5. हरित ऊर्जेच्या दिशेने

- ऊर्जेचा वापर
- विद्युत ऊर्जा निर्मिती
- विद्युतनिर्मिती प्रक्रिया व पर्यावरण

थोडे आठवा.

1. ऊर्जा (Energy) म्हणजे काय?
2. ऊर्जेचे विविध प्रकार (Types) कोणते?
3. उर्जेची विविध रूपे (Forms) कोणती?

यादी करा व चर्चा करा.

दैनंदिन जीवनामध्ये आपण ऊर्जेचा वापर करून कोणकोणती कामे करतो, त्यांची यादी करा. ही कामे करण्यासाठी आपण कोणकोणत्या रूपात ऊर्जा वापरतो याबाबत चर्चा करा.

ऊर्जा आणि ऊर्जा वापर (Energy and use of energy)

अन्न, वस्त्र, निवारा याप्रमाणेच आधुनिक संस्कृतीमध्ये ऊर्जा ही मानवाची प्राथमिक गरज बनली आहे. आपल्याला विविध कार्यासाठी ऊर्जेची विविध रूपात आवश्यकता भासते. म्हणजे काही ठिकाणी आपल्याला यांत्रिक-ऊर्जेची (Mechanical energy) गरज असते, काही ठिकाणी रासायनिक-ऊर्जेची (Chemical energy) गरज असते, काही ठिकाणी ध्वनी-ऊर्जेची (Sound energy) गरज असते, काही ठिकाणी प्रकाश-ऊर्जेची (Light energy) गरज असते तर काही ठिकाणी ऊष्णता-ऊर्जेची (Heat energy) गरज असते. ही विविध रूपातील ऊर्जा आपण कशी मिळवतो?

तक्ता तयार करा. ऊर्जा प्रकार व त्यानुसार असणारी साधने यांच्या आधारे तक्ता तयार करा.

ऊर्जा एका रूपातून दुसऱ्या रूपात रूपांरित करता येते हे आपल्याला माहिती आहे. मानवाला आवश्यक असणारी विविध रूपातील ऊर्जा मिळवण्यासाठी विविध ऊर्जास्रोत वापरले जातात. मागील इयत्तांमध्ये आपण ऊर्जा, ऊर्जास्रोत व त्यासंदर्भातील विविध संकल्पनांचा अभ्यास केला आहे. विद्युत-ऊर्जा निर्मितीसाठी सध्या कोणत्या निरनिराळ्या ऊर्जास्रोतांचा वापर केला जातो, त्यासाठी कोणत्या पद्धती वापरल्या जातात, या प्रत्येक पद्धतीत कोणते शास्त्रीय तत्त्व वापरले जाते, हे ऊर्जास्रोत वापरण्याचे फायदे काय, तोटे काय, हरित ऊर्जा म्हणजे काय याविषयी आपण माहिती घेऊया.

सांगा पाहू !

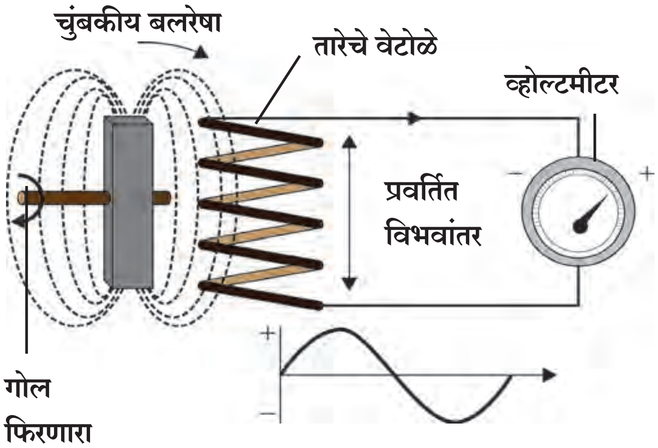
1. आपल्या दैनंदीन जीवनात विद्युत ऊर्जा कुठे-कुठे वापरली जाते?
2. विद्युत ऊर्जेची निर्मिती कशी होते?

विद्युत ऊर्जा निर्मिती (Generation of Electrical energy)

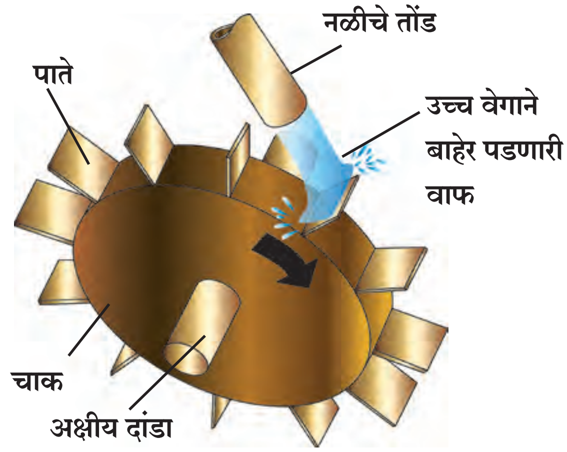
बहुतेक विद्युत-निर्मिती केंद्रात विद्युत-ऊर्जा तयार करण्यासाठी मायकेल फॅरेडे या शास्त्रज्ञाने शोधलेल्या विद्युत-चुंबकीय प्रवर्तन (Electro-magnetic induction) या तत्वाचा ऊपयोग केला जातो. या तत्वानुसार, विद्युत वाहक तारेच्या सभोवतालचे चुंबकीय क्षेत्र बदलले तर विद्युत वाहक तारेत विभवांतर निर्माण होते.

विद्युत वाहक तारेच्या सभोवतालचे चुंबकीय क्षेत्र दोन प्रकारे बदलू शकते. विद्युत वाहक तार स्थिर असेल व चुंबक फिरता असेल तर विद्युत वाहक तारेच्या सभोवतालचे चुंबकीय क्षेत्र बदलते किंवा चुंबक स्थिर असेल व विद्युत वाहक तार फिरती असेल तरीही विद्युत वाहक तारेच्या सभोवतालचे चुंबकीय क्षेत्र बदलते. म्हणजेच, अशा दोनही प्रकारात विद्युत वाहक तारेत विभवांतर निर्माण होऊ शकते (आकृती 5.1). या तत्वावर आधारित विद्युत निर्मिती करणाऱ्या यंत्राला विद्युत जनित्र (Electric generator) असे म्हणतात.

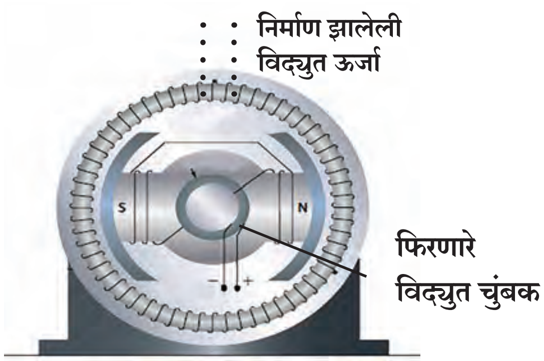
विद्युत निर्मिती केंद्रामध्ये अशा प्रकारची मोठी जनित्रे वापरली जातात. जनित्रातील चुंबकाला फिरवण्यासाठी टर्बाइन (Turbine : झोतयंत्र) वापरले जाते. टर्बाइनला पाती असतात. टर्बाइनमधील या पात्यांवर द्रव अथवा वायूचा झोत टाकल्यास त्या झोतातील गतिज ऊर्जेमुळे टर्बाइनची पाती फिरू लागतात (आकृती 5.2). हे टर्बाइन विद्युत जनित्राला जोडलेले असते. यामुळे जनित्रातील चुंबक फिरू लागते व विद्युत निर्मिती होते (आकृती 5.3)



5.1 विद्युत-चुंबकीय प्रवर्तन



5.2 वाफेवर चालणारे टर्बाईन (झोतयंत्र)



5.3 विद्युत जनित्राची रचना

विद्युत-ऊर्जा निर्मितीची ही पद्धत पुढील प्रवाह आकृतीच्या (5.4) च्या आधारे मांडता येईल.

म्हणजेच विद्युत-चुंबकीय प्रवर्तन या तत्त्वावर आधारित विद्युत निर्मिती करण्यासाठी जनित्र लागते, जनित्र फिरवण्यासाठी टर्बाइन लागते आणि टर्बाइन फिरवण्यासाठी एक ऊर्जास्रोत लागतो. टर्बाइन फिरवण्यासाठी कुठल्या प्रकारचा ऊर्जास्रोत वापरला जातो त्यानुसार विद्युत निर्मिती केंद्राचे वेगवेगळे प्रकार आहेत. प्रत्येक प्रकारात वापरल्या जाणाऱ्या टर्बाइनचा आराखडाही (design) वेगवेगळा असतो.

