SYMMETRY OF MOLECULES

BY

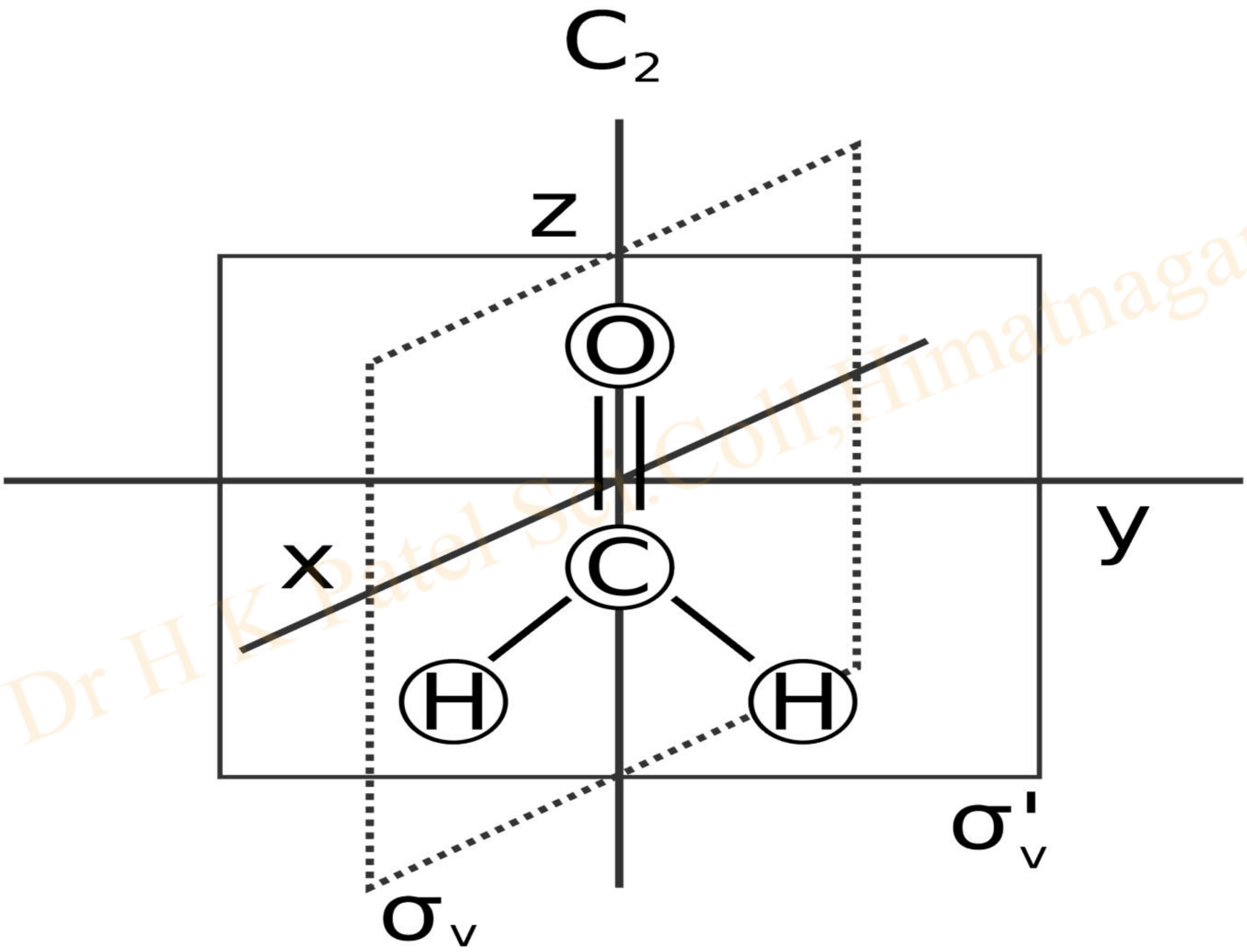
Dr.H.K.Patel

The H.N.S.B.Ltd Science College

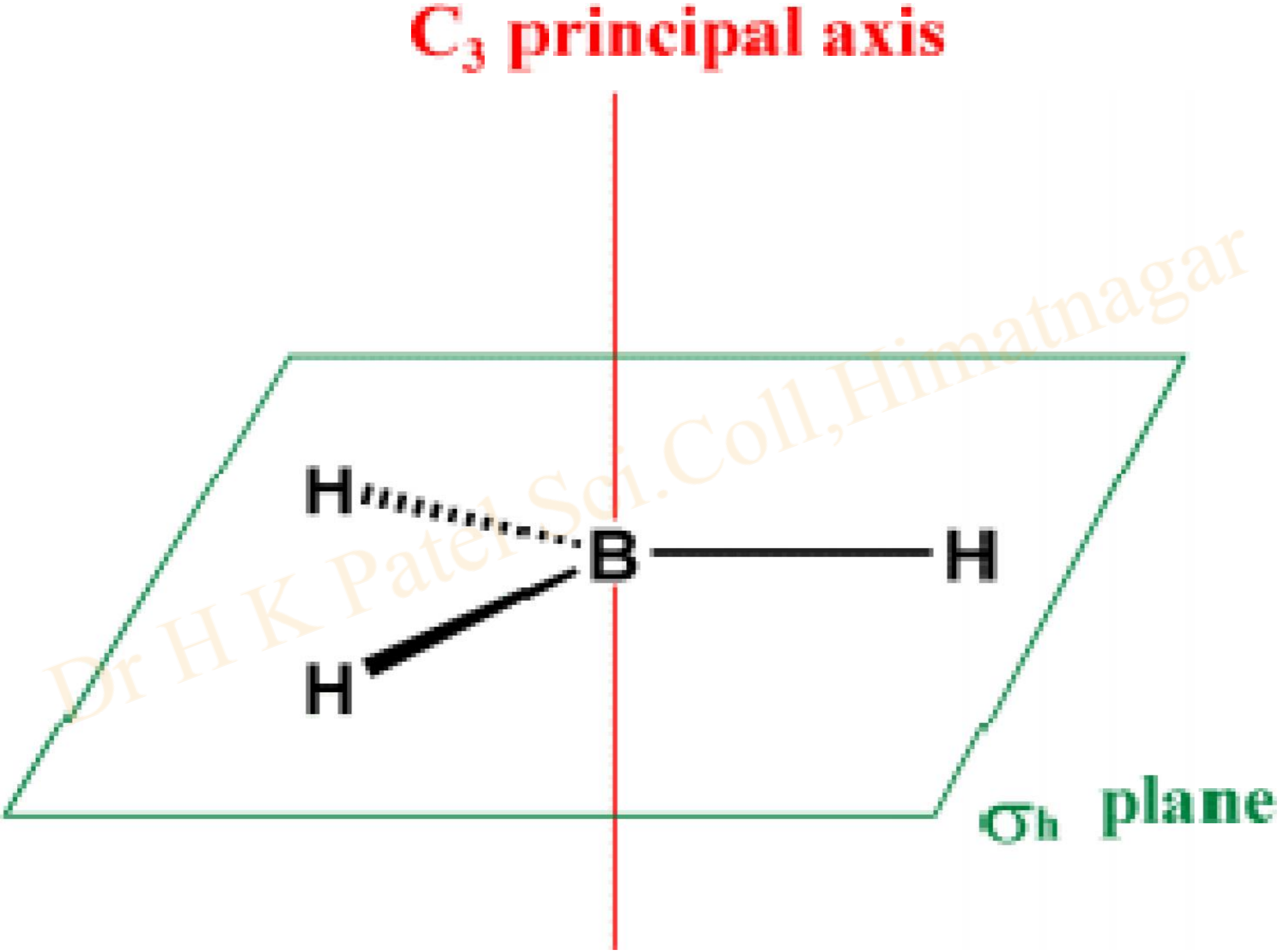
Himatnagar

Molecular symmetry

અણુના અડધા ભાગનું વિસ્થાપન બાકીના અડધા ભાગ વડે કરવામાં આવે ત્યારે પ્રાપ્ત થતું નવું બંધારણ મુળ બંધારણને સમતુલ્ય,અભિજ્ઞ અને બંધબેસતું હોય તો તે અણુ આણ્વીય સંમીતી ધરાવે છે તેમ કહેવાય.



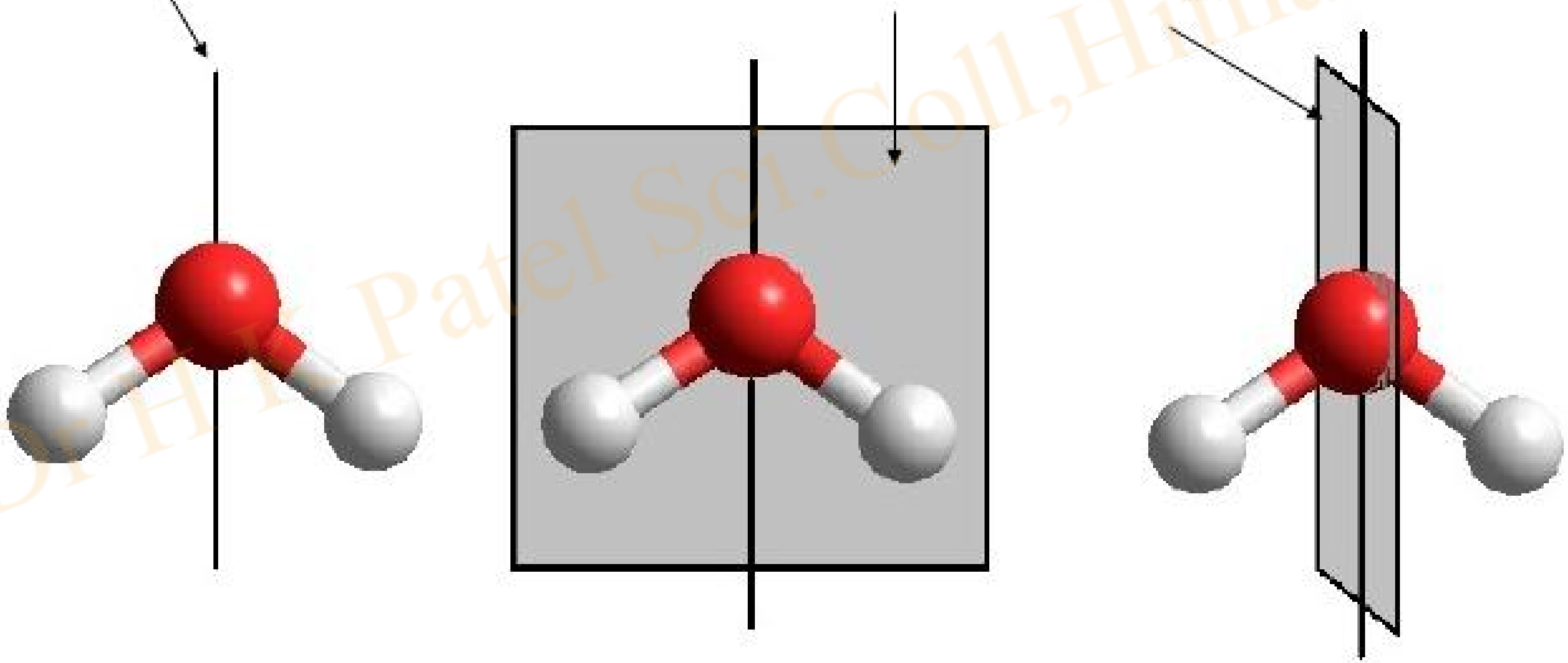
C_2
z
O
C
x
y
H
H
σ'_v
σ_v


C3 principal axis
H
B
H
H
σh plane

The determination of point groups of molecules

only one rotational axis = C_2

two σ_v but no σ_h mirror planes means point group is C_{2v}



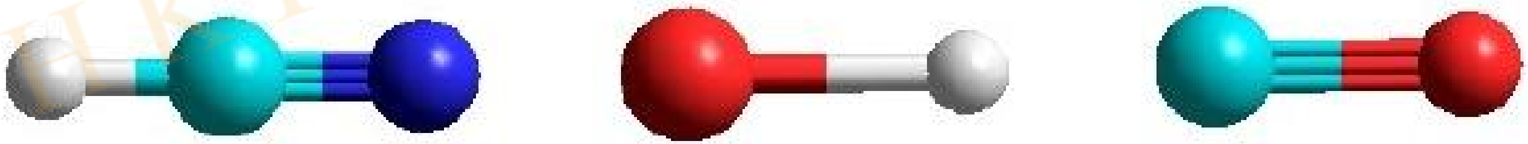
The point group of the water molecule is C_{2v}

Other linear molecules:

The top row of linear molecules all have a center of inversion (i) and so are $D_{\infty h}$.

$\boxed{D_{\infty h}}$

N_2 O_2 F_2 H_2

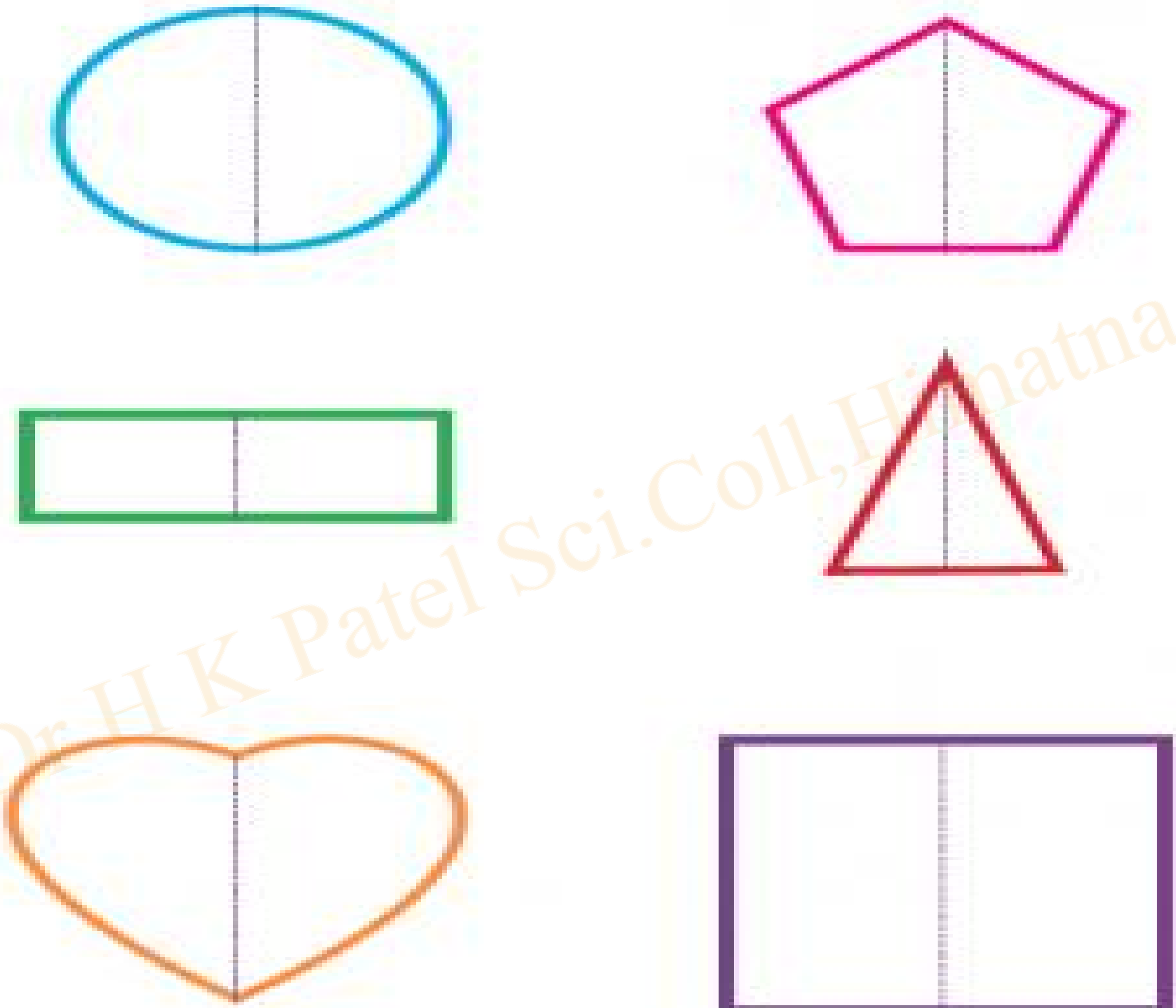


HC≡N HI C≡O

The bottom row have no i and so are $C_{\infty v}$

$\boxed{C_{\infty v}}$

All have a C_∞ axis



Symmetry Operation (સંમીતી ક્રિયા)

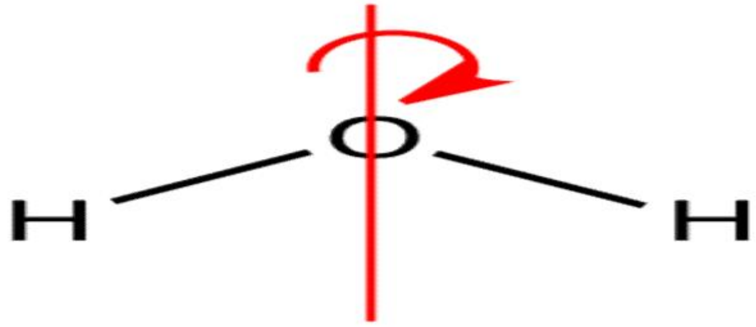
અણુ પર કરવામાં આવતી એવી ક્રિયા કે જે ક્રિયાને અંતે પ્રાપ્ત થતું નવું બંધારણ મુળ બંધારણને સમતુલ્ય,અભિજ્ઞ અને બંધબેસતું હોય તો કરવામાં આવતી ક્રિયાને સંમીતી ક્રિયા કહે છે.

Types of symmetry operatation

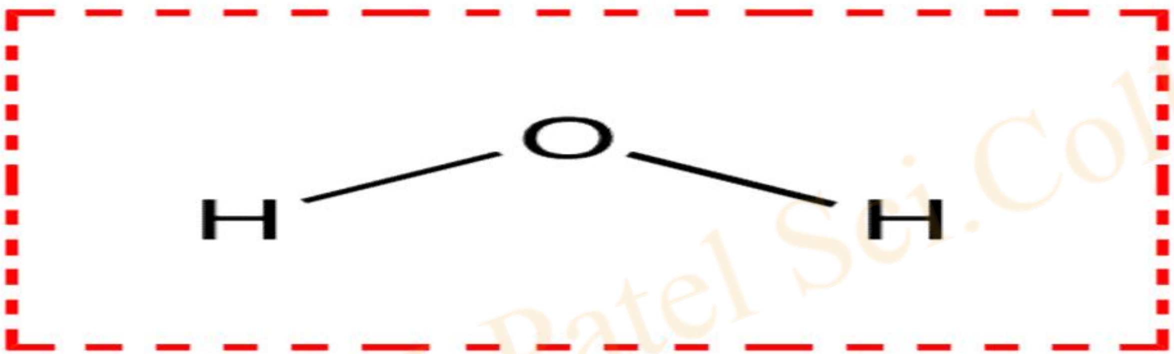
1. Rotation
2. Reflection
3. Rotation-Reflection
4. Inversion

1. Rotation (ભ્રમણ)

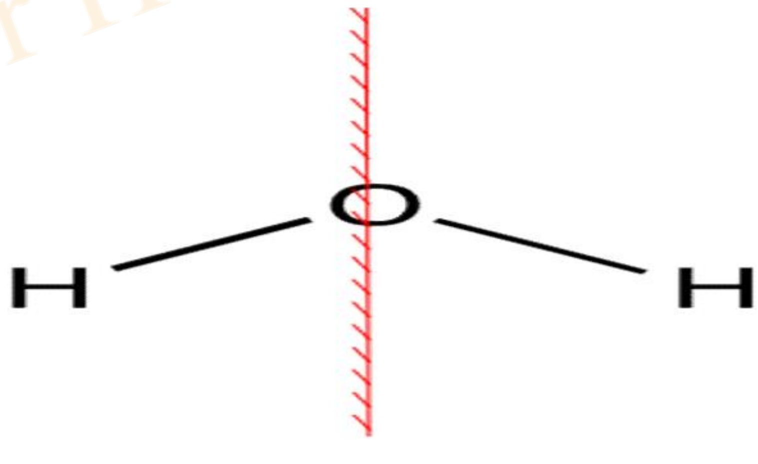
અણુમાં કોઈ એક અક્ષ વિચારી તે અક્ષની ફરતે અણુનું ઘડિયાળના કાંટાની વિરુધ્ધ દિશામાં કોઈ ચોક્કસ ખૂણે ભ્રમણ કરાવવાથી પ્રાપ્ત થતું નવું બંધારણ મુળ બંધારણને સમતુલ્ય,અભિજ્ઞ અને બંધબેસતું હોય તો કરવામાં આવતી ભ્રમણની ક્રિયાને સંમીતી ભ્રમણ કહે છે.



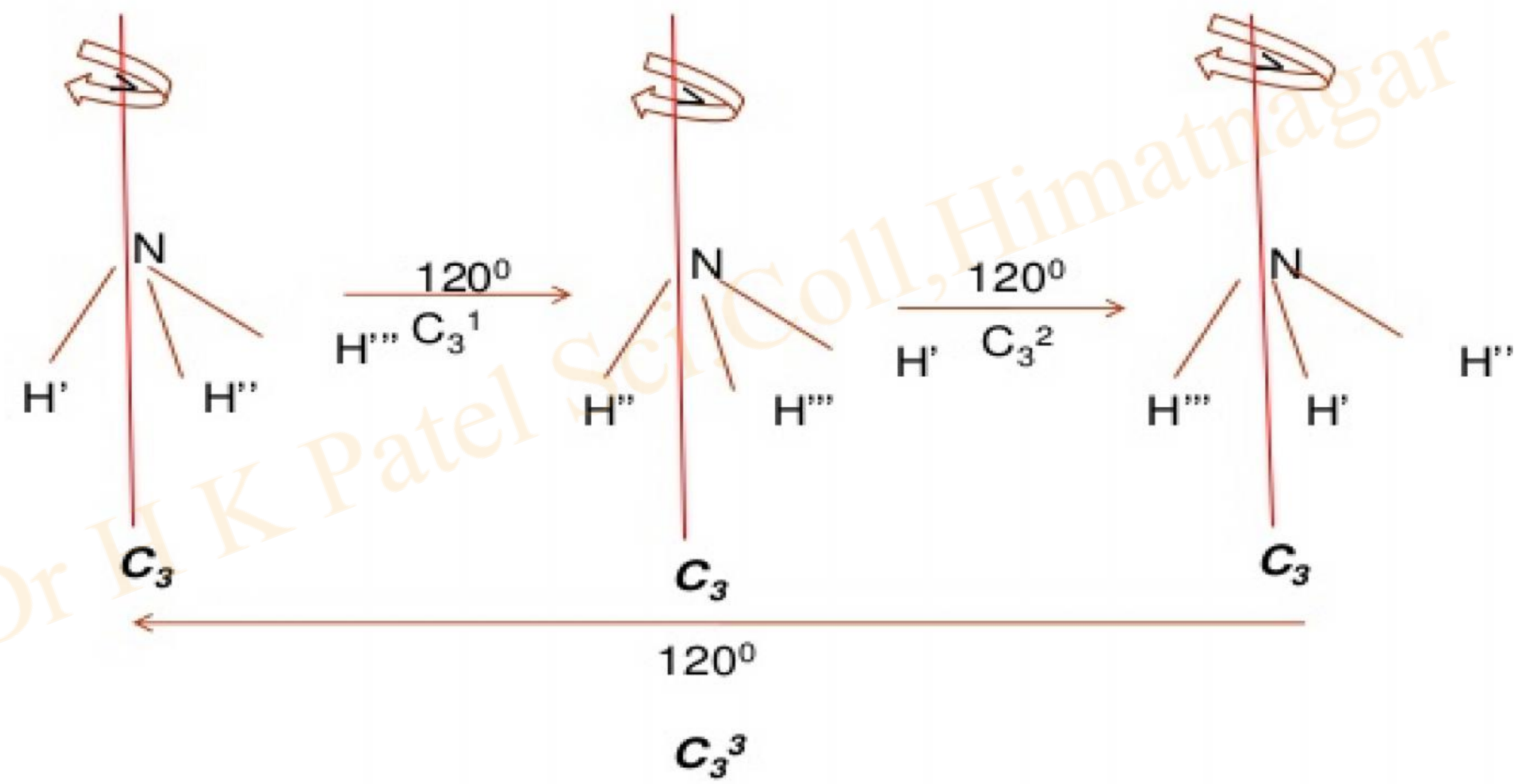
C_2



$\sigma(xy)$



$\sigma'(xz)$



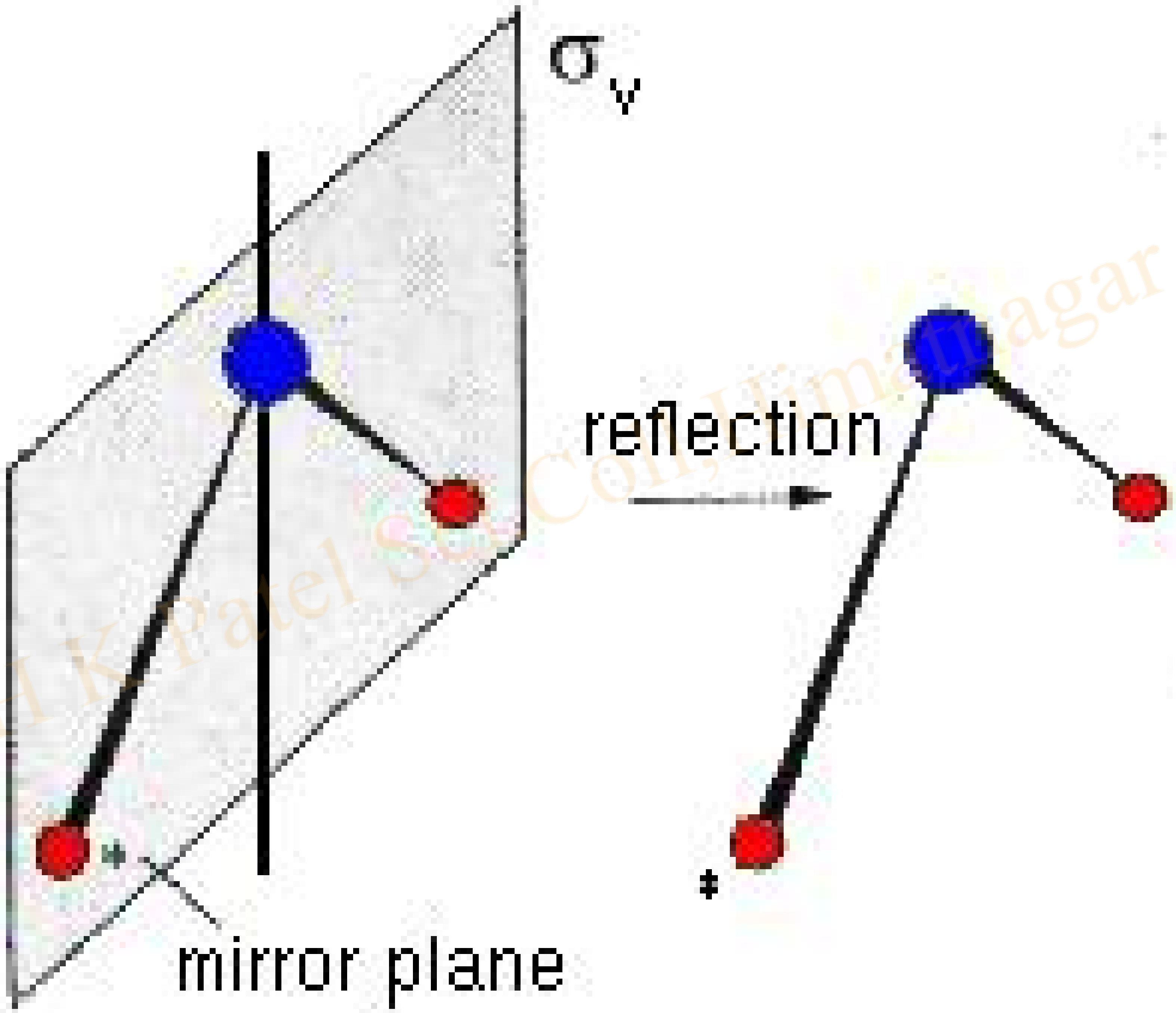
N
H'
H''
H'''
120⁰
C_3^1
C_3^2
C_3^3
C_3

