Chapter No. 01

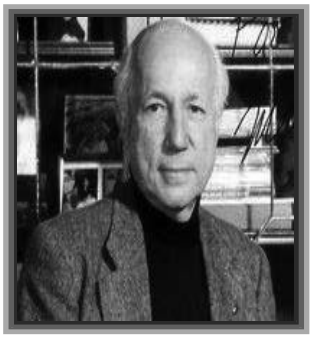
प्रकिण्व / विकर (Enzyme)

S.No.	Contents	Page
01.	परिचय (Introduction)	3
02.	एन्जाइम के चारित्रिक लक्षण (Characteristics of Enzymes)	3
03.	एन्जाइम किस प्रकार रासायनिक परिवर्तनों की उच्च दर लाते हैं? (How do enzymes bring about such-high rates of chemical conversions)	4
04.	एन्जाइम क्रिया की प्रकृति (Nature of Enzyme Action)	5
05.	सहकारक (Cofactors)	5
06.	एंजाइम का वर्गीकरण तथा नामकरण (Classification and Nomenclature of Enzymes)	6
07.	एन्जाइम सक्रियता को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Enzyme Activity)	7
08.	शरीर अवयवों की गतिक अवस्था—उपापचय की संकल्पना (Dynamic State Of Body Constituents - Concept Of Metabolism)	10
09.	जीव का उपापचयी आधार (Metabolic Basis For Living)	10
10.	जीव अवस्था (The Living State)	10
11.	Exercise-I (Conceptual Questions)	12
12.	Exercise-II (Previous Years Questions)	13
13.	Exercise-III (NCERT based and Analytical Questions)	15

ALLEN

NEET SYLLABUS

Enzymes : *Types, properties, enzyme action.*



मेलविन कैलविन का जन्म अप्रैल 1911 में मिनसोटा (यू.एस.ए.) में हुआ था और आपने मिनसोटा विश्वविद्यालय से रसयान शास्त्र में पी.एच.डी. की उपाधि प्राप्त की। आपने बर्कले की केलीफोर्निया यूनीवर्सिटी के रसायन शास्त्र के प्रोफेसर पद पर सेवाएं प्रदान की।

द्वितीय विश्व युद्ध के ठीक बाद, जब पूरा विश्व हिरोशिमा–नागासाकी के विस्फोटक घटना से रेडियोधर्मिता के दुष्प्रभाव को देखकर दुःख से स्तब्ध था तब मेलिविन और उनके सहकर्मी ने रेडियोधर्मिता के लाभदायक उपयोगों को प्रकट किया। आपने जे.ए. बाशाम के साथ मिलकर C_{14} के साथ कार्बनडाइऑक्साइड के लेबलप्रविध द्वारा हरित पादपों में कच्ची सामग्री जैसे कार्बनडाइऑक्साइड, जल एवं खनिज से शर्करा तथा अन्य पदार्थों के निर्माण की प्रतिक्रिया का अध्ययन किया था। मेलविन ने प्रस्तावित किया कि पौधे प्रकाश ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में बदल देते हैं, जिसके लिए वर्णक अणुओं के एक संगठित ऐरे (समूह) तथा अन्य तत्वों में इलेक्ट्रॉन को स्थानांतरित करते हैं। प्रकाश–संश्लेषण में कार्बन के स्वांगीकरण के पाथवे का प्रतिचित्रण करने पर आपको 1961 में नोबल पुरस्कार प्राप्त हुआ।

मेलविन के द्वारा स्थापित किए गए प्रकाश–संश्लेषण के सिद्धांत, आज भी ऊर्जा एवं पदार्थो के पुनः स्थापन योग्य संसाधनों के अध्ययन तथा सौर–ऊर्जा अनुसंधान में आधारभूत अध्ययनों के लिए भी उपयोग किया जाता है।

ALLEN

प्रकिण्व / विकर (ENZYME)

01. परिचय (Introduction)

- परिचय
- एन्जाइम के चारित्रिक लक्षण
- एन्जाइम किस प्रकार रासायनिक परिवर्तनों की उच्च दर लाते हैं
- एन्जाइम क्रिया की प्रकृति
- सहकारक
- एन्जाइम का वर्गीकरण तथा नामकरण
- एन्जाइम सक्रियता को प्रभावित करने वाले कारक
- शरीर अवयवों की गतिक अवस्था–उपापचय की संकल्पना
- जीव का उपापचयी आधार
- जीव अवस्था

- **Enzyme = En + Zyme**
  ⇓ ⇓
  In + yeast
- एन्जाइम कोशिकाओं में जैव रासायनिक अभिक्रियाओं को उत्प्रेरित करते हैं।
- **बुकनर (Buchner)** ने यीस्ट कोशिकाओं से **जाइमेज** एन्जाइम की खोज की तथा इसे पृथक किया, जबकि एन्जाइम शब्दावली का प्रयोग **कुहने (Kuhne)** ने किया।
- **जे.बी. समनर (J.B. Sumner)** ने **केनावालिया / जेक बीन / लोबिया पादप** से **यूरिएज** एन्जाइम का शुद्धीकरण तथा क्रिस्टलीकरण (crystalisation) किया।

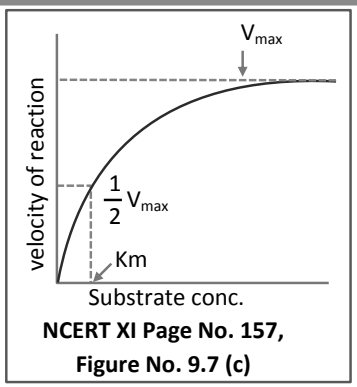
02. एन्जाइम के चारित्रिक लक्षण (Characteristics of Enzymes)