टर्बाइन फिरविण्यासाठी सुयोग्य उर्जा-स्रोत → टर्बाइन → जनित्र → विद्युत ऊर्जा

5.4 विद्युत ऊर्जा निर्मिती : प्रवाह आकृती

औष्णिक-उर्जेवर आधारित विद्युत-उर्जा निर्मिती केंद्र

यामध्ये वाफेवर चालणारे टर्बाइन वापरले जाते. कोळशाचे ज्वलन करून निर्माण झालेल्या ऊष्णता ऊर्जेचा ऊपयोग बॉयलरमध्ये पाणी तापवण्यासाठी केला जातो. या पाण्याचे रूपांतर उच्च तापमानाच्या आणि ऊच्च दाबाच्या वाफेत होते. या वाफेच्या शक्तीने टर्बाइन फिरते. त्यामुळे टर्बाइनला जोडलेले जनित्र फिरून विद्युत निर्मिती होते. याच वाफेचे रूपांतर पुनः पाण्यात करून ते बॉयलरकडे पाठवले जाते. ही रचना खालील प्रवाह आकृतीत (5.5) दाखविली आहे.

इंधन-कोळसा → पाण्यापासून वाफेच्या निर्मितीसाठी बॉयलर → वाफेवर चालणारे टर्बाईन → जनित्र → विद्युत ऊर्जा

वाफेवर चालणारे टर्बाईन → वाफेचे रूपांतर पुन्हा पाण्यात करण्यासाठी यंत्रणा → पाण्यापासून वाफेच्या निर्मितीसाठी बॉयलर

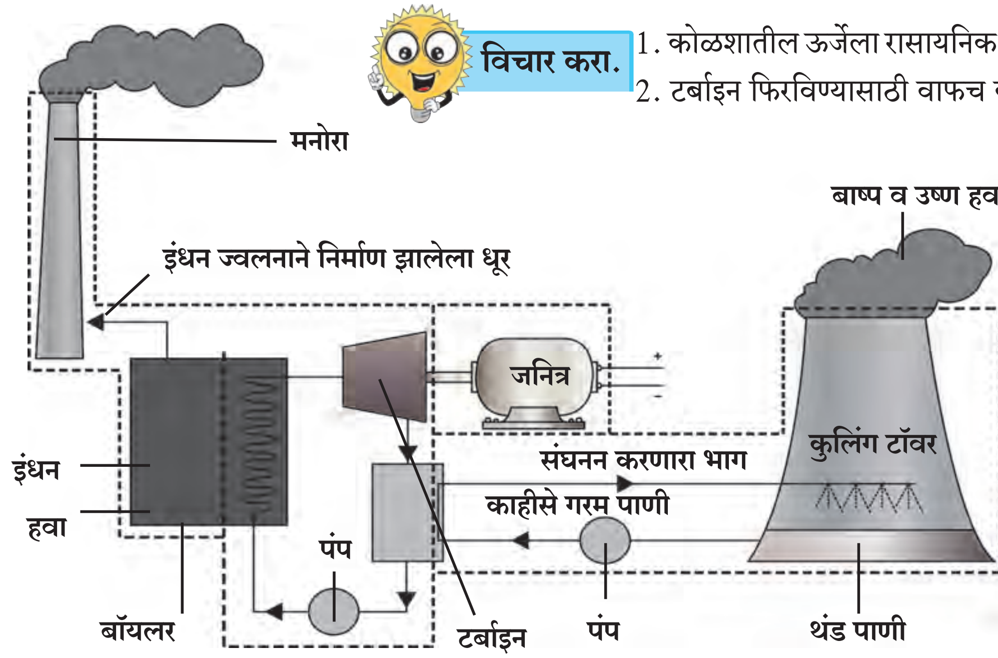
5.5 औष्णिक-उर्जेवर आधारित विद्युत-उर्जा निर्मिती : प्रवाह आकृती

विद्युत निर्मिती करण्यासाठी ऊष्णता-ऊर्जेचा इथे वापर होत असल्याने अशा विद्युत निर्मिती केंद्राला औष्णिक विद्युत केंद्र असेही म्हणतात. औष्णिक विद्युत निर्मिती केंद्रात कोळशातील रासायनिक ऊर्जेचे रूपांतर टप्याटप्याने विद्युत-ऊर्जेत होते. टप्या-टप्याने होणारे हे ऊर्जा रूपांतरण खालील आकृतीत (5.6) दाखविले आहे.

5.6 औष्णिक विद्युत निर्मिती केंद्रातील ऊर्जा रूपांतरण

विचार करा.

1. कोळशातील ऊर्जेला रासायनिक ऊर्जा का म्हटले असावे?
2. टर्बाइन फिरविण्यासाठी वाफच का वापरतात?



5.7 औष्णिक विद्युत-निर्मिती केंद्र आराखडा

एखादे औष्णिक विद्युत केंद्र तुम्ही पाहिले असेल तर तिथे तुम्हांला दोन प्रकारचे मनोरे (Towers) दिसतील. नेमके कसले मनोरे असतात हे? औष्णिक विद्युत निर्मिती केंद्राची आकृती पाहिल्यास याची उत्तरे आपल्याला मिळतील.

औष्णिक विद्युत निर्मिती तंत्राची रचना समजून घेतांना वापरलेल्या आकृतीशी हा आराखडा ताडून पाहिल्यास या केंद्रात बॉयलर, टर्बाइन, जनित्र आणि संघनन यंत्र यांची रचना लक्षात येईल.

बॉयलरमध्ये इंधनाचे (इथे कोळशाचे) ज्वलन झाल्यावर उत्सर्जित वायू उंच धुराड्यामार्फत हवेत सोडला जातो. तप्त व ऊच्च दाबाच्या वाफेने टर्बाइन फिरवल्यानंतर त्या वाफेचे तापमान व दाब कमी होतात. अशा वाफेतील ऊष्णता काढून घेऊन (म्हणजेच तिला थंड करून) तिचे पुन्हा पाण्यात रूपांतर केले जाते. या वाफेतील ऊष्णता काढून घेण्याचे काम, संघनन यंत्र (Condenser) या भागात कुलिंग टॉवर (Cooling tower) मधील पाण्याद्‌वारे केले जाते. कुलिंग टॉवरमधील पाणी संघनन यंत्रातून फिरवले जाते, त्यामुळे वाफेतील ऊष्णता कुलिंग टॉवरमधील पाण्याला मिळते व वाफ थंड होऊन तिचे पुन्हा पाण्यात रूपांतर होते. ही ऊष्णता मग बाष्प व तप्त हवेच्या रूपात कुलिंग टॉवरमार्फत बाहेर टाकली जाते. औष्णिक-विद्युत निर्मिती हा जरी विद्युत निर्मितीसाठी मोठ्या प्रमाणावर वापरला जाणारा मार्ग असला तरी, अशा प्रकारच्या विद्युत निर्मितीमुळे काही समस्याही निर्माण होतात.

जोड माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञानाची	संगणकीय सादरीकरण, ॲनिमेशन, व्हिडीओ, छायाचित्रे इत्यादींच्या आधारे औष्णिक विद्युत ऊर्जा निर्मिती केंद्राच्या कार्याबाबत सादरीकरण करून इतरांना पाठवा व यू-ट्यूब वर अपलोड करा.

समस्या :

1. कोळशाच्या ज्वलनाने होणारे हवेचे प्रदूषण: कोळशाच्या ज्वलनाने कार्बन डायऑक्साइड आणि सल्फर ऑक्साइड, नायट्रोजन ऑक्साइड्स यांसारखे आरोग्यास घातक वायू वातावरणात उत्सर्जित होतात.

2. कोळशाच्या ज्वलनाने उत्सर्जित वायूसह इंधनाचे सूक्ष्म कणसुद्धा वातावरणात सोडले जातात. यामुळे श्वसनसंस्थेचे गंभीर विकार उद्भवू शकतात.

माहीत आहे का तुम्हांला ?

भारतातील काही प्रमुख औष्णिक उर्जा आधारित विद्युत निर्मिती केंद्रे व त्यांची मेगावॅट्मधील क्षमता पुढीलप्रमाणे आहे.

ठिकाण	राज्य	निर्मिती क्षमता(MW)
विंध्यनगर	मध्य प्रदेश	4760
मुन्द्रा	गुजरात	4620
मुन्द्रा	गुजरात	4000
तमनार	छत्तीसगढ	3400
चंद्रपूर	महाराष्ट्र	3340

3. यामध्ये वापरले जाणारे इंधन अर्थात कोळसा याचे भूगर्भातील साठे मर्यादित आहेत. यामुळे भविष्यकाळात विद्युत निर्मितीसाठी कोळशाच्या उपलब्धतेवर मर्यादा येतीलच.

अणु–ऊर्जेवर आधारित विद्युत–ऊर्जा निर्मिती केंद्र

अणु–ऊर्जेवर आधारित विद्युत–ऊर्जा निर्मिती केंद्रामध्येही, जनित्र फिरविण्यासाठी, वाफेवर चालणारे टर्बाइनच वापरले जाते. मात्र, इथे युरेनियम अथवा प्लुटोनियम सारख्या अणूंच्या अणुकेंद्रकाच्या विखंडनातून (Fission) निर्माण झालेल्या ऊष्णता ऊर्जेचा ऊपयोग पाण्यापासून ऊच्च तापमानाची व दाबाची वाफ निर्माण करण्यासाठी केला जातो. या वाफेच्या शक्तीने टर्बाइन फिरते. त्यामुळे जनित्र फिरून विद्युत निर्मिती होते. अणु–विद्युत केंद्रातील रचना खालीलप्रमाणे (प्रवाह आकृती 5.8) दाखविता येईल.

