधिक ऊर्जा कार्यासाठी वापरता येते, संपूर्ण मात्र कधीच वापरता येत नाही. फरक जितका कमी तेवढी कमी ऊर्जा कार्यासाठी उपलब्ध होते. जर संपूर्ण इंजिनाचे तापमान एकच असेल, म्हणजे त्यात जर काहीच फरक नसेल, तर इंजिन कितीही गरम असले, तरीही ही ऊर्जा कार्यासाठी पूर्णतया निरुपयोगी ठरेल. जर हा प्रयोग करून पाहिलात, तर हे खरे असल्याचे दिसून येईल.

दुर्दैवाने, या संशोधनानंतर काही वर्षातच, कार्नो तरूण असतानाच मरण पावला. त्यानंतर काही वर्षे याचा कोणीच पाठपुरावा केला नाही.

१८५० साली मात्र कार्नोच्या कार्याकडे परत एकदा लक्ष वेधले गेले. रुडॉल्फ जे.इ. क्लॉसियस या जर्मन शास्त्रज्ञाने या कल्पनेचा विचार करायला सुरवात केली.

त्याने केवळ वाफेच्या इंजिनातील उष्णता आणि निरनिराळ्या कप्प्यातील तापमान एवढ्यापुरताच आपला अभ्यास मर्यादित ठेवला नाही. त्याने सर्व प्रकारच्या ऊर्जांचा आणि सर्व प्रकारच्या कार्याचा अभ्यास केला. गणिती समीकरणात वापर करता येईल अशी 'कार्य' या शब्दाची काळजीपूर्वक व्याख्या करणारा क्लॉसियस हा पहिलाच शास्त्रज्ञ होता.

ज्यावेळी ऊर्जेचा पुरवठा सर्वत्र समप्रमाणात केला जात नाही त्यावेळीच ऊर्जा कार्यासाठी वापरली जाऊ शकते असे क्लॉसियसने दाखवून दिले. यंत्राच्या एखाद्या भागात कोणत्याही प्रकारची बरीच ऊर्जा असेल, आणि दुसऱ्या भागात ती कमी प्रमाणात असेल, तरच काही कार्य करून घेणे शक्य होईल.

अशा यंत्राकडून काही कार्य करून घेतले जात असताना ऊर्जा समपातळीत येण्याची सुरवात होईल. जसजशी ऊर्जा समपातळीत येऊ लागेल तसतसे तिच्याकडून कमी कमी कार्य केले जाऊ लागेल. अखेर जेव्हा सर्व ऊर्जा समपातळीत येईल तेव्हा त्या यंत्राकडून काहीच कार्य केले जाणार नाही. अशा यंत्राचे कार्य सुरूच ठेवण्यासाठी त्यातील काही ऊर्जा एका भागात परत पाठवावी लागेल, आणि दुसऱ्या भागात अगदी थोडी ऊर्जा शिल्लक असावी लागेल.

उदाहरणार्थ, किल्लीच्या घड्याळातील स्प्रिंगमधे बरीच ऊर्जा असते. स्प्रिंगमधील ऊर्जा घड्याळाचे काटे फिरवण्याचे कार्य करते. हे कार्य होत असताना स्प्रिंग उलगडली जाते. अखेर घड्याळाच्या इतर भागांइतकीच ऊर्जा तिच्यात रहाते, आणि घड्याळ बंद पडते. किल्ली देऊन स्प्रिंग परत गुंडाळली तर ते घड्याळ चालू होते.

ऊर्जा कोणत्या दराने समपातळीत येते हे दाखवण्यासाठी क्लॉसियसने एका गणिती संज्ञेचा वापर केला. त्याला त्याने 'एंट्रोपी' असे नाव दिले. एखाद्या यंत्रात अधिक ऊर्जा समपातळीत येत असेल तर त्याची 'एंट्रोपी' अधिक. जेव्हा सर्व ऊर्जा समपातळीत येते, म्हणजे त्या यंत्रातील सर्व भागातील ऊर्जा एकाच पातळीत असते, तेव्हा ही 'एंट्रोपी' सर्वाधिक असते.

