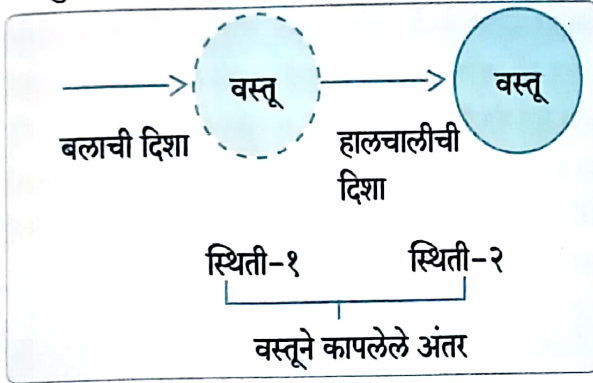


ऊर्जेची संकल्पना

ऊर्जा, ही भौतिक विज्ञानातील एक महत्वाची संकल्पना आहे. एखादी वस्तू आहे त्या जागेपासून दुसऱ्या जागी हलविली म्हणजेच त्यावर बलाचा (Force) प्रयोग केला तर वस्तूच्या झालेल्या हालचालीला 'कार्य' (Work) असे म्हणतात. बलामुळे स्थितीत पडलेला फरक म्हणजेच कार्य होय.



बल आणि वस्तूने कापलेले अंतर यांचा गुणाकार करून कार्य किती झाले ते काढता येते. बल मोजण्यासाठी विख्यात वैज्ञानिक न्यूटन यांच्या नावाचे 'न्यूटन' हे एकक (Unit) वापरतात.

एक मीटर अंतर जर वस्तूने कापले आणि त्यासाठी एक न्यूटन बल लागले असेल तर एक ज्यूल (Joule) कार्य झाले असे मानले जाते. म्हणजेच ज्यूल हे कार्य मोजण्याचे एकक आहे.

ब्रिटिश वैज्ञानिक जेम्स ज्यूल (१८१८-८९) यांच्या स्मरणार्थ कार्याच्या एककाला ज्यूल (J) हे नाव देण्यात आले आहे.

विद्युत प्रवाह सोडला असता त्यामुळेही कार्य घडते. म्हणूनच एक अँपिअर (A) मूल्याचा विद्युतप्रवाह एक ओहम (Ω) एवढा अवरोध (Resistance) असताना एक सेकंद वाहत असल्यास त्यातून एक ज्यूल एवढे कार्य झाले असे मानले जाते.

ज्यूल हे आंतरराष्ट्रीय एकक प्रणालीतील (SI Unit) एकक आहे. तथापि, त्याअगोदर कॅलरी (Cal) आणि किलोकॅलरी (Kcal) ही एकके वापरली जात असत. एक किलोकॅलरी म्हणजे ४.२ किलोज्यूल. आजही अनेक देशांमध्ये

अन्नाच्या संदर्भात ज्यूल न वापरता किलोकॅलरी हे एकक वापरतात.

ऊर्जा म्हणजे कार्य करण्याची क्षमता. एखाद्या वस्तूत किती कार्य करण्याची क्षमता आहे हे बघितले तर त्यात किती ऊर्जा आहे हे ठरविता येते. एखादे कार्य घडताना ऊर्जा वापरली जाते अथवा वस्तूमधून ती मुक्त होते म्हणूनच ऊर्जा (Energy) आणि कार्य (Work) यांचे एकक समानच म्हणजे ज्यूल (J) हे आहे.

ऊर्जेच्या संबंधात 'शक्ती' (Power) ही आणखी एक महत्वाची संकल्पना आहे. एखादे कार्य घडण्यासाठी किती सेकंद ऊर्जा वापरली हे बघून त्यावरून किती 'शक्ती' खर्च झाली हे ठरविले जाते.

एक ज्यूल ऊर्जा जर एक सेकंद खर्च झाली तर एक वॉट (Watt) शक्ती वापरली गेली असे म्हणतात. हे एकक वाफेच्या इंजिनाचा शोध लावणारे विख्यात स्कॉटिश वैज्ञानिक जेम्स वॉट (१७३६-१८१९) यांच्या सन्मानासाठी तयार केले आहे. (मराठीत अनेकदा याचा उच्चार वॉट असा चुकीचा केला जातो.)