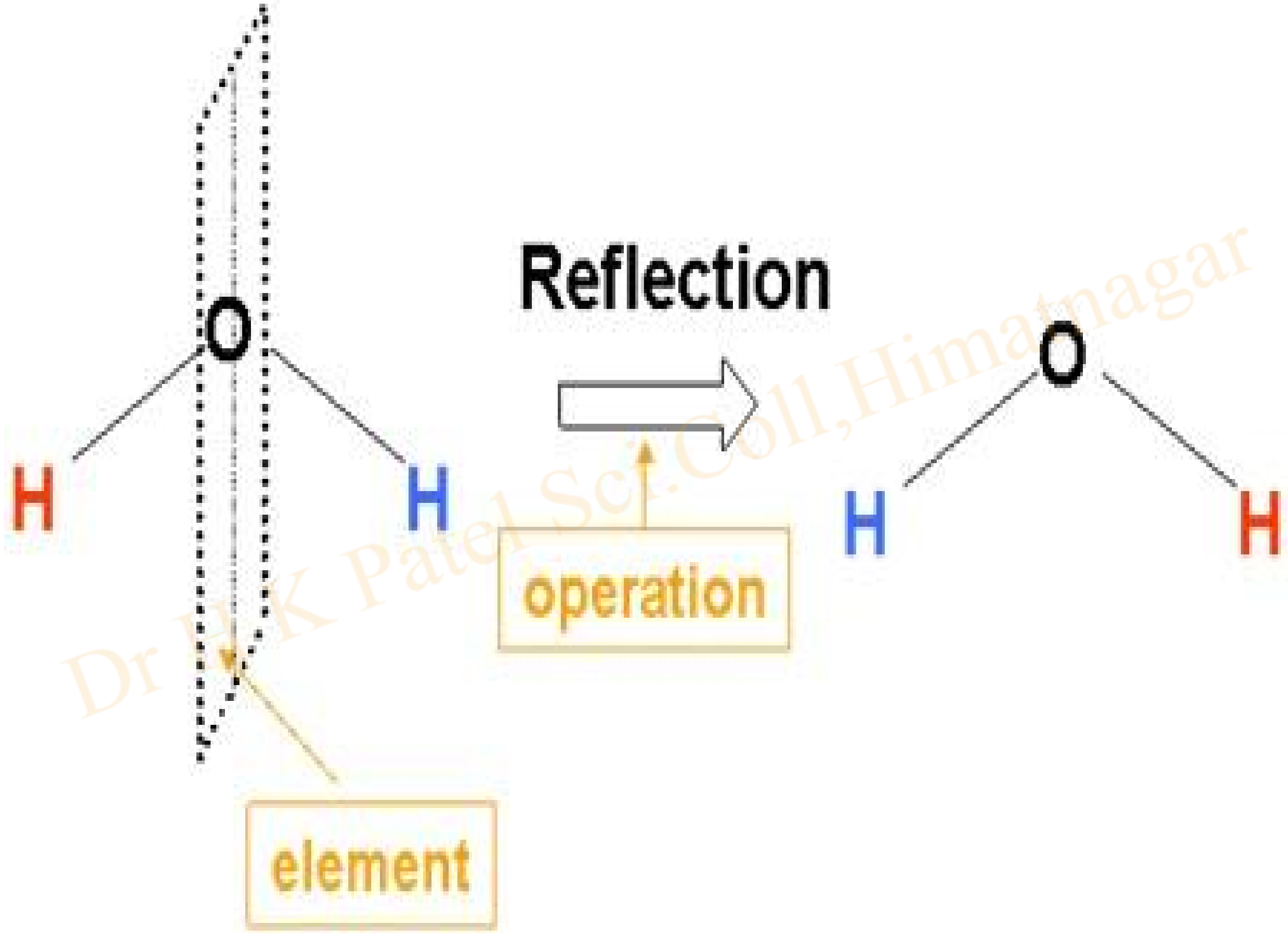
2. Reflection (પરાવર્તન)

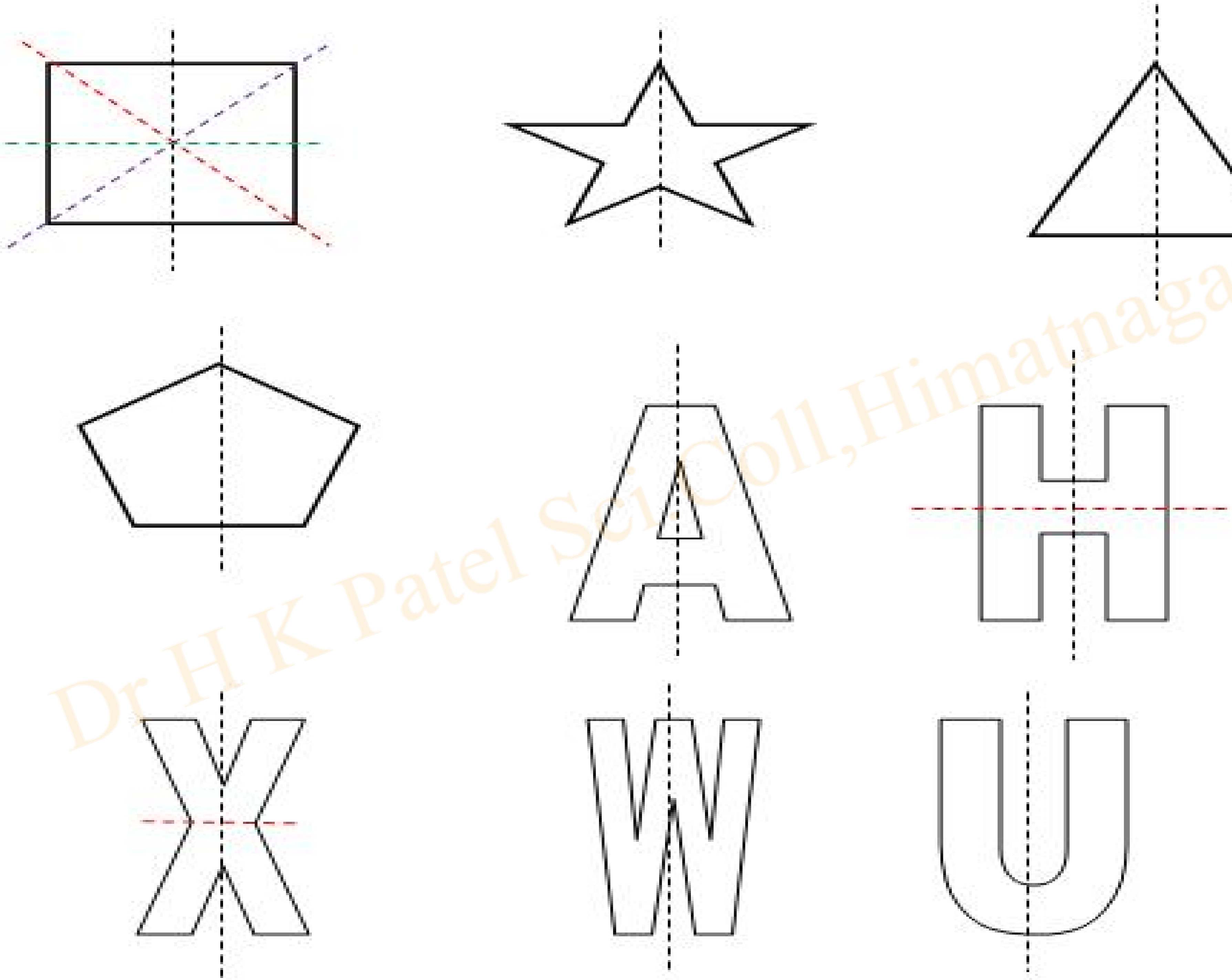
અણુમાંથી પસાર થતા સમતલ વડે અણુના બે સરખા ભાગ થતા હોય અને એક ભાગનું પરાવર્તન બીજા ભાગ વડે લેતા પ્રાપ્ત થતું નવું બંધારણ મુળ બંધારણને સમતુલ્ય,અભિજ્ઞ અને બંધબેસતું હોય તો કરવામાં આવતી પરાવર્તનની ક્રિયાને સંમીતી પરાવર્તન કહે છે.

અથવા

અણુમાંથી પસાર થતા સમતલ વડે અણુના બે સરખા ભાગ થતા હોય અને બન્ને ભાગ એકબીજાના આરસી પ્રતિબિંબ હોયતો તે સમતલને સંમીતી સમતલ કહે છે અને કરવામાં આવેલ ક્રિયાને સંમીતી પરાવર્તન કહે છે.

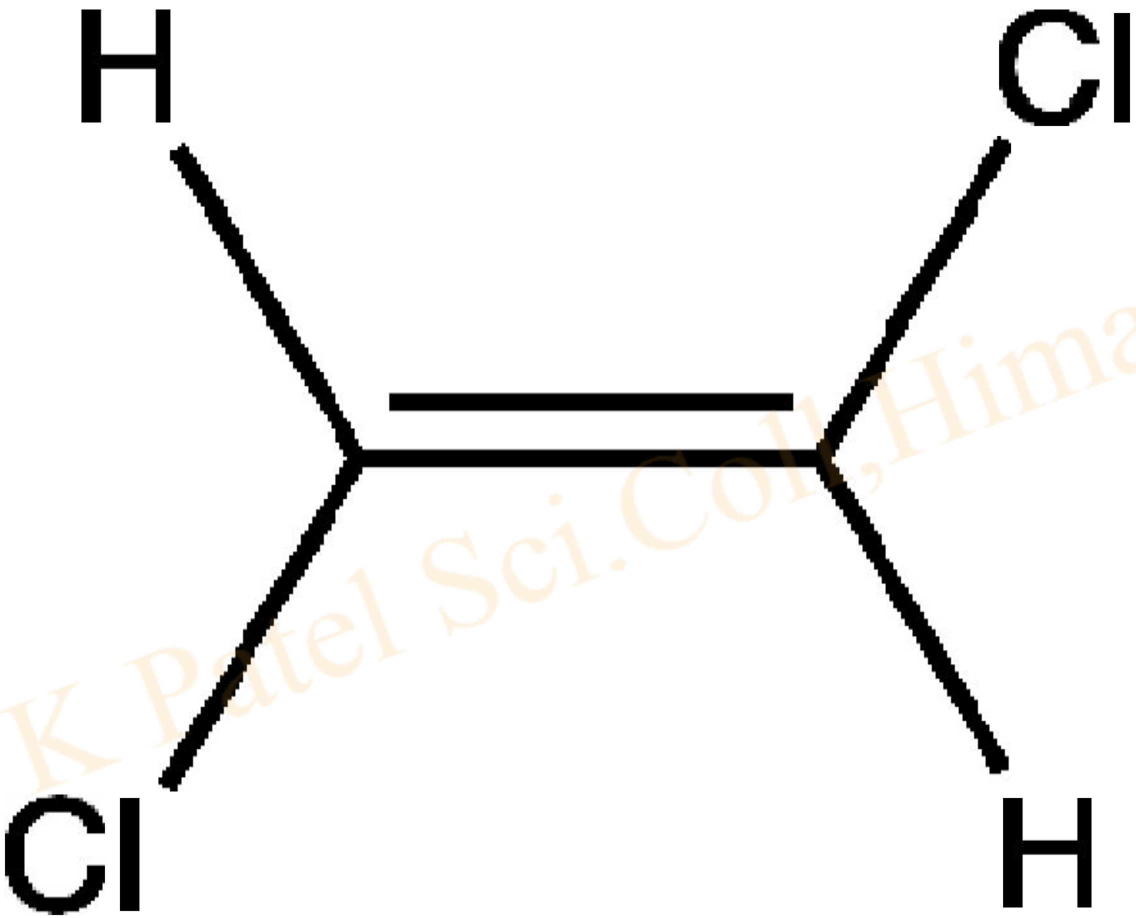

σv
reflection
mirror plane

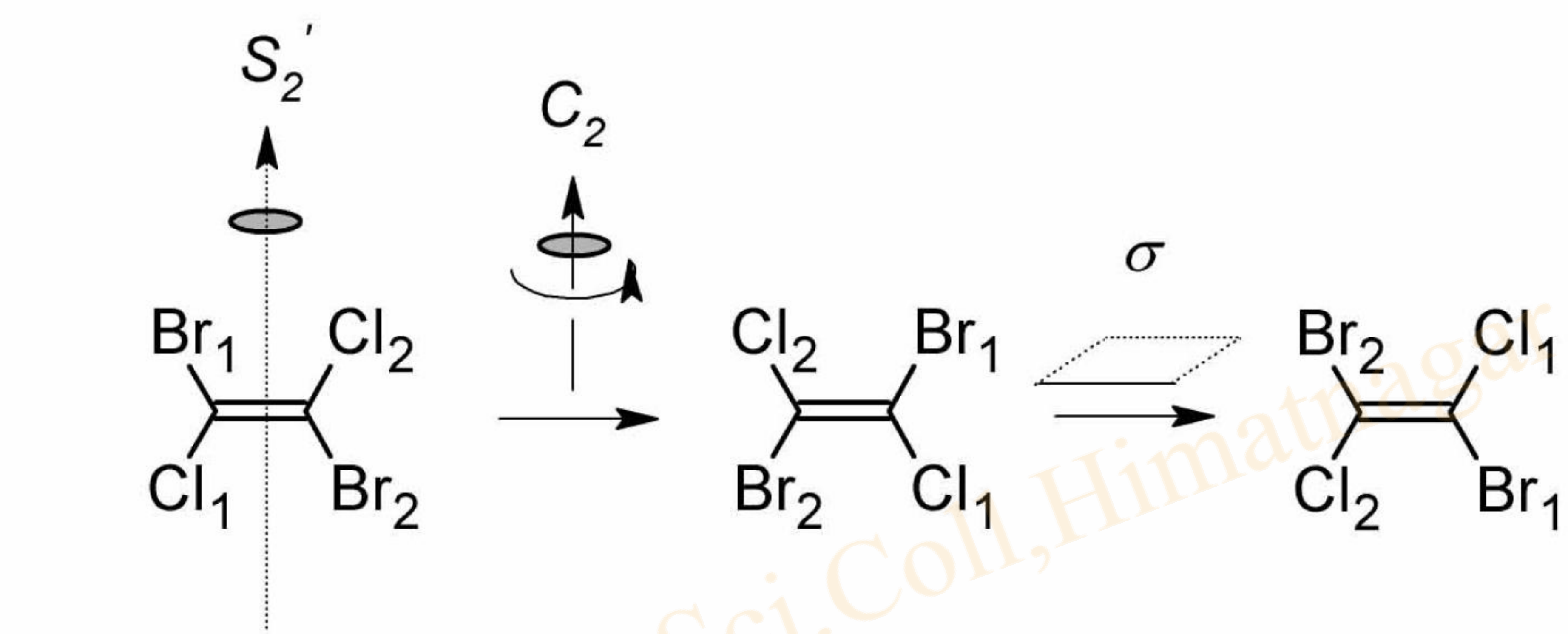

O
H
H
Reflection
operation
element
O
H
H

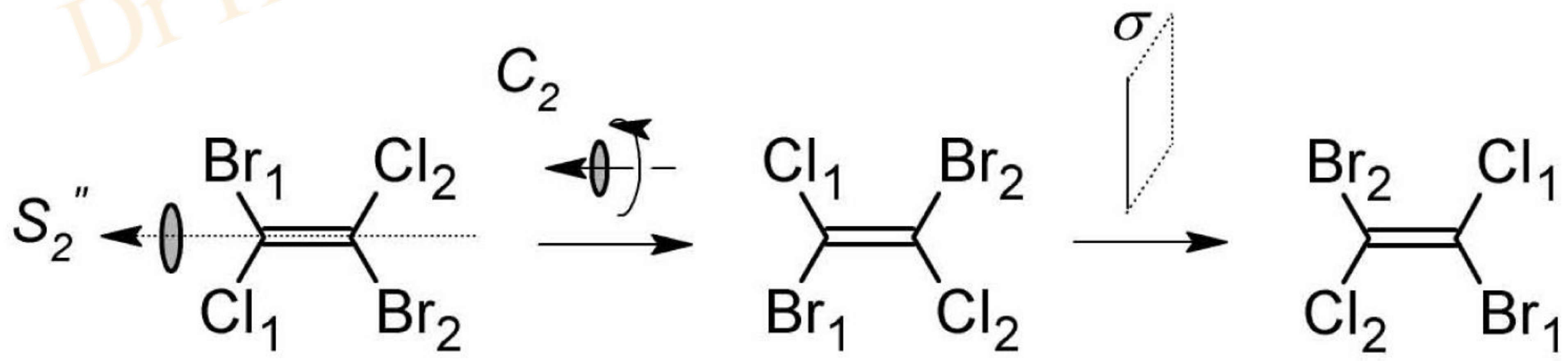


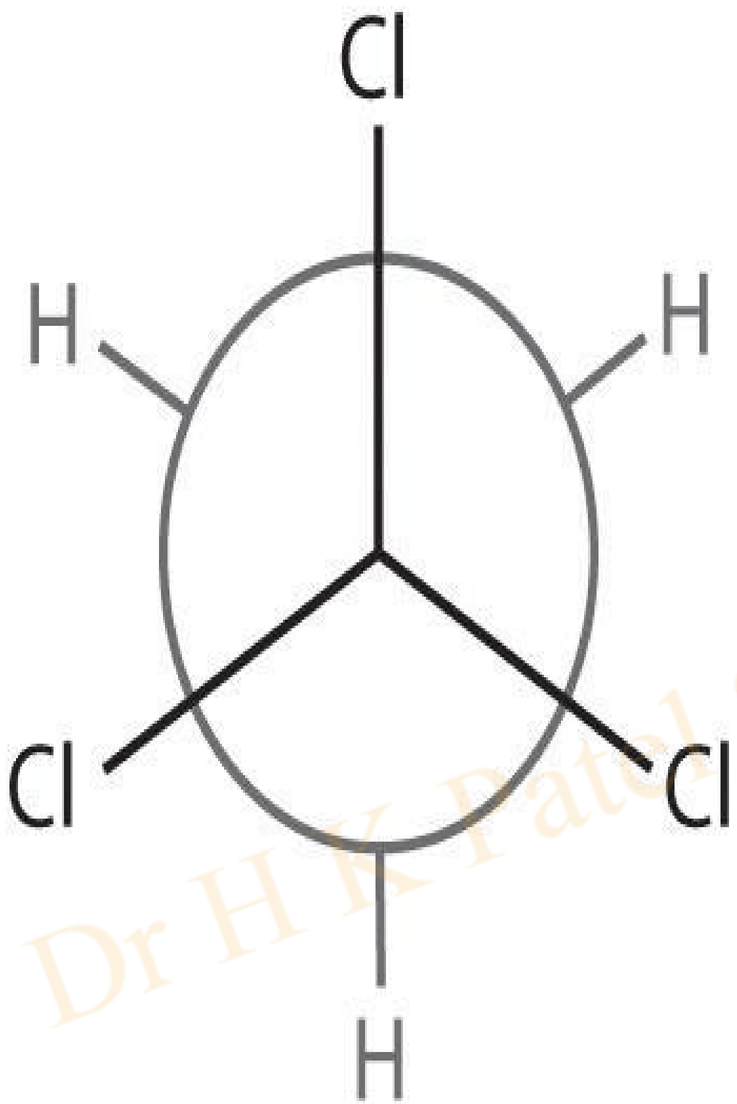
3. Rotation-Reflection (ભ્રમણ-પરાવર્તન)

અણુમાં કોઈ એક અક્ષ વિચારી તે અક્ષની ફરતે અણુનું ઘડિયાળના કાંટાની વિરુધ્ધ દિશામાં કોઈ ચોક્કસ ખૂણે ભ્રમણ કરાવી તે ભ્રમણ અક્ષ ને લંબ સમતલમાં અણુનું પરાવર્તન લેતા પ્રાપ્ત થતું નવું બંધારણ મુળ બંધારણને સમતુલ્ય,અભિજ્ઞ અને બંધબેસતું હોય તો કરવામાં આવતી ભ્રમણ-પરાવર્તન ની ક્રિયાને સંમીતી ભ્રમણ-પરાવર્તન કહે છે.

