# 7. परिसंस्थेतील ऊर्जाप्रवाह

- अन्नसाखळी व अन्नजाळे
- ऊर्जा मनोरा
- जैव–भू–रासायनिक चक्र : कार्बन, ऑक्सिजन व नायट्रोजन चक्र

**मागे वळून पाहताना**

1. परिसंस्था म्हणजे काय ?
2. परिसंस्थेचे विविध प्रकार कोणते ?
3. परिसंस्थेतील जैविक व अजैविक घटकांतील आंतरक्रिया कशा पद्धतीने पार पडतात ?

## परिसंस्थेतील ऊर्जाप्रवाह (Energy flow in Ecosystem)

मागील इयत्तेत पोषण पद्धतीनुसार आपण सजीवांचे वर्गीकरण शिकलो आहोत. त्यानुसार स्वयंपोषी (उत्पादक), परपोषी (भक्षक), मृतोपजीवी आणि विघटक असेही सजीवांचे प्रकार आहेत. सभोवतालच्या परिसंस्थेतील विविध भक्षकस्तर खाली दिलेले आहेत, त्यांचे निरीक्षण करा.

**प्राथमिक भक्षक (शाकाहारी)**
उदा. नाकतोडा, खार, हत्ती इत्यादी. हे स्वयंपोषी (उत्पादक वनस्पती) यांवर प्रत्यक्षपणे अवलंबून असतात

**द्वितीयक भक्षक (मांसाहारी)**
उदा. बेडूक, घुबड, कोल्हा. हे शाकाहारी प्राण्यांचा अन्न म्हणून वापर करतात.

**सर्वोच्च भक्षक**
उदा. वाघ, सिंह शाकाहारी व मांसाहारी प्राण्यांना खातात. इतर प्राणी त्यांस खात नाहीत.

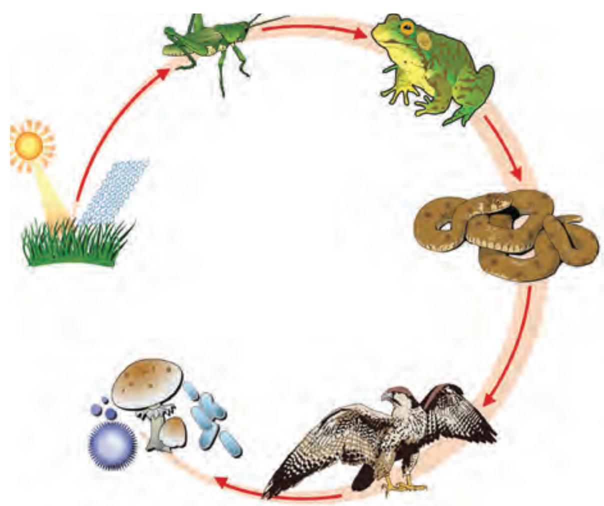
**उभयाहारी (मिश्राहारी)**
उदा. माणूस, अस्वल हे शाकाहारी व मांसाहारी प्राण्यांचा तसेच वनस्पतीचा अन्न म्हणून वापर करतात.

## अन्नसाखळी व अन्नजाळे (Food chain and Food web)

**निरीक्षण करा.** चित्र 7.1 चे निरीक्षण करून प्रत्येक घटकातील संबंध स्पष्ट करा.

आकृती 7.1 प्रमाणे तुमच्या सभोवताली आढळणाऱ्या सजीवांच्या चार साखळ्या तयार करा.

उत्पादक, भक्षक आणि मृतोपजीवी यांच्यामध्ये कायमच आंतरक्रिया सुरू असतात. या आंतरक्रियेत एक क्रम असतो, त्याला अन्नसाखळी म्हणतात. प्रत्येक साखळीत अशा चार वा पाचहून अधिक कड्या असतात. एखाद्या परिसंस्थेमध्ये अशा परस्परांशी जोडल्या गेलेल्या अनेक अन्नसाखळ्यांचा समावेश असतो. त्यातूनच अन्नजाळे निर्माण होते.