- लगभग सभी एन्जाइम प्रोटीन होते हैं। यद्धपि **कुछ न्यूक्लिक अम्ल** एन्जाइम की तरह व्यवहार करते हैं। इन्हे **राइबोजाइम (ribozyme)** कहते हैं।
- एन्जाइम **कोलोइडल पदार्थ (colloidal substances)** होते हैं। ये अमीनो अम्लों के बने वृहत्त अणु होते हैं तथा इनका संश्लेषण राइबोसोम के द्वारा **आनुवंशिक नियंत्रण (genetic control)** में होता है।
- एन्जाइम को एक **पंक्ति आरेख (line diagram)** के द्वारा दर्शाया जा सकता है। एन्जाइम किसी प्रोटीन के समान निम्नलिखित संरचनाएँ रखता है–
  - **(a) प्राथमिक संरचना (Primary structure) :** प्रोटीन में उपस्थित अमीनो अम्लों का अनुक्रम (sequence) इसमें सक्रिय स्थलों का अभाव होता हैं।
  - **(b) द्वितीयक संरचना (Secondary structure) :** यह कुण्डलीदार संरचना **(helical structure)** है जिसमें भी सक्रिय स्थलों का अभाव होता है।
  - **(c) तृतीयक संरचना (Tertiary structure) :** इस संरचना में प्रोटीन की आधारभूत श्रृंखला (backbone of the protein chain) अपने आप को आड़ा–तिरछा (criss-crosses) काटती है। इसके परिणामस्वरूप अनेक दरारें (crevices) अथवा कोटरिकाएँ (pockets) बनती है। ये कोटरिकाएँ (pockets) सक्रिय स्थल प्रदर्शित करती है।
- एन्जाइम के उत्प्रेरणीय रूप (catalytic forms) **तृतीयक तथा गोलाकार (globular) होते हैं।**
- **सक्रिय स्थल (Active site) :** एन्जाइम का सक्रिय स्थल एक दरार अथवा कोटरिका (crevice or pocket) है जहाँ क्रियाधार (substrate) आकर जुड़ता है। इस प्रकार एन्जाइम अपने सक्रिय स्थलों के द्वारा उच्च दर से अभिक्रिया का उत्प्रेरण (catalysis) करते हैं।
- एन्जाइम क्रियाधार अथवा अभिक्रिया के लिए **बहुत विशिष्ट (very specific)** होते हैं। अभिक्रिया के उत्प्रेरण के लिए इनकी आवश्यकता बहुत कम मात्रा में होती है। एन्जाइम की उत्प्रेरण क्षमता (catalytic power) निम्न पर निर्भर करती है :
  - (a) टर्न ओवर संख्या (Turn over number)
  - (b) Km नियतांक (Km constant)
  - **(a) टर्न ओवर संख्या (Turn over number) :** क्रियाधार अणुओं की वह संख्या जिसे एन्जाइम के एक अणु के द्वारा प्रति इकाई समय में उत्पाद में बदल दिया जाता हो, टर्न ओवर संख्या कहलाती है। इस प्रकार **उत्प्रेरण क्षमता, टर्न ओवर संख्या के समानुपाती होती है। कार्बोनिक एनहाइड्रेज एन्जाइम की टर्न ओवर संख्या 600000/सेकण्ड होती है।**

(b) Km नियतांक (Km constant) : इसे **माइकेलिस (Michaelis)** तथा **मेन्टन (Menten)** ने प्रतिपादित (coined) किया। यह क्रियाधार अणुओं की वह सान्द्रता है जिस पर अभिक्रिया का वेग अपने अधिकतम वेग का आधा हो जाता है।

$$K_m \propto \frac{1}{2} V_{max.}$$

एन्जाइम की उत्प्रेरण क्षमता इसके Km मान के व्युत्क्रमानुपाती होती है।



NCERT XI Page No. 157, Figure No. 9.7 (c)

एन्जाइम / जैव उत्प्रेरक	अकार्बनिक उत्प्रेरक
एन्जाइम तापमान के प्रति संवेदनशील (thermo-sensitive) होते हैं तथा उच्च तापमान (40°C से ऊपर) पर नष्ट हो जाते है।	ये उच्च तापमान तथा उच्च दाब पर दक्षता के साथ कार्य करते हैं।

तथापि, कुछ एन्जाइम ऐसे जीवो से पृथक किये गये हैं जो सामान्य रूप से अत्यधिक उच्च तापमान पर पाये जाते हैं। जैसे – गर्म धाराएँ तथा गन्धक के झरने। (hot vents and sulphur springs) ये **एन्जाइम उच्च तापमान पर अपनी उत्प्रेरण क्षमता बनाये रखते है** तथा **स्थायी (stable)** रहते हैं। उच्च तापमान सहन करने वाले इन जीवों (ऊष्मास्नेही जीवों / thermophilic organisms) से पृथक किये गये एन्जाइम का तापक्रम स्थायित्व (thermal stability) एक महत्वपूर्ण गुण है। जैसे टेक पॉलीमरेज

अनउत्प्रेरित तथा उत्प्रेरित अभिक्रिया की तुलना

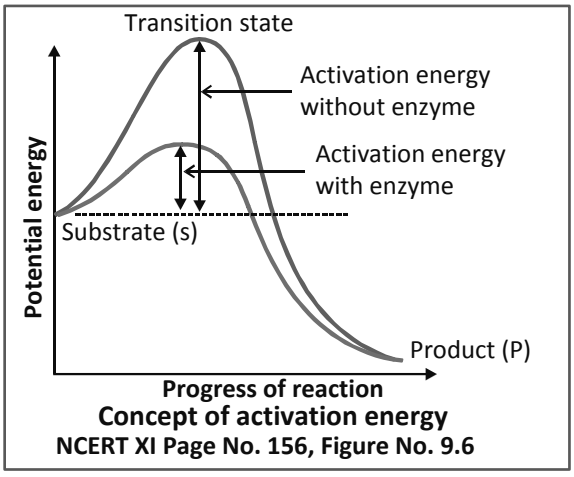
$$\underset{\text{कार्बनडाई ऑक्साइड}}{CO_2} + \underset{\text{जल}}{H_2O} \xrightarrow[\text{कार्बोनिक एनहाइड्रेज}]{} \underset{\text{कार्बोनिक अम्ल}}{H_2CO_3}$$

एन्जाइम की अनुपस्थिति में यह अभिक्रिया बहुत धीमे होती है तथा एक घण्टे में H_2CO_3 के लगभग 200 अणु उत्पादित होते हैं तथापि, कोशिका द्रव्य में **एन्जाइम कार्बोनिक एनहाइड्रेज** की उपस्थिति में अभिक्रिया का वेग अत्यधिक बढ़ जाता है तथा लगभग **600,000 अणुओं का उत्पादन प्रति सेकण्ड होता है।** एन्जाइम अभिक्रिया की दर को लगभग **10 मिलियन गुना (1 करोड़ गुना) त्वरित** कर देते हैं।

03. एन्जाइम किस प्रकार रासायनिक परिवर्तनों की उच्च दर लाते हैं?
(How do enzymes bring about such-high rates of chemical conversions ?)