अणु विभंजनासाठी अणुभट्टी → पाण्यापासून वाफेच्या निर्मितीसाठी यंत्रणा → वाफेवर चालणारे टर्बाइन → जनित्र → विद्युत ऊर्जा

इंधन: युरेनिअम/प्लुटोनिअम → अणु विभंजनासाठी अणुभट्टी

वाफेवर चालणारे टर्बाइन → वाफेचे रूपांतर पुन: पाण्यात करण्यासाठी यंत्रणा → पाण्यापासून वाफेच्या निर्मितीसाठी यंत्रणा

5. 8 अणु–विद्युत केंद्रातील रचना

म्हणजेच इथे अणूतील ऊर्जेचे रूपांतर प्रथम औष्णिक ऊर्जेत, औष्णिक ऊर्जेचे रूपांतर वाफेच्या गतीज ऊर्जेत, वाफेच्या गतिज ऊर्जेचे रूपांतर टर्बाइनच्या व जनित्राच्या गतिज ऊर्जेत आणि शेवटी जनित्राच्या गतिज ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत होते. टप्या–टप्याने होणारे हे ऊर्जा रूपांतरही पुढील आकृतीत (5.9) दाखविले आहे.

अणूतील ऊर्जा → औष्णिक ऊर्जा → वाफेतील गतिज ऊर्जा → टर्बाइनमधील गतिज ऊर्जा → विद्युत ऊर्जा

5.9 अणु विद्युत निर्मिती केंद्रातील ऊर्जा रूपांतरण

सांगा पाहू !

अणु विखंडनाची प्रक्रिया कशी होते ?

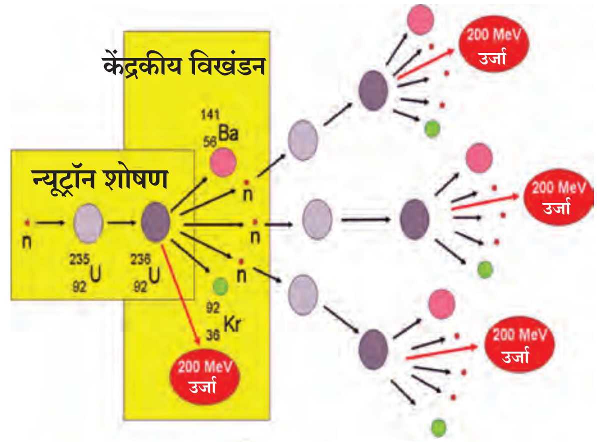
युरेनियम–235 या अणूवर न्युट्रॉनचा मारा केला असता, त्याचे रूपांतर युरेनियम–236 या समस्थानिकात होते. युरेनियम–236 अत्यंत अस्थिर असल्याने त्याचे बेरियम आणि क्रिप्टॉन यांच्यात विखंडन होऊन तीन न्युट्रॉन आणि 200 MeV इतकी उर्जा बाहेर पडते. या अभिक्रियेत निर्माण झालेले तीन न्युट्रॉन अशाच प्रकारे अजून तीन अधिक युरेनियम–235 अणूंचे विखंडन करून ऊर्जा मुक्त करतात. याही प्रक्रियेत निर्माण झालेले न्युट्रॉन इतर युरेनियमच्या अणूंचे विखंडन करतात.

अशा प्रकारे अणु विखंडनाची ही साखळी प्रक्रिया चालू राहते. अणु उर्जा केंद्रात ही साखळी प्रक्रिया नियंत्रित पद्धतीने घडवून आणून, निर्माण झालेल्या उष्णता उर्जेच्या सहाय्याने विद्युत निर्मिती केली जाते.

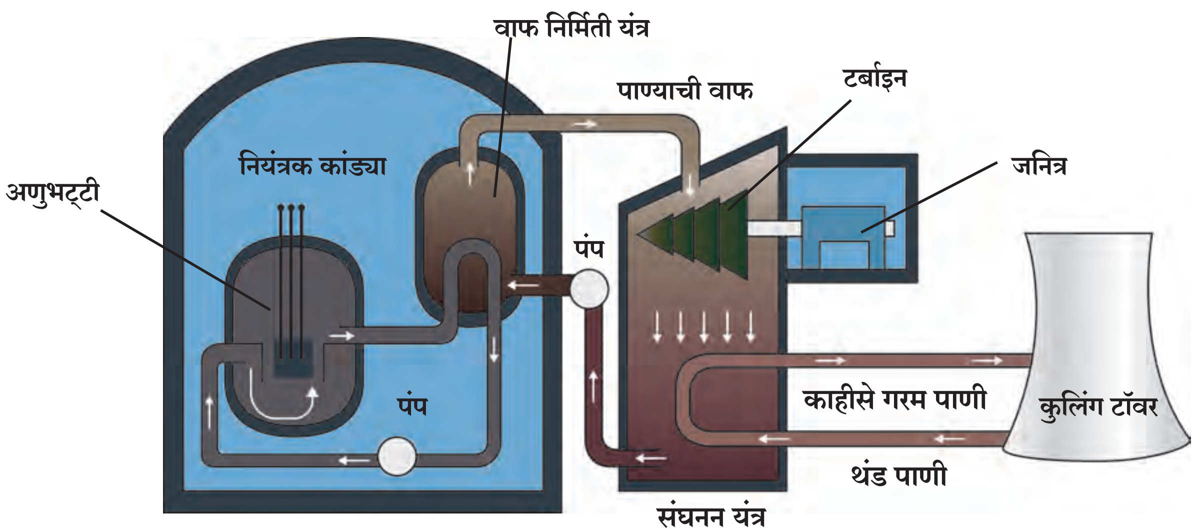
इंटरनेट माझा मित्र

भारतातील काही प्रमुख अणु विद्युत निर्मिती केंद्रे व त्यांची निर्मिती क्षमता शोधून लिहा.

ठिकाण	राज्य	क्षमता (MW)
कुंडनकुलम	....	....
तारापूर	....	....
रावतभाटा	....	....
कैगा	....	....



5.10 केंद्रकीय विखंडन (शृंखला अभिक्रिया)



5.11 अणु-ऊर्जेवर आधारित विद्युत-निर्मिती केंद्राचा आराखडा

अणु ऊर्जेवर आधारित विद्युत निर्मिती केंद्रात कोळशासारखे खनिज इंधन वापरले जात नाही. त्यामुळे वायू प्रदूषणासारख्या समस्या उद्‌भवत नाहीत. शिवाय पुरेसे अणु-इंधन उपलब्ध असल्यास अणु-विद्युत ऊर्जा हा एक चांगला ऊर्जा स्रोत होऊ शकतो. परंतु, अणु-विद्युत ऊर्जा निर्माण करण्यात काही समस्याही आहेत.

समस्या :

1. अणु ऊर्जा निर्मिती केंद्रात आण्विक-इंधनाचे अणु- विखंडन झाल्यानंतर तयार होणाऱ्या पदार्थांमधूनसुद्‌धा धोकादायक अशी आण्विक-प्रारणे बाहेर पडतात. अशा पदार्थांची (आण्विक-कचऱ्याची) विल्हेवाट कशी लावायची हा शास्त्रज्ञांपुढील जटिल प्रश्न आहे.
2. अणु-ऊर्जा निर्मिती केंद्रात अपघात घडल्यास त्यातून बाहेर पडणाऱ्या आण्विक-प्रारणांमुळे प्रचंड जीवित हानी होऊ शकते.

तुलना करा.

कोळशावर आधारित विद्युत निर्मिती केंद्र आणि अणु-उर्जेवर आधारित विद्युत निर्मिती केंद्र यांचे आराखडे पाहून, त्यांच्या रचनेतील साम्य व भेद यांविषयी चर्चा करा.

नैसर्गिक वायू ऊर्जेवर आधारित विद्युत केंद्र

यामध्ये नैसर्गिक वायूच्या ज्वलनाने निर्माण होणाऱ्या उच्च तापमान व दाबाच्या वायुने फिरणारे टर्बाइन वापरले जाते. नैसर्गिक वायू ऊर्जेवर आधारित विद्युत केंद्रातील रचना खालीलप्रमाणे (5.12) दाखविता येईल.