7.1 अन्नसाखळी

**जरा डोके चालवा.** मागील इयत्तांमध्ये तुम्ही अभ्यासलेल्या विविध परिसंस्थांमधील अन्नसाखळ्या स्पष्ट करा.

एखादा सजीव इतर अनेक सजीवांचे भक्ष्य असतो. उदा. एखादा कीटक अनेक प्रकारच्या वनस्पतींची पाने खातो मात्र तोच कीटक बेडूक, पाल, पक्षी यांचे भक्ष्य होतो. जर हे एखाद्या आकृतीने दाखवायचे म्हटले तर सरळ रेषेतील अन्नसाखळी ऐवजी गुंतागुंतीचे, अनेक शाखा असलेले जाळे तयार होईल. त्यालाच निसर्गातील **'अन्नजाळे'** (Food Web) म्हणतात. सामान्यपणे अशी अन्नजाळी निसर्गात सर्वत्र आढळतात.

**जरा डोके चालवा.**

सभोवतालच्या परिसंस्थेतील विविध भक्षक नोंदवा व त्यांचे पोषणपध्दतीनुसार वर्गीकरण करा. चित्र 7.2 मध्ये विविध सजीवांची चित्रे दिलेली आहेत. त्यांपासून अन्नजाळे तयार करा.

1. अन्नजाळ्यामध्ये भक्षकांची संख्या निश्चित असते का?
2. अनेक भक्षकांचे अन्न एकाच प्रकारचे सजीव असतील तर त्याचा परिसंस्थेवर काय परिणाम होईल?
3. अन्नजाळ्यामध्ये संतुलन असणे का आवश्यक आहे?

7.2 विविध सजीव

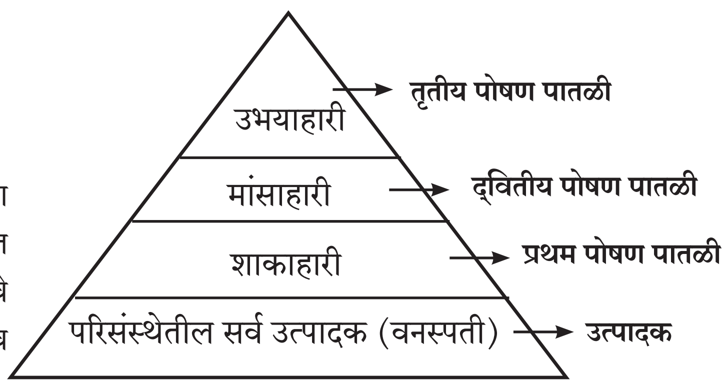
**शोध घ्या**

घरी जेवताना एक गमतीदार निरीक्षण करा. ताटातील विविध अन्नपदार्थ अन्नसाखळीतील कितव्या टप्प्यातील आहेत ते ओळखा. त्यावरून आपण अन्नसाखळीचा कितवा टप्पा ठरतो हे शोधून काढा.

## ऊर्जेचा मनोरा (Energy Pyramid)

**पोषण पातळी** (Trophic Level)

अन्नसाखळीतील प्रत्येक पातळीला 'पोषण पातळी' म्हणतात. पोषण पातळी म्हणजे अन्न प्राप्त करण्याचा स्तर. अन्नसाखळीत अन्नघटक व ऊर्जेचे प्रमाण निम्नस्तरावरील उत्पादकापासून उच्च स्तरावरील भक्षकापर्यंत टप्प्याटप्प्यांनी घटत जाते.




7.3 पोषण पातळी

**परिचय शास्त्रज्ञांचा :**

1942 मध्ये लिंडमन या शास्त्रज्ञाने अन्नसाखळी व त्यातील ऊर्जावहन याचा अभ्यास केला.

**परिस्थितिकीय मनोरा** (Ecological Pyramid) ही संकल्पना सर्वप्रथम चार्ल्स एल्टन या ब्रिटिश शास्त्रज्ञाने 1927 मध्ये इंग्लंडमधील बिअर बेटांवरील टुंड्रा परिसंस्थेचा अभ्यास करून मांडली. यामुळे या मनोऱ्यास एल्टॉनिअन मनोरा असे सुद्‌धा म्हणतात.