रसायन अथवा उपापचय परिवर्तन को **अभिक्रिया** कहा जाता है। रसायन जिसका परिवर्तन उत्पाद में होता है, **क्रियाधार (substrate)** कहलाता है। इस प्रकार एन्जाइम अथवा सक्रिय स्थल युक्त प्रोटीन की त्रिआयामी (three dimensional) संरचना एक क्रियाधार / **substrate (S)** को एक उत्पाद **product (P)** में बदल देती है। प्रतीकात्मक रूप से इसे इस प्रकार दर्शाया जा सकता है :

$$S \rightarrow P$$



Concept of activation energy
NCERT XI Page No. 156, Figure No. 9.6

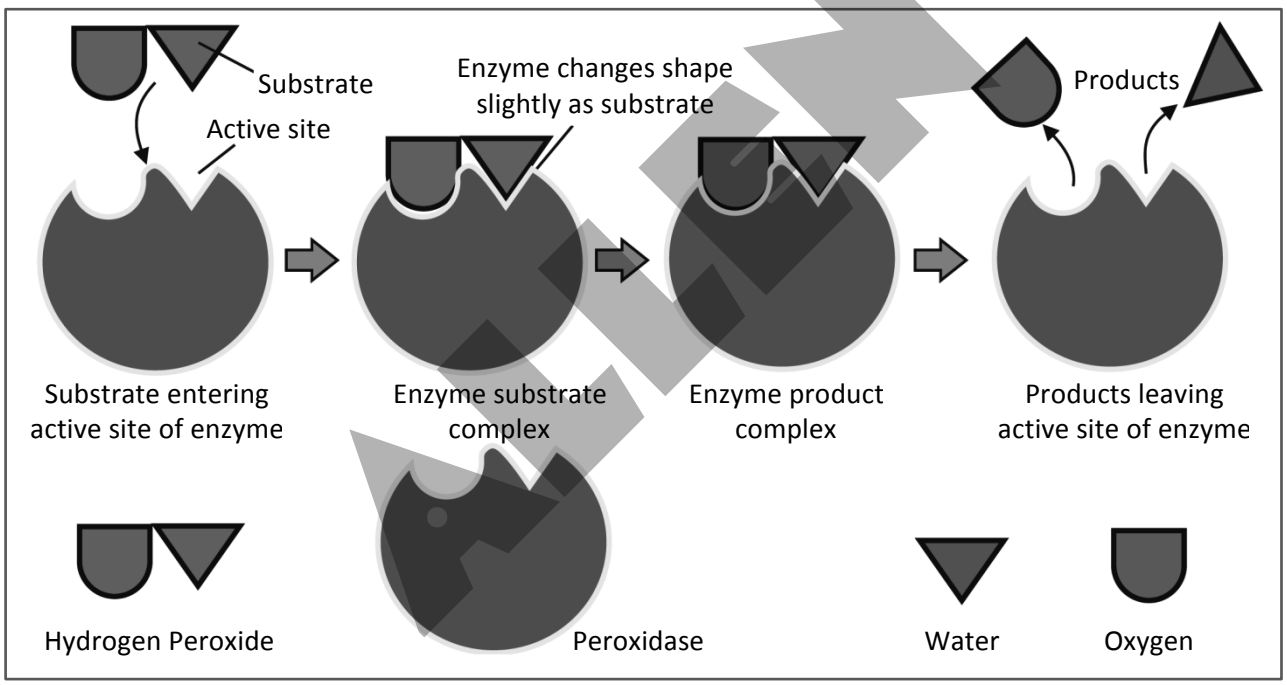
y-अक्ष विभव ऊर्जा की मात्रा (potential energy content) को दर्शाती है। x-अक्ष संरचनात्मक परिवर्तनों की प्रगति (progression of the structural transformation) अथवा अवस्था जिसके द्वारा **'संक्रमण अवस्था' (transition state)** बनती है, को दर्शाती है। उपरोक्त आरेख में 'P', 'S' की तुलना में ऊर्जा के संदर्भ में निचले स्तर पर है इस प्रकार यह एक **ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया (exothermic reaction)** है। (उत्पाद बनाने के लिए ऊर्जा/ऊष्मा देने की आवश्यकता नहीं होती हैं।) चाहे अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी अथवा स्वतः चलित (spontaneous) हो या ऊष्माशोषी (endothermic) अथवा जिसे ऊर्जा की आवश्यकता हो, क्रियाधार दोनों में एक उच्च ऊर्जा अवस्था अथवा संक्रमण अवस्था (transition state) से होकर गुजरता है।

''संक्रमण अवस्था की ऊर्जा से क्रियाधार (S) की औसत ऊर्जा की मात्रा का अन्तर सक्रियण ऊर्जा (activation energy) कहलाती है।'' एन्जाइम इस ऊर्जा अवरोध को कम करके 'S' का 'P' में परिवर्तन आसान बना देते हैं।

04. एन्जाइम क्रिया की प्रकृति (Nature of Enzyme Action)

प्रत्येक एन्जाइम (E) अपनी आण्विक संरचना में क्रियाधार (S) से जुड़ने के लिए स्थल रखता है इसलिए उच्च रूप से क्रियाशील (highly reactive) **एन्जाइम क्रियाधार संकुल (enzyme-substrate complex/ES complex)** उत्पदित होता है। यह संकुल **अल्प कालिक (short-lived)** होता है तथा **एक मध्यवर्ती संकुल, एन्जाइम उत्पाद संकुल (enzyme-product complex/ EP complex)** से होते हुए उत्पाद (P) तथा अपरिवर्तित एन्जाइम में वियोजित (dissociate) हो जाता है। ES संकुल (ES complex) का निर्माण उत्प्रेरण के लिए आवश्यक है।

Enzyme + Substrate $\rightleftharpoons$ ESC $\longrightarrow$ EPC $\longrightarrow$ Enzyme + Product