१८५२ साली क्लॉसियसने असे दाखवून दिले की 'एंट्रोपी' कायम वाढत असते; ऊर्जा नेहमी समपातळीत येत असते. ही प्रक्रिया उलटवून ऊर्जा परत विषम पातळीत आणण्यासाठी देखील ऊर्जेची आवश्यकता असते. उदाहरणार्थ, घड्याळाची स्प्रिंग परत गुंडाळण्यासाठीही ऊर्जा लागतेच.

एखाद्या ठिकाणी ऊर्जेचे केंद्रीकरण करून तेथील एंट्रोपी कमी करण्याचा प्रयत्न केला तर दुसरीकडे एंट्रोपी अधिक होतेच--जसे की, घड्याळाला किल्ली देताना तुमच्या शरीरात. एका ठिकाणी वाढलेली एंट्रोपी ही नेहमीच दुसऱ्या ठिकाणी कमी झालेल्या एंट्रोपी पेक्षा अधिक असते. म्हणजे सर्वांचा एकत्रित विचार केला असता एंट्रोपी नेहमीच वाढत असते.

याचा अर्थ, पृथ्वीवरील सर्व क्रिया या घड्याळाप्रमाणे कमी कमी होत आहेत का? पृथ्वीची एंट्रोपी वाढत आहे. तर मग पृथ्वीवरील सर्व काही अद्याप संपुष्टात कसे आले नाही?

सूर्यप्रकाशातील ऊर्जेमुळे पृथ्वीवरील सर्व गोष्टींना, घड्याळाला किल्ली दिल्याप्रमाणे, परत चालना मिळते आहे हे याचे उत्तर आहे. म्हणूनच हजारो, लाखो वर्षांपासून पृथ्वीवर ऊर्जेची विषम पातळी राखून तिच्याकडून कार्य करून घेतले जात आहे.

पण मग सूर्याची ऊर्जा संपुष्टात येत आहे का? तसे होत असलेच पाहिजे असे क्लॉसियसचे मत होते. सूर्य आणि इतर तारे यांची ऊर्जा संपुष्टात येत असलीच पाहिजे, आणि खूप मोठ्या कालावधीने, अखेर विश्वातील सर्व काही संपुष्टात येईल. सबंध विश्वातील एंट्रोपी सर्वाधिक असेल आणि काहीच कार्य शक्य होणार नाही.

ऊर्जा कायम समपातळीत येत असते, त्यामुळे कमी कमी कार्य होऊ शकते हा थर्मोडायनॅमिक्स मधला आणखी एक महत्वाचा नियम आहे. तो जरी ऊर्जेच्या अविनाशित्वाइतका महत्वाचा नसला तरी जवळपास तितक्याच महत्वाचा आहे.

ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम हा थर्मोडायनॅमिक्सचा पहिला नियम आहे, एंट्रोपी कायम वाढत असते आणि सर्व काही संपुष्टात येत आहे हा थर्मोडायनॅमिक्सचा दुसरा नियम आहे असे म्हणायला हरकत नाही.

६ अणू ऊर्जा

एकदा ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचे तत्व प्रस्थापित केल्यावर पृथ्वीवरील ऊर्जेबाबतच्या सर्व प्रश्नांची उत्तरे देणे शक्य झाले. ऊर्जेचे निरनिराळ्या स्वरूपात परत परत कसे रूपांतर होते आणि ती कुठून येते हे ही यावरून दिसून येते.

ज्वालामुखी आणि भूकंपांच्या ऊर्जेसारखी काही ऊर्जा ही पृथ्वीच्या खोलवरच्या उष्णतेतून येते. समुद्राच्या भरती ओहोटीमधील काही ऊर्जा ही पृथ्वीच्या स्वत:भोवती फिरण्याच्या गतीतून मिळते.