अणुऊर्जा किंवा अणुस्फोट यांची क्षमता दर्शविण्यासाठी किलोटन (Kt) हे ऊर्जेसाठीचे एकक वापरले जाते. एखाद्या स्फोटात एक किलोटन ऊर्जा बाहेर पडली असेल तर ती १००० मेट्रिक टन ट्रायनायट्रोटॉल्युईन (TNT) या स्फोटकामधून बाहेर पडणाऱ्या ऊर्जेएवढी असते. स्फोटकातून बाहेर पडणारी ही ऊर्जा ज्यूल या एककात पुढीलप्रमाणे मोजली जाते.

$$१ \text{ किलोटन स्फोटक ऊर्जा} = ४.१८४ \times १०^{१२} \text{ J}$$

दैनंदिन व्यवहारात आपण शक्ती (Power) हे एकक वापरताना आपण वॉट या संकल्पनेचा वापर करत असतो. विजेवर चालणारा दिवा ४० वॉटचा असतो असे त्याच्यावर लिहिलेले असते; म्हणजेच हा दिवा दर सेकंदाला एक ज्यूल एवढी शक्ती वापरत असतो. शक्ती मोजण्यासाठी पूर्वीच्या काळी वापरले जाणारे अश्वशक्ती (Horse Power) हे एकक आजही वापरतात. विशेषतः पाणी खेचण्याची मोटार किंवा गाडीचे इंजिन किती हॉर्सपॉवरचे आहे ते नमूद केलेले असते.

$$१ \text{ अश्वशक्ती} = ७४६ \text{ वॉट}$$

म्हणजेच एक हॉर्सपॉवरची मोटार आपण एक सेकंद चालू ठेवली तर त्यातून ७४६ वॉट शक्ती खर्च झाली असे म्हणता येईल.

दैनंदिन वापरासाठी ज्यूल हे एकक छोटे असल्याने विजेचा वापर किती झाला हे ठरविण्यासाठी 'किलोवॉट-तास' हे एकक उपयोगात आणतात. दर तासाला आपण १००० वॉट ऊर्जा वापरली तर आपण त्या तासात एक 'युनिट' वीज वापरली असे म्हणतात.

ऊर्जा वापराचे विविध प्रकार

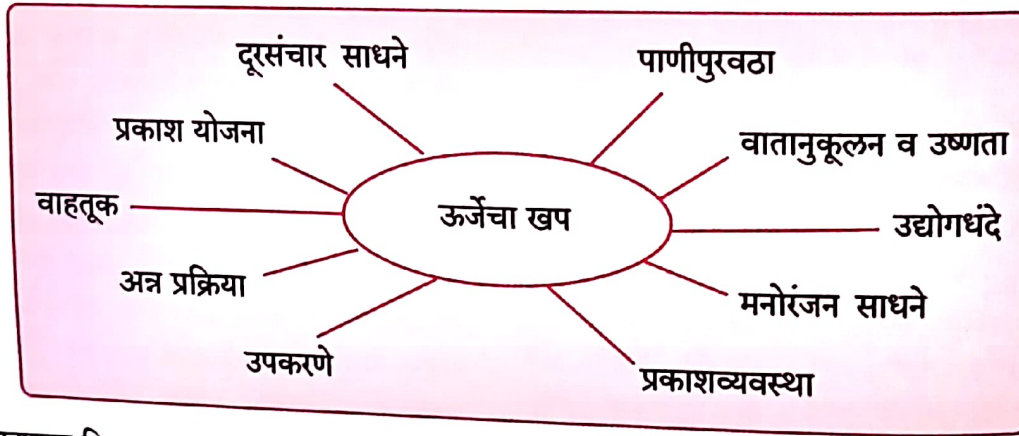
ऊर्जेचा खप

आपण दैनंदिन जीवनात ज्या काही गोष्टी करतो त्या प्रत्येक गोष्टीसाठी ऊर्जा लागते. 'जगात फुकट काही मिळत नाही' असा वाक्प्रचार आपण वापरतो. ऊर्जेच्या बाबतीत तो अक्षरशः खरा आहे. आपण ज्या हालचाली करतो त्यासाठी ऊर्जा लागते. अगदी आपण विचार करतो त्यावेळीही मेंदू ऊर्जा वापरत असतो. इतकेच नाही तर, आपण झोपतो तेव्हाही आपली शारीरिक क्रिया सुरू ठेवण्यासाठी म्हणजेच चयापचय क्रिया (Metabolism) सुरू ठेवण्यासाठी ऊर्जा खर्च होत असते. 'उगाच तोंडची वाफ दवडू नकोस' असाही एक वाक्प्रचार

आहे. खरोखरच बोलतानाही म्हणजेच ध्वनी निर्माण करतानाही ऊर्जा खर्च होत असते.