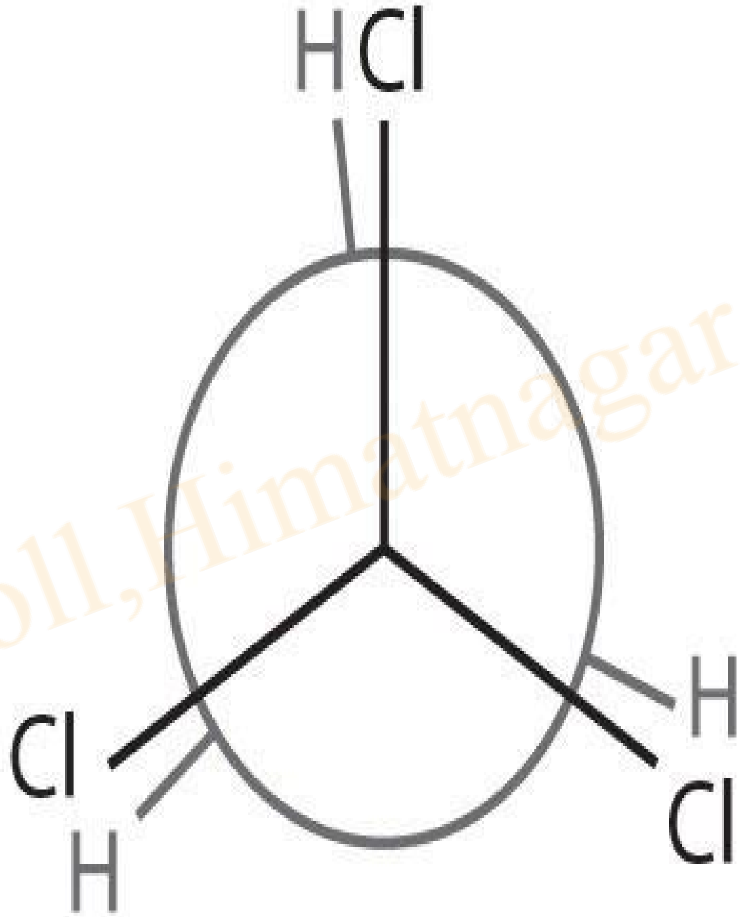

H
Cl
Cl
H


S2'
C2
σ
Br1 Cl2
Cl1 Br2
Cl2 Br1
Br2 Cl1
Br2 Cl1
Cl2 Br1


S2''
C2
σ
Br1 Cl2
Cl1 Br2
Cl1 Br2
Br1 Cl2
Br2 Cl1
Cl2 Br1



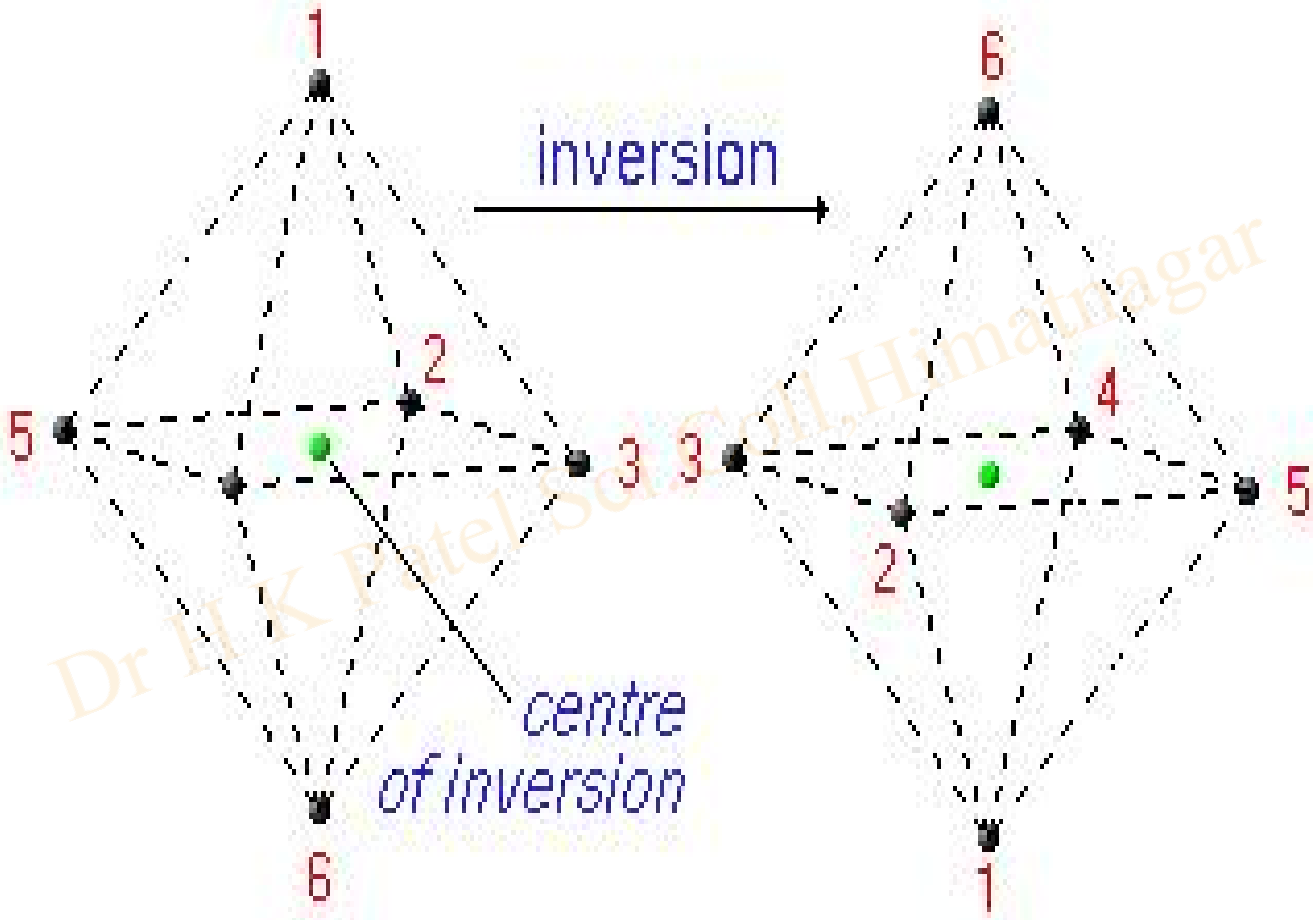
Staggered



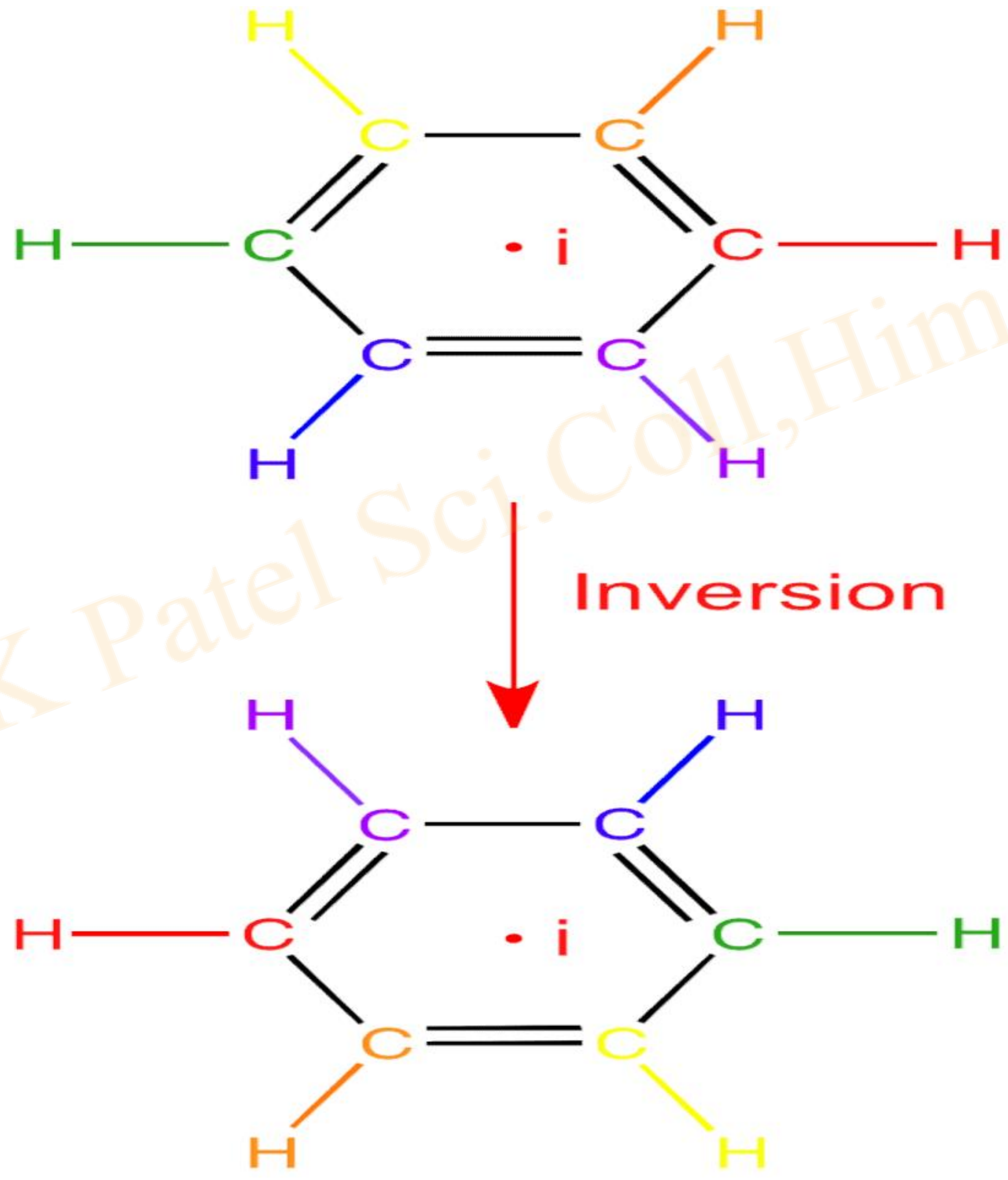
Eclipsed

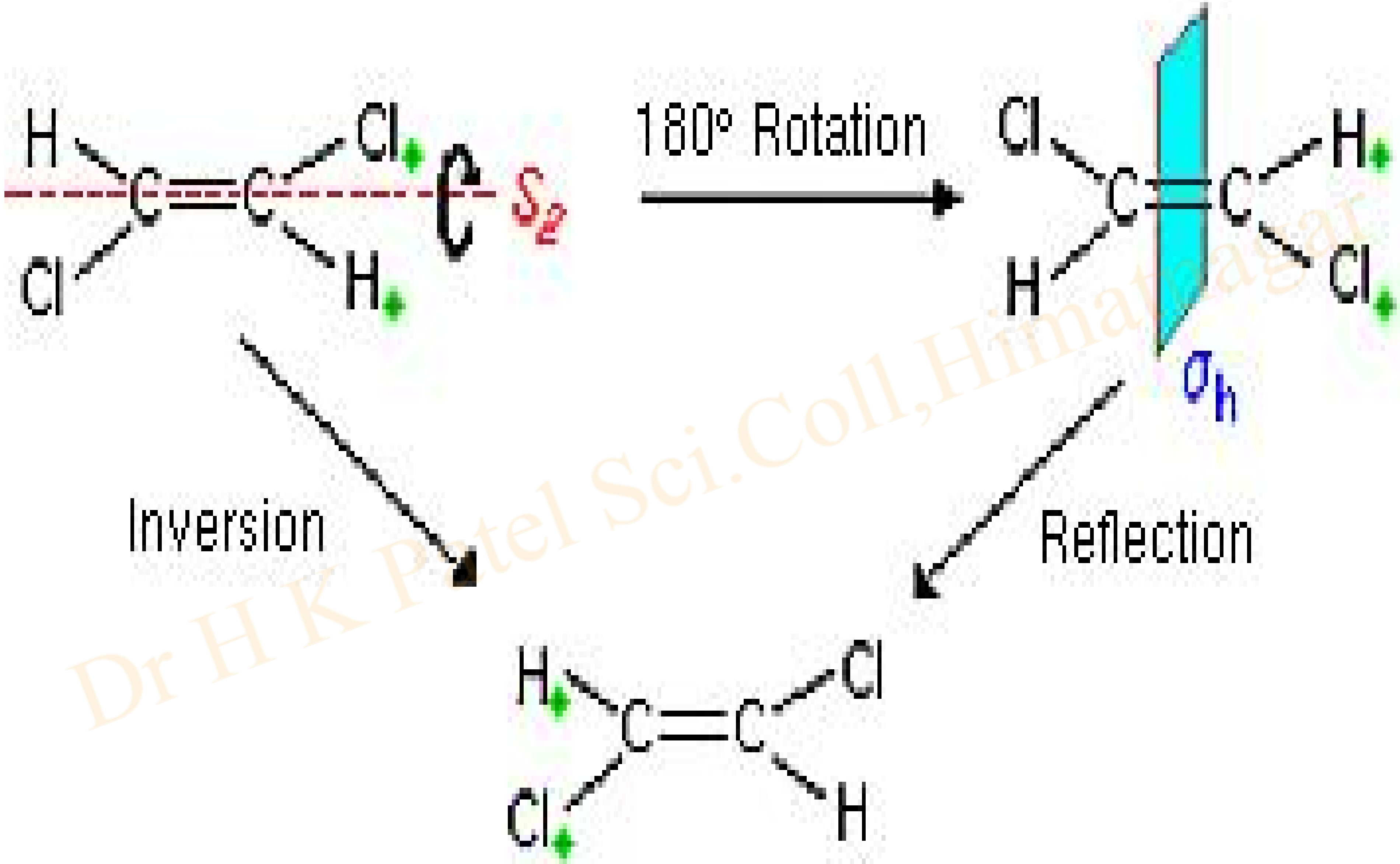
4. Inversion (ઉત્ક્રમણ કેન્દ્ર)

અણુમાં આવેલ બધાજ પરમાણુનું કેન્દ્રમાંથી ઉત્ક્રમણ લેતા સામ-સામેના છેડે સમાન અંતરે સમાન પરમાણું પ્રાપ્ત થાયતો તે અણુ ઉત્ક્રમણ કેન્દ્ર (સંમીત્તા કેન્દ્ર) ધરાવે છે તેમ કહેવાય.


1
inversion
6
2
4
5
3
3
5
2
centre
of inversion
6
1

Inversion Centre
Benzene



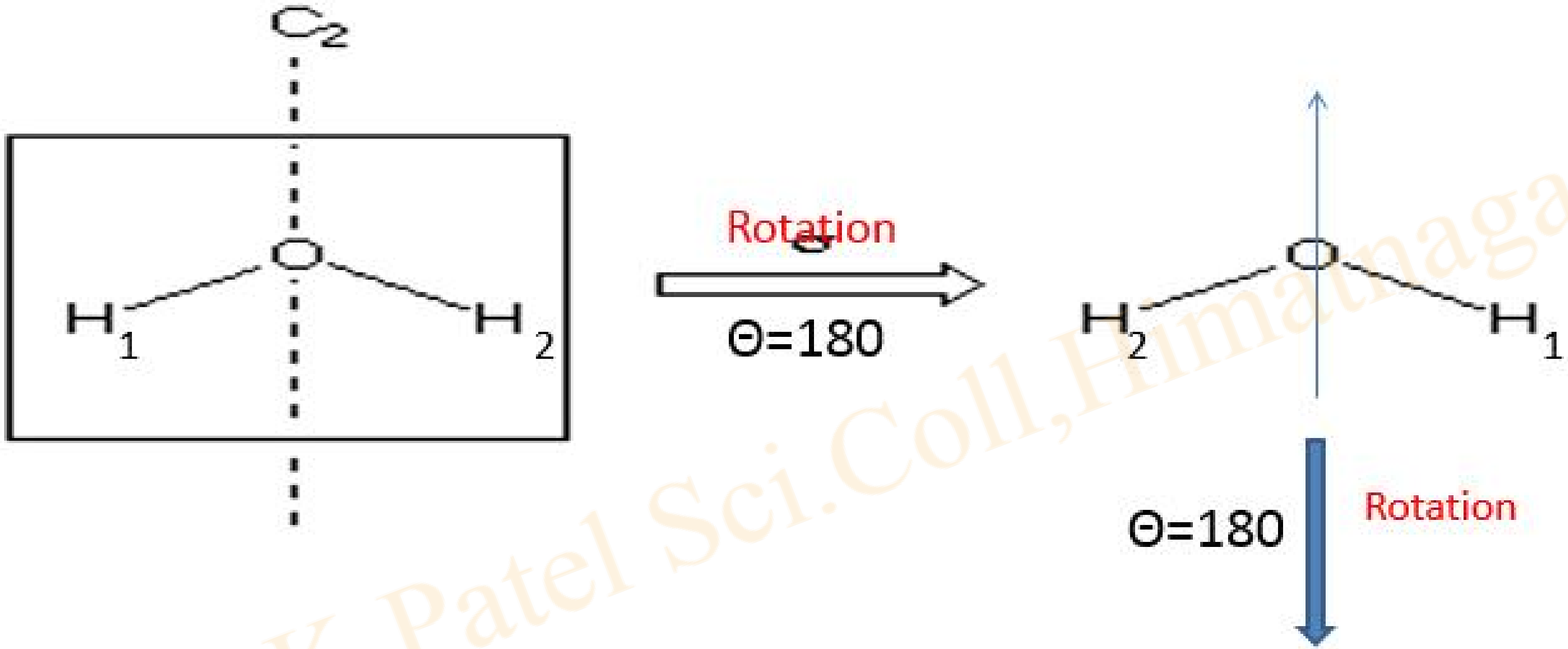

S_2
180° Rotation
σ_h
Inversion
Reflection

Symmetry elements and types

(સમિતિ તત્વો અને તેના પ્રકાર)

Sr. No	Types of symmetry elements	Symbol
1	Proper axis of Rotation (યોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ)	C_n
2	Plane of Symmetry (સંમીતી સમતલ)	σ (Sigma)
3	Improper axis of Rotation Or Rotation-Reflection axis of symmetry (અયોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ)	S_n
4	Inversion centre Or Centre of symmetry (ઉત્ક્રમણ કેન્દ્ર / સંમીતતા કેન્દ્ર)	i
5	Identity (તદ્દેવ સ્થિતિ)	E

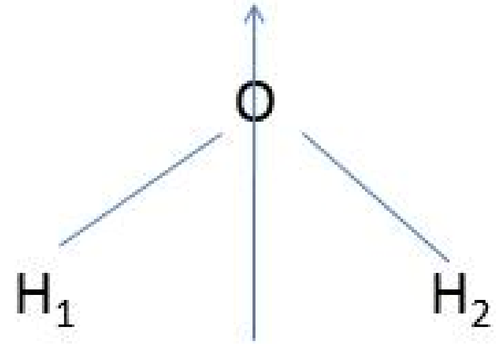
1. Proper axis of Rotation(યોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ)



$$n=360/\theta \qquad n=360/180$$

OR

$$\theta = 360/n$$



An *n-fold* rotation is a symmetry operation that leaves a molecule apparently unchanged after rotation by 360°/*n*.

The symmetry element is an *n-fold axis of rotation*, C_n

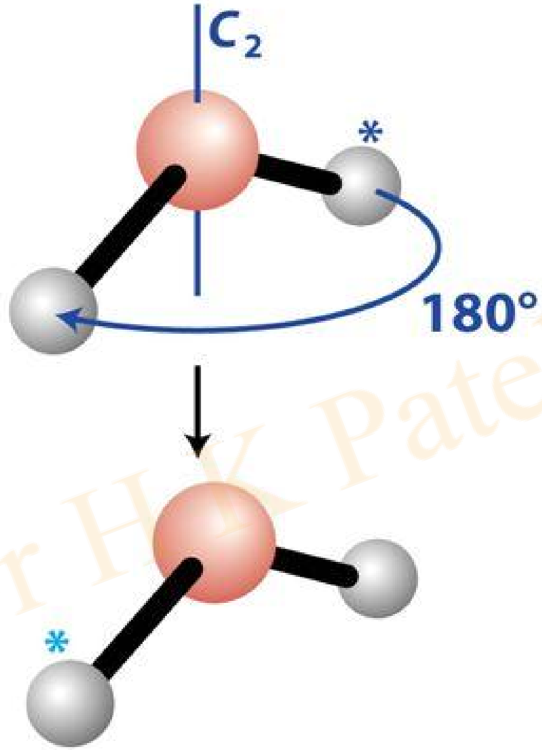
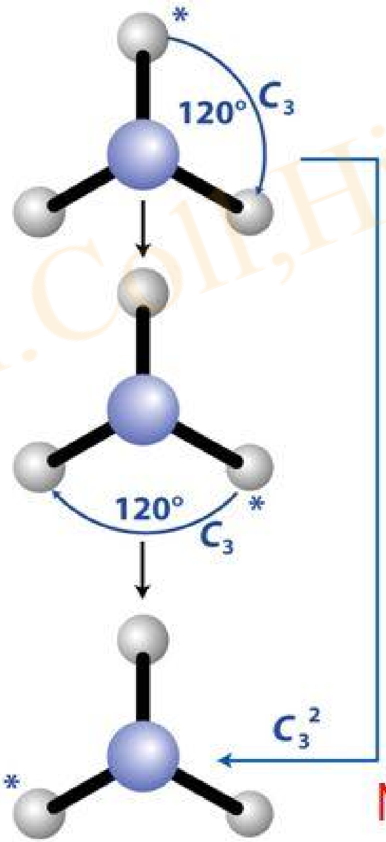


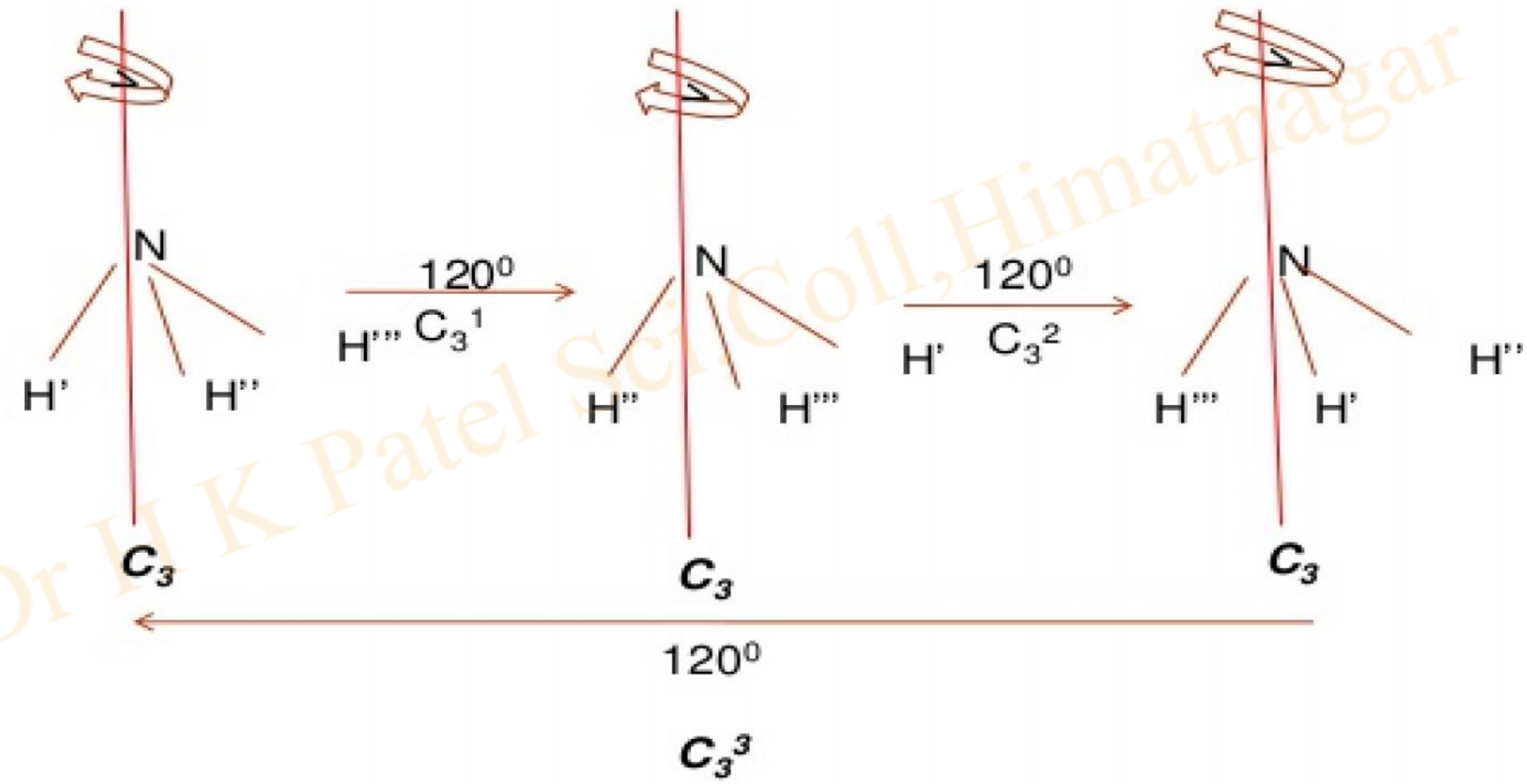
Figure 7-1
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition

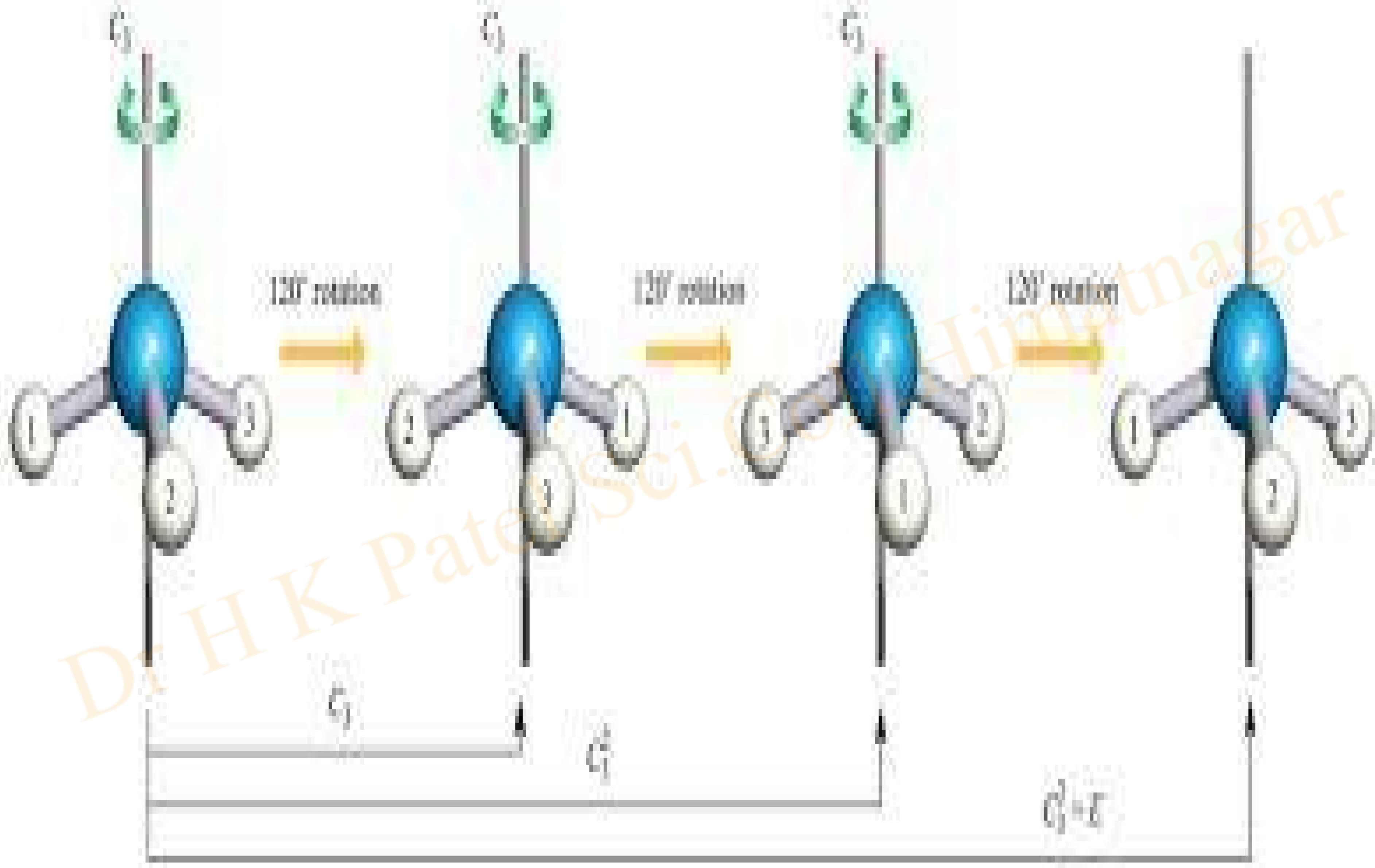


BH_3

Note that $C_3^3 = E$

Figure 7-2
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition

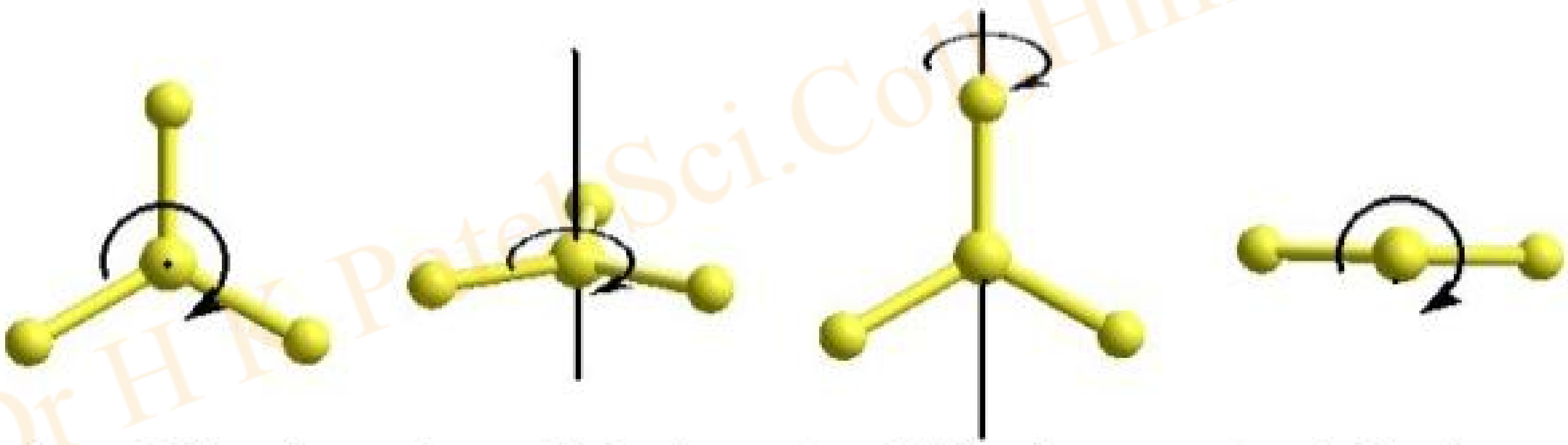

N
H'
H''
H'''
120⁰
C_3^1
C_3^2
C_3
120⁰
C_3^3


C_3
120° rotation
120° rotation
120° rotation
C_3
C_3^2
$C_3^3 = E$

Rotational axes of BF_3

principal axis
(highest value of C_n)

C_3 $\quad$ C_3 $\quad$ C_2 $\quad$ C_2

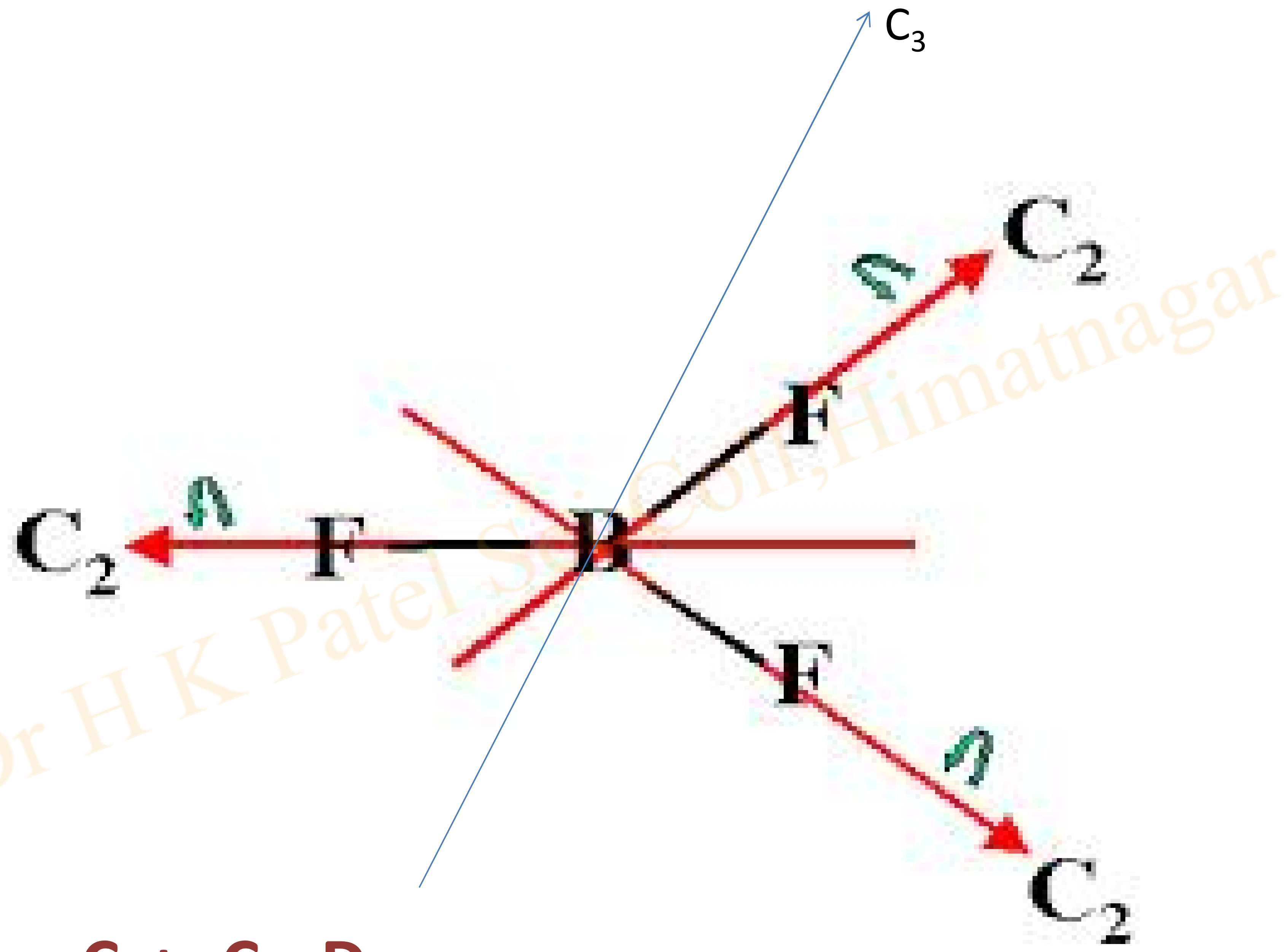


three-fold axis viewed from above	three-fold axis viewed from the side	two-fold axis viewed from the side	two-fold axis viewed from above

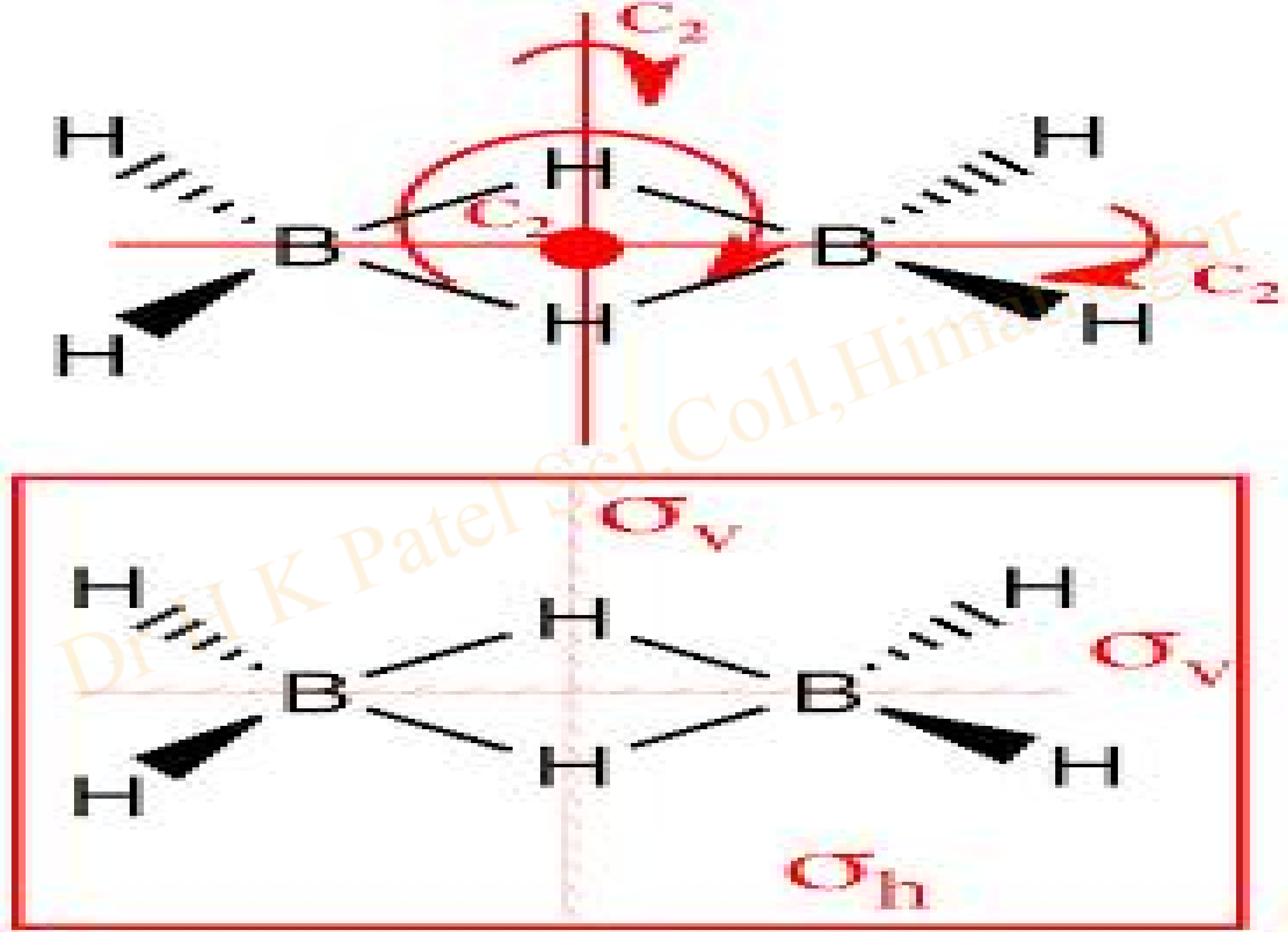
Note: there are 3 C_2 axes

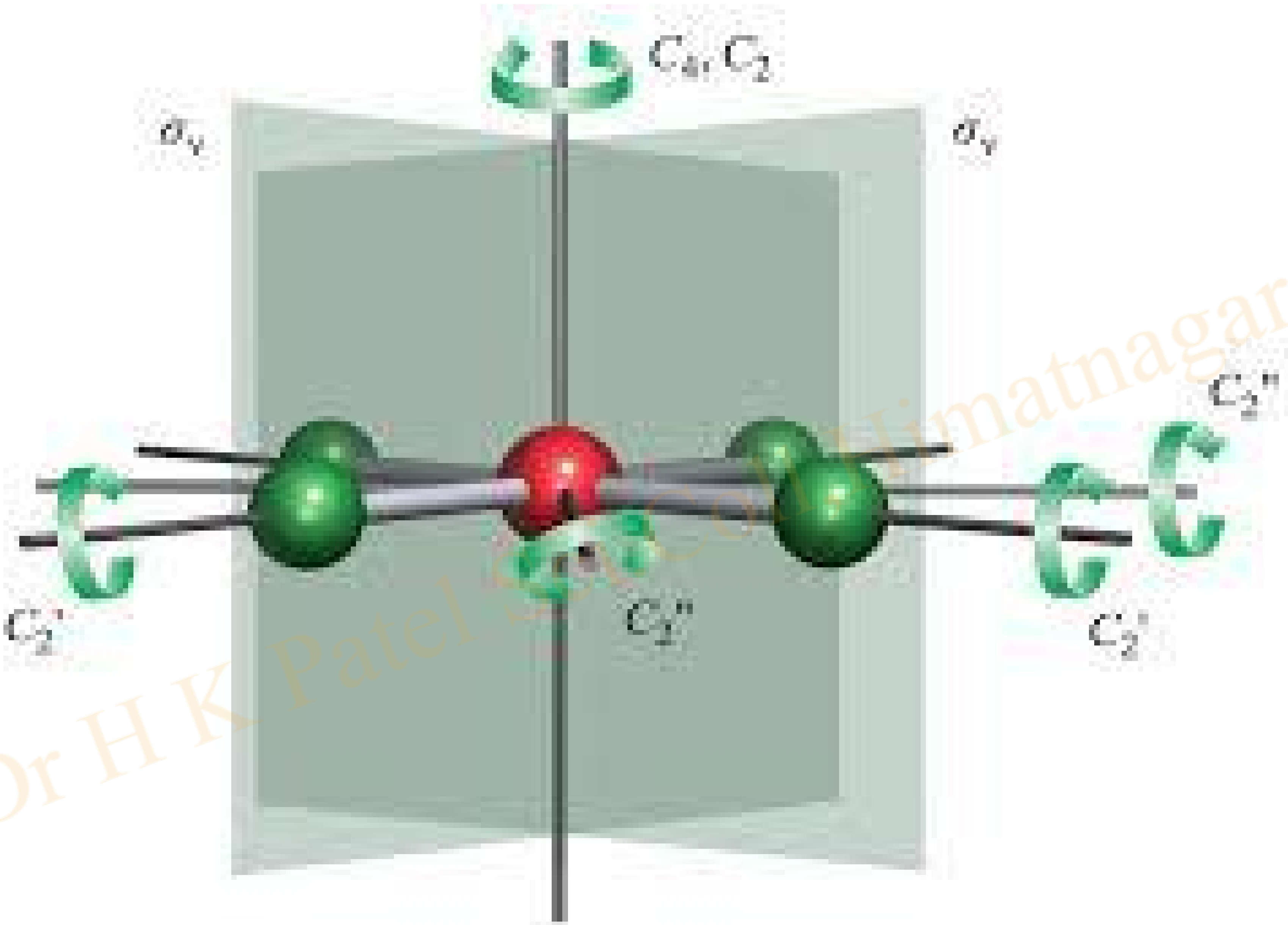
મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષ

1. અણુમાં એક કરતા વધારે ભ્રમણ અક્ષ આવેલ હોય ત્યારે જે અક્ષનો ફોલ્ડ વધુ હોય તે અક્ષ મુખ્ય ગણાય.
2. એક સરખા ફોલ્ડ ધરાવતી એક કરતા વધરે અક્ષ હોય ત્યારે જે અક્ષ વધુ પરમાણુંમાંથી પસાર થતી હોય તે અક્ષ મુખ્ય ગણાય.
3. અણુમાં મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષ જેટલા ફોલ્ડની હોય તેટલી સંખ્યાંની C_2 અક્ષ તે મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષને લંબ હોય તો મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષને C_n ને બદલે D_n થી દર્શાવામાં આવે છે.

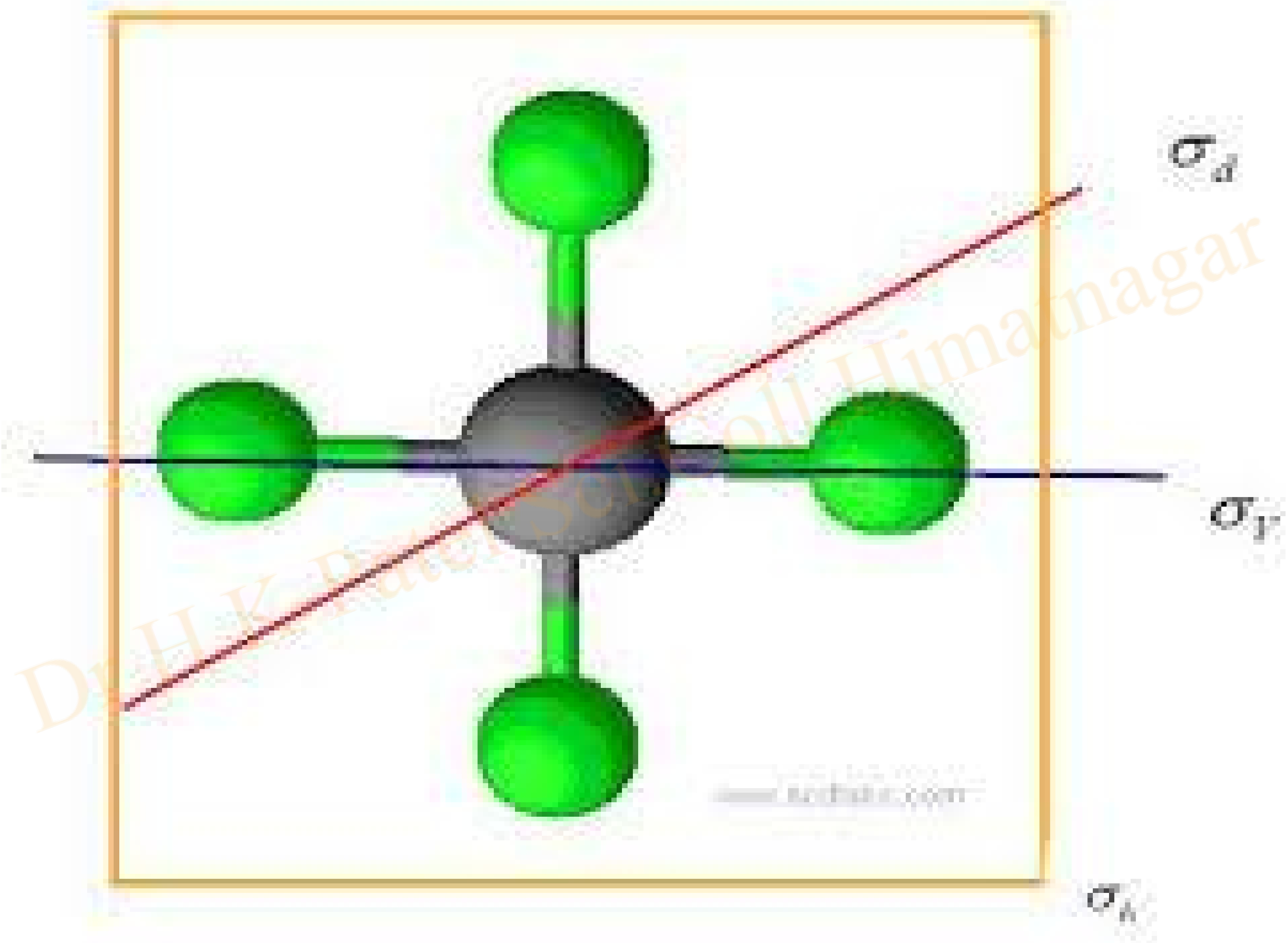


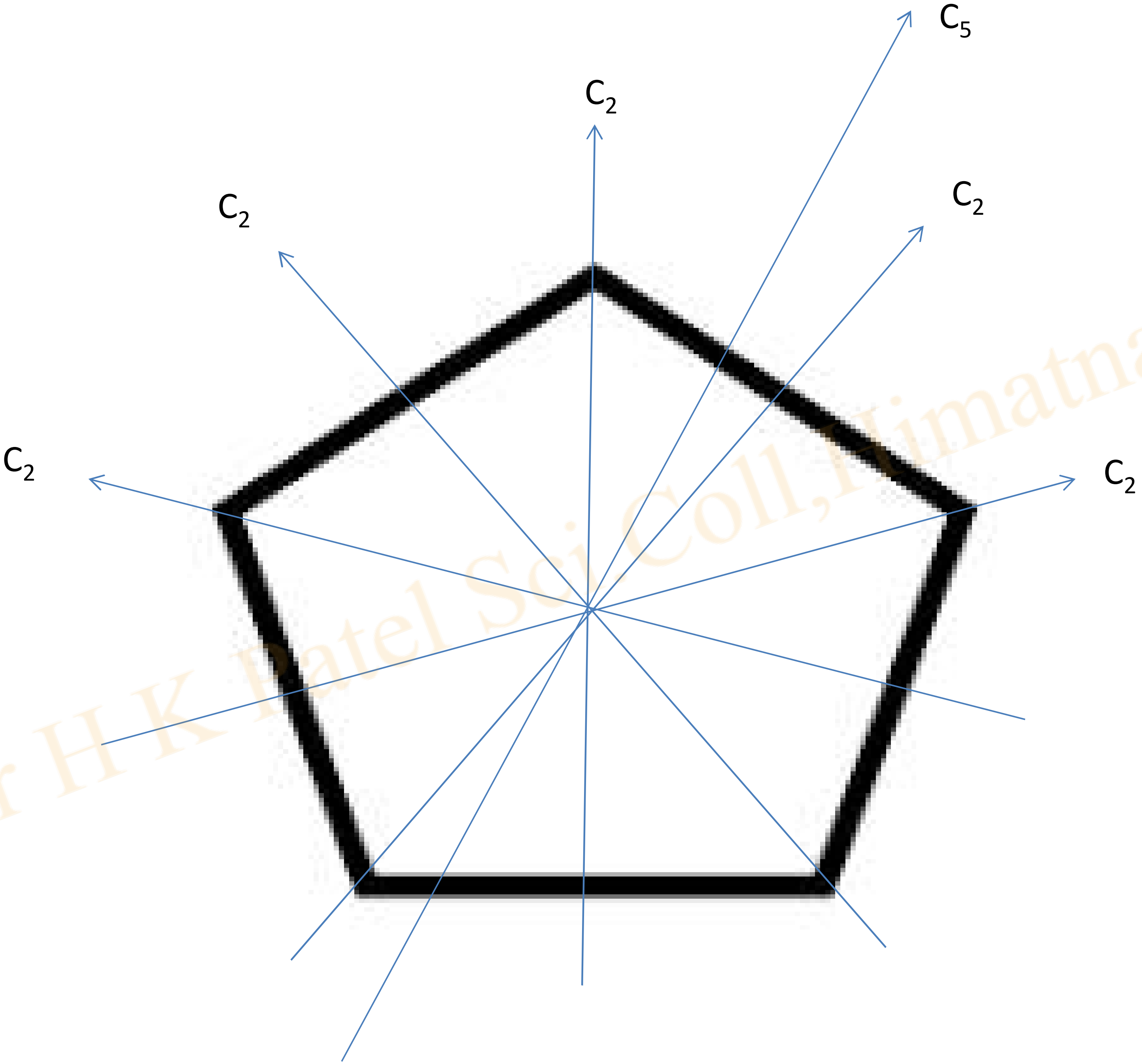
$C_n + nC_2 = D_n$ $\quad$ $C_3 + 3C_2 = D_3$