पृथ्वीवर असणाऱ्या सर्व प्रकारच्या ऊर्जेचे मूळ सूर्यप्रकाशात असल्याचे दिसून येते. हजारो वर्षांपासून, पृथ्वीवर मनुष्यप्राण्यांची वस्ती असल्यापासून, सूर्य आता जसा तळपतो आहे तसाच तळपत आहे. मानवी संस्कृतीचा उगम होण्यापूर्वीच्या कोट्यावधी वर्षांपासूनही तो तसाच तळपत असणार. ही सर्व ऊर्जा आली कुठून?

ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम केवळ पृथ्वीपुरताच मर्यादित असेल का? सूर्याला ऊर्जा कुठून मिळत असेल?

ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम मांडणाऱ्या तिघांपैकी, हेल्महोल्ट्झने १८५४ साली यावर विचार करायला सुरवात केली. सूर्याची ऊर्जाही कुठून तरी येतच असणार असे त्याला वाटले. सूर्य काही स्वत:च एखाद्या प्रचंड शेकोटीसारखा जळत नसणार. सामान्य रासायनिक ऊर्जा अशा तऱ्हेच्या ज्वलनासाठी फार तर १५०० वर्षांपर्यंत टिकू शकेल.

सूर्यावर कायम उल्का पडत असतील का असाही एक विचार हेल्महोल्ट्झला सुचला. त्यांची गतीजन्य ऊर्जा हा सूर्याच्या ऊर्जेचा स्रोत असू शकेल. पण हे ही पटले नाही. जर तसे असते, तर सूर्य आणखी मोठा, अधिक वस्तुमानाचा होईल व त्याच्या पृथ्वीवरील आकर्षणाचा जोर वाढेल. पृथ्वीची सूर्याभोवती फिरण्याची गती यामुळे वाढेल, पण तसे तर होत नाही.

सूर्य अतिशय संथगतीने आकुंचन पावत असेल का असाही हेल्महोल्ट्झने विचार केला. सूर्याचे सर्व भाग त्याच्या केंद्रस्थानी ओढले जात असतील. त्यांच्या पडण्याच्या गतीजन्य ऊर्जेतून सूर्याची ऊर्जा निर्माण होत असेल. हे जर खरे असेल तर सूर्याच्या वस्तुमानात फरक पडणार नाही.

आकुंचन हेच सूर्याच्या ऊर्जेचे कारण असणार असे १९व्या शतकात बऱ्याच शास्त्रज्ञांना वाटत होते. परंतू काही शास्त्रज्ञांना मात्र ही कल्पना पसंत नव्हती.

क्षणभर अशी कल्पना करूया की सूर्याकडून येणारी ऊर्जा ही त्याच्या आकुंचनामुळे मिळत असेल. तसे असल्यास, केवळ दहा कोटी वर्षांपूर्वी त्याचा आकार इतका मोठा असेल, की पृथ्वी जर सूर्यापासून आजच्या इतक्याच अंतरावरून फिरत असेल, तर ती *सूर्याच्या आतच* असेल. पृथ्वीला सूर्याभोवती फिरण्याएवढी तरी जागा मिळण्याइतके सूर्याचे आकुंचन झाल्याशिवाय पृथ्वीची उत्पत्ती झालीच नसणार.

याचा अर्थ पृथ्वीचे वय दहा कोटी वर्षांहून कमी असायला हवे. ज्या शास्त्रज्ञांनी पृथ्वीच्या रचनेचा अभ्यास केला होता, त्यांच्या मते हे अशक्य होते. पृथ्वीचे वय दहा कोटी वर्षांहून निश्चितच अधिक असणार.

१८९६ साली, अन्त्वान हेन्री बेकरेल या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने असा शोध लावला की युरेनियम हा क्वचित आढळणारा धातू 'किरणोत्सर्गी' (रेडिओॲक्टिव्ह) आहे; म्हणजे त्यातून, अणूपेक्षा कितीतरी लहान असे, अतिसूक्ष्म कण वेगाने बाहेर पडत असतात व त्यात मोठ्या प्रमाणात गतीजन्य ऊर्जा असते. तसेच त्यातून प्रकाशकिरणांप्रमाणे एकप्रकारची ऊर्जादेखील बाहेर पडते.