अन्न शिजविण्यासाठी अथवा पाणी गरम करण्यासाठी आपण विविध ऊर्जा साधनांचा वापर करतो. त्यासाठी आपण लाकूड, कोळसा, स्वयंपाकाचा गॅस आणि वीज या मागने ऊर्जेचा वापर करतो. त्याचप्रमाणे इतर घरगुती कारणांसाठी आपण ऊर्जेचा वापर करीत असतो.

घरगुती कारणांसाठी वापरल्या जाणाऱ्या ऊर्जेखेरीज वाहतूक आणि उद्योगधंदे अथवा कारखाने यांना ऊर्जेची गरज असते. जलवाहतूक, रेल्वे, विमाने, रस्त्यावरील वाहतूक यांच्याखेरीज सार्वजनिक व घरगुती अशा दोन्ही ठिकाणी प्रकाश व्यवस्थेसाठी ऊर्जा लागते. नागरी व ग्रामीण अशा दोन्ही भागांसाठी पिण्याचे पाणी अथवा कृषीसाठी पाणीपुरवठा योजनांना ऊर्जा लागते. उन्हाळ्यात पंखे, कूलर व वातानुकूलनासाठी तर हिवाळ्यात घरे उबदार ठेवण्यासाठी ऊर्जेचा वापर होत असतो. याचा सारांश असा की जगण्यासाठी जे जे काही करावे लागते अथवा आपण ज्या सर्व गोष्टी रोज करतो; त्या प्रत्येकाला ऊर्जा लागत असते. या सर्वांचा आढावा घेऊन ऊर्जेचा खप (Energy Consumption) किती आहे हे ठरवितात. विकासासाठी नियोजन करताना ऊर्जेचा खप हे परिमाण अतिशय महत्वाचे मानले जाते.



ऊर्जेच्या खपाचा विचार करता भारताचा जगात तिसरा क्रमांक लागतो. प्रचंड लोकसंख्येमुळे भारतात भरपूर प्रमाणात ऊर्जा वापरली जात असली तरी जागतिक आकडेवारीच्या तुलनेत भारतात प्रतिव्यक्ती कमी ऊर्जा वापरली जाते. ऊर्जेचा खप मोजण्यासाठी Kilogram Oil Equivalent (kgoe) हे एकक वापरले जाते. एक kgoe म्हणजे एक किलोग्रॅम तेलपासून मिळणारी ऊर्जा. ऊर्जेच्या खपाची जी आकडेवारी उपलब्ध आहे त्यानुसार १९७२ पासून भारतात दरमाणशी ऊर्जा खप वाढत गेलेला दिसतो. तथापि, जागतिक पातळीच्या तुलनेत तो कमी आहे.

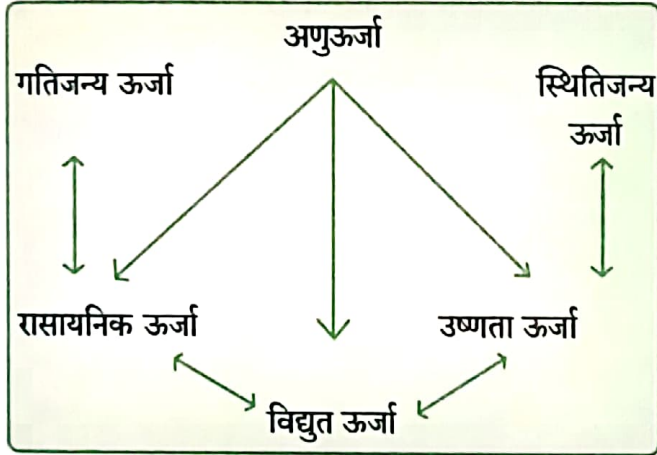
जागतिक बँकेच्या आकडेवारीनुसार दरमाणशी ऊर्जा खप (२०१४ पर्यंत)