**जरा विचार करा.**

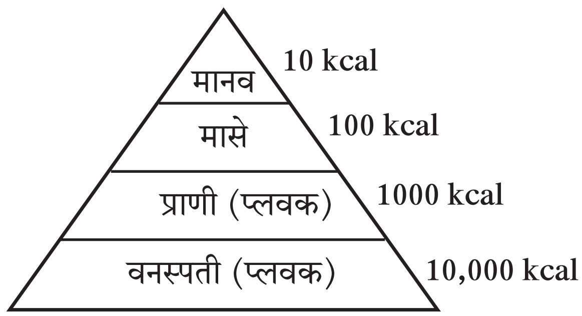
उत्पादकांपासून ऊर्जा सर्वोच्च भक्षकाकडे संक्रमित होते तेव्हा तिचे काय होते? सर्वोच्च भक्षकातच ती अडकून राहते का? तो प्राणी जिवंत असेपर्यंत ती त्याच्या शरीरातच राहते काय?

**जरा डोके चालवा.**

सर्वोच्च भक्षक मृत पावल्यानंतर अन्नसाखळीतील ऊर्जा हस्तांतरणादरम्यान त्यांच्यात अडकून राहिली तर काय होईल? निसर्गात सूक्ष्मजीव, बुरशी यासारखे विघटक नसतील तर काय होईल?

आकृती 7.4 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे या मनोऱ्यात प्रत्येक स्तरावरील ऊर्जा संक्रमण दाखविलेले असते. अन्न साखळीत अनेक ऊर्जा विनिमय स्तर असतात. ऊर्जा विनिमय स्तर रचनेत ऊर्जेचे हस्तांतरण होत असताना मूळ ऊर्जा कमी कमी होत जाते. तसेच सजीव संख्या सुद्धा निम्नस्तराकडून उच्चस्तराकडे कमी कमी होत जाते. परिसंस्थेतील ऊर्जेच्या या आकृतिबंधाला **ऊर्जेचा मनोरा** असे म्हणतात.

सर्वोच्च भक्षक मृत पावल्यानंतर त्याच्या मृत शरीराचे विघटन करणाऱ्या विघटकांना ती ऊर्जा उपलब्ध होते. बुरशी, सूक्ष्मजीव हे मृत प्राण्याच्या निर्जीव शरीराचे विघटन करतात. त्यांना विघटक म्हणतात. मृत अवशेषांपासून अन्न मिळवताना विघटक त्यांचे रूपांतर साध्या कार्बनी पदार्थांत करतात. हे पदार्थ हवा, पाणी आणि माती यांत सहजतेने मिसळतात. तिथून ते घटक पुन्हा वनस्पतींकडून शोषले जातात आणि पुढे ते अन्नसाखळीत संक्रमित होतात.




7.4 **जलीय ऊर्जा मनोरा**

यावरून तुमच्या आता लक्षात आले असेलच की सजीवांच्या विविध पोषण प्रकारांनुसार तयार होणाऱ्या अन्नजाळ्यामुळे ऊर्जा आणि इतर प्रकारची पोषकद्रव्ये परिसंस्थेत प्रवाहित होत असतात.

कोणत्याही परिसंस्थेतील ऊर्जेचा महत्त्वाचा स्रोत म्हणजे सूर्य. परिसंस्थेतील हरित वनस्पती एकूण सौर ऊर्जेपैकी काही ऊर्जा अन्नाच्या स्वरूपात साठवून ठेवतात. विघटकांपर्यंत पोहोचण्यापूर्वी ही ऊर्जा एका पोषण पातळीकडून दुसऱ्या पोषण पातळीकडे संक्रमित केली जाते. विघटकांकडून यातील काही ऊर्जा उष्णतेच्या स्वरूपात बाहेर टाकली जाते. मात्र यातील कुठलीही ऊर्जा सूर्याकडे परत जात नाही म्हणून ऊर्जेचा प्रवाह ही एकेरी वाहतूक मानली जाते.