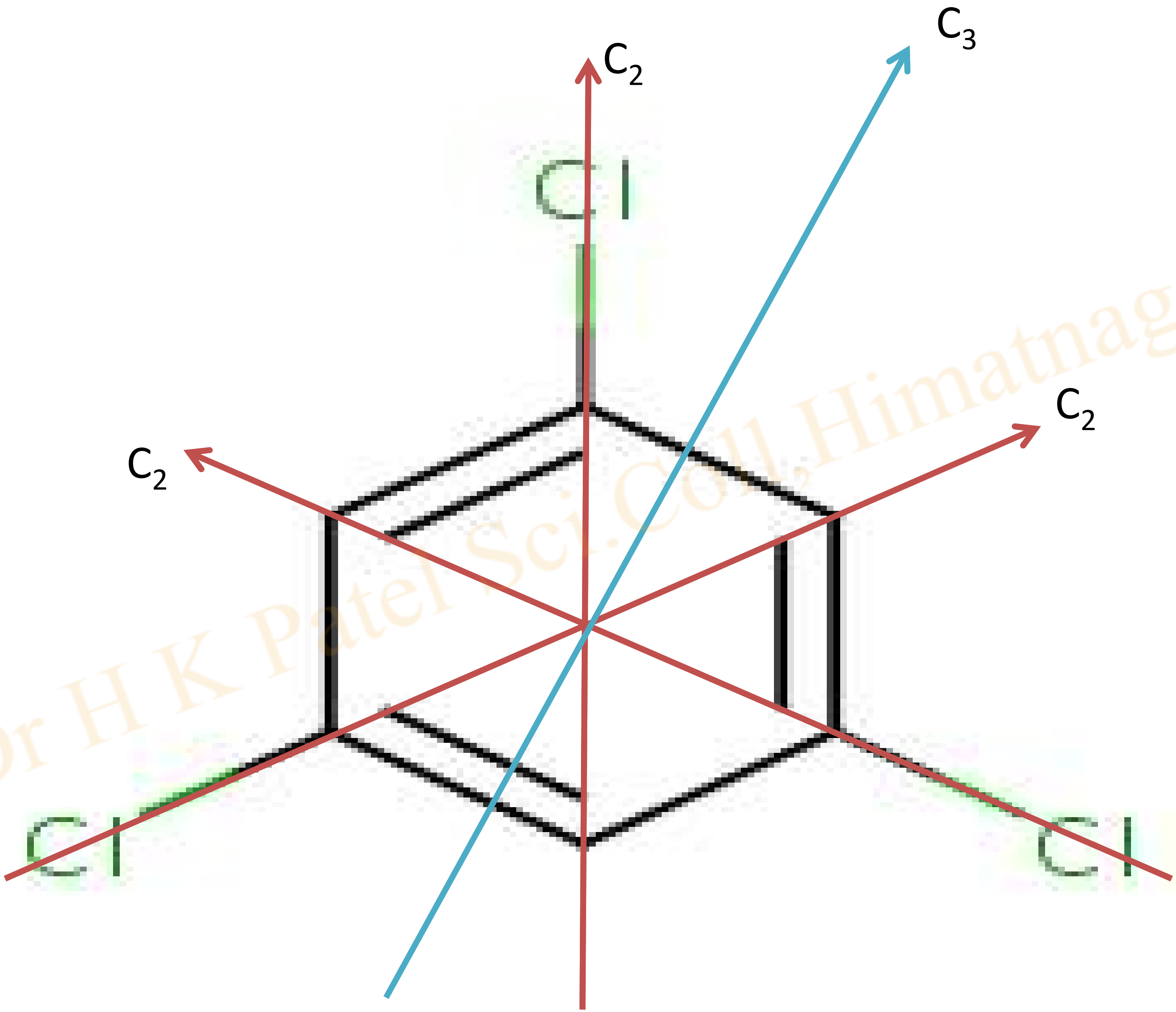

C2
H
H
B
H
C2
B
H
H
H
C2
σv
H
H
B
H
B
σv
H
H
H
σh



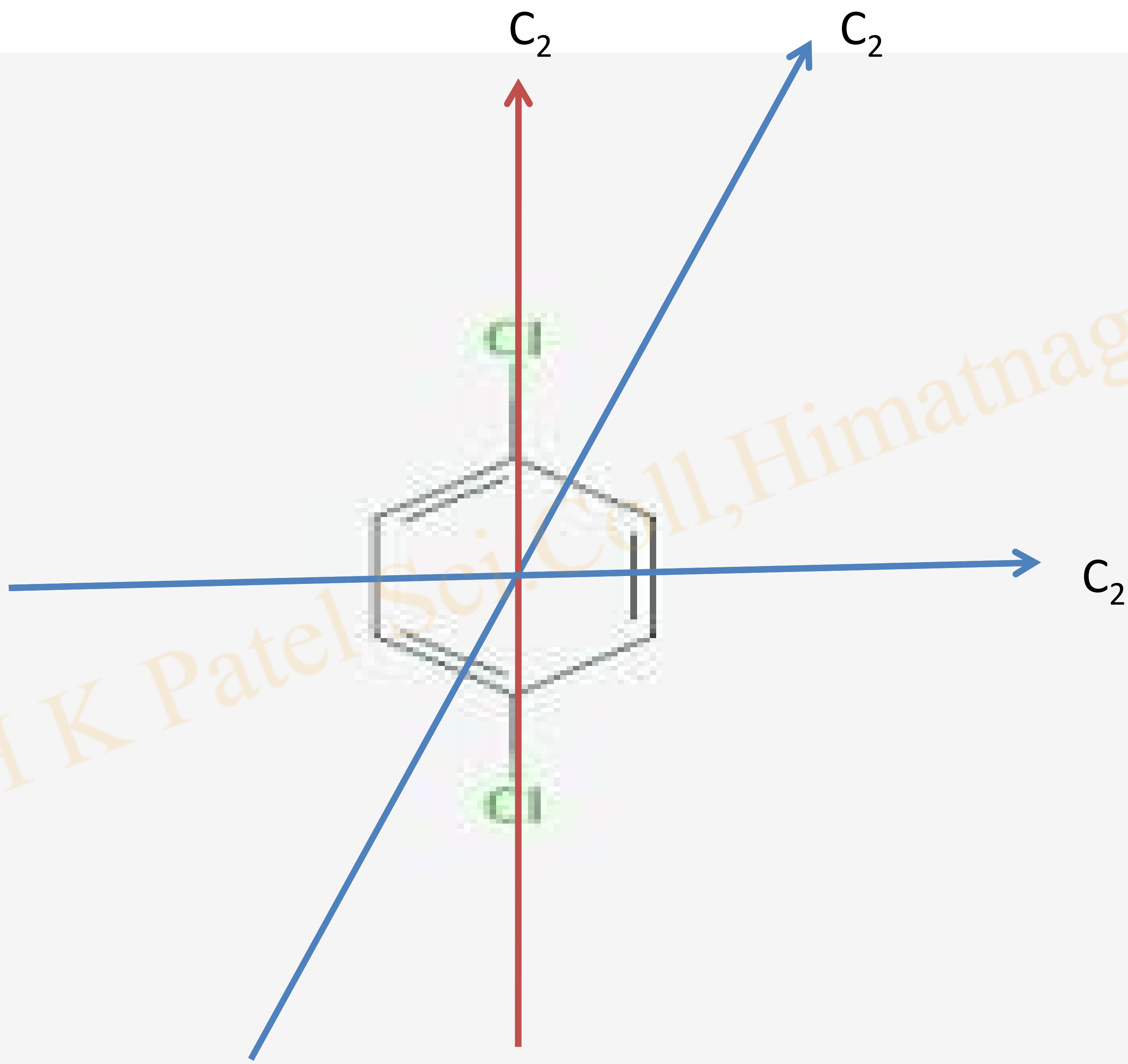
(b)


σ_d
σ_v
σ_h

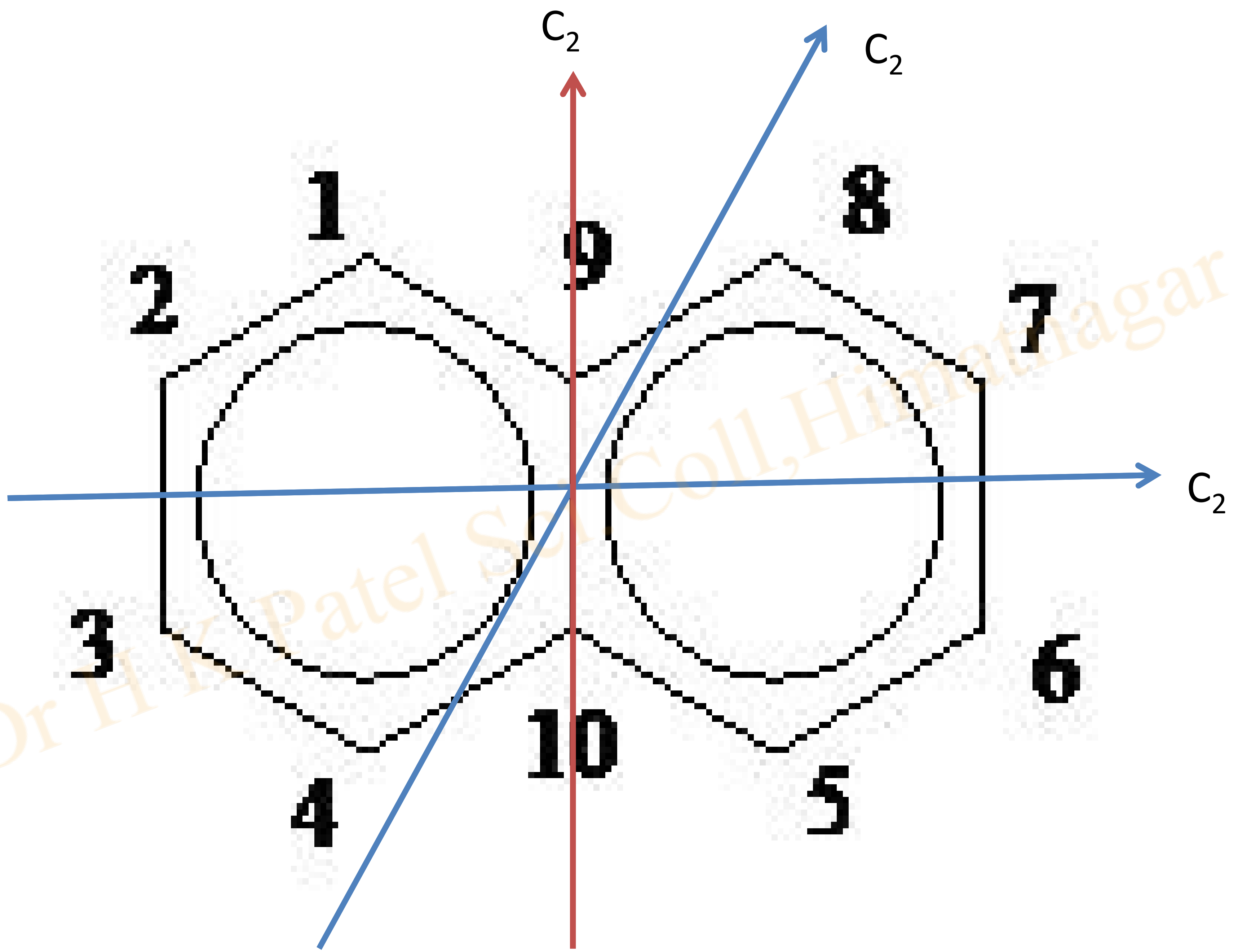

C5
C2
C2
C2
C2
C2



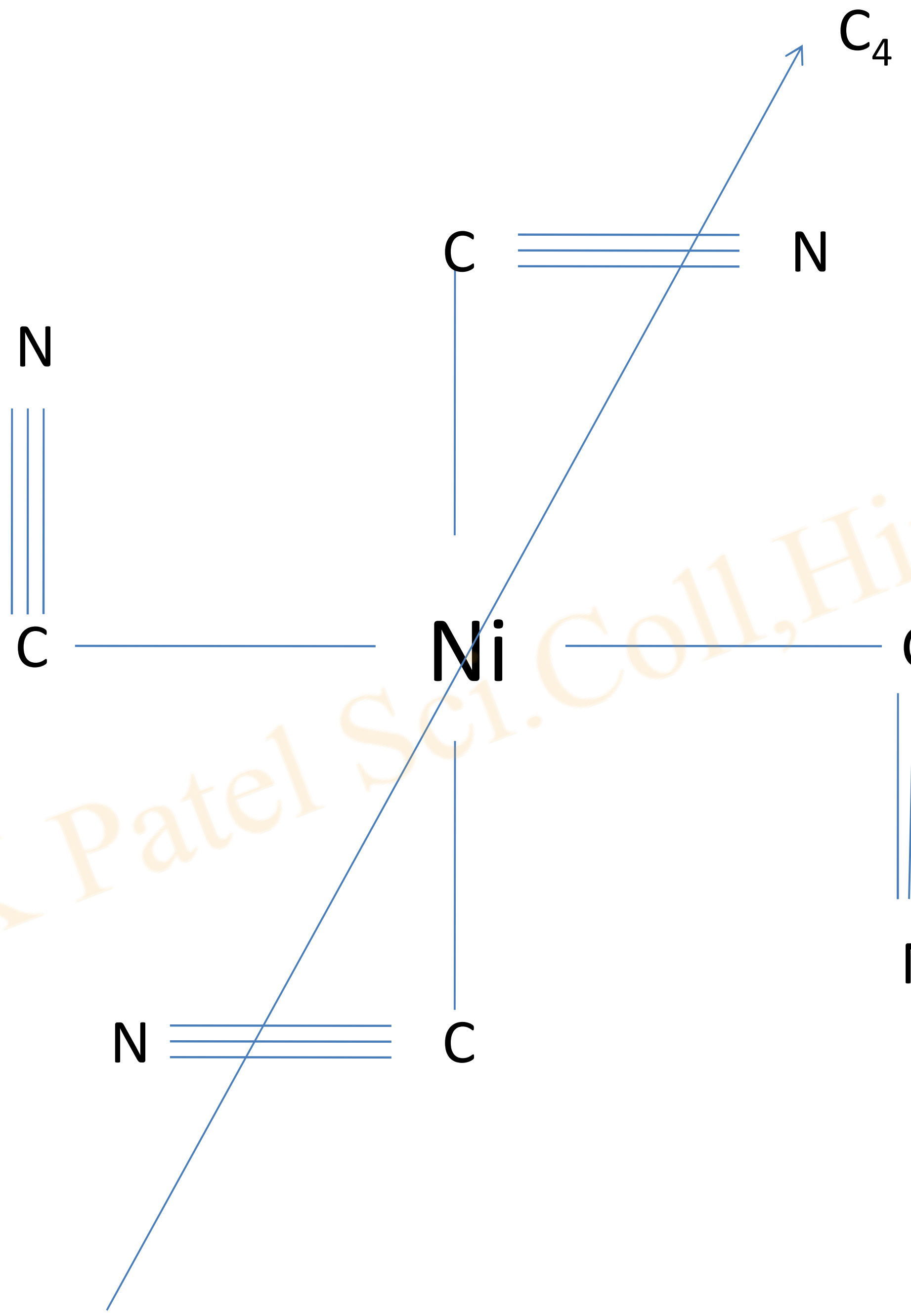
C_2
C_3
C_2
C_2
Cl
Cl
Cl



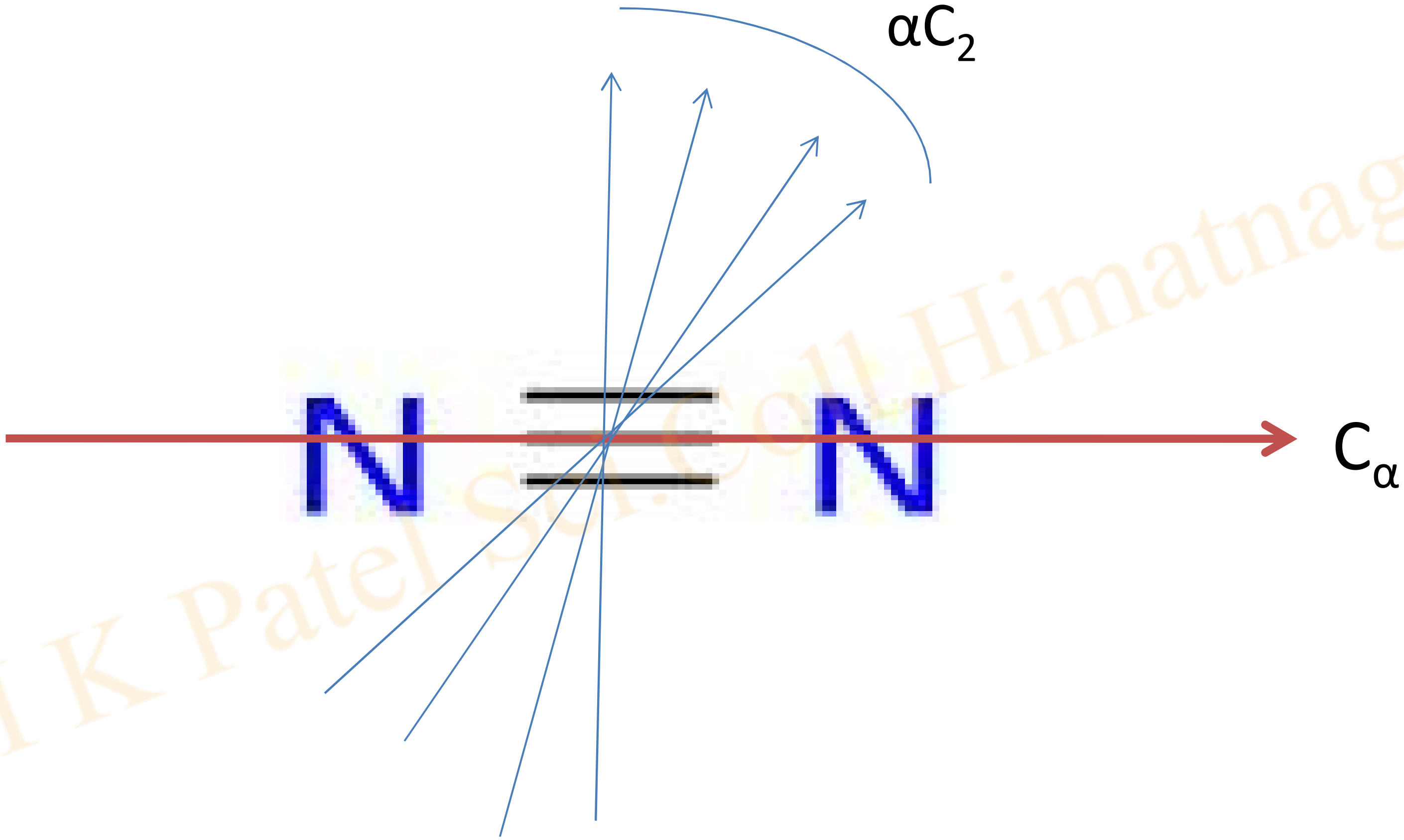
C_2
C_2
C_2
Cl
Cl



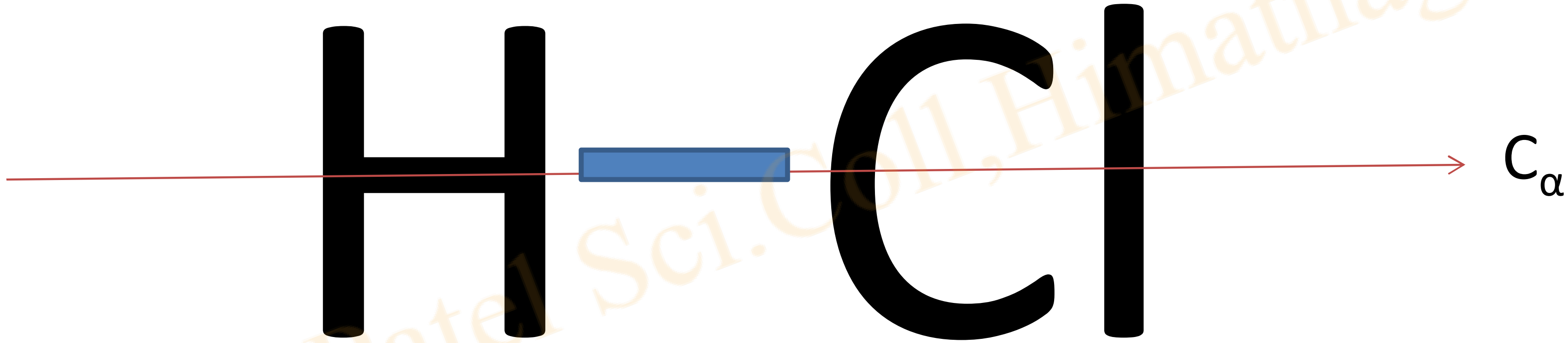
C_2
C_2
C_2
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