वर्ष	जागतिक पातळी (kgoe)	भारत (kgoe)
१९७२	१३७०	२७६
१९७९	१४९०	२९२
१९९०	१६६१	३६२
१९९८	१६१२	४१४
२००५	१७६१	४७१
२००९	१७८८	५५९
२०१३	१८९४	७७५.४
२०१४	१९२२	६३७

जगातील एकूण ऊर्जा खपाचा विचार केला तर सन २०२० मध्ये जगभरात ९,७१२ mtoe (मिलियन टन्स ऑफ ऑईल इक्विव्हॅलेंट) एवढी ऊर्जा वापरली गेली. या वर्षी भारतात हे प्रमाण ९०८ mtoe होते. या आधीच्या वर्षी म्हणजे सन २०१९ मध्ये भारतात एकूण ९४० mtoe ऊर्जा वापरली गेली. याचा अर्थ भारतात २०१९ ते २०२० या वर्षात ऊर्जा खपातील वाढीचा (-३) टक्के इतका होता.

ऊर्जेचे मूलभूत प्रकार

ऊर्जेचे अनेक प्रकार असून त्यांच्यात परस्परसंबंध असतो. म्हणजेच ऊर्जेच्या एका प्रकाराचे दुसऱ्या प्रकारात रूपांतर होते. उदाहरणार्थ— दगडी कोळसा या इंधनस्रोतात रासायनिक स्वरूपात ऊर्जा साठलेली असते. कोळसा जाळला की त्यातून उष्णता निर्माण होते. याच उष्णतेचे आता तंत्रज्ञानातील प्रगतीमुळे विद्युत ऊर्जा या प्रकारात रूपांतर करता येते. त्याचप्रमाणे उंचीवर बांधलेल्या धरणातील पाण्यात स्थितिजन्य ऊर्जा असते. हे पाणी खालच्या पातळीवर आणल्यावर तेथे येताना स्थितिजन्य ऊर्जेत जो फरक पडतो तो वापरून आपण विद्युत ऊर्जा तयार करू शकतो.



ऊर्जांचे विविध प्रकार असले तरी त्या सर्वांचा वस्तुमानाशी (mass) संबंध असतो. हा संबंध असेल याबद्दल अगोदरही संकल्पना मांडण्यात आल्या होत्या. तथापि, अल्बर्ट आइन्स्टाईन यांनी वस्तुमान व ऊर्जा यांच्यातील परस्परसंबंध ठरविण्याचे सुप्रसिद्ध समीकरण मांडल्याने भौतिक विज्ञानात मोठीच सैद्धान्तिक क्रांती झाली.

$$E = m \times c^2$$

या सूत्रात E ही ऊर्जा असून, c हे पद प्रकाशाचा निर्वात पोकळीतील (Vacuum) वेग दाखवते. m हे पद वस्तुमानाचे निदर्शक आहे. वस्तुमानाचे संपूर्णपणे ऊर्जेत रूपांतर झाल्यास (तसे नेहमीच होत नाही) त्यापासून किती ऊर्जा मिळू शकेल

हे या सूत्रावरून दिसते. एक किलोग्रॅम वस्तुमानाचे संपूर्णपणे ऊर्जेच्या कोणत्याही प्रकारात रूपांतर झाल्यास (उष्णता, प्रकाश, प्रारण, ध्वनी वगैरे) त्यातून 9×10^{16} ज्यूल अथवा २१ मेगाटन टीएनटी स्फोटाएवढी ऊर्जा मुक्त होते. या सूत्राचा आणखी एक महत्त्वाचा भाग असा आहे की ऊर्जा अथवा वस्तुमान कधीच नष्ट होत नाहीत. कोणत्याही वेळी वस्तुमान आणि ऊर्जा यांची बेरीज स्थिरांकच राहते. फक्त वस्तुमान व ऊर्जा यांचे परस्परांमध्ये रूपांतर होते. या तत्वाला 'वस्तुमान ऊर्जा समतत्त्व' (mass-energy equivalence) असे म्हणतात. याच तत्वाला ऊर्जा अक्षयतेचा नियम (law of conservation of energy) असे म्हटले जाते. म्हणजेच ऊर्जा आणि वस्तुमान कधीच नष्ट होत नाहीत. हे दोन्ही गुणधर्म कायम तसेच राहतात.