१९०० साली, न्यु झीलंडमधे जन्मलेल्या अर्नेस्ट रदरफोर्ड या इंग्रज शास्त्रज्ञाने, यातून किती ऊर्जा दिली जाते याचा शोध लावला. रेडियम या किरणोत्सर्गी धातूचा त्याने या तऱ्हेने अभ्यास केला. तोपर्यंत माहित असलेल्या इतर कोणत्याही धातूपेक्षा रेडियममधून या प्रकाराने अधिक ऊर्जा बाहेर पडते. एक ग्रॅम रेडियम दर तासाला, एक ग्रॅम गोठणारे पाणी त्याच्या उत्कलन बिंदूपर्यंत तापेल, एवढी ऊर्जा देतो. त्यापुढच्या तासातही तो तेवढीच ऊर्जा देतो, त्याच्या नंतरच्या तासातही तसेच होते आणि ही प्रक्रिया याच प्रकारे शेकडो वर्षे चालू रहाते.

ही ऊर्जा कुठून येत होती? ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम चुकीचा होता का? रदरफोर्डला मात्र तसे वाटले नाही. अणूंमधे आतापर्यंत शास्त्रज्ञांना माहित नसलेल्या कोणत्या तरी प्रकारची ऊर्जा असली पाहिजे अशी त्याला शंका आली.

किरणोत्सर्गी अणूंमधून वेगाने बाहेर पडणाऱ्या कणांवर रदरफोर्डने प्रयोग केले. सामान्य अणूंमधून त्याने हे कण सोडले, तेव्हा जणू काही तेथे काहीच नाही, अशा प्रकारे ते बाहेर आले. परंतू अधून मधून एखादा कण कशावर तरी आपटून उसळी मारत असे.

१९११ च्या सुमारास, अणू हे बहुतांशाने रिकामेच असतात असे रदरफोर्डने जाहीर केले. बहुतेक सर्व अणूंच्या रचनेत इलेक्ट्रॉन नावाचे काही थोडे हलके कण कधी कधी सापडतात. पण अणूच्या केंद्रस्थानी एक चिमुकला, जड भाग असतो, त्याला रदरफोर्डने 'अणूचा गाभा' (ॲटॉमिक न्युक्लीअस) असे नाव दिले.

शास्त्रज्ञांनी अणूच्या गाभ्याचा अभ्यास केला तेव्हा त्यात प्रोटॉन्स आणि न्युट्रॉन्स असे दोन प्रकारचे कण असतात असे त्यांना आढळून आले. अणू त्यांच्या बाहेरील भागातील इलेक्ट्रॉनने एकमेकांना जोडलेले असतात. जेव्हा अणू एकमेकांपासून दूर खेचले जातात आणि त्यांची मांडणी बदलते तेव्हा त्यातून ऊर्जा निर्माण होते. इलेक्ट्रॉनशी संबंधित असलेली ही ऊर्जा म्हणजे रासायनिक ऊर्जा.

जेव्हा अणूच्या गाभ्यातील प्रोटॉन्स आणि न्युट्रॉन्सची मांडणी बदलते त्यावेळी देखील ऊर्जा निर्माण होते. ही गाभ्याशी संबंधित ऊर्जा म्हणजेच अणू ऊर्जा होय. रासायनिक ऊर्जेपेक्षा अणू ऊर्जा खूपच अधिक असते. अणूंच्या बाहेरच्या भागातील प्रोटॉन्सच्या मांडणीतील बदलामुळे जेवढी ऊर्जा उत्पन्न होईल त्याच्या कितीतरी पट अधिक ऊर्जा अणूंच्या गाभ्यातील तेवढ्याच कणांच्या मांडणीतील बदलामुळे निर्माण होते.

अखेर, आता सूर्याच्या प्रचंड, अव्याहत ऊर्जेचा स्रोत शोधण्याचा एक नवा मार्ग उपलब्ध झाला असे म्हणता येईल.