**जरा डोके चालवा.**

परिसंस्थेत तृतीयक (सर्वोच्च) भक्षक जसे वाघ, सिंह यांची संख्या इतर भक्षकांच्या तुलनेत कमी का असते ?

**कार्य संस्थांचे**

भारतीय परिस्थितीकी व पर्यावरण संस्था (Indian Institute of Ecology and Environment), दिल्ली. या संस्थेची स्थापना 1980 साली करण्यात आली असून संशोधन, प्रशिक्षण व परिसंवाद आयोजित करण्याचे प्रमुख कार्य या संस्थेमार्फत केले जाते. या संस्थेमार्फत International Encyclopedia of Ecology and Environment हा ग्रंथ प्रकाशित करण्यात आला आहे.

7.5 **जैव – भू – रासायनिक चक्र**

## जैव–भू–रासायनिक चक्र (Bio–geochemical cycle)

परिसंस्थेतील ऊर्जेचा प्रवाह हा एकेरी असला तरी पोषकद्रव्यांचा प्रवाह मात्र चक्रीय असतो. सर्व सजीवांना वाढीसाठी विविध पोषक द्रव्यांची आवश्यकता असते. शेजारील आकृतीचे निरीक्षण करा. त्यातील विविध घटकांचा अभ्यास करून जैव–भू–रासायनिक चक्र हे स्वतःच्या शब्दात स्पष्ट करा.

पोषणद्रव्यांच्या परिसंस्थेतील चक्रीय स्वरूपातील प्रवाहाला 'जैव–भू–रासायनिक चक्र' असे म्हणतात.

सजीवांच्या वाढीस आवश्यक असणाऱ्या पोषकद्रव्यांचे अजैविक घटकांकडून जैविक घटकांकडे आणि जैविक घटकांकडून अजैविक घटकांकडे रूपांतरण होत असते. शीलावरण, वातावरण, जलावरण मिळून तयार झालेले जीवावरण यांच्या माध्यमांतून हे चक्र अविरत चालू असते. या प्रक्रियेत जैविक, भूस्तरीय आणि रासायनिक पोषक द्रव्यांचे चक्रीभवन गुंतागुंतीचे असते तसेच ते परिसंस्थेतील ऊर्जावहनाच्या पातळीवर अवलंबून असते.

### जैव–भू–रासायनिक चक्राचे प्रकार

| वायुचक्र | अवसादन (भू) चक्र |
|---|---|
| ✲ मुख्य अजैविक वायुरूप पोषक द्रव्यांचे संचयन पृथ्वीच्या वातावरणात आढळते.<br>✲ नायट्रोजन, ऑक्सिजन, कार्बन डायऑक्साइड, बाष्प इत्यादींचा समावेश होतो. | ✲ मुख्य अजैविक पोषकद्रव्यांचे संचयन पृथ्वीवरील मृदा, अवसाद व अवसादी खडकात आढळते.<br>✲ आयर्न (लोह), कॅल्शिअम, फॉस्फरस, जमिनीतील इतर घटकांचा समावेश. |

अवसादन चक्रापेक्षा वायुचक्र वेगाने घडते. उदा, एखाद्या भागात $CO_2$ जमा झाला असेल तर वाऱ्याबरोबर त्याचे लगेच विसरण होते किंवा वनस्पतींकडून त्याचे शोषण केले जाते.

हवामानातील बदल व मानवी क्रियांमुळे या वेगवेगळ्या चक्रांची गती, तीव्रता व संतुलन यांवर गंभीर परिणाम होतात म्हणून या चक्रातील विविध घटकांच्या अभ्यासावर आता विशेष भर दिला जात आहे.