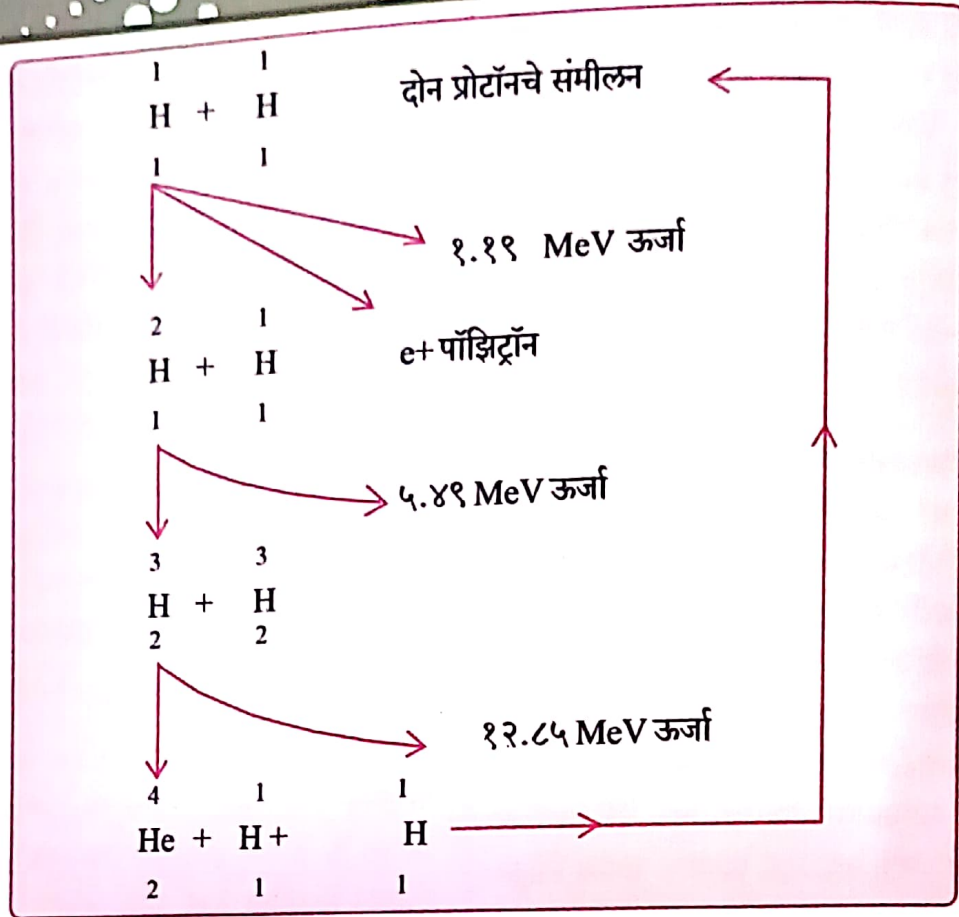
अणुऊर्जा

अणुऊर्जा हा विश्वातील ऊर्जेचा सर्वात महत्त्वाचा आणि प्राथमिक प्रकार आहे. विसाव्या शतकात विज्ञानातील प्रगतीमुळे आपण या ऊर्जेची संकल्पना उलगडून तिचा वापर करण्याचे तंत्रज्ञान विकसित केले आहे. तथापि, ताऱ्यांमध्ये (सूर्य हा एक तारा आहे.) याच ऊर्जेमधून प्रकाश व उष्णतेची निर्मिती होत असते.