१९२४ साली, ऑर्थर स्टॅन्ली एडिंग्टन या इंग्रज खगोलशास्त्रज्ञाने सूर्याच्या केंद्रस्थानात कशातऱ्हेचे पदार्थ असावेत ते शोधून काढले. ते अतिशय गरम असावे लागतील असे त्याने दाखवून दिले. त्यांचे तापमान कोट्यावधी अंशापर्यंत असावे लागेल.

त्यानंतर १९२९ साली , हेन्री नॉरिस रसेल या अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञाने सूर्याच्या किरणांचे अशा प्रकारे पृथक्करण केले की सूर्य हा बहुतांशी हायड्रोजन नावाच्या पदार्थाचा बनला आहे असे त्याला दाखवून देता आले.

या माहितीचा उपयोग करून, हॅन्स अलब्रेश्त बेथ या जर्मन-अमेरिकन शास्त्रज्ञाने, सूर्याच्या केंद्रभागी अणूंमधे कशा तऱ्हेचे बदल घडून येत असतील हे मांडण्याचा प्रयत्न केला. १९३८ साली, त्याने दाखवून दिले की, सूर्याची ऊर्जा ही हायड्रोजनच्या दोन अणूंच्या एकत्रीकरणातून हेलीयमचा एक अणू बनण्याच्या प्रक्रियेतून निर्माण होत असली पाहिजे. याला अणूंचे एकत्रीकरण (न्युक्लीयर फ्युजन) असे म्हणतात.

सूर्यातील हायड्रोजनच्या गाभ्याचे हेलीयमच्या गाभ्यात रूपांतर होत आहे, आणि पृथ्वीच्या अस्तित्वाच्या पाचशे कोटी वर्षांपासून सध्याच्या प्रकारे प्रकाशमान रहाण्यासाठी सूर्यात पुरेसे हायड्रोजन आहे यावर आता शास्त्रज्ञांचे एकमत आहे.

अर्थात, कधीतरी सूर्यातील हायड्रोजन संपेल, पण तसे होण्यासाठी आणखी ८०० कोटी वर्षे तरी जावी लागतील.

अणूंच्या एकत्रीकरणाने जशी सूर्यातील ऊर्जा निर्माण होते, तशीच ती इतर सर्व ताऱ्यातही होते. ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम केवळ पृथ्वीलाच लागू होतो असे नसून तो संपूर्ण विश्वालाच लागू होतो.

अणू ऊर्जेहून देखील मोठा असा ऊर्जेचा आणखी एखादा प्रकार आहे का? 'नाही' असे उत्तर शास्त्रज्ञ ठामपणे देऊ शकत नाहीत, परंतू १९०० सालापासून, पूर्वी अजिबात माहित नसलेला ऊर्जेचा कोणताच नवा प्रकार त्यांना सापडलेला नाही.

७ मानव आणि ऊर्जा

फार पूर्वी माणूस जेव्हा गुहेत रहात असे तेव्हा स्वत:च्या शरीरातील रासायनिक ऊर्जा एवढी एकच ऊर्जा तो वापरत असे.

जसजसे माणसाचे ज्ञान वाढले आणि कामाच्या नव्या पद्धती त्याने आत्मसात केल्या, तेव्हा त्याने आपल्या पाळीव प्राण्यांची ऊर्जा वापरली. पाण्याचा प्रवाह आणि वारा यांचा त्याने आपल्या जहाजांसाठी उपयोग करून घेतला.

खूप खूप वर्षांपूर्वी, लाकूड किंवा चरबी यांचा जळण म्हणून वापर करून ऊर्जेसाठी अग्निचा उपयोग करायलाही तो शिकला. कालांतराने अधिकाधिक गोष्टींसाठी तो अग्निचा वापर करू लागला. थंडीच्या दिवसात उबदार रहाण्यासाठी अग्नि उपयोगी होता. रात्रीच्या वेळी प्रकाश देण्यासाठीही त्याचा वापर होत असे. अन्न शिजवण्यासाठी, धातू, काच आणि मातीची भांडी बनवण्यासाठीही याचा उपयोग केला जात असे.