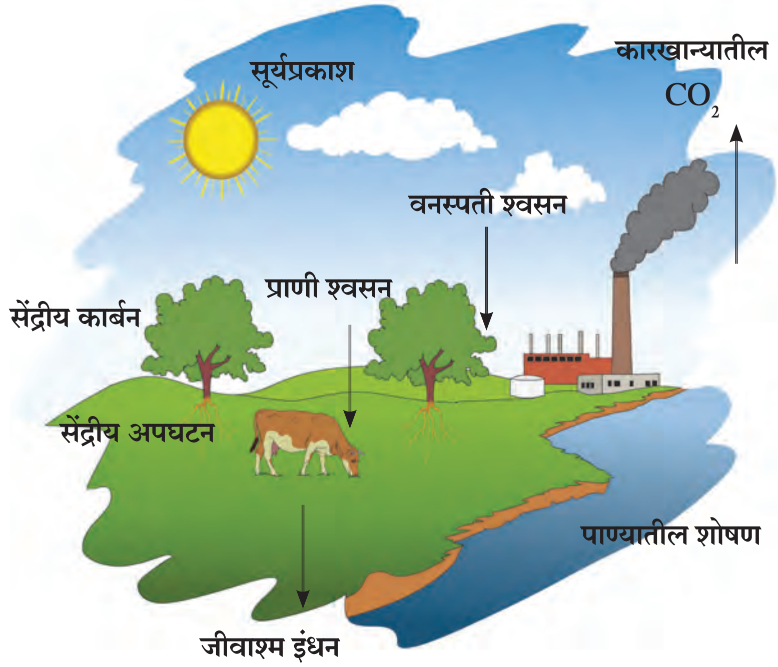
**माहीत आहे का तुम्हांला ?**

वायुचक्र व अवसादन चक्र ही दोन्ही चक्रे एकमेकांपासून पूर्णपणे वेगळी करता येत नाहीत. उदाहरणार्थ, नायट्रोजन वायूरूपात वातावरणात आढळतो तर नायट्रोजन ऑक्साइड या संयुगांच्या स्वरूपात मृदेत व अवसादामध्ये आढळतो. त्याप्रमाणे कार्बन अजैविक स्वरूपात मुख्यत: भूकवचातील दगडी कोळसा, ग्रॅनाईट, हिरा व चुनखडकामध्ये आढळतो तर वातावरणात $CO_2$ वायूरूपात आढळतो. सामान्यपणे दगडी कोळशापेक्षा वनस्पती व प्राण्यांमध्ये कार्बनचे अस्तित्व कमी काळ असते.

## कार्बन चक्र (Carbon Cycle)

कार्बनचे वातावरणातून सजीवांकडे व सजीवांच्या मृत्यूनंतर पुन्हा वातावरणाकडे होणारे अभिसरण व पुनर्चक्रीकरण म्हणजे कार्बन चक्र होय. अजैविक कार्बनच्या अणूंचे मुख्यत: प्रकाशसंश्लेषण व श्वसनक्रियेद्वारे जैविक अभिसरण व पुनर्चक्रीकरण होते. म्हणूनच कार्बन चक्र हे एक महत्त्वाचे जैव-भू-रासायनिक चक्र आहे.

हिरव्या वनस्पती प्रकाश संश्लेषण प्रक्रियेद्वारे $CO_2$ चे कर्बोदकात रूपांतर करतात, तसेच त्या प्रथिने व मेद असे कार्बनी पदार्थही तयार करतात. शाकाहारी प्राणी हिरव्या वनस्पती खातात. शाकाहारी प्राण्यांना मांसाहारी प्राणी खातात. म्हणजेच वनस्पतींकडून जैविक कार्बन शाकाहारी प्राण्यांकडे, शाकाहारी प्राण्यांकडून मांसाहारी प्राण्यांकडे आणि मांसाहारी प्राण्यांकडून सर्वोच्च भक्षक प्राण्यांकडे संक्रमित होतो.