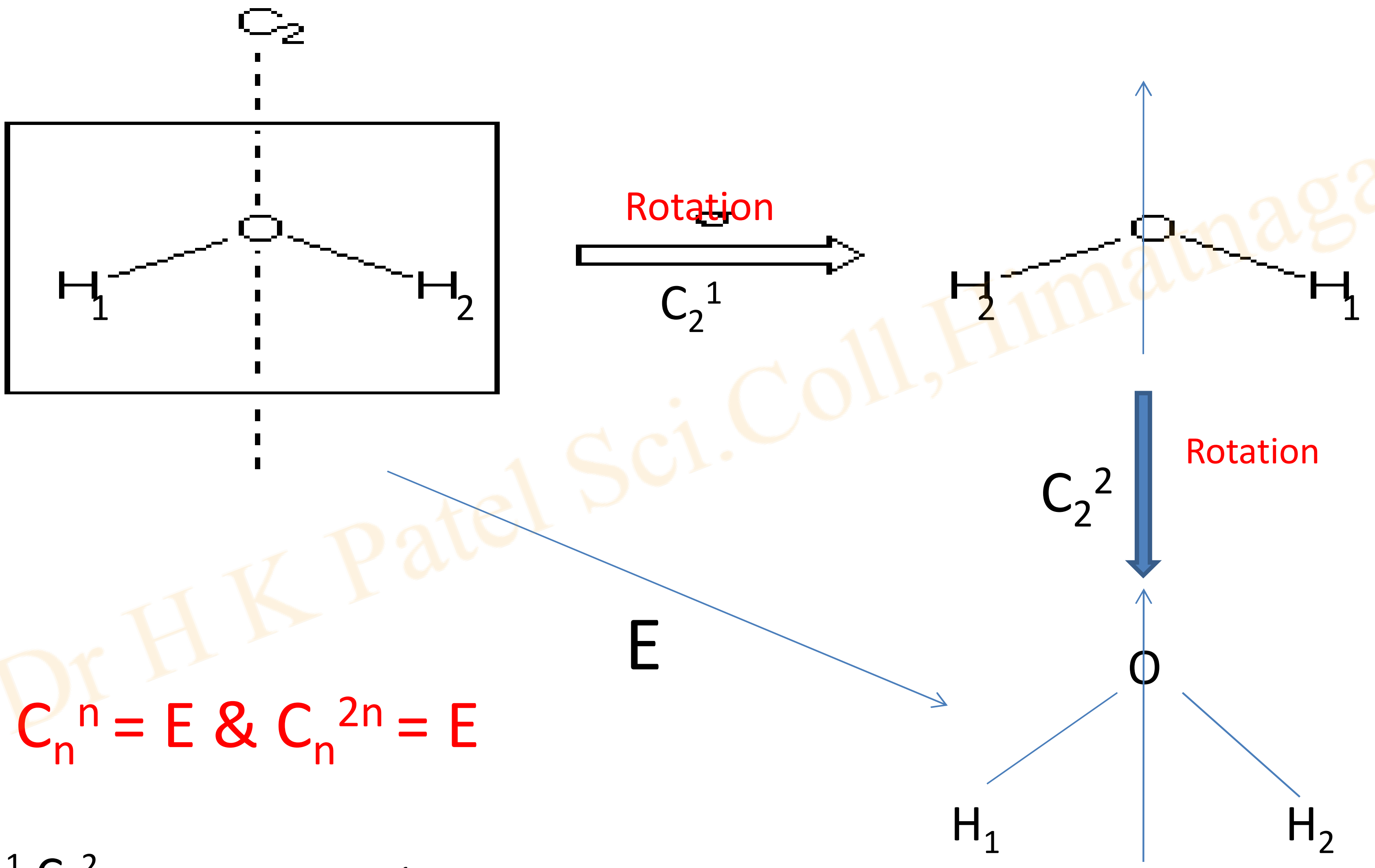
C_4
C
N
N
C
Ni
C
N
N
C



$$C_\alpha + \alpha C_2 = D_\alpha$$

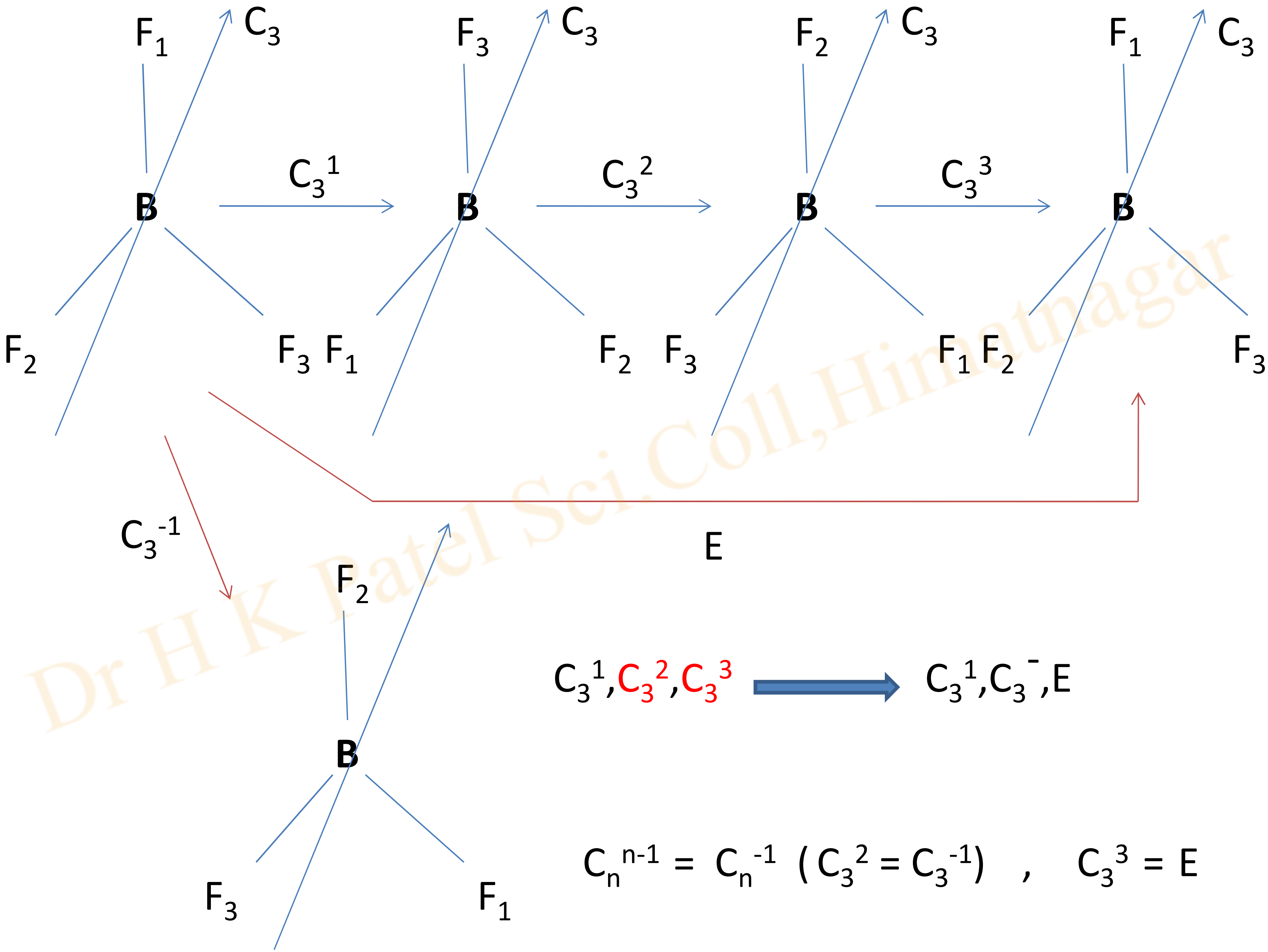

H
Cl
C_{α}

Notation of Rotation



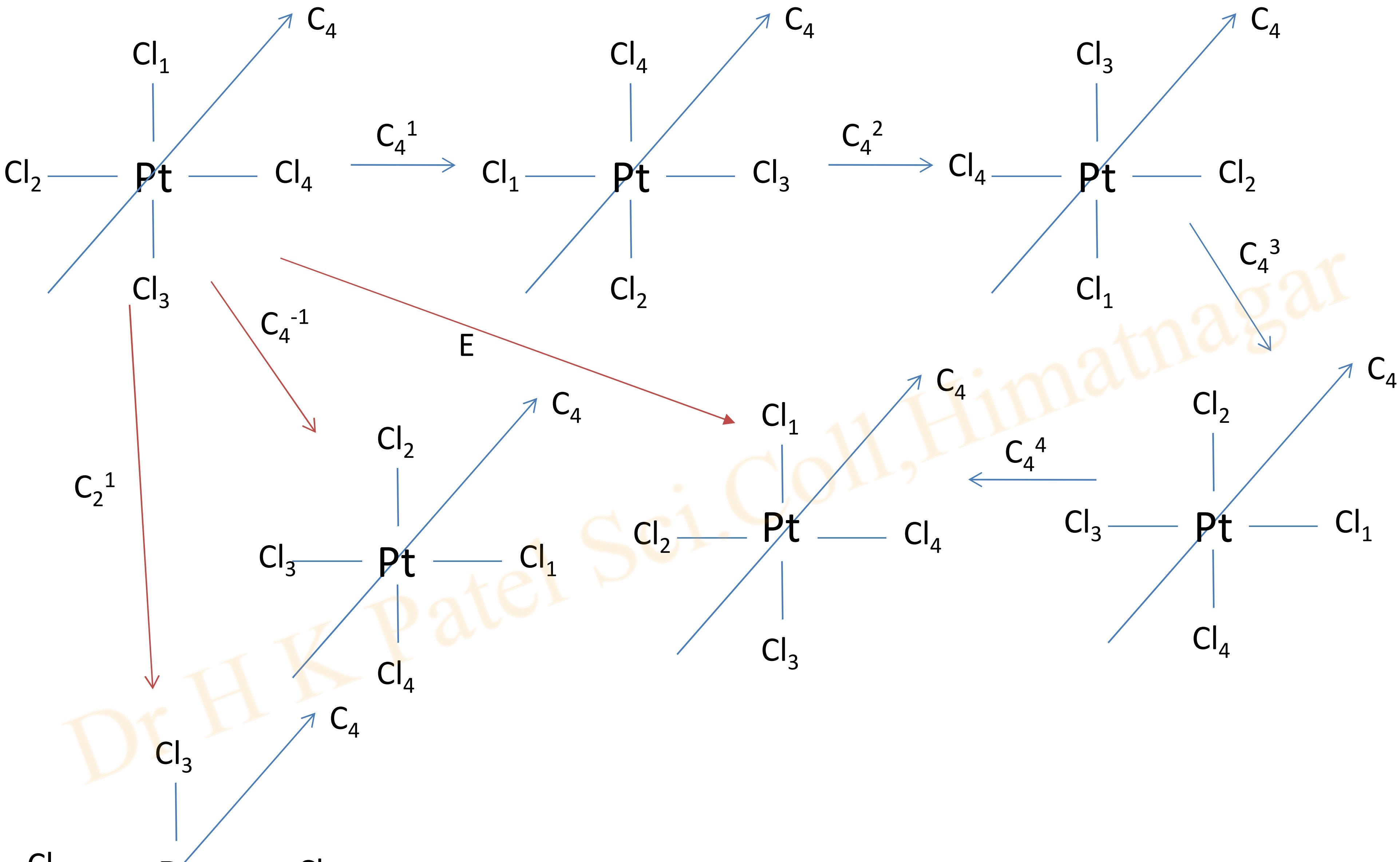
$$C_n^{\,n} = E \ \& \ C_n^{\,2n} = E$$

$$C_2^1, C_2^2 \Rightarrow C_2^1, E$$

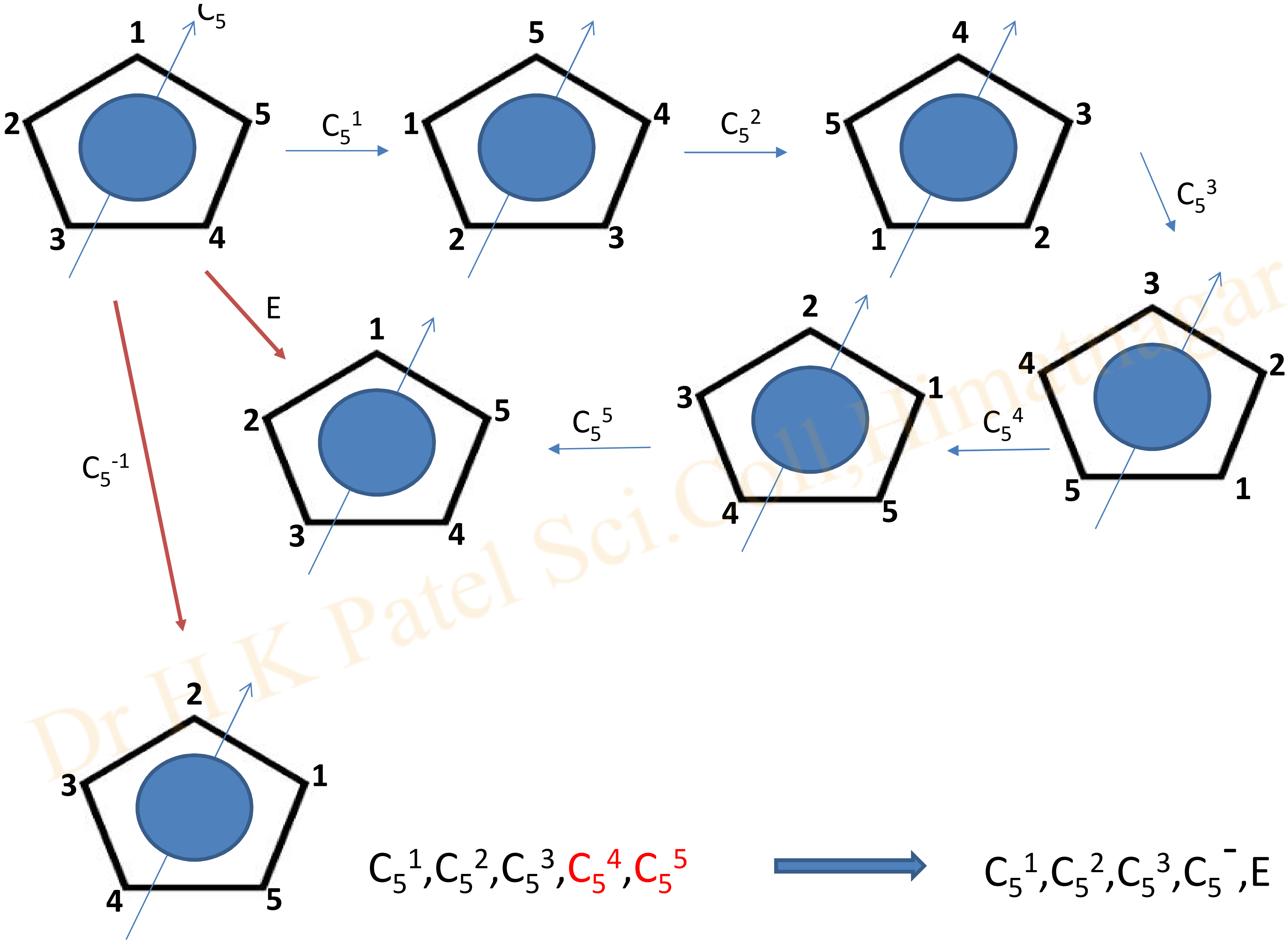


$$C_3^1, C_3^2, C_3^3 \Longrightarrow C_3^1, C_3^-, E$$

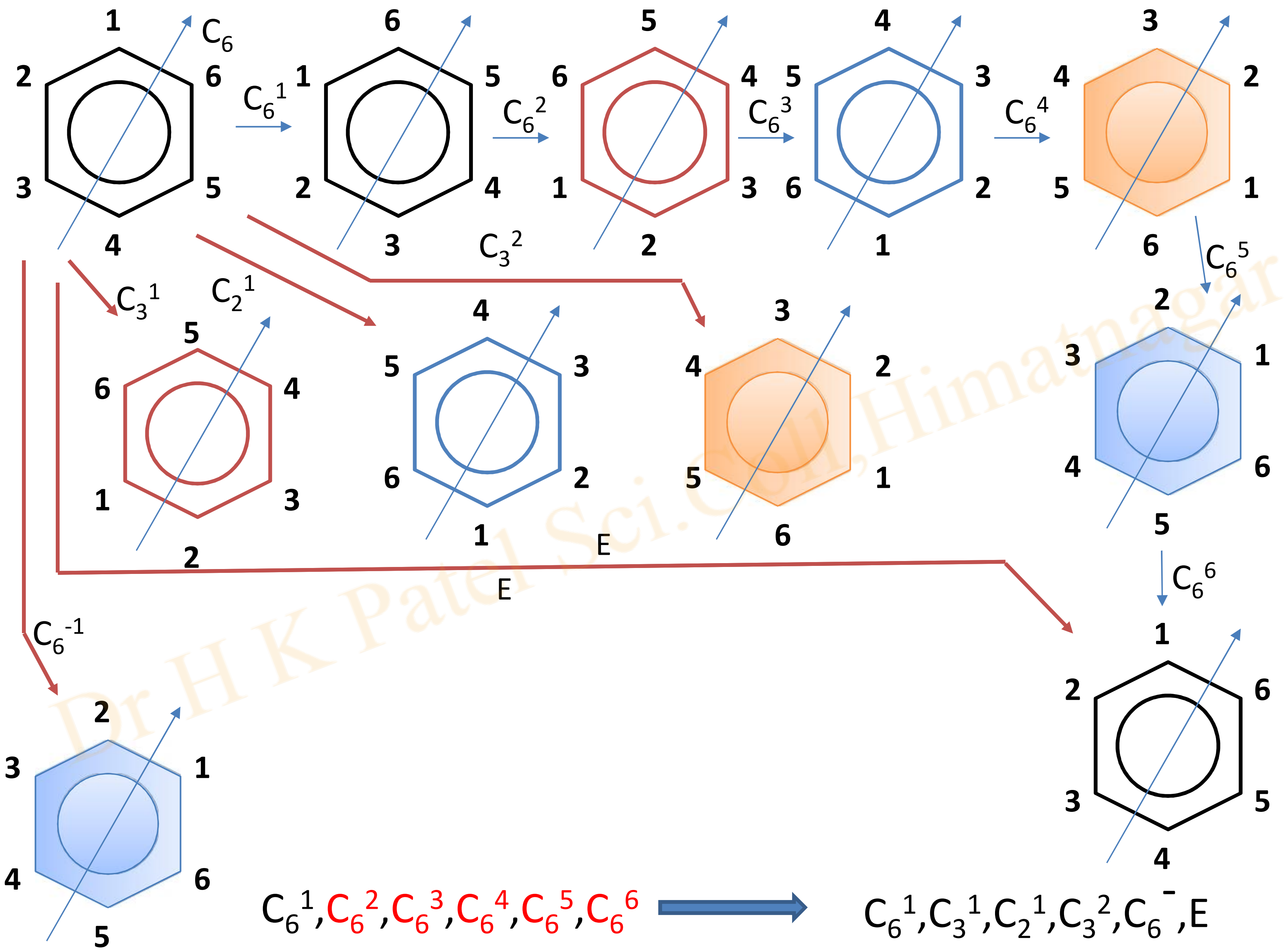
$$C_n^{n-1} = C_n^{-1} \quad (C_3^2 = C_3^{-1}) \quad , \quad C_3^3 = E$$



$C_4^1, C_4^2, C_4^3, C_4^4 \Longrightarrow C_4^1, C_2^1, C_4^-, E$



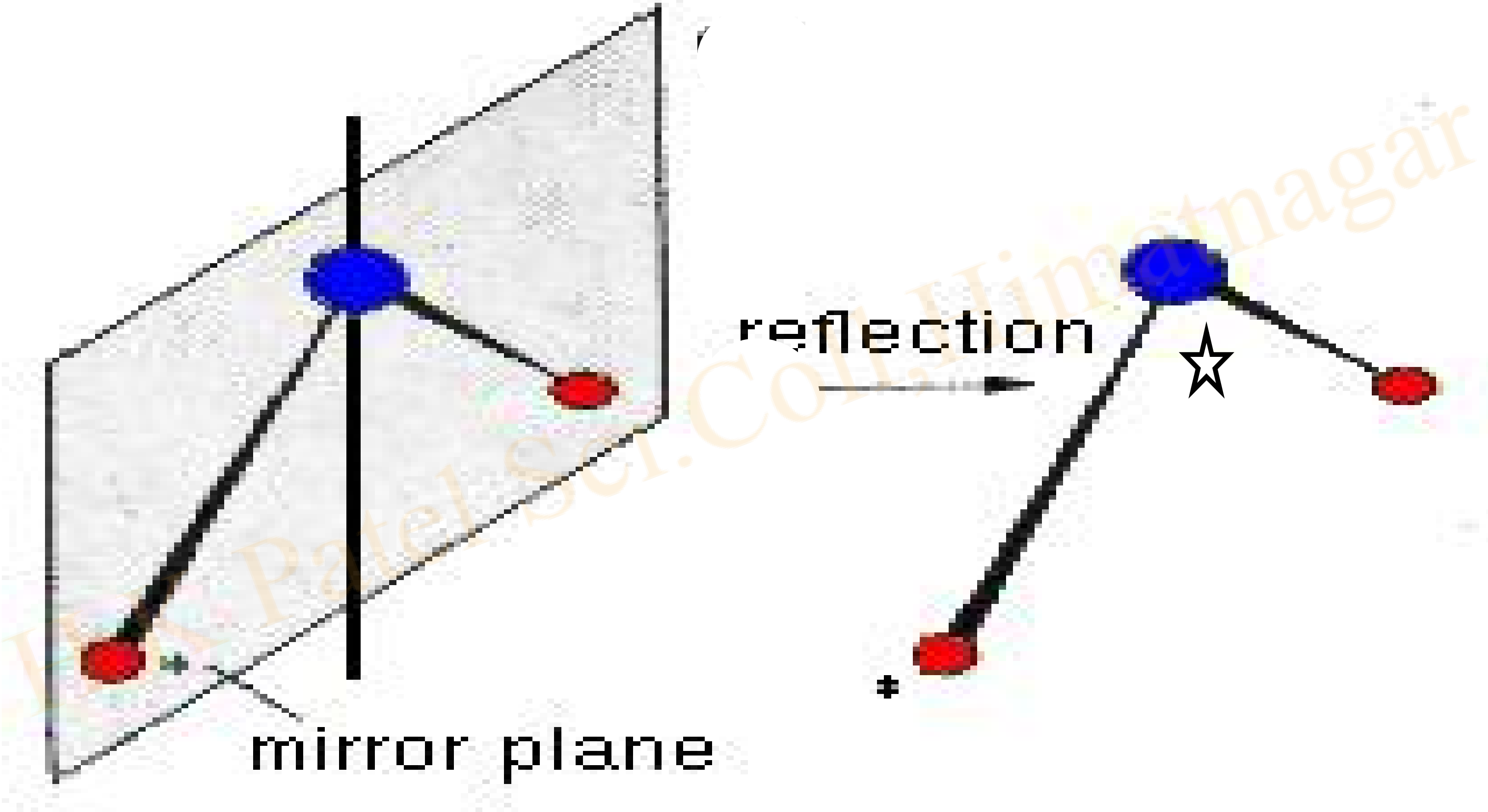
$$C_5^1, C_5^2, C_5^3, C_5^4, C_5^5 \Rightarrow C_5^1, C_5^2, C_5^3, C_5^-, E$$

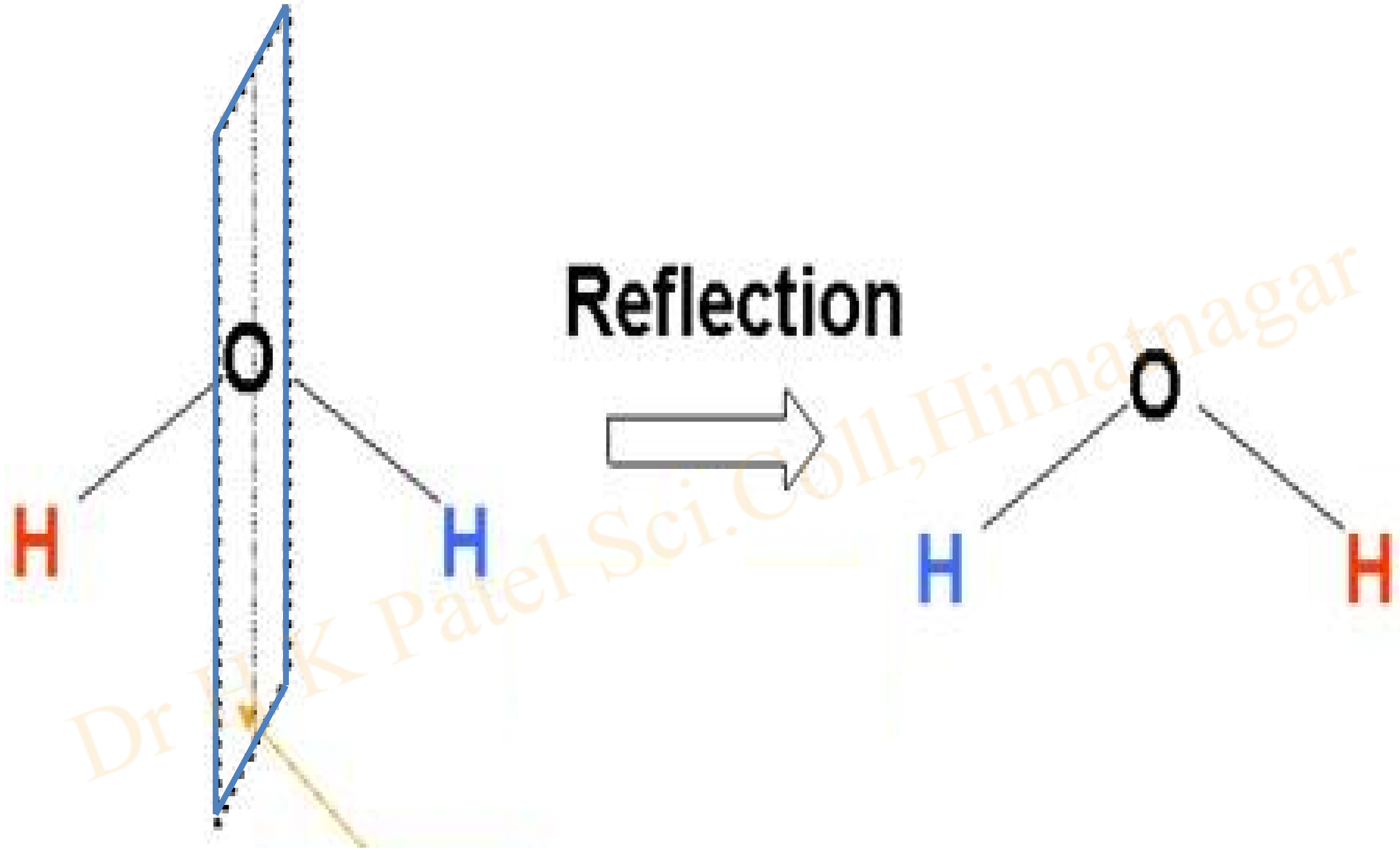

C6
C61
C62
C63
C64
C65
C66
C31
C21
C32
C6-1
E
E
C61,C62,C63,C64,C65,C66
C61,C31,C21,C32,C6-,E

Operation		specific operation
C_2^1, C_2^2	$\Longrightarrow$	C_2^1, E
C_3^1, C_3^2, C_3^3	$\Longrightarrow$	C_3^1, C_3^{-}, E
$C_4^1, C_4^2, C_4^3, C_4^4$	$\Longrightarrow$	C_4^1, C_2^1, C_4^{-}, E
$C_5^1, C_5^2, C_5^3, C_5^4, C_5^5$	$\Longrightarrow$	$C_5^1, C_5^2, C_5^3, C_5^{-}, E$
$C_6^1, C_6^2, C_6^3, C_6^4, C_6^5, C_6^6$	$\Longrightarrow$	$C_6^1, C_3^1, C_2^1, C_3^2, C_6^{-}, E$

$$C_n^n = E \;\&\; C_n^{2n} = E \quad \& \quad C_n^{n-1} = C_n^{-1}$$

2. symmetry plane




O
H
H
Reflection
O
H
H

Notation of Reflection

$\sigma^{k} = E$

where k=2,4,6,.....etc.

$\sigma^{k} =$ સમતુલ્ય

where k=1,3,5,.....etc.