उच्च दाबाच्या हवेसाठी कॉम्प्रेसर → ज्वलन कप्पा → वायूवर चालणारे टर्बाइन → जनित्र → विद्युत उर्जा

नैसर्गिक वायू → ज्वलन कप्पा

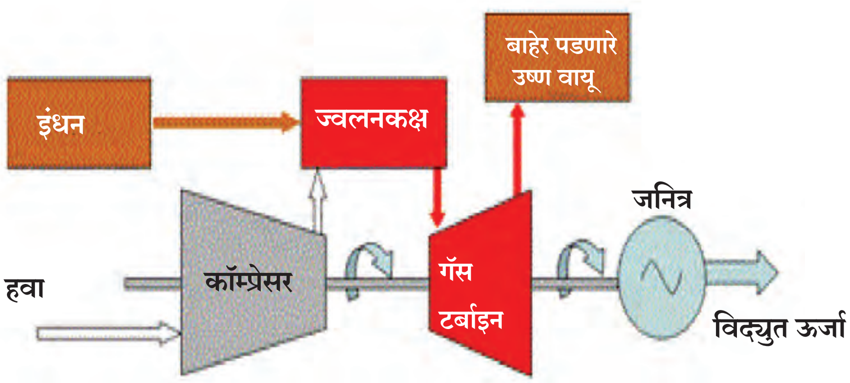
5.12 नैसर्गिक वायू ऊर्जेवर आधारित विद्युत केंद्रातील रचना

नैसर्गिक वायू ऊर्जेवर आधारित विद्युत संचामध्ये मुख्यतः तीन भाग असतात. कॉम्प्रेसरच्या सहाय्याने ज्वलन कप्प्यामध्ये मध्ये ऊच्च दाबाची हवा सोडली जाते. तिथे नैसर्गिक वायू व हवा एकत्र येवून त्याचे ज्वलन केले जाते. या कप्प्यातून आलेला अति उच्च दाबाचा आणि तापमानाचा वायू टर्बाइनची पाती फिरवतो. टर्बाइनला जोडलेले जनित्र फिरून विद्युत निर्मिती होते. नैसर्गिक वायूवर आधारित विद्युत-निर्मिती केंद्रात टप्प्या-टप्प्याने होणारे ऊर्जा रूपांतरण आकृती 5.13 मध्ये दाखविले आहे.

नैसर्गिक वायूमधील रासायनिक उर्जा → नैसर्गिक वायू ज्वलनाने निर्माण झालेली गतिज ऊर्जा → टर्बाइन मधील गतिज उर्जा → विद्युत उर्जा

5.13 नैसर्गिक वायूवर आधारित विद्युत-निर्मिती केंद्रातील उर्जा रूपांतरण

कोळशावर चालणाऱ्या विद्युत निर्मिती संचापेक्षा नैसर्गिक वायूवर चालणाऱ्या संचाची कार्यक्षमता अधिक असते. शिवाय नैसर्गिक वायूमध्ये सल्फर नसल्याने त्याच्या ज्वलनातून प्रदूषणही कमी होते. नैसर्गिक वायूवर आधारित विद्युत निर्मिती केंद्राचा आराखडा खालील आकृतीमध्ये (5.14) दाखविला आहे.



5.14 नैसर्गिक वायूवर आधारित विद्युत-निर्मिती केंद्राचा आराखडा

विचार करा.

कोणती विद्युत निर्मिती प्रक्रिया पर्यावरणस्नेही आहे व कोणती नाही?

भारतातील काही प्रमुख नैसर्गिक वायू आधारित विद्युत निर्मिती केंद्रे व त्यांची निर्मिती क्षमता

ठिकाण	राज्य	क्षमता (MW)
समरलकोटा	आंध्रप्रदेश	2620
अंजनवेल	महाराष्ट्र	2220
बवाना	दिल्ली	1500
कोंडापल्ली	आंध्रप्रदेश	1466

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

आपल्या दैनंदिन जीवनात ऊर्जेचा वापर हा अनिवार्य असला तरी तो आवश्यक तेवढाच आणि काळजीपूर्वक करणे गरजेचे आहे.

विद्युत निर्मिती प्रक्रिया व पर्यावरण

कोळसा, नैसर्गिक वायू यांसारखी खनिज इंधने किंवा युरेनियम अथवा प्लुटोनियम सारखी आण्विक इंधने वापरून केलेली विद्युत निर्मिती ही पर्यावरण स्नेही नाही. म्हणजेच, या ऊर्जा-स्रोतांचा वापर करून विद्युत निर्मिती केल्यास, त्या वापरामुळे पर्यावरणावर दुष्परिणाम होऊ शकतात.

1. कोळसा, नैसर्गिक वायू यांसारखी खनिज इंधनाच्या ज्वलनातून काही घटक वायूंची आणि कणांची निर्मिती होऊन ते हवेत मिसळले जातात. यामुळे हवा प्रदूषित होते, हे आपण पाहिलेच आहे. इंधनाच्या अपूर्ण ज्वलनातून कार्बन मोनोक्साइड तयार होतो. याचा आपल्या आरोग्यावर दुष्परिणाम होतो. इंधनाच्या ज्वलनातून निर्माण होणाऱ्या कार्बन डायऑक्साइडचे वातावरणातील प्रमाण वाढल्याने पर्यावरणावर दुष्परिणाम होतात. जागतिक तापमान वाढ हे त्याचेच उदाहरण आहे. पेट्रोल, डिझेल, कोळसा यांच्या ज्वलनातून निर्माण होणाऱ्या नायट्रोजन डायऑक्साइडमुळे आम्ल-वर्षा सारखे परिणाम होतात. जीवाश्म इंधानांच्या अपूर्ण ज्वलनातून निर्माण होणारे धुरातील कण (soot particles) हवेचे प्रदूषण करतात. यामुळे दम्यासारखे श्वसनसंस्थेचे विकार होतात.

2. कोळसा, खनिज तेले (पेट्रोल, डिझेल इत्यादी) आणि नैसर्गिक वायू (LPG, CNG) ही सारी जीवाश्म इंधने (खनिज इंधने) तयार होण्यासाठी लाखो वर्षे लागली आहेत. शिवाय भूगर्भातील त्यांचे साठेही मर्यादित आहेत. त्यामुळे भविष्यकाळात हे साठे संपणारच आहेत. असं म्हटलं जातं की ज्या वेगाने आपण हे इंधनांचे साठे वापरात आहोत त्या वेगाने कोळशाचे जागतिक साठे येत्या 200 वर्षांत तर नैसर्गिक वायूंचे साठे येत्या 200-300 वर्षांत संपू शकतात.

3. अणु-ऊर्जा वापरातील आण्विक-कचऱ्याच्या विल्हेवाटीची समस्या, अपघातातून होणाऱ्या संभाव्य हानीची शक्यता यांसारख्या धोक्यांचीही आपण वर चर्चा केली.

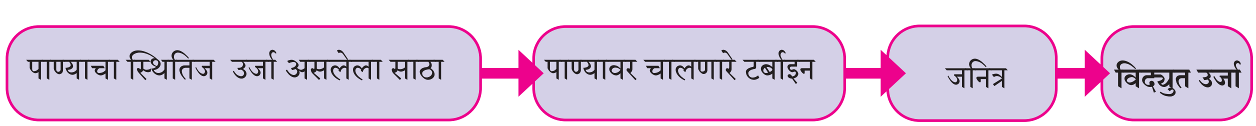
या सर्व बाबी लक्षात घेता खनिज इंधनापासून आणि अणु-ऊर्जेपासून मिळणारी विद्युत ऊर्जा पर्यावरण स्नेही नाही असे म्हणता येईल.

पर्यावरण स्नेही ऊर्जेकडे अर्थातच हरित-ऊर्जेच्या दिशेने

विद्युत निर्मितीसाठी इतरही असे काही मार्ग वापरले जातात, की ज्यामध्ये वर ऊल्लेखलेल्या समस्या उद्‌भवत नाहीत. जल-साठ्यापासून विद्युत निर्मिती, पवन ऊर्जेपासून विद्युत निर्मिती, सौर-ऊर्जेपासून विद्युत निर्मिती, जैविक-इंधनापासून विद्युत निर्मिती अशा काही मार्गांनी विद्युत निर्मिती होऊ शकते. यामध्ये वापर करण्यात येत असलेले ऊर्जा-स्रोत, म्हणजेच जल-साठा, वेगात वाहणारा वारा, सूर्य प्रकाश, जैविक इंधन हे कधीही न संपणारे आहेत, शाश्वत आहेत. शिवाय, यामध्ये वर उल्लेखलेल्या पर्यावरणीय समस्याही निर्माण होत नाहीत. म्हणून अशा प्रकारांनी निर्मित ऊर्जा ही पर्यावरण-स्नेही ऊर्जा म्हणता येईल. यालाच आपण हरित-ऊर्जा असेही म्हणू शकतो. कोळसा, नैसर्गिक वायू, खनिज तेल, अणु-इंधन यांच्या वापरातील धोके ओळखून आज जगात सर्वत्र पर्यावरण-स्नेही अर्थात हरित-ऊर्जेच्या दिशेने वाटचाल चालू आहे.

जलविद्युत ऊर्जा (Hydroelectric Energy)

वाहत्या पाण्यातील गतीज उर्जा अथवा साठविलेल्या पाण्यातील स्थितिज उर्जा हा उर्जेचा एक पारंपारिक स्रोत आहे. जलविद्युत निर्मिती केंद्रात धरणात साठविलेल्या पाण्यातील स्थितिज उर्जेचे रूपांतर गतीज उर्जेत केले जाते. वाहते, गतिमान पाणी पाईपद्‌वारे धरणाच्या पायथ्याशी असणाऱ्या टर्बाइनपर्यंत आणून त्यातील गतीज उर्जेच्या आधारे टर्बाइन फिरवले जाते. टर्बाइनला जोडलेले जनित्र फिरून विद्युत निर्मिती होते.जलविद्युत केंद्रातील विविध टप्पे खालील आकृतीत (5.15) दाखविले आहेत.