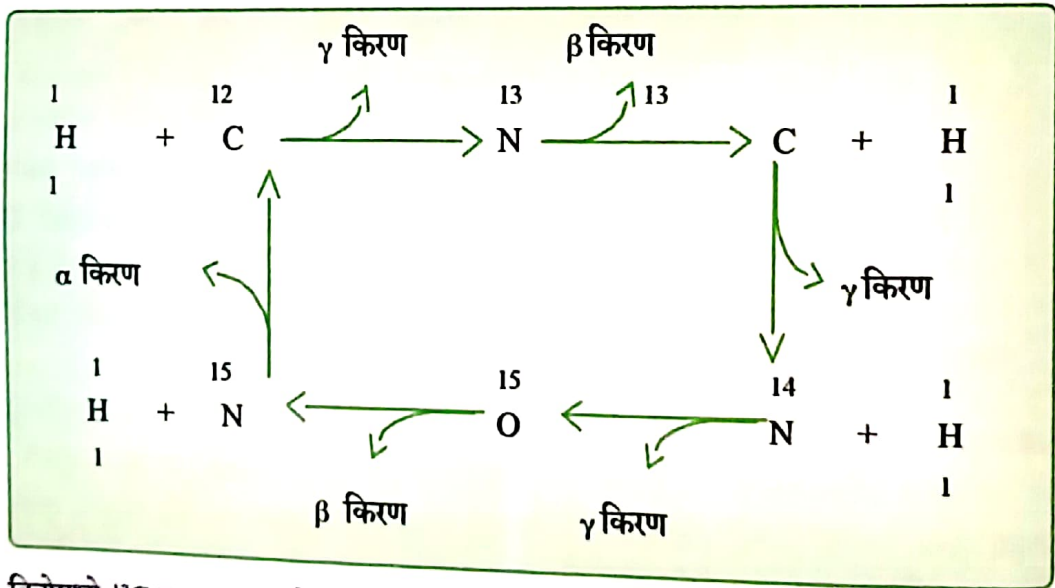
अणूच्या गर्भात अनेक कण असतात. त्यांना न्युक्लिऑन (Nucleon) असे म्हणतात. प्रोटॉन (Proton) व न्यूट्रॉन (Neutron) ही त्याची उदाहरणे आहेत. प्रोटॉन व न्यूट्रॉन हे एकमेकांशी बांधल्यासारख्या अवस्थेत असतात. तसे होण्यासाठी जी ऊर्जा लागते तिला 'अणुगर्भाची बंधनऊर्जा' (Nuclear Binding Energy) असे म्हणतात. त्याचप्रमाणे हे न्युक्लिऑन एकमेकांपासून वेगळे होताना जी ऊर्जा बाहेर पडते तीदेखील अणुगर्भाची बंधनऊर्जा असते.

सूर्यासारख्या ताऱ्यांच्या पोटात सतत अणुविभाजन आणि अणुसंमीलन (Nuclear Fusion) या क्रिया घडतात. ताऱ्यांच्या पोटात प्रचंड उष्णता असल्याने तेथे अणुगर्भ एकत्र येतात व त्यातून प्रचंड ऊर्जा बाहेर पडते म्हणजेच ताऱ्यांमध्ये सातत्याने 'अणुऔष्णिक क्रिया' (Thermonuclear Reaction) होत असतात.

ताऱ्यांमध्ये घडणाऱ्या या क्रिया मुख्यतः दोन प्रकारच्या असतात. त्यातील एक प्रोटॉन-प्रोटॉन चक्र (Proton-Proton Cycle) या नावाने तर दुसरी क्रिया कार्बन-नायट्रोजन-ऑक्सिजन (CNO) या नावाने ओळखली जाते. यातील प्रोटॉन-प्रोटॉन चक्र (PPC) ही क्रिया अशी घडते.



तांच्यामध्ये प्रामुख्याने हायड्रोजन व हेलिअम ही मूलद्रव्ये असली तरी अल्प प्रमाणात कार्बन, नायट्रोजन व ऑक्सिजनही असतात. त्यांच्यात पुढीलप्रमाणे क्रिया होत राहतात.



या क्रियेमध्ये ¹²C हा प्रकार आहे तसाच राहतो आणि शेवटच्या टप्प्यावर हेलिअमचे अणुकेंद्र (अल्फा कण) बाहेर पडते. अशा प्रकारे या क्रियेतही प्रोटॉन (¹H) पासून अखेर हेलिअमची निर्मिती होताना गॅमा व बीटा किरणांच्या रूपात ऊर्जा बाहेर पडते.

तांच्यामध्ये प्रोटॉन-प्रोटॉन व कार्बन-नायट्रोजन-ऑक्सिजन चक्राकार क्रियांमुळे तयार होणारी ऊर्जा तेथून

विद्युतचुंबकीय प्रारणांच्या (Electromagnetic Radiation) स्वरूपात विश्वात फेकली जाते. सूर्याकडून आपल्याला मिळणारी ऊर्जा ही अशीच प्रारणांच्या स्वरूपात (दृश्य प्रकाश हा त्याचा एक भाग आहे) आपल्याला मिळते. म्हणजेच आपण ज्याला सौर ऊर्जा (Solar Energy) म्हणतो ती प्रत्यक्षात अणु-प्रक्रियांमधून मुक्त झालेली अणुगर्भ बंधनऊर्जा असते.