7.6 कार्बन चक्र

**कार्बन चक्रातील प्रमुख प्रक्रिया**

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow[\text{हरितद्रव्य}]{\text{सूर्यप्रकाश}} C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O + 6\,O_2\uparrow$$

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \xrightarrow{\text{तंतूकणिका}} 6\,CO_2\uparrow + 6\,H_2O + \text{ऊर्जा}$$

शेवटी मृत्यूनंतर सर्व भक्षकांचे जीवाणू व बुरशी यांसारख्या विघटकांकडून अपघटन होऊन $CO_2$ वायू पुन्हा मुक्त होतो. हा वायू वातावरणात मिसळतो व पुन्हा वापरला जातो. अशाप्रकारे एका सजीवाकडून दुसऱ्या सजीवाकडे कार्बनचे अभिसरण चालू असते. सजीवांच्या मृत्यूनंतर कार्बन निसर्गाकडे येतो व परत सजीवांकडे जातो.

### माहीत आहे का तुम्हांला?

जीवाश्म इंधनाचे ज्वलन, लाकडाचे ज्वलन, वणवे आणि ज्वालामुखी उद्रेक यांसारख्या अजैविक प्रक्रियांमुळे $CO_2$ वायू बाहेर पडून हवेत मिसळतो. प्रकाशसंश्लेषणाने वातावरणात ऑक्सिजन सोडला जातो, तर श्वसनाने $CO_2$ बाहेर वातावरणात सोडला जातो. वनस्पतींमुळे वातावरणातील ऑक्सिजन व $CO_2$ वायू यांचा समतोल राखला जातो.

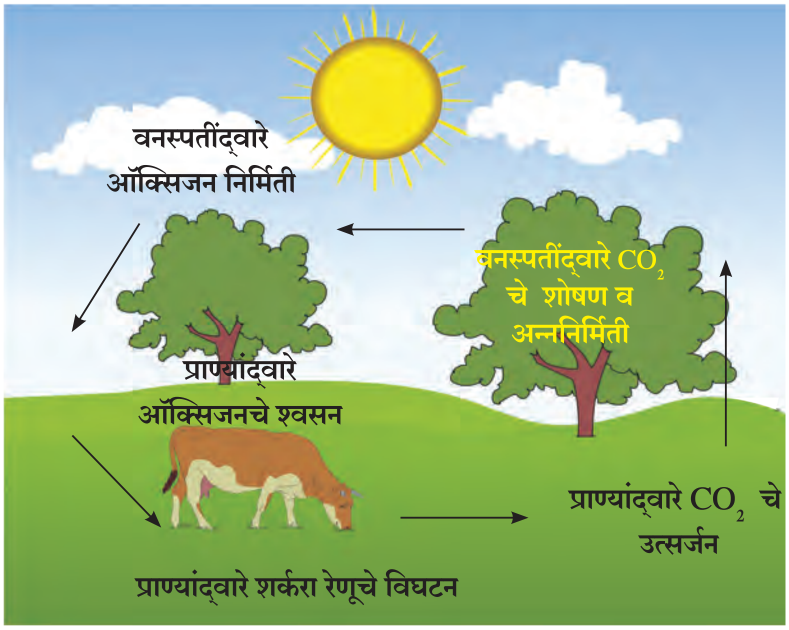
### जरा विचार करा.

1. उष्ण कटिबंधात कार्बन चक्र प्रभावी असते? असे का होते?
2. कार्बनचे पृथ्वीवरील प्रमाण स्थिर आहे. तरीही $CO_2$ वायूमुळे तापमानवाढ का होत आहे?
3. हवेतील कार्बन व तापमानवाढ यांचा संबंध ओळखा.

## ऑक्सिजन चक्र (Oxygen Cycle )

पृथ्वीवरील वातावरणात सुमारे 21% तसेच जलावरण आणि शिलावरण अशा तीनही आवरणामध्ये ऑक्सिजन आढळतो. जीवावरणातील ऑक्सिजनचे अभिसरण व त्याचा पुनर्वापर म्हणजे ऑक्सिजन चक्र होय. या चक्रात देखील जैविक व अजैविक असे दोन्ही घटक समाविष्ट असतात. वातावरणात ऑक्सिजनची सातत्याने निर्मिती होते. तसेच त्याचा सातत्याने वापरही होत असतो.