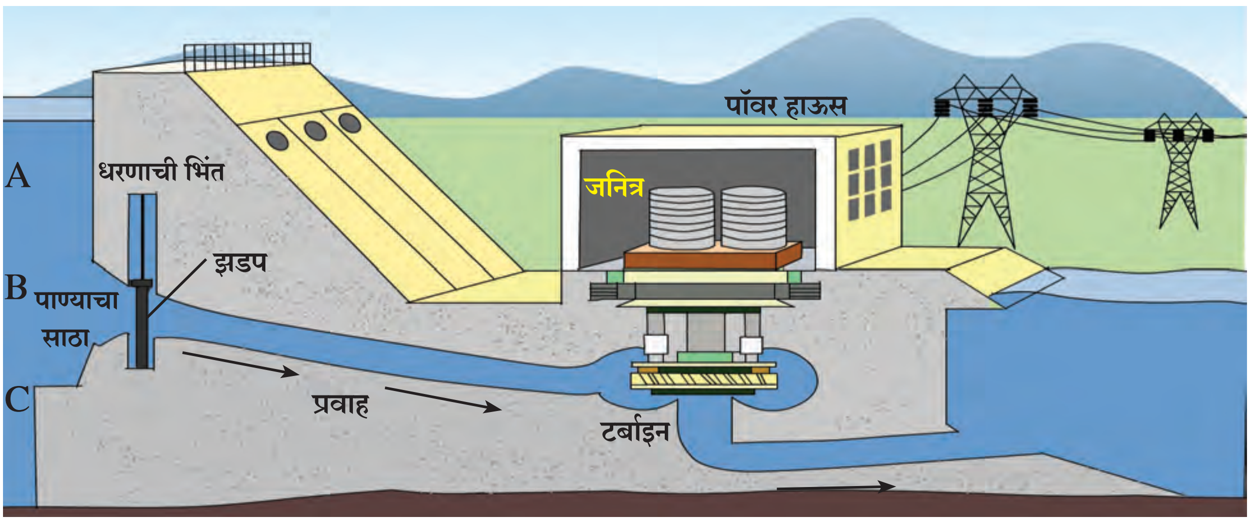
5.15 जलविद्युत केंद्रातील विविध टप्पे

जलविद्युत केंद्रासाठी ऊर्जा-रूपांतरण दर्शविणारी आकृती खालीलप्रमाणे (5.16) काढता येईल.

पाण्याचा स्थितिज उर्जा असलेला साठा → वाहत्या पाण्यातील गतिज उर्जा → टर्बाइनमधील गतिज उर्जा → **विद्युत उर्जा**

5.16 जलविद्युत केंद्रातील ऊर्जा रूपांतर

जलविद्युत केंद्राचा आराखडा खालील आकृतीत दाखविला आहे. धरणाच्या एकूण उंचीच्या जवळपास मध्यभागापासून (बिंदू B) पाणी एका मार्गिकेतून टर्बाइन पर्यंत पोहोचवले आहे.



5.17 जलविद्युत निर्मिती केंद्र

जरा डोके चालवा.

1. बिंदू B च्या संदर्भात किती पाण्याच्या स्थितिज उर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेमध्ये होईल?
2. टर्बाइनपर्यंत पाणी नेणारी मार्गिका बिंदू A या ठिकाणापासून सुरू झाली तर विद्युत निर्मितीवर काय परिणाम होईल?
3. टर्बाइनपर्यंत पाणी नेणारी मार्गिका बिंदू C या ठिकाणापासून सुरू झाली तर विद्युत निर्मितीवर काय परिणाम होईल?

जलविद्युत केंद्रात कुठल्याही प्रकारचे इंधनाचे ज्वलन होत नसल्याने इंधन ज्वलनातून होणारे प्रदूषण होत नाही. परंतु मोठ्या धरणांमुळे होणारे लोकांचे विस्थापन तसेच त्यामुळे पाण्याखाली जाणारी जंगले, सुपीक जमीन, पाण्यातील सजीव-सृष्टीवर होणारा विपरीत परिणाम यामुळे जलविद्युत-केंद्रे ही पर्यावरण स्नेही आहेत किंवा नाहीत हा नेहमीच वादाचा मुद्दा ठरलाय. **तुम्हाला याविषयी काय वाटते?**

जल-विद्युत निर्मितीचे काही फायदे :

1. जलविद्युत केंद्रात कुठल्याही प्रकारचे इंधनाचे ज्वलन होत नसल्याने इंधन ज्वलनातून होणारे प्रदूषण होत नाही.
2. धरणात पुरेसा पाणीसाठा असल्यास पाहिजे तेव्हा वीजनिर्मिती करणे शक्य आहे.
3. वीजनिर्मिती करताना धरणातून पाणी जरी वापरले गेले तरी पावसामुळे धरण पुन्हा भरल्यास वीजनिर्मिती अखंड होऊ शकते.

जल-विद्युत निर्मितीसमोरील काही प्रश्न :

1. धरणात साठलेल्या पाण्यामुळे पाठीमागची खूप मोठी जमीन पाण्याखाली येऊन काही गावे विस्थापित होऊ शकतात. विस्थापित लोकांच्या पुनर्वसनाचा प्रश्न निर्माण होतो. मोठ्या प्रमाणात सुपीक जमीन, जंगले पाण्याखाली येऊ शकतात,
2. वाहत्या पाण्याचा प्रवाह अडल्यामुळे पाण्यातील सजीव सृष्टीवर विपरीत परिणाम होऊ शकतो.

माहीत आहे का तुम्हांला?

भारतातील काही प्रमुख जलविद्युत निर्मिती केंद्रे व त्यांची निर्मिती क्षमता

ठिकाण	राज्य	क्षमता (MW)
टेहरी	उत्तराखंड	2400 MW
कोयना	महाराष्ट्र	1960 MW
श्री शैलम	आंध्र प्रदेश	1670 MW
नाथ्पा झाक्री	हिमाचल प्रदेश	1500 MW

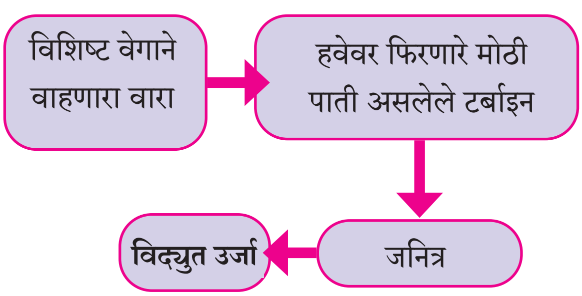
5.18 कोयना धरण

शोध घ्या

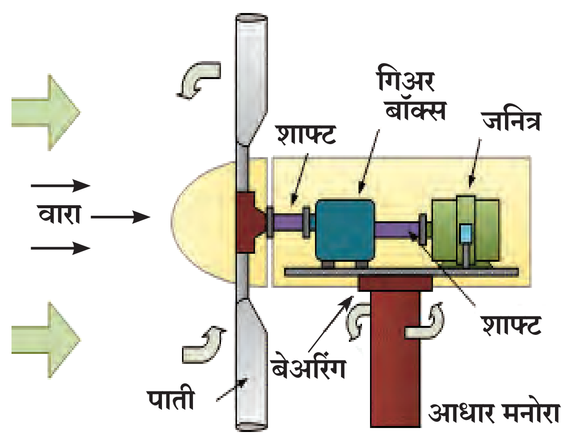
lake tapping म्हणजे काय? ते का केले जाते?

पवन ऊर्जेवर (Wind Energy) आधारित विद्युतनिर्मिती

वाहत्या हवेमध्ये असलेल्या गतिज ऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतर करून त्याद्वारे पाणी उपसणे, दळण दळणे यांसारख्या कामांमध्ये तिचा उपयोग फार पूर्वीपासून केला जात होता. याच ऊर्जेचा वापर करून विद्युत ऊर्जेचीही निर्मिती करता येते. वाहत्या वाऱ्यातील गतिज ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर करणाऱ्या यंत्राला पवनचक्की (Wind Turbine) म्हणतात. यामध्ये असलेल्या टर्बाइनच्या पात्यांवर वाहती हवा आदळल्यावर ती पाती फिरतात. टर्बाइनचा अक्ष, गती वाढविणाऱ्या गिअर बॉक्स (Gear box) मार्फत जनित्राला जोडलेला असतो. फिरणाऱ्या पात्यांमुळे जनित्र फिरते व विद्युत ऊर्जा निर्माण होते. पवन-ऊर्जेपासून विद्युत निर्मितीतले विविध टप्पे खालीलप्रमाणे (5.19) दाखविता येतील. पवनचक्कीचा आराखडा पुढील आकृतीमध्ये (5.20) दाखविला आहे.