एंजाइम क्रिया के उत्प्रेरक चक्र का वर्णन निम्न पदों में किया जा सकता है–

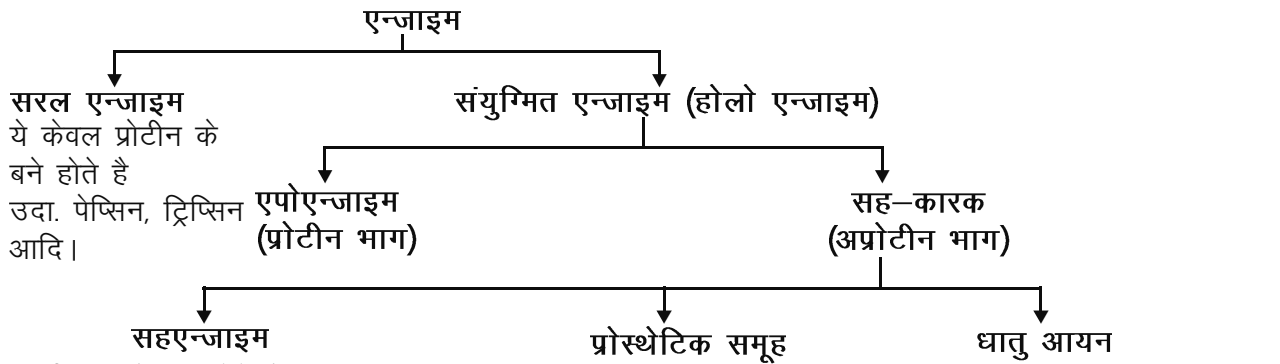
- सर्वप्रथम **क्रियाधार, एंजाइम के सक्रिय स्थल से जुड़ता है,** सक्रिय स्थल में फिट होता है।
- **क्रियाधार के जुड़ने से एंजाइम अपनी आकृति में परिवर्तन करने के लिए प्रेरित होता है एवं क्रियाधार के चारो ओर अधिक दृढता से फिट हो जाता है।**
- **एंजाइम का सक्रिय स्थल (active site),** जो कि अब क्रियाधार के निकट सम्पर्क में होता है, **क्रियाधार के रासायनिक बंधो को तोड़ देता है** या बना देता है एवं **नया एंजाइम–उत्पाद सम्मिश्र/संकुल (enzyme product complex) बन जाता है।**
- **एंजाइम, उत्पाद को मुक्त कर देता है** एवं **एंजाइम, क्रियाधार के अन्य अणु से जुड़ने के लिए तैयार होता है** तथा एक बार फिर उत्प्रेरक चक्र की पुनरावृत्ति करता है।

05. सहकारक (Cofactors)

एन्जाइम **एक अथवा अनेक पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाओं** के बने होते हैं। तथापि ऐसे अनेक उदाहरण है जिसमें **अप्रोटीन घटक जिसे सहकारक (cofactors)** कहते हैं एन्जाइम से जुड़कर एन्जाइम को उत्प्रेरण की दृष्टि से सक्रिय बनाते हैं। इन उदाहरणों में एन्जाइम का प्रोटीन भाग **एपोएन्जाइम (apoenzyme)** तथा अप्रोटीन भाग **सहकारक (cofactor)** कहलाता है।

तीन प्रकार के सहकारको की पहचान की गयी है – **सह एन्जाइम (co-enzymes), प्रोस्थेटिक समूह (prosthetic groups) तथा धातु आयन (metal ions)**

एन्जाइम



- **सरल एन्जाइम**
  ये केवल प्रोटीन के बने होते है
  उदा. पेप्सिन, ट्रिप्सिन आदि।
- **संयुग्मित एन्जाइम (होलो एन्जाइम)**
  - **एपोएन्जाइम (प्रोटीन भाग)**
  - **सह–कारक (अप्रोटीन भाग)**
    - **सहएन्जाइम**
      - ये कार्बनिक यौगिक होते हैं।
      - ये एपोएन्जाइम के साथ ढीले रूप से जुड़े रहते हैं।
      - इनका सहयोजन एपोएन्जाइम के साथ केवल क्षणिक होता है (सामान्यतः उत्प्रेरण के दौरान होता है।)
      - इनमें से अधिकांश विटामिन के व्युत्पन होते है।
    - **प्रोस्थेटिक समूह**
      - ये कार्बनिक या अकार्बनिक यौगिक होते हैं।
      - ये एपोएन्जाइम के साथ मजबूती से जुड़े रहते हैं।
    - **धातु आयन**
      - ढीला आबद्ध अकार्बनिक सहकारक
      - ये सक्रिय स्थलो की पार्श्व श्रृंखलाओं के साथ उप सहसंयोजक **बन्ध** बनाते हैं तथा उसी समय क्रियाधार के साथ एक अथवा अधिक उप सहसंयोजक बन्ध बनाते हैं।

सह एन्जाइम, प्रोस्थेटिक समूह तथा धातु आयनों के महत्वपूर्ण उदाहरण :

- सहएंजाइम नीकोटीनेमाइड एडेनीन डाईन्यूक्लीयोटाइड (NAD) तथा नीकोटीनेमाइड एडेनीन डाईन्यूक्लीयोटाइड फॉस्फेट (NADP) विटामिन **नियासीन** से जुड़े होते हैं।
- **परॉक्सीडेज** तथा **केटालेज** के साथ **हीम** प्रोस्थेटिक समूह होता है जो एन्जाइम के सक्रिय स्थल से जुड़ा होता है।
- प्रोटीयोलिटीक एंजाइम **कार्बोक्सी पेप्टीडेज** से **जिंक** (Zn) एक सह–कारक के रूप में जुड़ा होता है।

06. एंजाइम का वर्गीकरण तथा नामकरण (Classification and Nomenclature of Enzymes)

हजारों एन्जाइम की खोज, पृथक्करण तथा अध्ययन किया जा चुका है। इनमें से अधिकांश का वर्गीकरण विभिन्न समूहों के अन्तर्गत इनके द्वारा उत्प्रेरित की जाने वाली अभिक्रियाओं के आधार पर किया गया है। एन्जाइम को 6 वर्गो (classes) में वर्गीकृत किया गया है, प्रत्येक वर्ग को 4-13 उपवर्ग (subclasses) में विभाजित किया गया है तथा नामकरण चार अंक संख्या (four-digit number) के अनुसार किया गया।

(I) **ऑक्सीडोरिडक्टेजेज / डिहाइड्रोजिनेजेज (Oxidoreductases/dehydrogenases) :** एन्जाइम जो दो क्रियाधार जैसे **S** तथा **S'** के मध्य ऑक्सीकरण अपचयन को उत्प्रेरित करते हैं।
उदाहरण : सायटोक्रोम c ऑक्सीडेज, डिहाइड्रोजिनेज आदि
S अपचयित (reduced) + S' ऑक्सीकृत (oxidised) ⟶ S ऑक्सीकृत (oxidised) + S' अपचयित (reduced)