ऑक्सिजन अतिशय क्रियाशील असून इतर अनेक मूलद्रव्यांशी व संयुगांशी त्याचा संयोग होतो. रेण्वीय ऑक्सिजन ($O_2$), पाणी ($H_2O$), कार्बन डाय ऑक्साईड ($CO_2$) व असेंद्रिय संयुगे अशा स्वरूपात ऑक्सिजन असल्याने जीवावरणातील ऑक्सिजन चक्र गुंतागुंतीचे असते. प्रकाशसंश्लेषण क्रियेत ऑक्सिजनची निर्मिती होते तर श्वसन, ज्वलन, विघटन, गंजणे यासारख्या क्रियांमध्ये ऑक्सिजन वापरला जातो.

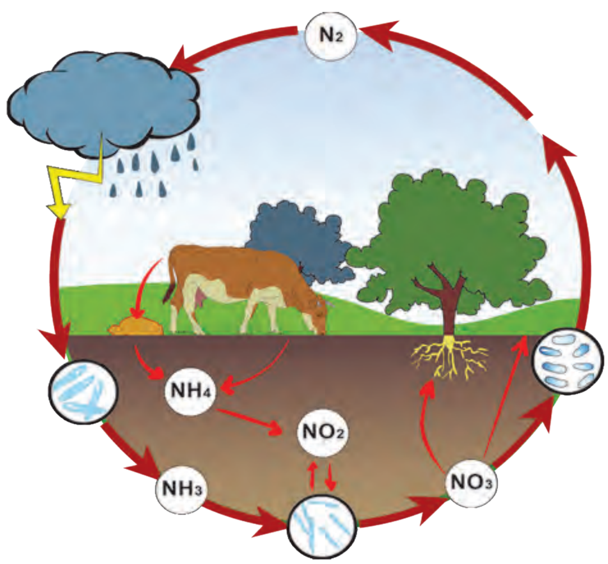



7.7 ऑक्सिजन चक्र

**माहीत आहे का तुम्हांला ?**

बहुसंख्य सूक्ष्मजीव श्वसनासाठी ऑक्सिजनचा वापर करतात. अशा सूक्ष्मजीवांना ऑक्सिजीवी म्हणतात. ज्या सूक्ष्मजीवांना ऑक्सिजनची आवश्यकता नसते, त्यांना विनॉक्सिजीवी म्हणतात. कर्बोदके, प्रथिने व मेद यांच्या निर्मितीसाठी ऑक्सिजन महत्त्वाचा असतो. विविध रासायनिक प्रक्रियांमध्ये ऑक्सिजनचा वापर केला जातो. ओझोनची ($O_3$) निर्मिती ऑक्सिजनपासूनच वातावरणीय क्रिया-प्रक्रियांद्वारे होत असते.

## नायट्रोजन चक्र (Nitrogen Cycle)




7.8 नायट्रोजन चक्र

**थोडे आठवा.**

1. नायट्रोजनचे स्थिरीकरण म्हणजे काय ?
2. नायट्रोजन - स्थिरीकरणासाठी कोणते सूक्ष्मजीव मदत करतात ?

वातावरणात नायट्रोजन हा वायू सर्वात जास्त प्रमाणात 78% आढळतो. निसर्गचक्राचे सातत्य राखण्यासाठी नायट्रोजनची आवश्यकता असते. निसर्गात जैविक आणि अजैविक प्रक्रियांतून नायट्रोजन वायूचे वेगवेगळ्या संयुगांत घडून येणारे अभिसरण व पुनर्चक्रीकरण 'नायट्रोजन चक्र' म्हणून ओळखले जाते.

सर्व सजीव नायट्रोजन चक्रात भाग घेतात. प्रथिने आणि न्युक्लिक आम्ले यांचा नायट्रोजन हा एक महत्त्वाचा घटक आहे. इतर अनेक मूलद्रव्यांच्या तुलनेत नायट्रोजन निष्क्रिय आहे व तो सहजासहजी इतर मूलद्रव्यांबरोबर संयोग करत नाही. बहुतेक सजीवांना मुक्त स्थितीतील नायट्रोजन वापरता येत नाही.