5.19 पवन ऊर्जेपासून विद्युत निर्मितीतले विविध टप्पे



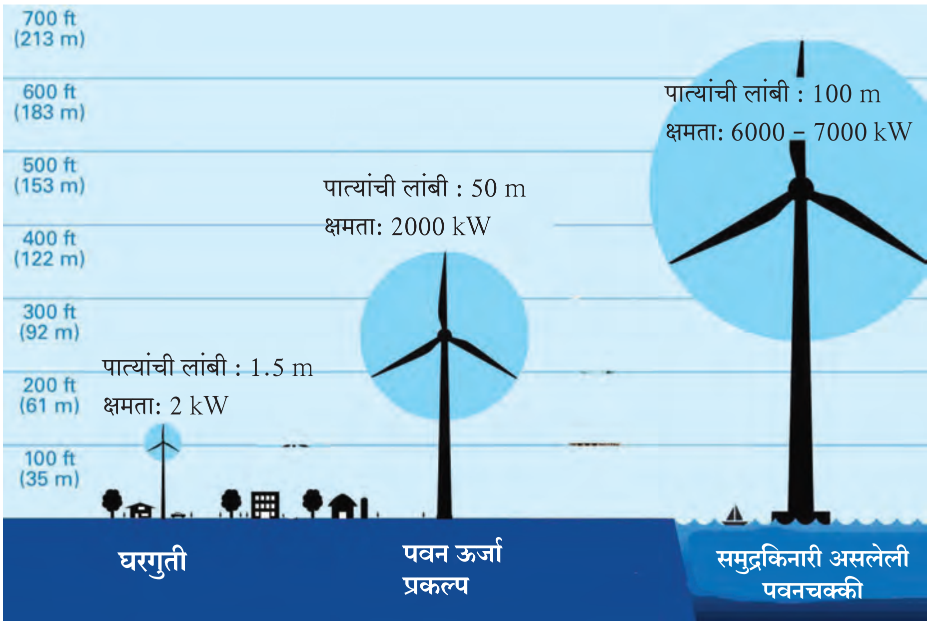
5.20 पवन चक्कीचा आराखडा

पवन-ऊर्जेवर आधारित विद्युत-निर्मिती केंद्रात टप्प्या-टप्प्याने होणारे ऊर्जा रूपांतरण खालील आकृतीत (5.21) दाखविले आहे.

5.21 पवन ऊर्जेवर आधारित विद्युत निर्मिती केंद्रातील ऊर्जा रूपांतर

अगदी 1 kW पेक्षा कमी क्षमतेपासून तर 7 MW (7000 kW) एवढ्या क्षमतेचे पवन-निर्मिती यंत्र उपलब्ध आहेत. ज्या ठिकाणी पवन-ऊर्जेपासून विद्युत ऊर्जा निर्माण करायची आहे, तिथे उपलब्ध असलेल्या हवेच्या वेगानुसार विशिष्ट क्षमतेची यंत्रे बसविण्यात येतात. एखाद्या ठिकाणी पवन ऊर्जेपासून विद्युत निर्मितीसाठी आवश्यक वेगाची हवा उपलब्ध असेल का हे तेथील अनेक भौगोलिक गोष्टींवर अवलंबून असते.

सागर किनारी हवेचा वेग जास्त असल्याने तो परिसर पवन-ऊर्जेपासून विद्युत ऊर्जा निर्मितीसाठी योग्य असतो. पवन ऊर्जा हा एक स्वच्छ ऊर्जा स्रोत आहे. परंतु पवनचक्कीच्या साहाय्याने विद्युत निर्मितीसाठी आवश्यक असलेली विशिष्ट वेगाची हवा सर्वत्र उपलब्ध नसते. त्यामुळे याचा उपयोग काहीसा मर्यादित आहे.



5.22 विविध क्षमतेच्या पवनचक्क्या

माहिती मिळवा.

भारतातील काही प्रमुख पवन विद्युत निर्मिती केंद्रे व त्यांची क्षमता याबद्दल माहिती मिळवा आणि त्यांचे ठिकाण, राज्य व निर्मिती क्षमता (MW) या स्वरूपात तक्ता तयार करा.

सौर ऊर्जेवर (Solar Energy) आधारित विद्युत केंद्र

सुर्यकिरणात असलेल्या प्रकाश ऊर्जेचा वापर करून दोन प्रकारे विद्युत ऊर्जा निर्माण करता येऊ शकते.

1. आपण वर अभ्यास केलेल्या प्रत्येक पद्धतीत कुठल्यातरी ऊर्जा-स्रोताच्या साहाय्याने जनित्र फिरवून विद्युत चुंबकीय प्रवर्तनाच्या तत्वाचा उपयोग करून विद्युत ऊर्जेची निर्मिती केली जाते. परंतु, सूर्यकिरणात असलेल्या ऊर्जेचा वापर करून जनित्र न वापरता सरळपणे विद्युत ऊर्जा निर्माण करता येऊ शकते. विद्युत चुंबकीय प्रवर्तन या तत्त्वाचा उपयोग न करताही विद्युत निर्मिती करता येते. सौर घटामध्ये हे घडते. सौर विद्युत घट (Solar cell) सूर्यकिरणांतील प्रकाश ऊर्जेचे सरळपणे विद्युत-ऊर्जेत रूपांतर करतात.

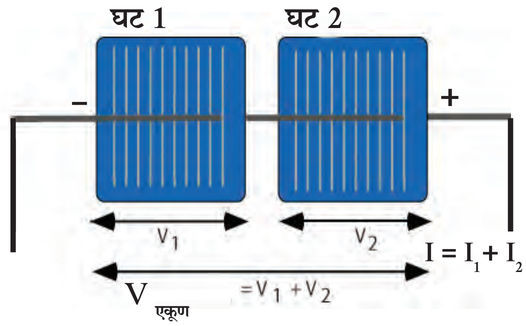
2. सूर्य-किरणातील प्रकाश-ऊर्जेचे रुपांतर औष्णिक ऊर्जेत करून त्याद्वारे टर्बाइनच्या सहाय्याने जनित्र फिरवून विद्युत ऊर्जेची निर्मिती केली जाते.

सौर विद्युत घट (Solar photovoltaic cell)

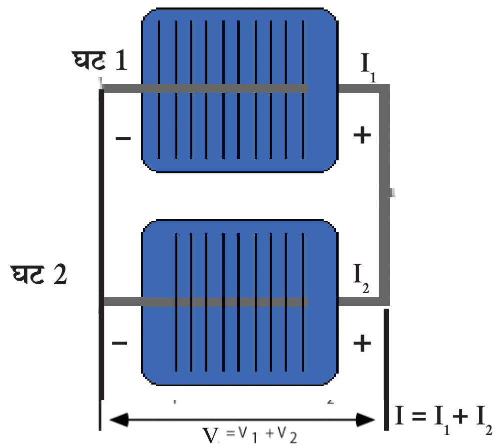
सौर विद्युत घट सूर्य-किरणातील प्रकाश ऊर्जेचे रूपांतर सरळपणे विद्युत ऊर्जेत करतात. या प्रक्रियेला 'फोटो व्होल्टाईक परिणाम' (Photovoltaic effect) असे म्हणतात. या प्रकारच्या ऊर्जा-रूपांतरातून मिळणारी विद्युत-शक्ती ही दिष्ट (DC) शक्तीच्या रूपात उपलब्ध होते. हे सौर विद्युत घट अर्धवाहक (semiconductor) या विशिष्ट प्रकारच्या पदार्थापासून (ऊदा. सिलिकॉन) बनलेले असतात. सिलिकॉनच्या 1 चौरस सेंटीमीटर क्षेत्रफळाच्या एका सौर विद्युत घटापासून जवळपास 30 mA एवढी विद्युतधारा तर 0.5 V एवढे विभवांतर मिळते. सिलिकॉनच्या एका सौर घटाचे क्षेत्रफळ 100 cm^2 असल्यास एका सौर घटापासून जवळपास 3 A (30 mA/cm^2 X 100 cm^2= 3000 mA = 3 A) एवढी विद्युतधारा व 0.5 V एवढे विभवांतर मिळते. लक्षात ठेवा, सौर घटापासून मिळणारे विभवांतर त्याच्या क्षेत्रफळावर अवलंबून नसते.

सूर्यकिरणातील प्रकाश ऊर्जा → (फोटो व्होल्टाईक परिणाम) → दिष्ट विद्युत ऊर्जा

आकृती 5.23 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे, दोन सौर घट एकसर पद्धतीने जोडल्यास त्यांच्यापासून मिळणारे विभवांतर हे दोन्ही घटांच्या विभवांतराची बेरीज असते. परंतु या जोडणी पासून मिळणारी विद्युतधारा मात्र एका घटापासून मिळणाऱ्या विद्युतधारे एवढीच असते. म्हणजेच एकसर पद्धतीने जोडल्यास विद्युतधारेची मात्र बेरीज होत नाही, तसेच आकृती 5.24 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे, दोन सौर घट समांतर पद्धतीने जोडल्यास त्यांच्यापासून मिळणारी विद्युतधारा ही दोन्ही घटांपासून मिळणाऱ्या विद्युतधारांची बेरीज असते. परंतु या जोडणीपासून मिळणारे विभवांतर मात्र एका घटापासून मिळणाऱ्या विभवांतराएवढेच असते. म्हणजेच समांतर पद्धतीने जोडल्यास विभवांतराची बेरीज होत नाही.