(II) **ट्रान्सफरेजेज (Transferases) :** एन्जाइम जो एक समूह **'G' (हाइड्रोजन के अलावा)** को क्रियाधार युग्म **S** तथा **S'** के मध्य स्थानान्तरित करने को उत्प्रेरित करते हैं। उदाहरण : ट्रान्सएमीनेज, हेक्सोकाइनेज आदि।

$$S\text{–}G + S' \longrightarrow S + S'\text{–}G$$

(III) **हाइड्रोलेजेज (Hydrolases) :** एन्जाइम जो एस्टर, ईथर, पेप्टाइड, ग्लायकोसिडिक, C–C, C–हेलाइड अथवा P–N बन्ध के जल अपघटन का उत्प्रेरण करते हैं। जैसे प्रोटिएज, लाइपेजेज, कार्बोहाइड्रेजेज आदि।

(IV) **लायजेजेज (Lyases) :** एन्जाइम जो जल अपघटन क्रियाविधि के अलावा किसी अन्य क्रियाविधि से क्रियाधार से एक समूह के हटाने को उत्प्रेरित करते है तथा द्वि बन्ध का निर्माण करते हैं। उदाहरण : एल्डोलेज

```
X  Y
|  |
C–C ⟶ X–Y + C = C
```

(V) **आइसोमिरेज (Isomerases) :** एन्जाइम जो प्रकाशिक (optical), ज्यामितीय (geometric) अथवा स्थितीय (positional) समावयवियों (isomers) के अन्तर परिवर्तन (inter-conserion) को उत्प्रेरित करते हैं।
उदाहरण : हेक्जोआइसोमिरेज, म्यूटेज आदि।

ALLEN

(VI) लाइगेजेज (Ligases)/सिन्थेज (Synthase) : एन्जाइम जो दो यौगिको के जुड़ने को उत्प्रेरित करते हैं। ये एन्जाइम C–O, C–S, C–N, P–O आदि बन्धो के बनने को उत्प्रेरित करते हैं।
उदाहरण : सिट्रेट सिन्थेज, DNA लाइगेज आदि।

07. एन्जाइम सक्रियता को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Enzyme Activity)

वह स्थितियां जो एन्जाइम के **प्रोटीन की तृतीयक संरचना में बदलाव (alter) कर सकती हैं,** में होने वाला परिवर्तन एन्जाइम की सक्रियता को प्रभावित कर सकता है। इसमें निम्नलिखित को सम्मिलित किया जाता है :

(1) तापमान (2) pH (3) क्रियाधार की सान्द्रता में परिवर्तन (4) संदमक

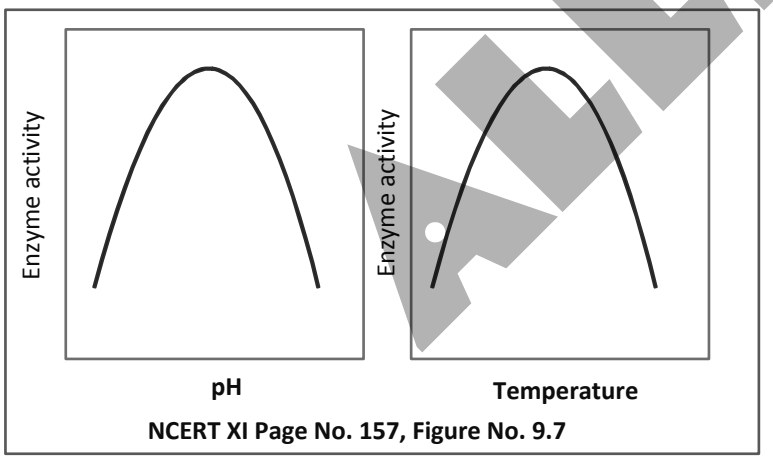
(1) तापमान (Temperature)

एन्जाइम सामान्यतः तापमान की **संकीर्ण परास (narrow range)** में क्रियात्मक रहते है। प्रत्येक एन्जाइम की उच्चतम सक्रियता एक प्रारूपिक तापमान पर होती है इसे **अनुकूलतम तापमान (optimum temperature)** कहते है। इस अनुकूलतम तापमान के दोनों तरफ सक्रियता कम हो जाती है। **कम तापमान एन्जाइम को अस्थायी रूप से निष्क्रिय अवस्था में परिरक्षित (preserve) कर देता है** जबकि उच्च तापमान एन्जाइम सक्रियता को नष्ट कर देता है क्योंकि **प्रोटीन, ऊष्मा (heat)** से **विकृत (denatured)** हो जाते हैं।

एक सामान्य नियम यह है कि तापमान 10°C बढ़ाने पर अभिक्रिया की दर दुगुनी तथा 10°C कम करने पर आधी रह जाती हैं। इस प्रकार एंजाइमेटिक क्रियाओं के लिए Q_{10} का मान 2 होता है।

(2) pH

एन्जाइम सामान्यतः pH की **अत्यधिक संकीर्ण परास (very narrow range)** में क्रियाशील रहते हैं। प्रत्येक एन्जाइम जिस pH पर उच्चतम सक्रियता दर्शाता है उसे अनुकूलतम pH (optimum pH) कहते है। अनुकूलतम मान से कम अथवा अधिक मान पर सक्रियता में कमी आती है।



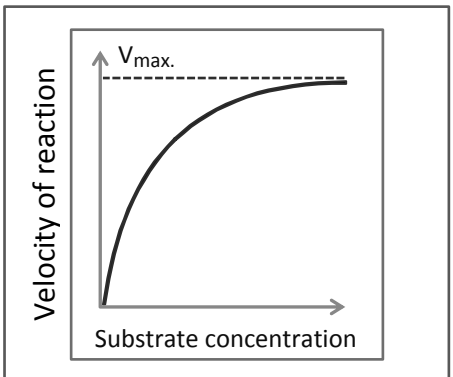
NCERT XI Page No. 157, Figure No. 9.7

(3) क्रियाधार सान्द्रता (Substrate concentration)

क्रियाधार की सान्द्रता में वृद्धि करने पर पहले तो एन्जाइम अभिक्रिया के वेग में वृद्धि होती है। अभिक्रिया अन्ततः अधिकतम वेग ($V_{max.}$) पर पहुंच जाती है।