Types of symmetry plane

(1) vertical symmetry plane (σ_v)

(ઉર્ધ્વ સંમીતી સમતલ)

(2) Horizontal symmetry plane (σ_h)

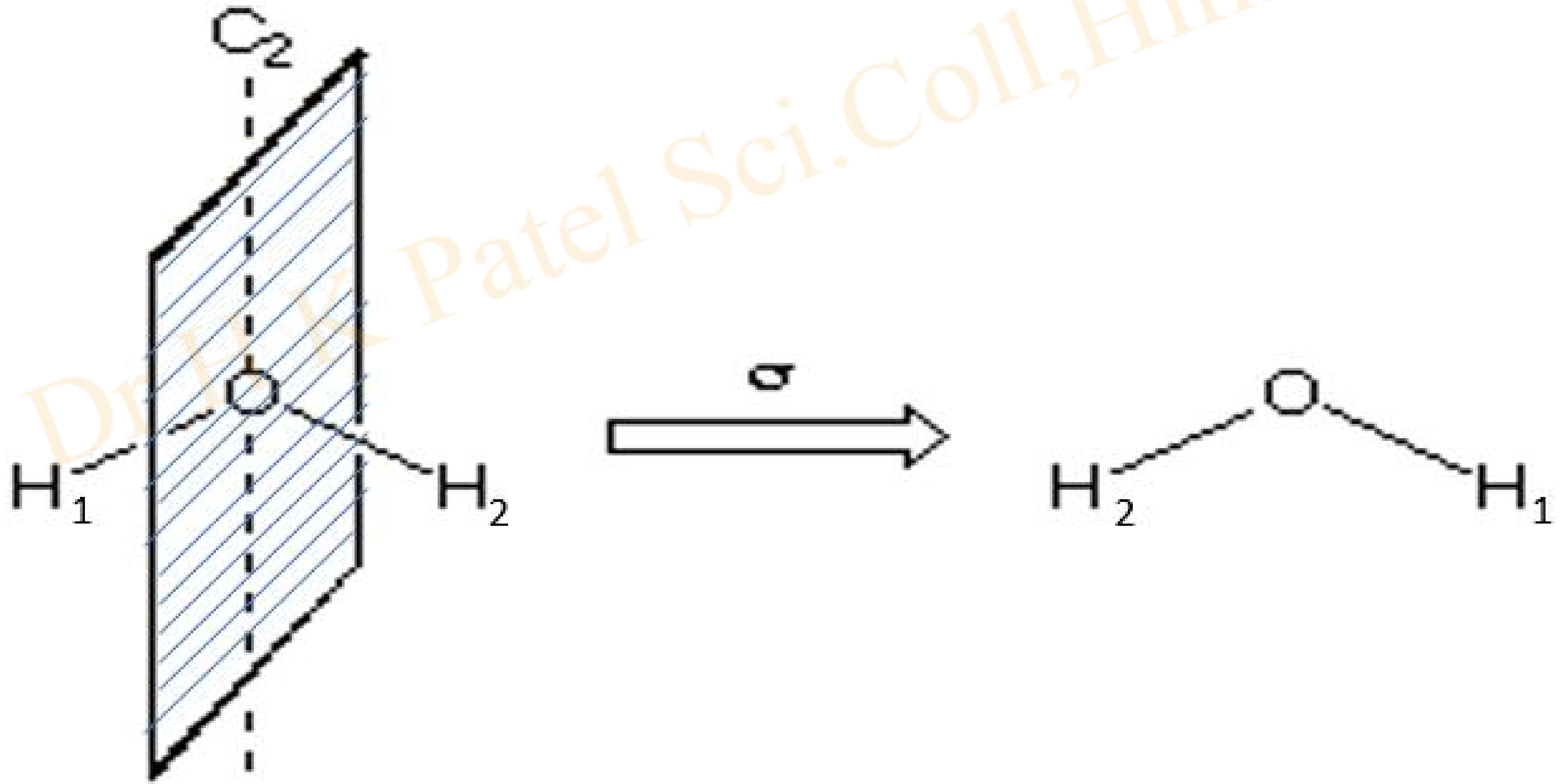
(સમ-ક્ષિતિજ સંમીતી સમતલ)

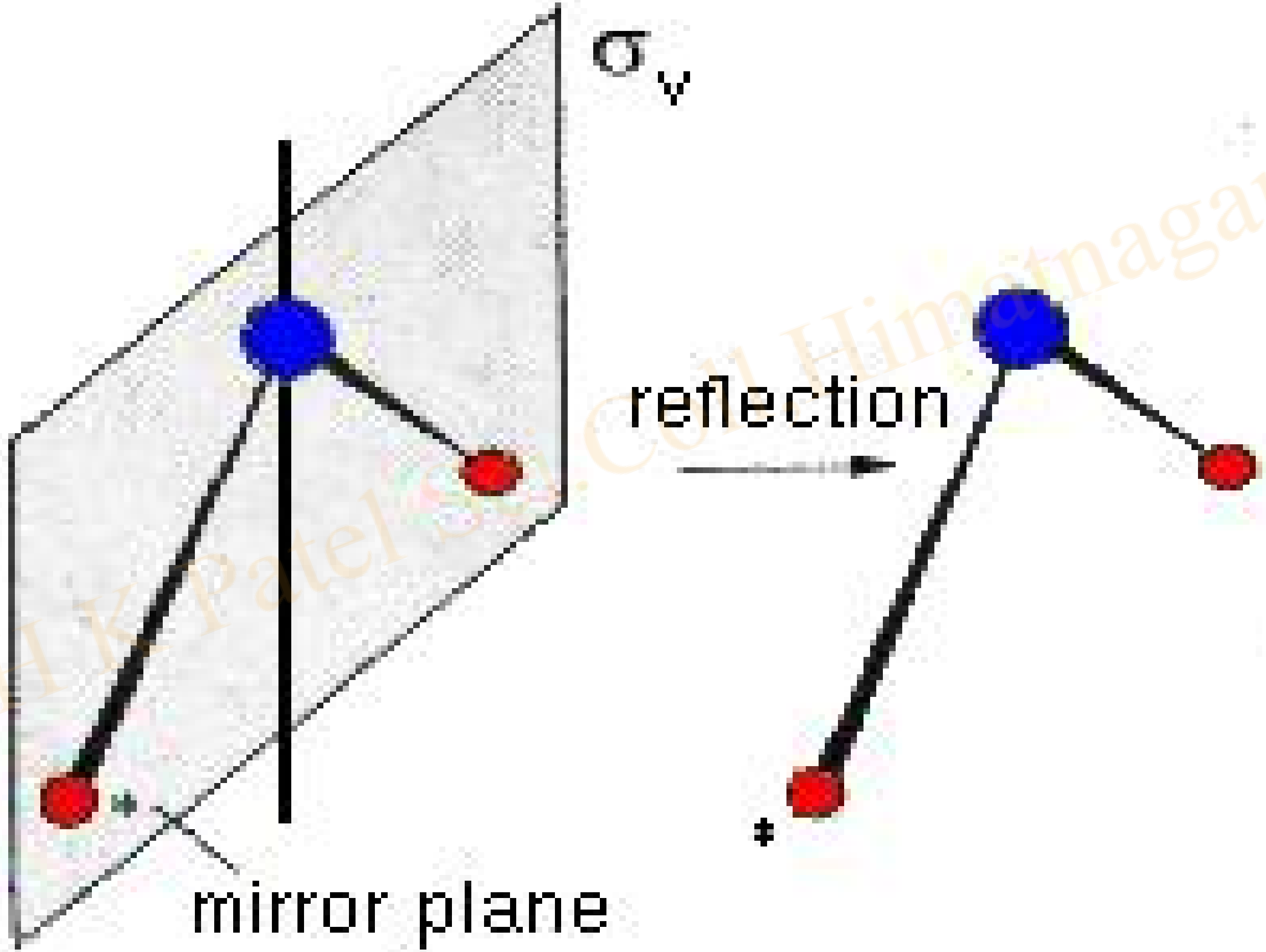
(3) Dihedral symmetry plane (σ_d)

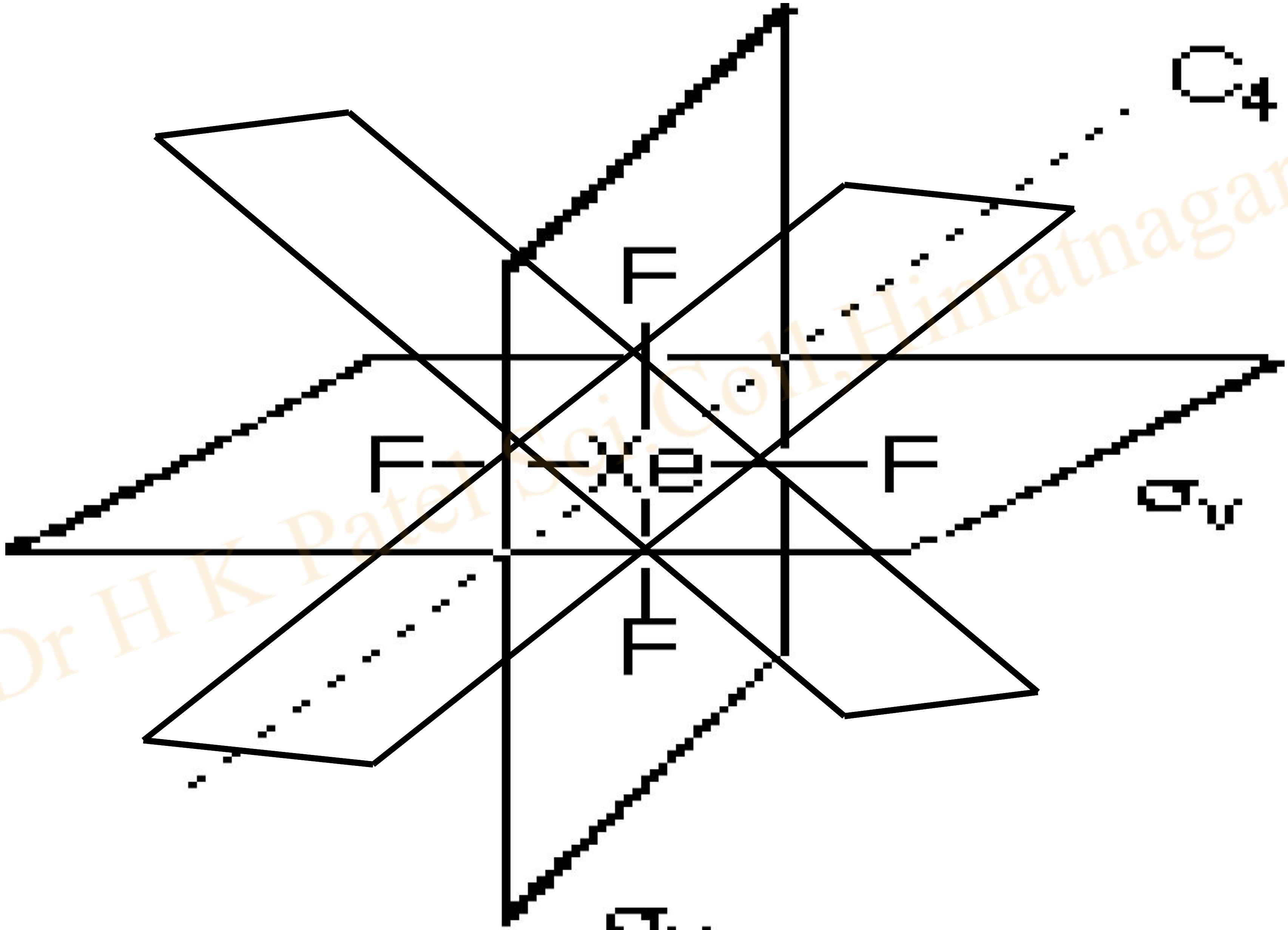
(વિકરણીય સંમીતી સમતલ)

(1) vertical symmetry plane (σ_v)

જે સંમીતી સમતલ મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષને સમાવતું હોય અથવા મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષ તે સંમીતી સમતલ માંથી સમાંતર રીતે પસાર થતી હોય તેવા સંમીતી સમતલને ઉર્ધ્વ સંમીતી સમતલ કહે છે.



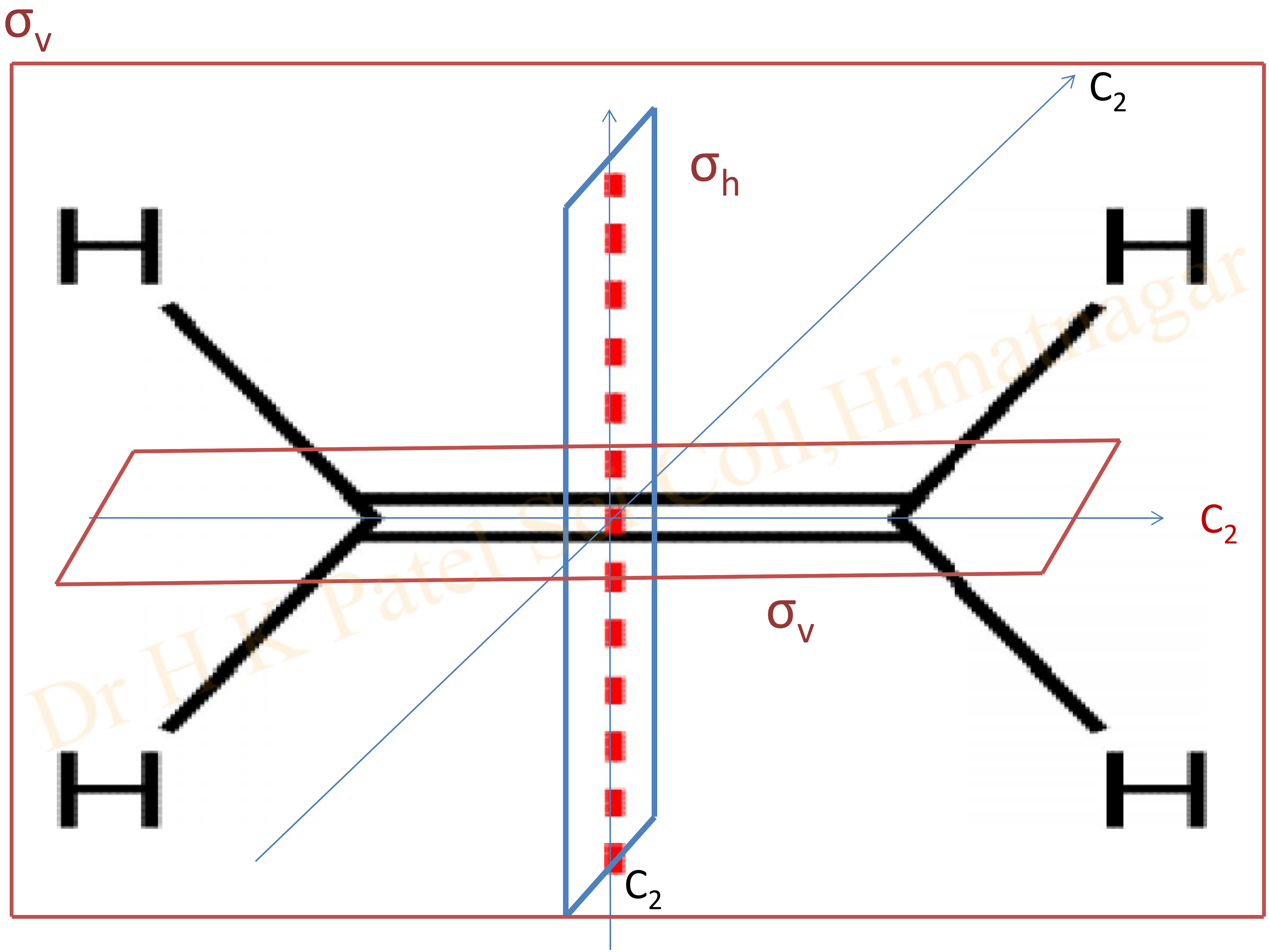

σ v
reflection
mirror plane


C4
F
F
Xe
F
F
σv
σv

(2) Horizontal symmetry plane (σ_h)
(સમ-ક્ષિતિજ સંમીતી સમતલ)

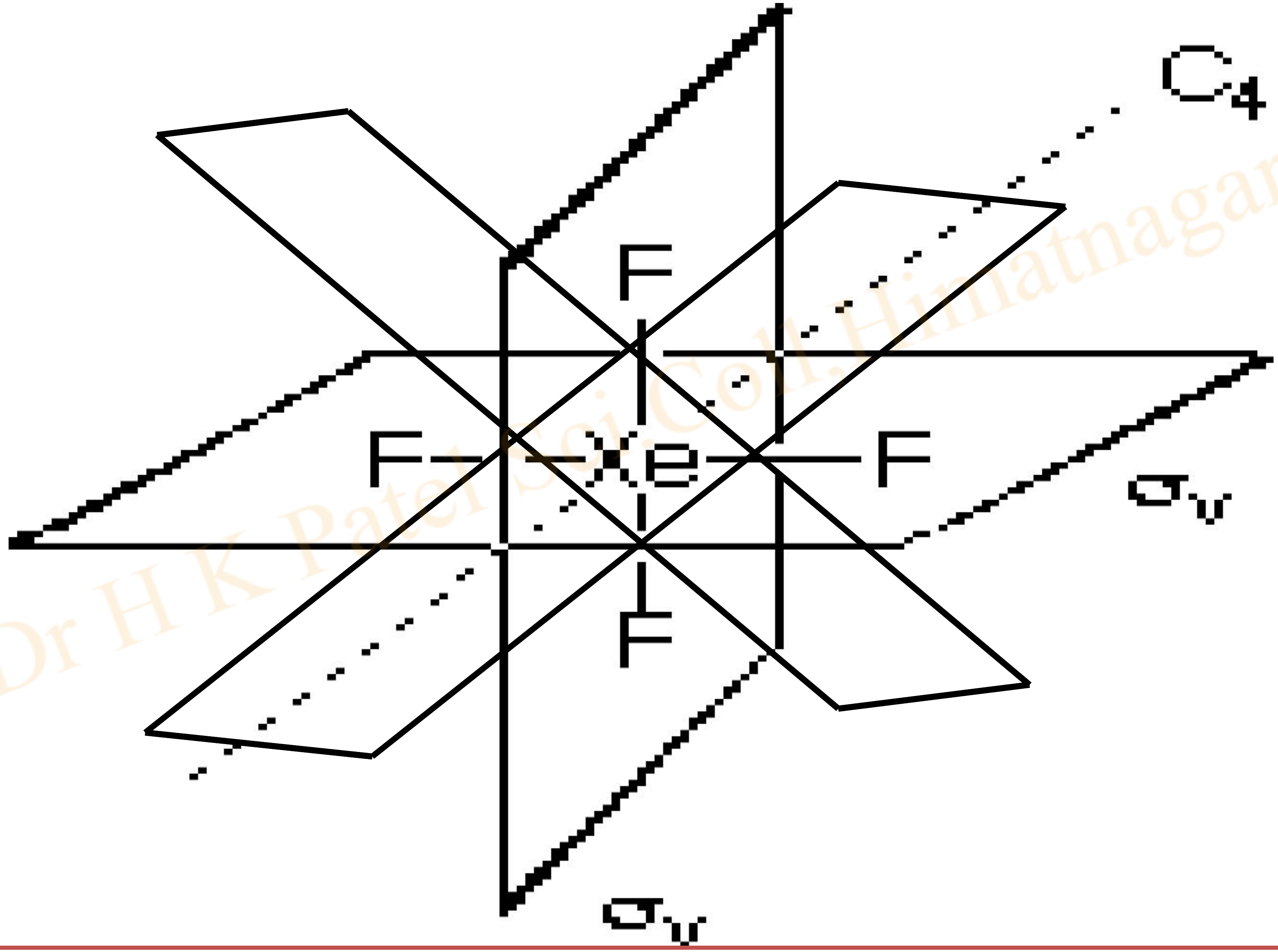
જે સંમીતી સમતલ મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષને લંબ સ્વરૂપે આવેલ હોય તેવા સમત્લને સમ-ક્ષિતિજ સંમીતી સમતલ કહે છે.