अग्निचा वापर जसजसा वाढत गेला, तसे इंधनासाठी अधिक लाकूड वापरले जाऊ लागले. अनेक वर्षात याने फारसे काहीच बिघडले नाही कारण दरवर्षी बरीच झाडे वाढत होती आणि माणसांनी तोडलेल्या झाडांची उणीव भरून निघत होती.

पण १७०० सालाच्या सुमारास काही ठिकाणी जळणासाठी इतके लाकूड वापरले जात होते की त्यांची जागा भरून काढण्यासाठी नव्या झाडांची त्या प्रमाणात वाढ होत नव्हती.

इंग्लंडमधे लाकडाची मोठीच उणीव भासू लागली, आणि त्यामुळे तिथे नव्या इंधनाची तातडीची निकड निर्माण झाली. अठराव्या शतकात वाफेच्या इंजिनाचा शोध लागला. त्यामुळे पहिल्यांदाच इंधनातील रासायनिक ऊर्जेचे गतीजन्य ऊर्जेत रूपांतर झाले आणि दांडे हलवून व चाके फिरवून हालचाल करवून घेणे शक्य झाले.

अनेक प्रकारची वाफेची इंजिने बनवण्यात आली आणि त्यांचा वापर कारखान्यातील यंत्रे चालवण्यासाठी, पाण्यावरून जहाजे नेण्यासाठी आणि जमिनीवरून आगगाड्या चालवण्यासाठी होऊ लागला. या सर्वांमुळे लोकांच्या आयुष्यात फार मोठे बदल झाले. या काळाला 'औद्योगिक क्रांती' असे म्हणतात.

ही सर्व वाफेची इंजिने चालवण्यासाठी इंधन म्हणून लाकडाचा पुरेसा साठा जगात उपलब्ध नव्हता. अठराव्या शतकात इंग्लंडमधे त्याऐवजी कोळशाचा वापर सुरू झाला कारण तो मोठ्या प्रमाणात उपलब्ध होता.

एकोणिसाव्या शतकात मोठ्या प्रमाणात कोळशाचा वापर करण्यात आला. अर्थात, फारच थोडा नवा कोळसा बनत होता, आणि एकदा का जमिनीतील कोळसा संपला, की तो आणखी मिळणार नाहीच. तरीही जगात सगळीकडे मिळून कोट्यावधी टन कोळसा जमिनीखाली अद्याप टिकून आहे. तो आणखी शेकडो वर्षे पुरेल.

लोकांना आता ऊर्जेच्या वापराचे नवे मार्ग माहित आहेत. एकोणिसाव्या शतकात इंधन जाळून त्यातील रासायनिक ऊर्जेने चुंबकाच्या दोन ध्रुवांदरम्यान चाके फिरवली जात असत. गतीची ऊर्जा चुंबकापलीकडे गेल्यावर तिचे विद्युतप्रवाहात रूपांतर होते असाही शोध लागला. टेलिफोन, तारायंत्र, तसेच आपल्या सोयीसाठी कोणत्याही तऱ्हेच्या विद्युत शक्तीवर चालणाऱ्या यंत्रामधे आपण विद्युतप्रवाहांचा वापर केला.

ही विद्युतशक्ती मिळवण्यासाठी अधिकाधिक कोळसा जाळण्यात आला.

खाणीतून कोळसा बाहेर काढून तो कारखान्यांपर्यंत नेणे हे तसे कठीणच काम आहे. खनिज तेल मिळवण्यासाठी विहिरी खोदण्याचे तंत्र आपण एकोणिसाव्या शतकात अवगत केले. खनिज तेल, कोळशाप्रमाणे घन नसून, द्रव स्वरूपात असते. जमिनीतून तेल बाहेर काढणे हे कोळसा बाहेर काढण्यापेक्षा सोपे असते. मोठाल्या नळातून ते एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी नेणे देखील त्यामानाने सोपे होते. त्याचे ज्वलनही सहजपणे होते.