यह वेग अब क्रियाधार की सान्द्रता बढ़ाने पर आगे नहीं बढ़ता है।

कारण : एन्जाइम अणुओं की संख्या, क्रियाधार अणुओं की संख्या से काफी कम होती है तथा इन एन्जाइम अणुओं के संतृप्त (saturate) होने के पश्चात् अतिरिक्त क्रियाधार अणुओं से जुड़ने के लिए मुक्त एन्जाइम अणु नहीं होते हैं।



Change in substrate concentration
NCERT XI Page No. 157, Figure No. 9.7

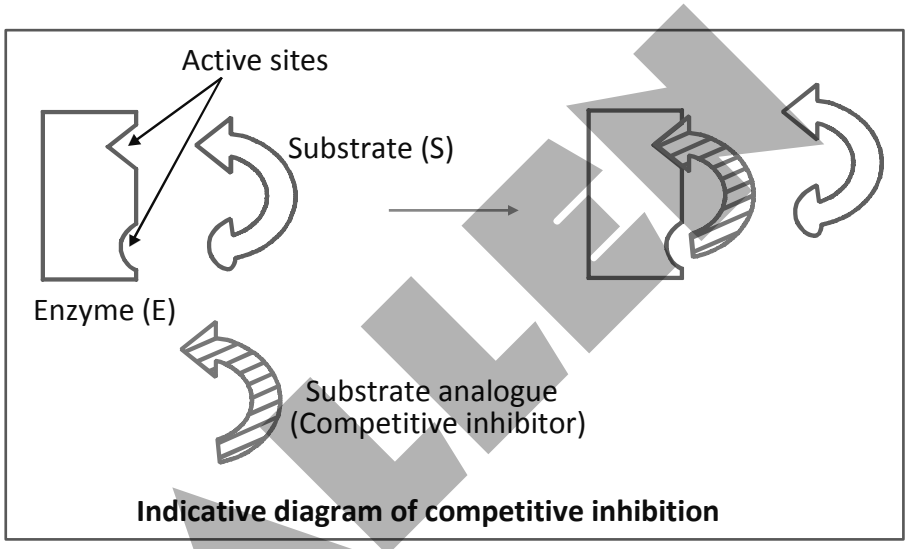
(4) संदमक/एंजाइम संदमन (Inhibitor/Enzyme inhibition)

एन्जाइम की सक्रियता विशेष प्रकार के रसायन जो एन्जाइम से जुड़ सकते है की उपस्थिति से भी प्रभावित होती है। जब रसायन का जुड़ना एन्जाइम की सक्रियता को संदमित कर दे तो इस प्रक्रम को **संदमन (Inhibition)** तथा रसायन को **संदमक (inhibitor)** कहते हैं।

यह दो प्रकार का होता है :

(A) प्रतियोगी संदमन (Competitive inhibition) :

- जब **संदमक, क्रियाधार की आण्विक संरचना के लगभग समान (क्रियाधार अनुरूप)** होता है तथा सक्रिय स्थलो पर बन्धित होकर एन्जाइम की सक्रियता को संदमित कर देता हैं।
- यह प्रतियोगी/प्रतिस्पर्धी तथा उत्क्रमणीय होता है क्योंकि प्रतिस्पर्धी संदमक एंजाइम के सक्रिय स्थल पर उत्क्रमणीय रूप से जुड़ता है तथा एंजाइम संदमक सम्मिश्र (enzyme-inhibitor complex) का निर्माण करता है।



Indicative diagram of competitive inhibition

उदाहरण **(i)** **सक्सिनेट डिहाइड्रोजिनेज** का **मेलोनेट** के द्वारा संदमन। मेलोनेट तथा सक्सिनेट संरचनात्मक अनुरूप (structural analogues) होते हैं।

(ii) सल्फा औषधियों के द्वारा फोलिक अम्ल के संश्लेषण का संदमन।

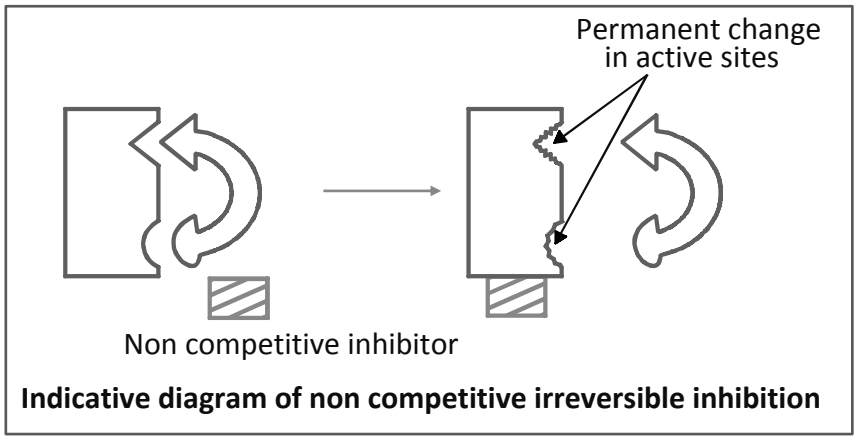
- p-अमीनो बेन्जोइक अम्ल (PABA) फोलिक अम्ल का पूर्व पदार्थ है। सल्फा औषधियॉं, p-अमीनो बेन्जोइक अम्ल के संरचनात्मक अनुरूप होती है अतः फोलिक अम्ल के संश्लेषण को संदमित करती है। इस प्रतिस्पर्धी संदमन का उपयोग प्रायः रोगजनक जीवाणुओं को नियंत्रित करने में किया जाता है।

(B) अप्रतियोगी/अप्रतिस्पर्धी संदमन (Non competitive inhibition) :

यह पुनः दो प्रकार का होता है:

(i) अप्रतियोगी/अप्रतिस्पर्धी अनुत्क्रमणीय (Non competitive irreversible) :

- जब संदमक सक्रिय स्थलों को छोड़कर किसी अन्य स्थल से अनुत्क्रमणीय रूप से जुड़ता है।