**नायट्रोजन चक्रातील प्रमुख प्रक्रिया** (Processes in Nitrogen Cycle)

1. नायट्रोजनचे स्थिरीकरण– नायट्रोजनचे रूपांतर वातावरणीय, औद्योगिक व जैविक प्रक्रियांद्वारे नायट्रेट व नायट्राइट मध्ये होणे.

2. अमोनीकरण– सजीवांचे अवशेष, उत्सर्जित पदार्थ यांचे विघटन होऊन अमोनिआ मुक्त होणे.

3. नायट्रीकरण– अमोनिआचे नाइट्राइट व नंतर नायट्रेटमध्ये रूपांतर होणे .

4. विनायट्रीकरण– नायट्रोजनयुक्त संयुगाचे नायट्रोजन वायूत रूपांतर होणे.

**शोध घ्या**

नायट्रोजन चक्राप्रमाणे ऑक्सिजन व कार्बन चक्रामधील प्रमुख प्रक्रियांची माहिती इंटरनेटच्या साहाय्याने मिळवा.

F6Y1S6

## स्वाध्याय

**1. कार्बन, ऑक्सिजन व नायट्रोजन या चक्रांचे काळजीपूर्वक निरीक्षण करा व खालील तक्ता पूर्ण करा.**

| जैव–भू–रासायनिक चक्र | जैविक प्रक्रिया | अजैविक प्रक्रिया |
|---|---|---|
| 1. कार्बन चक्र | | |
| 2. ऑक्सिजन चक्र | | |
| 3. नायट्रोजन चक्र | | |

**2. खालील चुकीचे विधान दुरूस्त करून पुन्हा लिहा व तुमच्या विधानाचे समर्थन करा.**

अ. अन्नसाखळीतील मांसाहारी प्राण्यांची पोषण पातळी ही द्वितीय पोषण पातळी असते.

आ. पोषणद्रव्यांचा परिसंस्थेतील प्रवाह एकेरी वाहतूक गणला जातो.

इ. परिसंस्थेतील वनस्पतींना प्राथमिक भक्षक म्हणतात.

**3. कारणे लिहा.**

अ. परिसंस्थेतील ऊर्जेचा प्रवाह एकेरी असतो.

आ. विविध जैव–भू–रासायनिक चक्रांचे संतुलन असणे गरजेचे आहे.

इ. पोषणद्रव्यांचा परिसंस्थेतील प्रवाह चक्रीय स्वरूपाचा असतो.

**4. आकृतीसह स्पष्टीकरण तुमच्या शब्दांत लिहा.**

अ. कार्बन चक्र

आ. नायट्रोजन चक्र

इ. ऑक्सिजन चक्र

**5. विविध जैव–भू–रासायनिक चक्रांचा समतोल राखण्यासाठी कोणकोणते प्रयत्न कराल?**

**6. अन्नसाखळी व अन्नजाळे यांच्यामधील आंतरसंबंध सविस्तर स्पष्ट करा.**

**7. जैव–भू–रासायनिक चक्र व त्याचे प्रकार सांगून महत्त्व स्पष्ट करा.**

**8. खालील प्रश्नांची उत्तरे सोदाहरण स्पष्ट करा.**

अ. वनस्पतींकडून सर्वोच्च भक्षकाकडे ऊर्जेचा प्रवाह जाताना ऊर्जेच्या प्रमाणामध्ये काय फरक पडतो?

आ. परिसंस्थेमधील ऊर्जाप्रवाह आणि पोषकद्रव्यांचा प्रवाह यात काय फरक असतो? का?

**उपक्रम :**

1. कोणत्याही एका नैसर्गिक चक्रावर आधारित प्रतिकृती तयार करून त्याचे विज्ञान प्रदर्शनात सादरीकरण करा.

2. परिसंस्थेचे संतुलन यावर परिच्छेद लिहा.