एकोणिसाव्या शतकाच्या अखेरीस, पेट्रोलचा इंधन म्हणून वापर करणारी नव्या प्रकारची यंत्रे बनवण्यात आली. अशा इंजिनांना अंतर्गत ज्वलनाची इंजिने (इंटर्नल कंबश्चन इंजिन) असे म्हणतात आणि मोटारगाड्या, ट्रक, बस, जहाजे आणि विमाने यात त्यांचा वापर केला जातो. त्यात वापरलेले पेट्रोल हे खनिज तेलापासून मिळते.

विसाव्या शतकाच्या सुरवातीच्या काळात या तऱ्हेची अधिकाधिक इंजिने बनवण्यात आली व त्याद्वारे अधिकाधिक खनिजतेलाचे ज्वलन होऊ लागले. घरे उबदार ठेवण्यासाठी आणि विजेच्या उत्पादनासाठी आता कोळशाऐवजी खनिजतेलाचा उपयोग केला जाऊ लागला. १९५० सालापर्यंत कोळशापेक्षाही अधिक खनिजतेल इंधनासाठी वापरले जात होते.

भूगर्भात हे खनिजतेल कोळशापेक्षा कितीतरी कमी प्रमाणात आहे ही यातील खरी अडचण आहे. शिवाय, दुसरी महत्वाची गोष्ट म्हणजे जगातील बहुतेक सर्व तेलसाठे हे फक्त इराणच्या आखाताजवळच्या प्रदेशातच आहेत.

आता खनिजतेलाचे साठे कमी कमी होऊ लागले आहेत आणि तरीही दरवर्षी त्याचा वापर वाढतच आहे. खनिजतेलाची किंमत वाढते आहे आणि त्याची कमतरता होण्याचा धोकाही आहे. आणखी ३० ते ५० वर्षांच्या काळात सर्व खनिजतेल संपून जाऊ शकते.

तसे झाल्यास लोकांना ऊर्जा कशी मिळेल?

ते कोळशाच्या वापराकडे परत जाऊ शकतील. अजूनही खाणीतून कोळसा बाहेर काढणे आणि तो दुसरीकडे नेणे तसे कठीणच आहे. कोळशापासून आणि एक प्रकारच्या खडकांपासून तेल मिळू शकते पण ते फारच महाग होईल.

खनिजतेल आणि कोळसा या दोन्ही पदार्थांच्या ज्वलनातून हवेत काजळीचे सूक्ष्म कण आणि इतर त्रासदायक रसायने जमा होतात. हेच 'हवेचे प्रदूषण' होय आणि त्याचा मनुष्यप्राण्यांच्या प्रकृतिस्वास्थ्यावर वाईट परिणाम होतो.

खनिजतेल आणि कोळसा यातील रासायनिक ऊर्जेशिवाय आपल्याला वापरण्यासारखे इतर काही ऊर्जास्त्रोत आहेत का? अणुशक्तीचा उपयोग करता येईल का? पृथ्वीवर असणारी

अणुऊर्जा म्हणजे केवळ काही पदार्थांमधील किरणोत्सर्ग. बऱ्याच वर्षांपर्यंत त्यांचा मोठ्या प्रमाणावर उपयोग करणे फारच कठीण होते.

पण १९३९ साली ऑटो हॉन या जर्मन शास्त्रज्ञाने असा शोध लावला की विशिष्ठ प्रकारे युरेनियमचा गाभा फोडून त्याचे दोन तुकडे करता येतात, त्याला अण्विक विदलन (न्युक्लीयर फिशन) असे म्हणतात. यातून एरवीच्या किरणोत्सर्गापेक्षा खूप मोठ्या प्रमाणात अणु शक्ती निर्माण होते.

लगेच, अण्विक विदलातून मोठ्या प्रमाणावर अणुऊर्जा कशी निर्माण करता येईल यावर अमेरिकेतील शास्त्रज्ञांनी संशोधन सुरू केले. १९४२ च्या अखेरीस एन्रीको फेर्मी या इटालियन- अमेरिकन शास्त्रज्ञाच्या नेतृत्वाखालील चमूने या प्रश्नाचे उत्तर शोधून काढले.