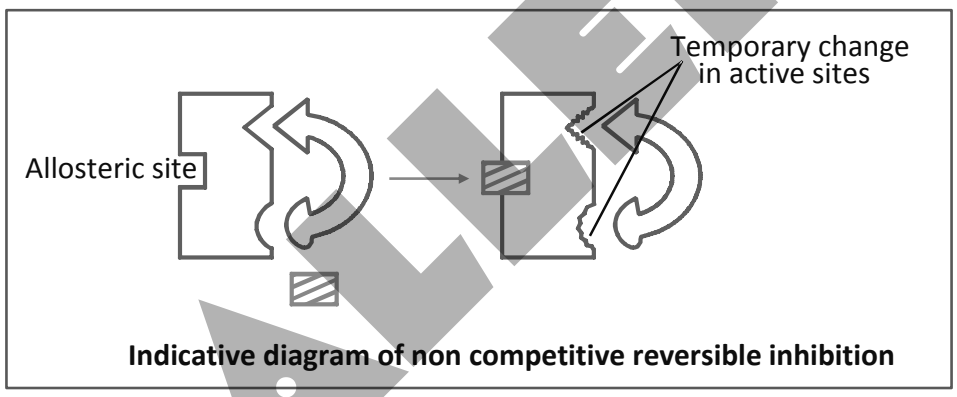


Indicative diagram of non competitive irreversible inhibition

उदाहरण : सायनाइड, सायटोक्रोम c ऑक्सीडेज के Cu केन्द्र से जुड़ता है।

(ii) अप्रतियोगी / अप्रतिस्पर्धी उत्क्रमणीय (Non competitive reversible) : (अधिकांशतः)

- कुछ एन्जाइम में सक्रिय स्थलों के नियंत्रण हेतु एलोस्टेरिक स्थल पाये जाते है। इस नियंत्रण को मॉड्यूलेशन (modulation) कहते हैं।
- अधिकांश अप्रतिस्पर्धी संदमक एलोस्टेरिक स्थलों के साथ उत्क्रमणीय रूप से जुड़कर सक्रिय स्थलों के संरूपण (configuration) को ऋणात्मक रूप से परिवर्तित कर देते हैं। इस प्रकार का संदमन अप्रतिस्पर्धी उत्क्रमणीय अथवा ऋणात्मक एलोस्टेरिक मॉड्यूलेशन कहलाता है।



Indicative diagram of non competitive reversible inhibition

उदाहरण : ग्लाइकोलाइसिस का फॉस्फोफ्रक्टोकाइनेज/PFK (पेसमेकर एन्जाइम) ATP की अधिकता से संदमित हो जाता है (ऋणात्मक मॉड्यूलेशन)

- कुछ एलोस्टेरिक एन्जाइम उस जैव रासायनिक अभिक्रिया के उत्पाद के द्वारा संदमित हो जाते है जिसका वे उत्प्रेरण करते हैं। इस प्रकार का संदमन **प्रतिक्रिया संदमन (feedback inhibition)** अथवा **रेट्रो संदमन (retro inhibition)** अथवा **उत्पाद संदमन (product inhibition)** कहलाता है।

eg. $\text{Glucose} + \text{ATP} \xrightarrow[Mg^{++}]{\text{Hexokinase}} \text{Glucose} - 6 - \text{phosphate} + \text{ADP}$

उपरोक्त अभिक्रिया में एन्जाइम हेक्जोकाइनेज उत्क्रमणीय रूप से उत्पाद (ग्लूकोज-6-फॉस्फेट) की अधिकता से संदमित हो जाता है।

नोट : ऐलोस्टेरिक स्थलों का उपयोग एंजाइमेटिक सक्रियता को बढाने में भी किया जा सकता है। इस प्रक्रिया को धनात्मक एलोस्टेरिक मॉड्यूलेशन कहते हैं।

उदाहरण : फॉस्फोफ्रक्टोकाइनेज/PFK, AMP की अधिकता से सक्रिय हो जाता है। (धनात्मक मॉड्यूलेशन)

08. शरीर अवयवों की गतिक अवस्था–उपापचय की संकल्पना (Dynamic State Of Body Constituents - Concept Of Metabolism)

- जैव अणुओं में हेर–फेर होता रहता है। इससे तात्पर्य यह है कि ये लगातार दूसरे नए जैव अणुओं में परिवर्तित होते रहते हैं और दूसरे जैव अणुओं से मिलकर बनते रहते हैं। जीवधारियों में यह निर्माण व विखण्डन रासायनिक अभिक्रिया द्वारा लगातार होता रहता है। इन सभी रासायनिक अभिक्रियाओं को **उपापचय** कहते हैं।
- सभी उपापचयी अभिक्रियाओं द्वारा जैवअणुओं का रूपांतरण होता रहता है। कुछ उपापचयी रूपांतरण के उदाहरण निम्न हैं–एमीनों अम्ल से कार्बनडाइऑक्साइड के निकलने के बाद एमीनों अम्ल का एमीन में बदलना, न्यूक्लीयोटाइड क्षर से एमीनों समूह का अलग होना, डाईसैकेराइड में ग्लाइकोसाइडिक बंध का जल अपघटन।
- अधिकांशतः इस प्रकार की रासायनिक अभिक्रियाएं अकेले नहीं होती, बल्कि सदैव अन्य दूसरी अभिक्रियाओं से जुड़ी होती हैं। उपापचयजों का एक दूसरे में परिवर्तन आपस में जुड़ी हुई अभिक्रियाओं की श्रृंखलाओं से होता है, जिन्हें उपापचयी पथ कहते हैं।
- ये उपापचयी पथ शहर की कार/मोटर यातायात व्यवस्था जैसी होती है। ये पथ या तो रेखीय या वृत्ताकार होते हैं। ये पथ एक दूसरे से आड़े–तिरछे यातायात के संगम जैसे दिखाई पड़ते हैं। उपापचयज यातायात के कार/मोटर सदृश एक निश्चित वेग व दिशा में उपापचयी पथ से होकर गमन करते हैं। यह उपापचयज बहाव शरीर के घटकों की गतिक अवस्था कहलाता है।
- जीव तंत्र में कोई भी उपापचयी रूपांतरण बिना उत्प्रेरक के संपन्न नहीं होता है। कार्बनडाइऑक्साइड का पानी में घुलना जो एक भौतिक प्रक्रिया है, वो भी जीव तंत्र में उत्प्रेरित होती है।

09. जीव का उपापचयी आधार (Metabolic Basis For Living)