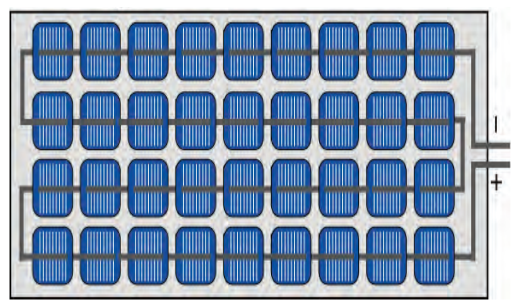


5. 23 सौर घटांची एकसर जोडणी



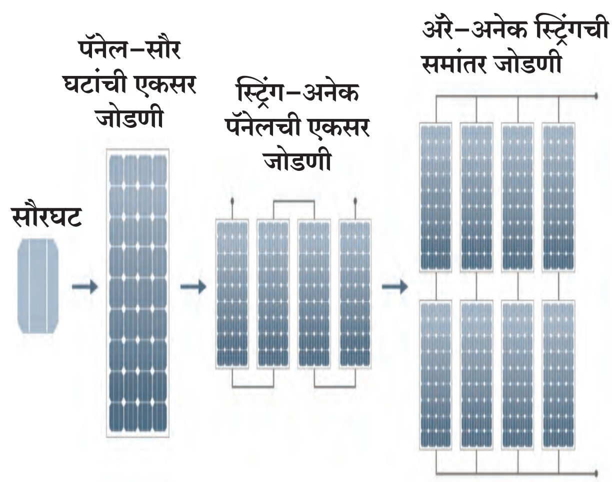
5.24 सौर घटांची समांतर जोडणी

अशा प्रकारे अनेक सौर विद्युत घट एकसर आणि समांतर पद्धतीने जोडून हवे तेवढे विभवांतर आणि हवी तेवढी विद्युतधारा असणारे सौर पॅनेल (Solar panel) बनवले जातात (पहा : आकृती 5.25). उदाहरणार्थ एखाद्या सौर पॅनेल मध्ये प्रत्येकी 100 cm^2 क्षेत्रफळाचे 36 सौर घट एकसर पद्धतीने जोडल्याने एकूण विभवांतर 18 V आणि विद्युतधारा 3 A मिळते. असे अनेक पॅनेल एकत्र करून खूप मोठ्या प्रमाणावर विद्युत ऊर्जा निर्मिती केली जाते. चांगल्या सौर विद्युत घटाची कार्यक्षमता जवळपास 15 % एवढी असते. म्हणजेच एखाद्या सौर-पॅनेलला सूर्यप्रकाशापासून 100 W/cm^2 एवढी प्रकाश शक्ती मिळत असेल तर त्या पॅनेलपासून मिळणारी विद्युत शक्ती 15 W एवढी असेल.



5.25 36 सौर घट एकत्रित जोडून बनलेले सौर पॅनेल

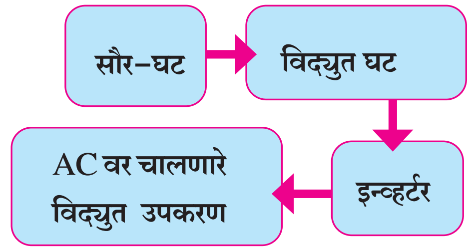
असे अनेक सौर- पॅनेल एकसर आणि समांतर रीतीने जोडून पाहिजे तेवढी विद्युत-धारा आणि विभवांतर मिळवता येते. आकृती 5.26 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे सौर-घट हा सौर विद्युत केंद्रातील मूळ घटक. अनेक सौर-घट एकत्र येऊन सौर- पॅनेल बनते. अनेक सौर-पॅनेल एकसर पद्धतीने जोडून स्ट्रिंग (string) बनते आणि अनेक स्ट्रिंग समांतर पद्धतीने जोडून सौर-ॲरे (solar array) बनतात. या प्रकारे सौर-घटांपासून हवी तेवढी विद्युतशक्ती उपलब्ध होत असल्याने जिथे अतिशय कमी विद्युतशक्ती लागते अशा यंत्रांपासून (उदाहरणार्थ, सौर-घटांवर चालणारे गणनयंत्र) ते मेगावॅट शक्तीच्या सौर-विद्युत निर्मिती केंद्रामध्ये सौर घटांचा उपयोग केला जातो.



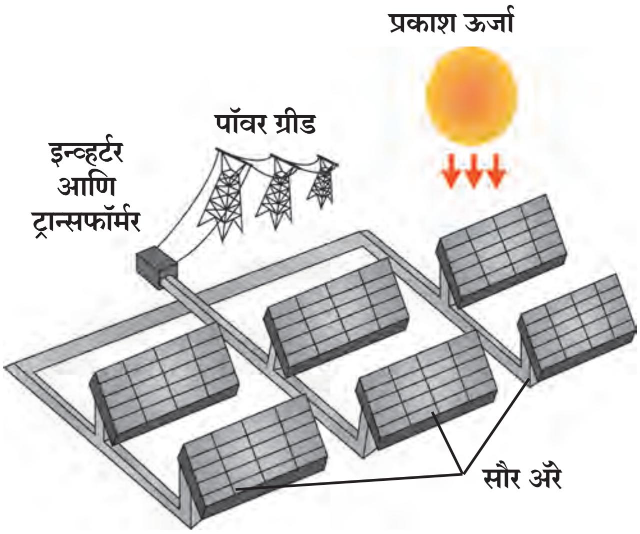
5.26 सौर घट ते सौर ॲरे

सौर घटापासून मिळणारी विद्युत शक्ती ही दिष्ट (DC) असल्याने, जी विद्युत यंत्रे दिष्ट (DC) विद्युत शक्तीवर चालतात, जसे की Light Emitting Diode (LED) वर आधारित विजेचे दिवे, त्या ठिकाणी ही ऊर्जा सरळपणे वापरता येते. परंतु सौर घटापासून ऊर्जा फक्त सूर्यप्रकाश उपलब्ध असतांनाच तयार होत असल्याने, जर ही ऊर्जा इतर वेळी वापरायची असेल तर विद्युत घटामध्ये (battery) ती साठवून ठेवावी लागते.

परंतु आपल्या घरगुती तसेच औद्योगिक वापरात असलेली बहुतेक उपकरणे ही प्रत्यावर्ती (AC) विद्युत-शक्ती वर चालत असल्याने, अशा वेळी सौर घटाद्वारे निर्मित (व battery मध्ये साठवलेल्या) विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर इन्व्हर्टर (inverter) या इलेक्ट्रॉनिक यंत्रणेद्वारे प्रत्यावर्ती (AC) विद्युत शक्तीमध्ये करावे लागते (आकृती 5.27).



5.27 सौर घटाद्वारे निर्मित विद्युत-ऊर्जा इन्व्हर्टरमार्फत AC शक्तीत रूपांतरित करणे.



5.28 सौर-विद्युत निर्मिती केंद्राचा आराखडा

अनेक सौर- पॅनेल एकत्र जोडून हवी तेवढी विद्युत-ऊर्जा निर्मिती करता येते. खालील आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे अशा अनेक पॅनेलमार्फत निर्माण झालेली DC शक्ती इन्व्हर्टरमार्फत AC शक्तीत रूपांतरित केली जाते. ट्रान्सफॉर्मर (transformer) च्या साहाय्याने, ही शक्ती आवश्यक तेवढे विभवांतर आणि विद्युतधाराच्या रूपात विद्युत वितरण जाळ्यामध्ये वितरीत केली जाते. अशा सौर-विद्युत निर्मिती केंद्राचा आराखडा आकृती 5.28 मध्ये दाखविला आहे.

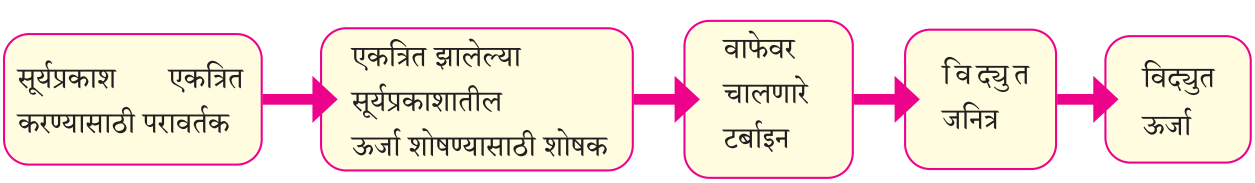
या प्रकारे ऊर्जा निर्मिती होताना कुठल्याही प्रकारचे इंधनाचे ज्वलन होत नसल्याने कोणतेही प्रदूषण न होता विद्युत ऊर्जेची निर्मिती होते. परंतु, सूर्यप्रकाश फक्त दिवसाच उपलब्ध असल्याने सौर विद्युत घट फक्त दिवसाच विद्युत निर्मिती करू शकतात.

शोध घ्या

भारतातील काही प्रमुख सौरउर्जा-विद्युत निर्मिती केंद्रे व त्यांची निर्मिती क्षमता यांचा शोध घ्या.