यातूनच अणुबॉम्ब (म्हणजेच विदलन बॉम्ब) तयार झाले. अणुशक्ती वापरून बनवलेल्या या बॉम्बमुळे, रासायनिक शक्ती वापरून तयार केलेल्या बॉम्बपेक्षा, फार मोठ्या प्रमाणावार विध्वंस झाला.

दुसऱ्या जागतिक युद्धानंतर, अणूच्या विदलातून स्फोट न घडवता, वीज उत्पादन करण्याची केंद्रे स्थापन करण्यात आली. या अणुशक्तीचा वीज उत्पादनासारख्या शांततेच्या कार्यासाठी उपयोग करता येतो. आता जगात सगळीकडे अशी अणुशक्तीच्या वापरातून ऊर्जा निर्माण करणारी केंद्रे आहेत.

अर्थात, अणुचे विदलन हा काही ऊर्जेच्या कमतरतेवरील सर्वोत्तम उपाय नव्हे. एक म्हणजे, यात युरेनियम किंवा त्यासारख्या मुष्किलीने मिळणाऱ्या धातूंचा वापर करावा लागतो. दुसरे म्हणजे, एकदा युरेनियमच्या अणुच्या गाभ्याचे विभाजन झाले की त्यातून अतिशय धोकादायक असे किरणोत्सर्गी अणू शिल्लक रहातात. शास्त्रज्ञांना त्यांची सुरक्षितपणे विल्हेवाट लावण्याचा मार्ग अद्याप सापडलेला नाही.

शास्त्रज्ञ अद्याप ऊर्जेच्या आणखी एखाद्या नव्या स्त्रोताच्या शोधात आहेत.

वारा आणि पाण्याचा प्रवाह यातील ऊर्जेचा वापर वाढवणे शक्य आहे. तसेच भरती- ओहोटी मधील ऊर्जेचा देखील उपयोग करायला हवा. भूगर्भातील उष्णतेचाही ऊर्जा मिळवण्यासाठी विचार करणे आवश्यक आहे. वाळवंटासारख्या प्रदेशात जिथे सूर्यप्रकाश एरवी वाया जातो तिथेही त्यातील ऊर्जेचा वापर करण्याचे मार्ग शोधायला हवेत.

अशा तऱ्हेची ऊर्जा लक्षावधी किंवा कोट्यावधी वर्षेदेखील वापरता येईल. पण त्यापूर्वी शास्त्रज्ञांना यासाठी कशा प्रकारची वीज निर्मिती केंद्रे असावी लागतील यावर संशोधन करावे लागेल.

सूर्य अथवा इतर तारे यांना ज्याप्रकारे अणुच्या एकत्रीकरणातून (न्युक्लीयर फ्युजन) ऊर्जा मिळते त्याप्रमाणे अणुऊर्जा मिळवणे ही देखील एक शक्यता आहे.

पृथ्वीवर खूप मोठ्या प्रमाणात हायड्रोजन उपलब्ध आहे. सूर्यावरील प्रक्रियेप्रमाणे हायड्रोजनच्या गाभ्याचे हेलियमच्या गाभ्यात करसे रूपांतर करायचे हे जर शास्त्रज्ञांना समजले, तर त्यातून भरपूर ऊर्जा मिळू शकेल आणि ती लाखो वर्षे पुरेल.

तीस वर्षांपासून शास्त्रज्ञ अणुच्या एकत्रीकरणाचा (न्युक्लीयर फ्युजन) कसून अभ्यास आणि पाठपुरावा करत आहेत , आणि काहींच्या मते हा प्रश्न आता लवकरच सुटणार आहे.

म्हणजे, कदाचित ऊर्जेची कमतरता हा काही खरा कायमचा प्रश्न नसेलही. कालांतराने शास्त्रज्ञ ऊर्जेचे नवनवे स्त्रोत शोधून काढतील आणि पृथ्वीवरील लोकांना त्यामुळे सुखा-समाधानाने, आरामात रहाता येईल. अर्थात, आपली पृथ्वी आपण रहाण्यास योग्य अशा स्वरूपात टिकवली, आणि अणुयुद्धाने आपली संस्कृती नामशेष झाली नाही तरच हे शक्य होईल.