- उपापचयी पथ द्वारा साधारण पदार्थों से जटिल पदार्थ (जैसे एसीटीक अम्ल से कोलेस्ट्राल का बनना) व जटिल पदार्थों से सरल पदार्थों (जैसे कंकाली पेशियों में ग्लूकोज से लैक्टिक अम्ल) का निर्माण होता रहता है। पहली प्रकार की प्रक्रिया को जैव संश्लेषण पथ या उपचयी (एनाबोलिक) पथ कहते हैं। दूसरी प्रक्रिया में अपचय या विखंडन होता है, इसलिए, इसे अपचयी (केटाबोलिक) पथ कहते हैं।
- उपचयी पथों में ऊर्जा खर्च होती है। एमिनों अम्लों से प्रोटीन के निर्माण में ऊर्जा की आवश्यकता होती है। दूसरी तरफ अपचयी पथ द्वारा ऊर्जा मुक्त होती है। जैसे – कंकाली पेशियों में जब ग्लूकोज, लेक्टिक अम्ल में टूटता है तो ऊर्जा मुक्त होती है।
- जीव अपनी ऊर्जा कैसे प्राप्त करते हैं? उनमें किस तरह की योजना विकसित हुई है? वे इस ऊर्जा को कैसे व किस रूप में संचित करते हैं? इस ऊर्जा को वे कार्य में कैसे बदलते हैं? इन सब चीजों का अध्ययन एक नई शाखा में किया जाता है, जिसे **जैव ऊर्जा विज्ञान (Bioenergetics)** कहते हैं।

10. जीव अवस्था (The Living State)

- जीवों में एक निश्चित सांद्रता में हजारों रासायनिक यौगिक मिलते हैं, जिसे उपापचयज या जैव अणु कहते हैं, उदाहरणार्थ सामान्य स्वस्थ व्यक्ति में रक्त शर्करा की मात्रा 4.2 m mol/L – 6.1 m mol/L जबकि हॉर्मोन की नैनोग्राम प्रति मिलीमीटर होती है।
- सबसे महत्वपूर्ण तथ्य यह है कि जैविक तंत्र में सभी जीव एक स्थिर अवस्था में मिलते हैं जिनमें सभी जैव अणुओं की एक निश्चित मात्रा होती है। ये जैव अणु एक उपापचयी प्रवाह में होते हैं। कोई भी रासायनिक या भौतिक प्रक्रिया स्वतः साम्यावस्था को प्राप्त करती है।
- भौतिक सिद्धांत के अनुसार कोई भी तंत्र साम्यावस्था में कार्य नहीं कर सकता है। जैसा कि जीव हमेशा कार्य करते हैं, उनमें कभी भी साम्यावस्था की स्थिति नहीं हो सकती है। अतः **जीव अवस्था एक असाम्य स्थाई अवस्था (non-equilibrium steady-state)** होती है, जिससे कार्य संपन्न होता है।
- जीव प्रक्रिया एक लगातार प्रयास है जिससे साम्यावस्था से बचा जा सके। इसके लिए सदा ऊर्जा की आवश्यकता होती है। उपापचय वह प्रक्रिया है जिससे ऊर्जा प्राप्त होती है। अतः जीव अवस्था व उपापचय एक दूसरे के पर्यायवाची होते हैं। बिना उपापचय के जीव अवस्था प्राप्त नहीं हो सकती है।

★ Golden Key Points ★

- लगभग सभी एन्जाइम प्रोटीन होते हैं। यद्धपि **कुछ न्यूक्लिक अम्ल** एन्जाइम की तरह व्यवहार करते हैं। इन्हे **राइबोजाइम (ribozyme)** कहते हैं।
- एन्जाइम का प्रोटीन भाग **एपोएन्जाइम (apoenzyme)** तथा अप्रोटीन भाग **सहकारक (cofactor)** कहलाता है।
- सहएंजाइम कार्बनिक यौगिक होते है। **ये एपोएन्जाइम के साथ ढीले रूप से जुड़े रहते हैं।**
- **प्रोस्थेटिक समूह** कार्बनिक या अकार्बनिक यौगिक होते हैं। ये एपोएन्जाइम के साथ मजबूती से जुड़े रहते है।
- धातु आयन ढीले आबद्ध अकार्बनिक सहकारक होते हैं।
- **एक सामान्य नियम यह है कि तापमान 10°C बढ़ाने पर अभिक्रिया की दर दुगुनी तथा 10°C कम करने पर आधी रह जाती है।**
- प्रतिस्पर्धी संदमन का उपयोग प्रायः रोगजनक जीवाणुओं को नियंत्रित करने में किया जाता है।

BEGINNER'S BOX — प्रकिण्व / विकर : परिचय से जीव अवस्था

1. नॉन प्रोटीन कार्बनिक यौगिक, जो सामान्यतया उत्प्रेरण के दौरान एपोएंजाइम से अस्थायी सम्बंध बनाता है, कहलाता है :-
(1) सहएंजाइम (2) प्रोस्थेटिक समूह (3) धातु आयन (4) रोगकारक

2. NAD का पूरा नाम है :-
(1) निकोटिनामाइड एडीनोसिन डाइन्यूक्लिओटाइड (2) निकोटिनामाइड एडीनीन डाइन्यूक्लिओटाइड
(3) निकोटिनामाइड एडीनीन डाइएमाइड (4) निकोटिनामाइड एडीनोसिन डाइएमाइड

3. फोस्फोफ्रक्टोकाइनेज एन्जाइम पर AMP की क्रिया है :–
(1) ऋणात्मक एलोस्टेरिक मॉड्युलेशन (2) प्रतिस्पर्धी संदमन
(3) अप्रतिस्पर्धी अनुत्क्रमणीय संदमन (4) धनात्मक एलोस्टेरिक मॉड्युलेशन

4. सतत् रूप से क्रियाधार सान्द्रता बढ़ने के साथ एंजाइमेटिक क्रियाशीलता :–
(1) सतत् रूप से बढ़ती है। (2) सतत् रूप से घटती है।
(3) पहले बढ़ती है, फिर घटती है। (4) पहले बढ़ती है, फिर नियत हो जाती है।

5. जीव अवस्था है :–
(1) साम्य स्थिर अवस्था (2) असाम्य अस्थिर अवस्था
(3) असाम्य स्थिर अवस्था (4) साम्य अस्थिर अवस्था

RACE Regular Analysis through Continuous Exercise — Solve the RACE, Check your BASE

BEGINNER'S BOX — ANSWER KEY

प्रकिण्व / विकर : परिचय से जीव अवस्था

Que.	1	2	3	4	5
Ans.	**1**	**2**	**4**	**4**	**3**