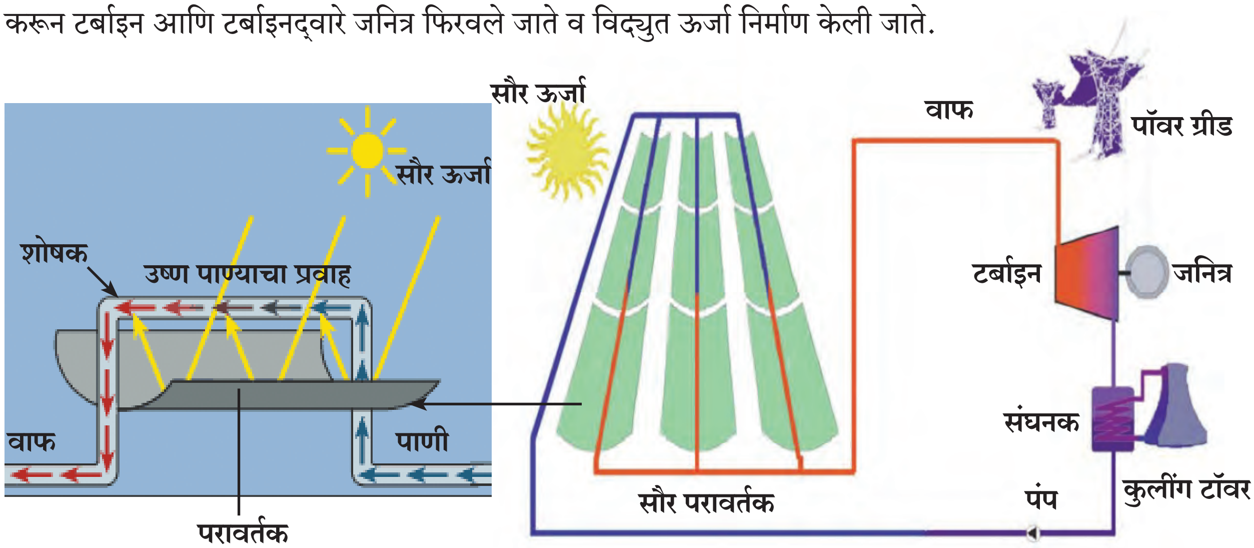
2. सौर औष्णिक (Solar Thermal) विद्युत केंद्र

कोळसा, अणु ऊर्जा यांद्वारे औष्णिक ऊर्जा मिळवून विद्युत ऊर्जा निर्माण करता येते हे आपण पाहिले. अशीच औष्णिक ऊर्जा सूर्यप्रकाशापासून मिळवूनही विद्युत ऊर्जा निर्माण करता येते. सौर औष्णिक विद्युत केंद्रातील विविध टप्पे खालील आकृतीत दाखविले आहेत.



5.29 सौर औष्णिक विद्युत केंद्रातील विविध टप्पे

आकृती 5.30 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे सूर्यकिरण परावर्तित करणारे अनेक परावर्तक वापरून सूर्यकिरण एका शोषकावर केंद्रित केले जातात. यामुळे तिथे उष्णता ऊर्जा तयार होते. या उष्णतेच्या सहाय्याने पाण्याचे रूपांतर वाफेत करून टर्बाइन आणि टर्बाइनद्वारे जनित्र फिरवले जाते व विद्युत ऊर्जा निर्माण केली जाते.



5.30 सौर औष्णिक विद्युत निर्मिती केंद्राचा आराखडा

माहीत आहे का तुम्हांला?

जगात विद्युत उर्जा निर्मितीसाठी वापरले जाणारे ऊर्जा स्रोत

स्रोत	जागतिक प्रमाण (%)	भारतीय प्रमाण (%)
कोळसा	41	60
नैसर्गिक वायू	22	08
जलविद्युत	16	14
अणु-ऊर्जा	11	2
पेट्रोलियम	4	0.3
नूतनीकरणक्षम स्रोत (पवन विद्युत, सौर विद्युत इत्यादी)	6	15.7
एकूण	100	100

स्वाध्याय

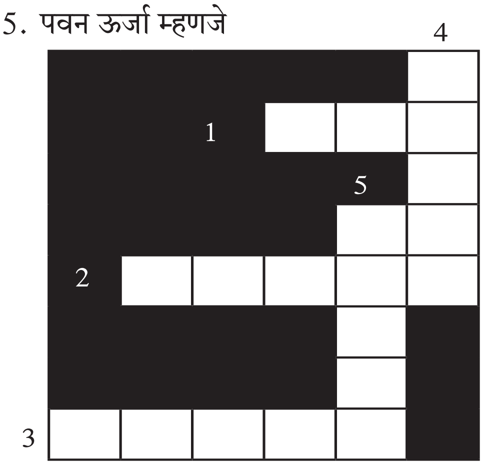
1. खालील तक्त्यातील तिन्ही स्तंभातील नोंदीमधील संबंध लक्षात घेऊन जोड्या जुळवा.

I	II	III
कोळसा	स्थितिज ऊर्जा	पवन विद्युत केंद्र
युरेनिअम	गतिज ऊर्जा	जलविद्युत केंद्र
पाणीसाठा	अणू ऊर्जा	औष्णिक विद्युत केंद्र
वारा	औष्णिक ऊर्जा	अणू-विद्युत केंद्र

2. औष्णिक विद्युत निर्मितीमध्ये कोणते इंधन वापरतात? या विद्युत निर्मितीमुळे निर्माण होणाऱ्या समस्या कोणत्या?
3. औष्णिक विद्युत निर्मिती केंद्राशिवाय इतर कोणत्या विद्युत केंद्रात उष्णता ऊर्जा वापरली जाते? ही उष्णता ऊर्जा कोणकोणत्या मार्गांनी मिळवली जाते?
4. कोणत्या विद्युत निर्मिती केंद्रांत उर्जा रूपांतरणाचे जास्त टप्पे आहेत? कोणत्या विद्युत निर्मिती केंद्रांत ते कमीत कमी आहेत?

5. **खालील शब्दकोडे सोडवा.**

1. औष्णिक ऊर्जा प्रकल्पात वापरले जाणारे इंधन.
2. साठवलेल्या पाण्यातील स्थितिज ऊर्जा हा ऊर्जेचा स्रोत आहे.
3. चंद्रपूर येथील विद्युत निर्मिती केंद्र.
4 नैसर्गिक वायूमधील ऊर्जा.
5. पवन ऊर्जा म्हणजे



6. **फरक स्पष्ट करा.**

अ. पारंपरिक ऊर्जा स्रोत व अपारंपरिक ऊर्जा स्रोत

आ. औष्णिक विद्युत निर्मिती आणि सौर औष्णिक विद्युत निर्मिती.

7. **हरित ऊर्जा म्हणजे काय? कोणत्या ऊर्जा स्रोतांस हरित ऊर्जा म्हणता येईल का? का? हरित ऊर्जेची उदाहरणे द्या.**

8. **खालील विधानाचे स्पष्टीकरण लिहा.**

अ. जीवाश्म ऊर्जा हे हरित ऊर्जेचे उदाहरण आहे.

आ. ऊर्जा बचत ही काळाची गरज आहे.

9. **खालील प्रश्नाची उत्तरे लिहा.**

अ अणु विद्युत निर्मिती केंद्रामध्ये घडणारी अणु विखंडन क्रिया कशी पूर्ण होते.

आ. सौर-पॅनेलची जोडणी वापरून आवश्यक तेवढी विद्युत शक्ती कशी मिळवता येते ?

इ. सौर उर्जेचे फायदे आणि मर्यादा काय आहेत?

10. **खालील विद्युत निर्मिती केंद्रात टप्प्याटप्प्याने होणारे उर्जा रूपांतरण स्पष्ट करा.**

अ. औष्णिक विद्युत निर्मिती केंद्र

आ. अणु विद्युत निर्मिती केंद्र

इ. सौर-औष्णिक विद्युत निर्मिती केंद्र

ई. जलविद्युत निर्मिती केंद्र

11. **शास्त्रीय कारणे लिहा.**

अ. आण्विक (अणू) ऊर्जा स्त्रोत हा सर्वात विस्तृत ऊर्जा स्त्रोत आहे.

आ. विद्युतनिर्मिती प्रकारांनुसार टर्बाइनचा आराखडाही वेगवेगळा असतो.

इ. अणु-ऊर्जा केंद्रात अणु-विखंडन प्रक्रिया नियंत्रित करणे अत्यावश्यक असते.

ई. जलविद्युत ऊर्जा, सौर ऊर्जा आणि पवन ऊर्जा यांना नूतनीकरणक्षम ऊर्जा म्हणतात.

उ. सौर फोटोव्होल्टाईक घटांच्या साहाय्याने mW पासून MW पर्यंत ऊर्जानिर्मिती शक्य आहे.

12. **सौर औष्णिक विद्युत निर्मितीचे संकल्पना चित्र तयार करा.**

13. **जलविद्युत निर्मितीची केंद्रे ही पर्यावरण स्नेही आहेत किंवा नाहीत याविषयी तुमचे मत स्पष्ट करा.**

14. **नामनिर्देशित आकृती काढा.**

अ. सौर औष्णिक विद्युत केंद्रासाठी ऊर्जा रूपांतरण दर्शविणारी.

आ. एका सौर पॅनेलपासून 18 V विभवांतर आणि 3 A विद्युतधारा मिळते. 72 V विभवांतर आणि 9 A विद्युतधारा मिळवण्यासाठी सौर पॅनेल वापरून सौर ॲरे कशा प्रकारे बनवता येईल याची आकृती काढा. आकृतीत तुम्ही सौर पॅनेल दर्शविण्यासाठी विद्युत घटाचे चिन्ह वापरू शकता.

15. **टिपा लिहा.**

विद्युत निर्मिती आणि पर्यावरण

उपक्रम :

अ. सौर कुकर, सौर बंब, सौर दिवा यांच्याविषयीची माहिती जमा करा.

आ. तुमच्या जवळच्या विद्युतनिर्मिती केंद्राला भेट देऊन माहिती मिळवा.

K5VS6H