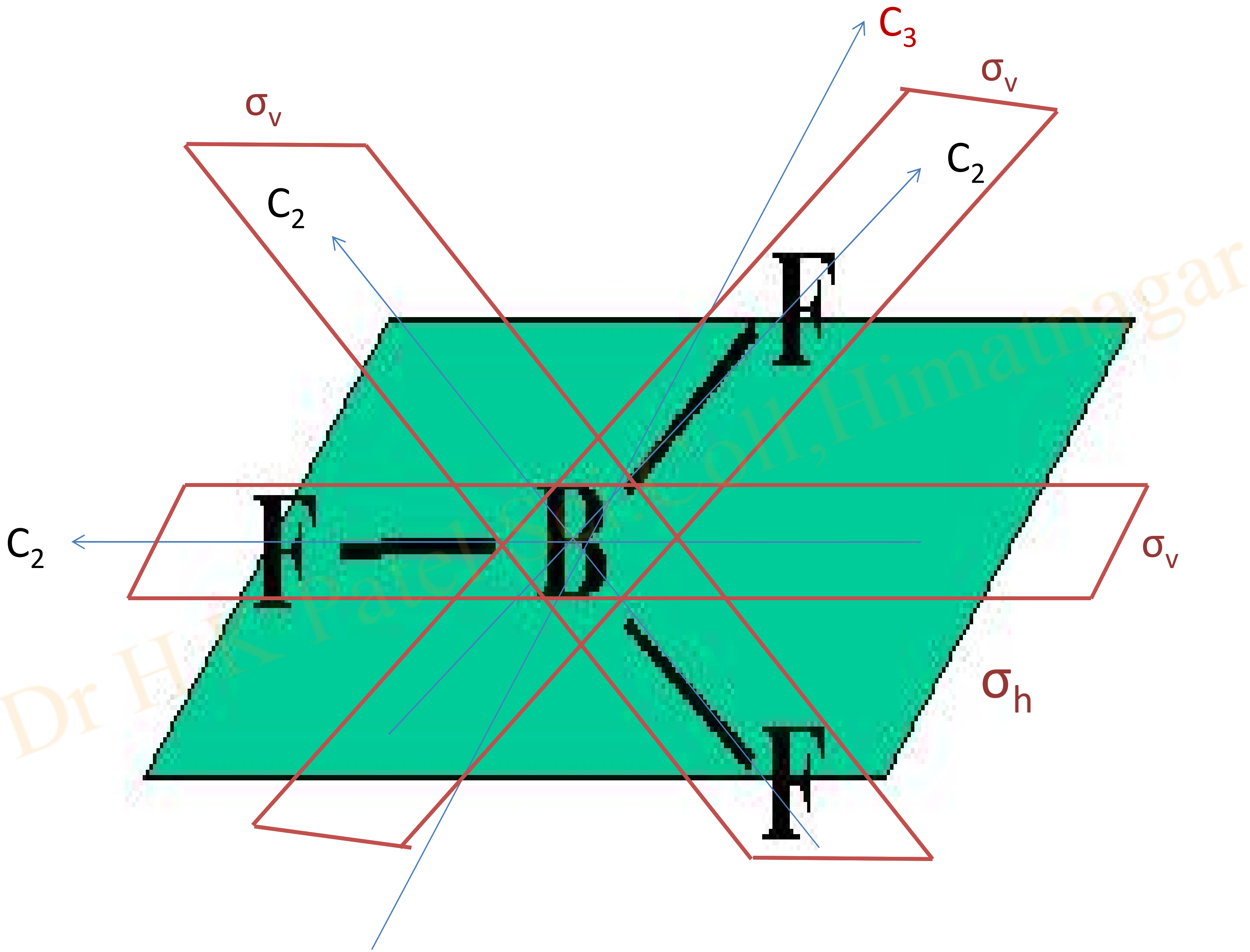
$C_n \perp \sigma$

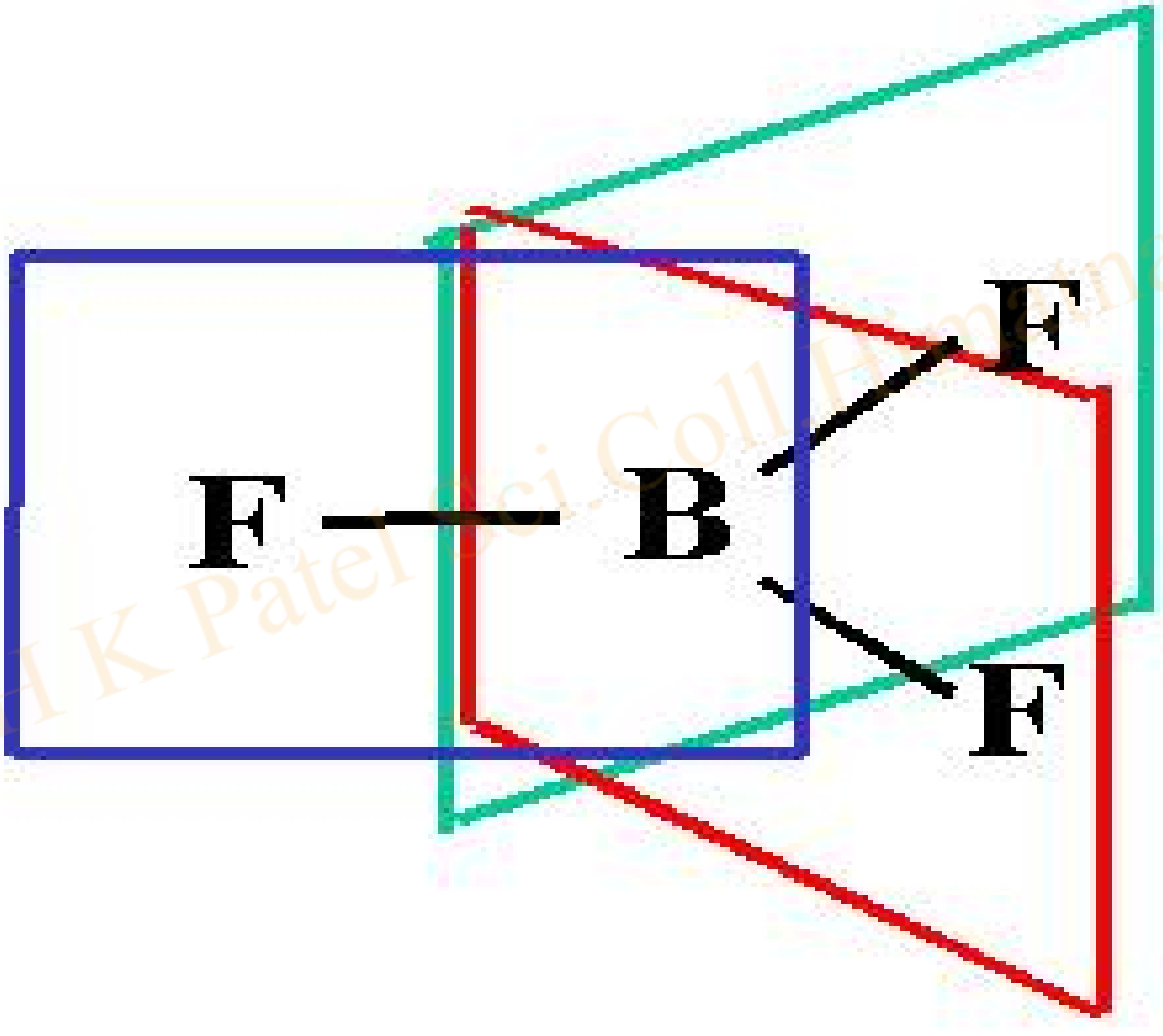


σv
C2
σh
H
H
H
H
C2
σv
C2

σ_h

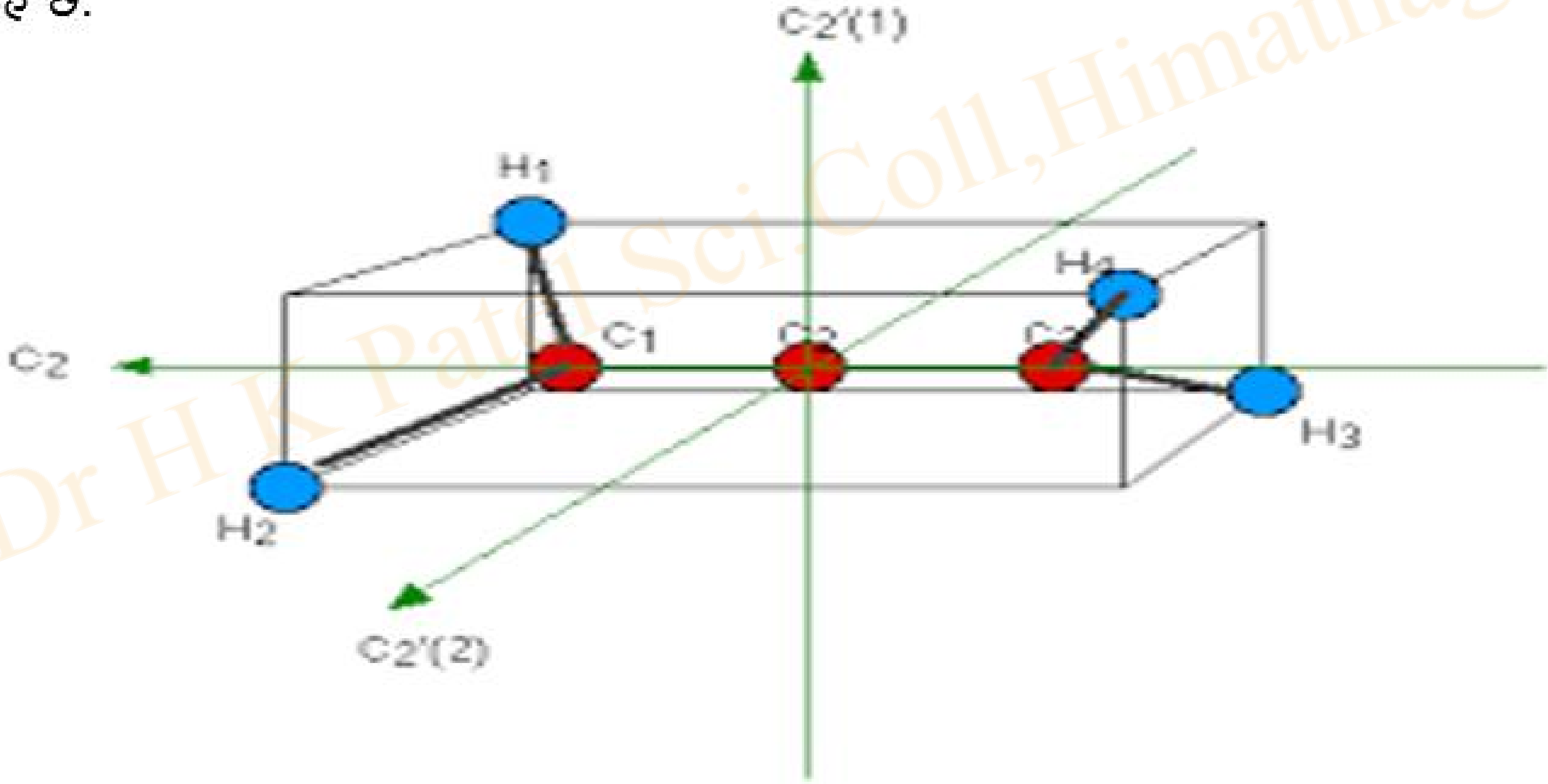



C3
σv
σv
C2
C2
F
F
B
C2
σv
σh
F


F
B
F
F

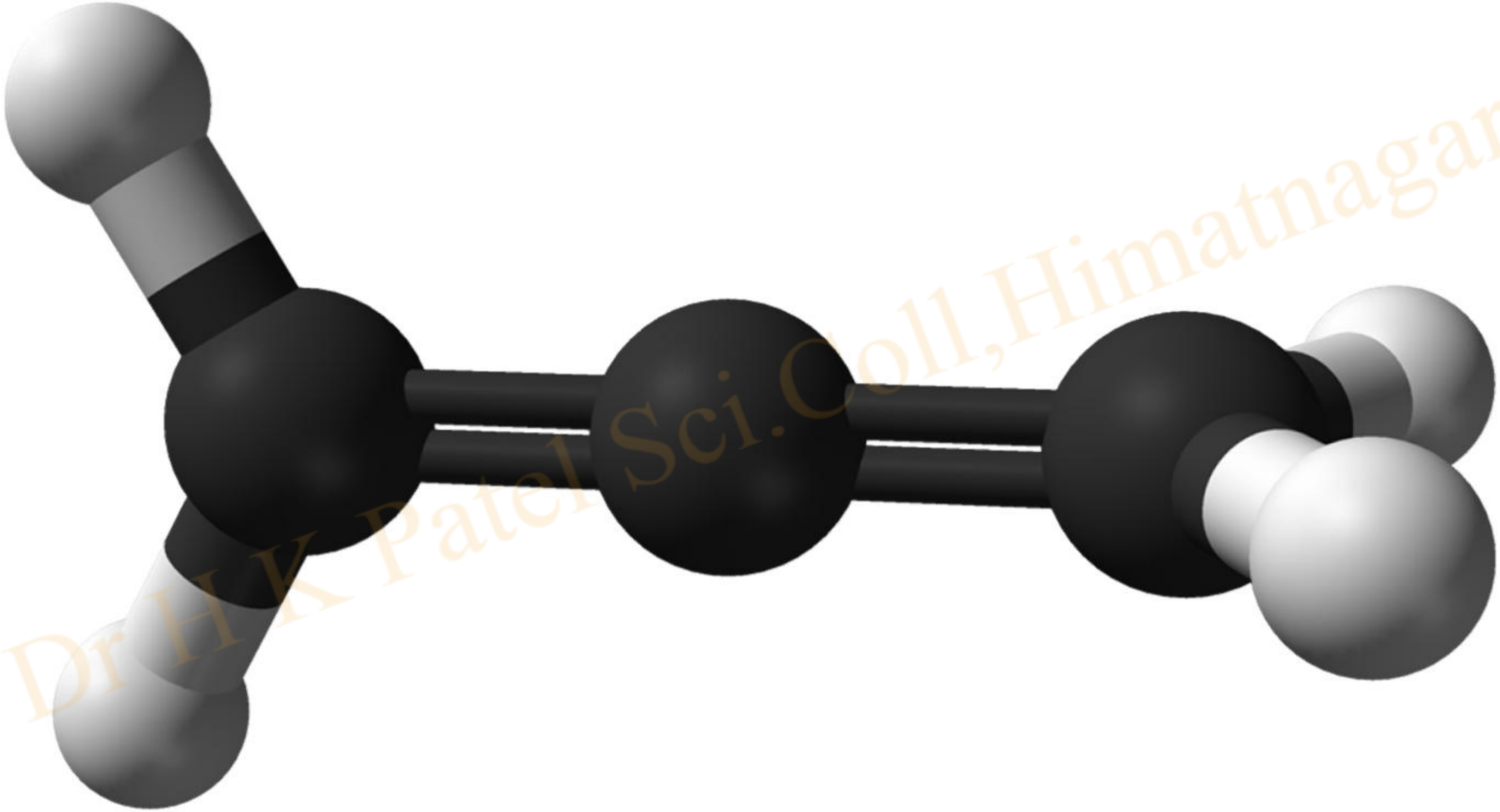
(3) Dihedral symmetry plane (σ_d) (વિકરણીય સંમીતી સમતલ)

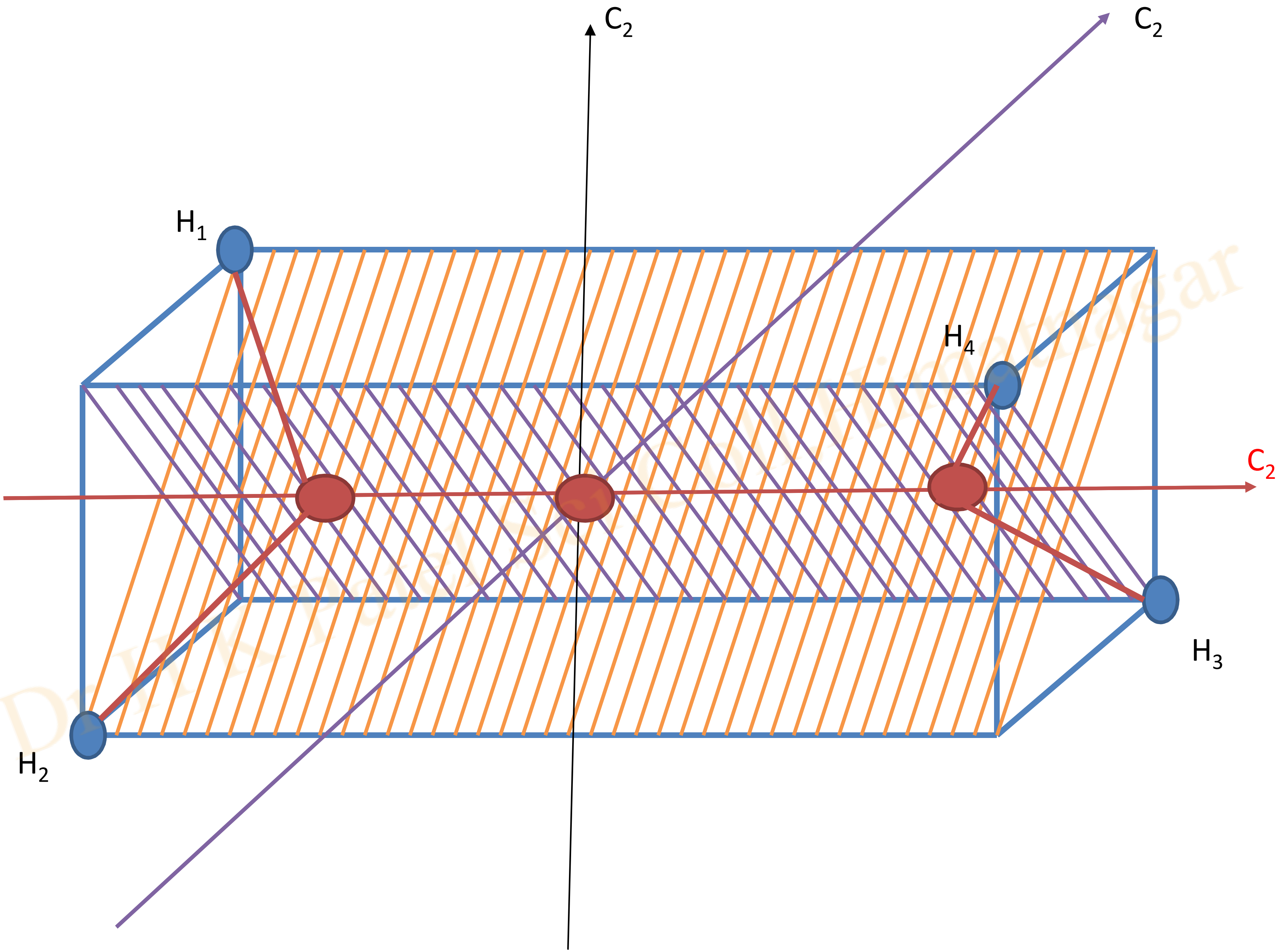
જે સંમીતી સમતલ મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષને સમાવતું હોય,બે C_2 અક્ષ વચ્ચેના ખૂણાને દુભાગતું હોય તથા વિકર્ણમાંથી પસાર થતું હોય તેવા સમતલને વિકરણીય સંમીતી સમતલ કહે છે.



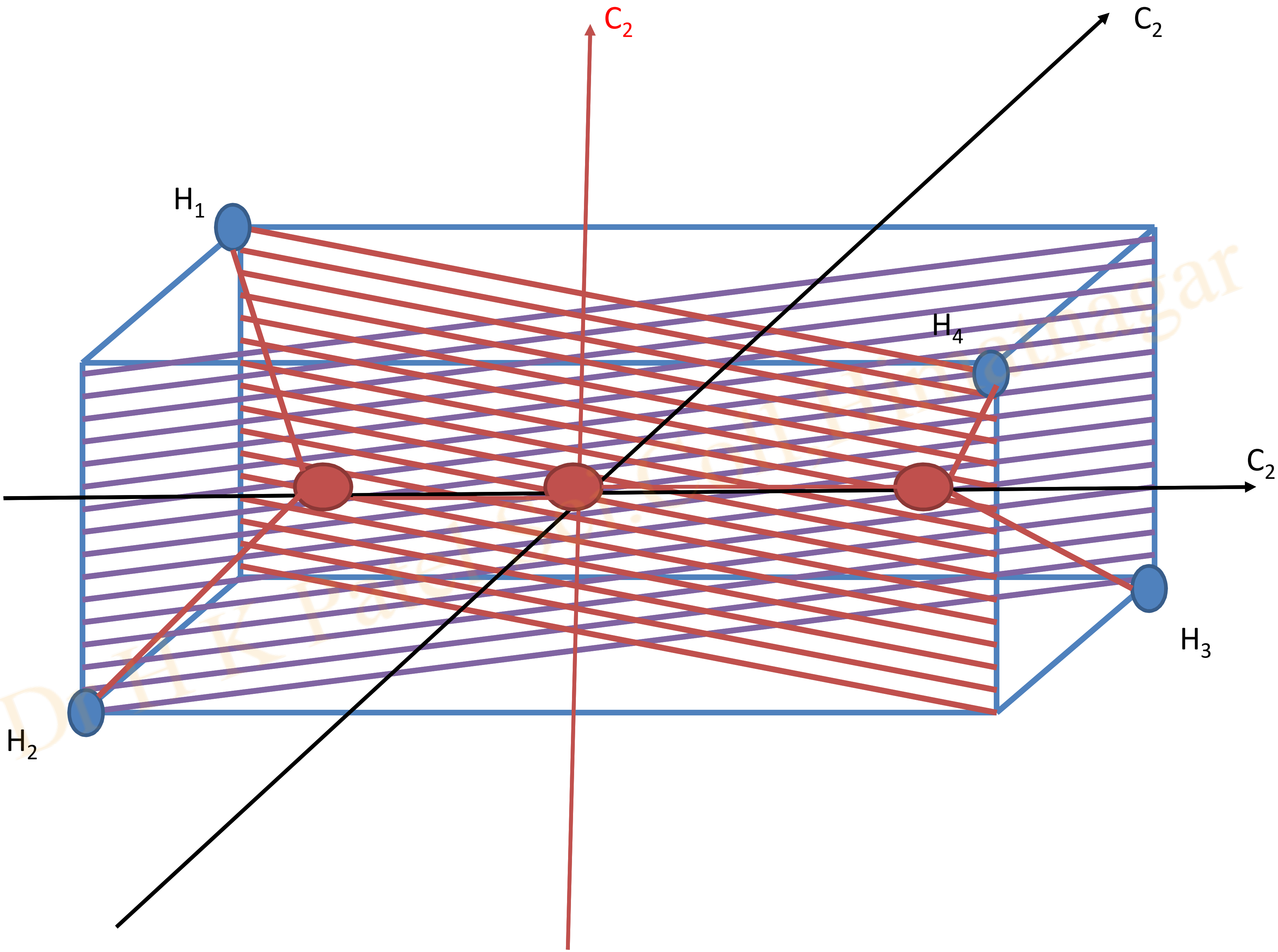
Allene - C2'(2) - Before

Allene

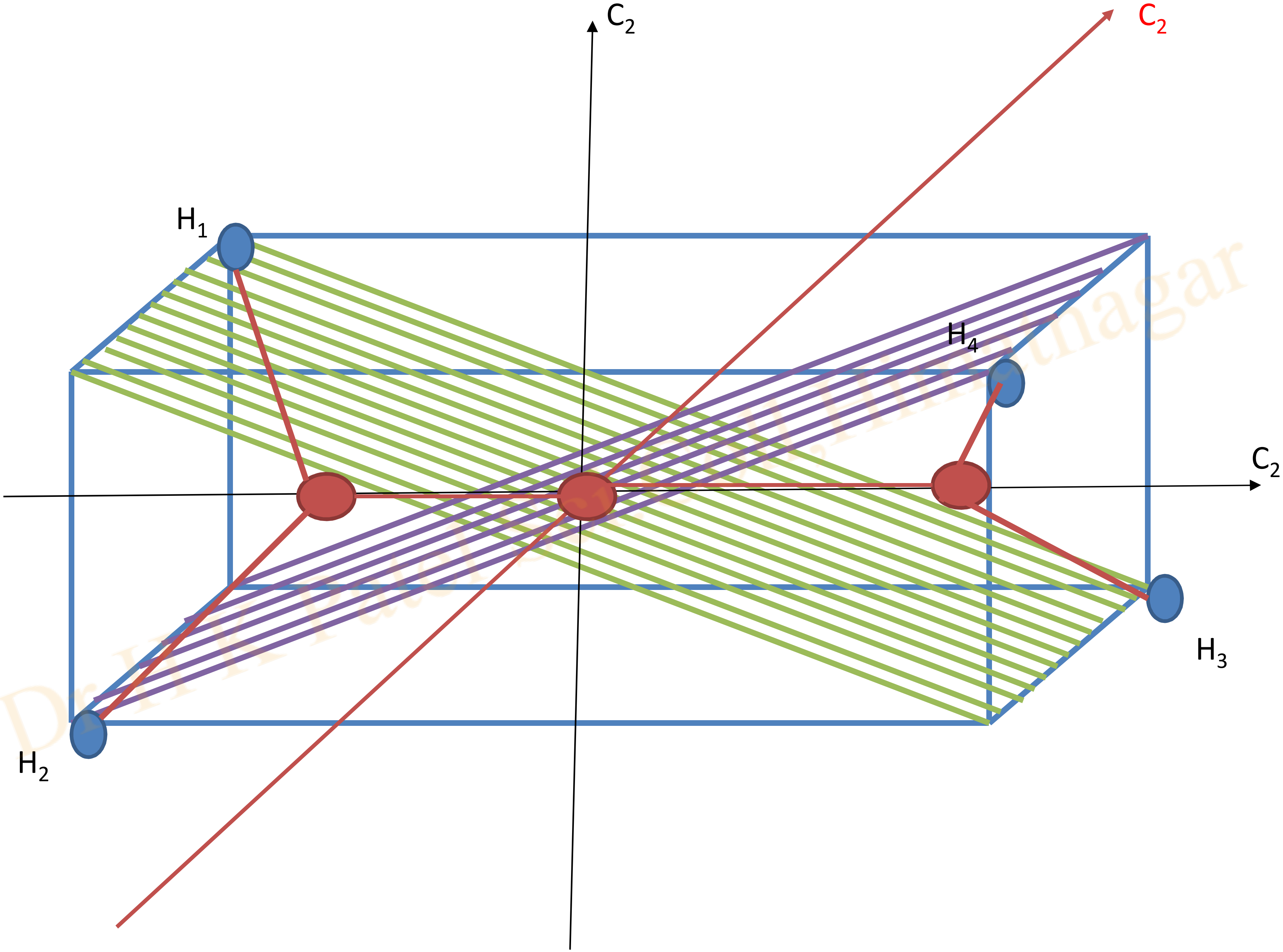


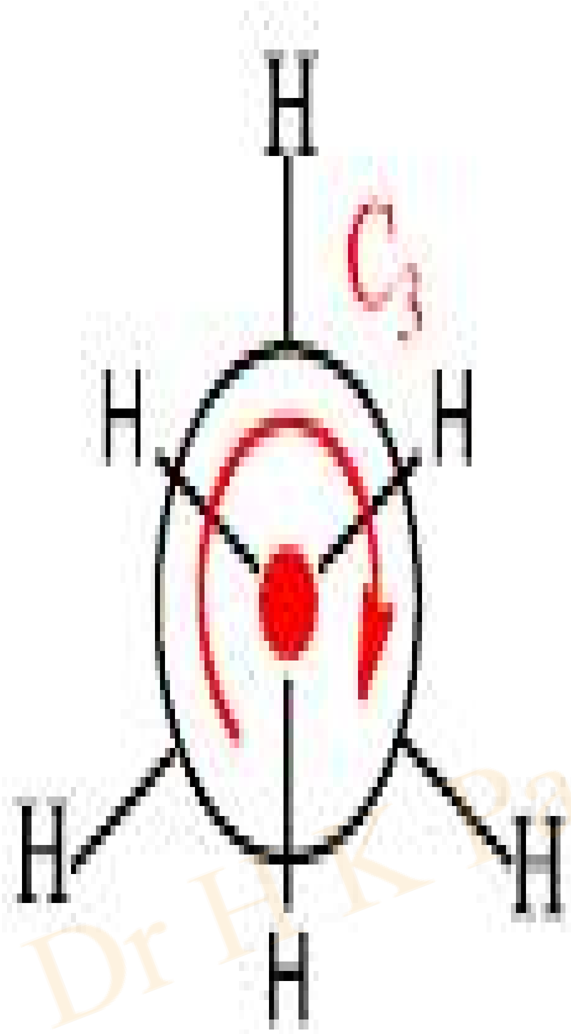


C2
C2
H1
H4
C2
H3
H2

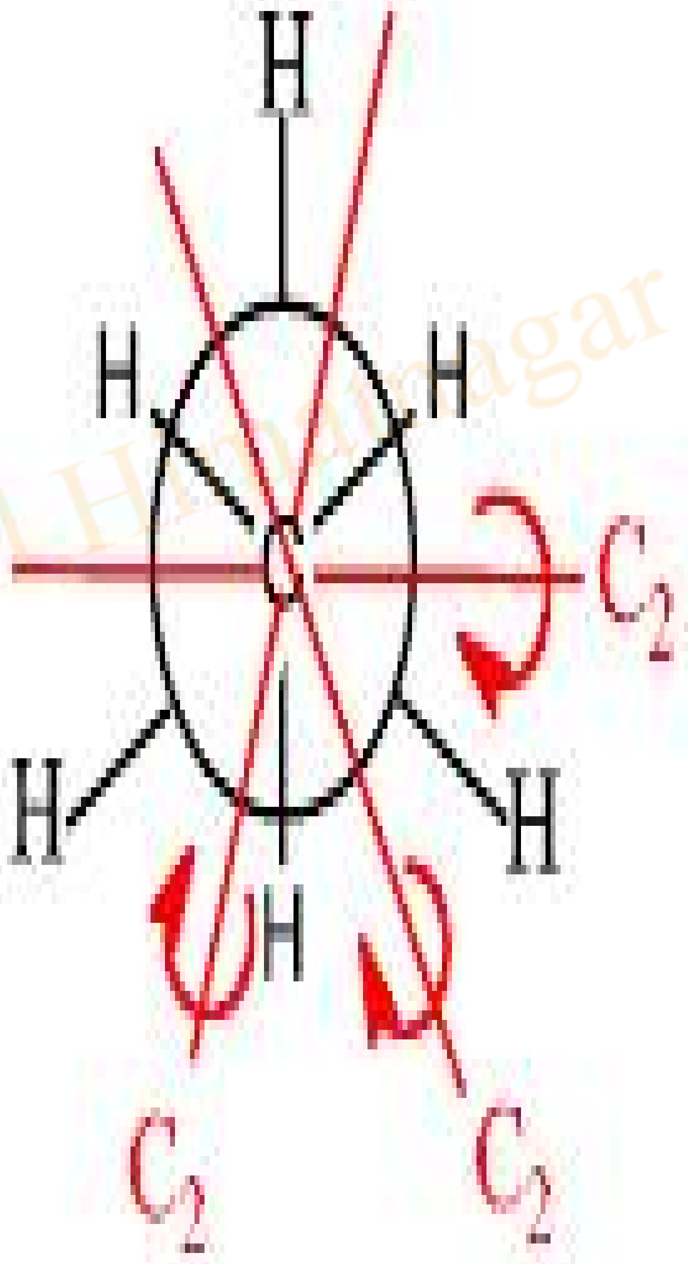


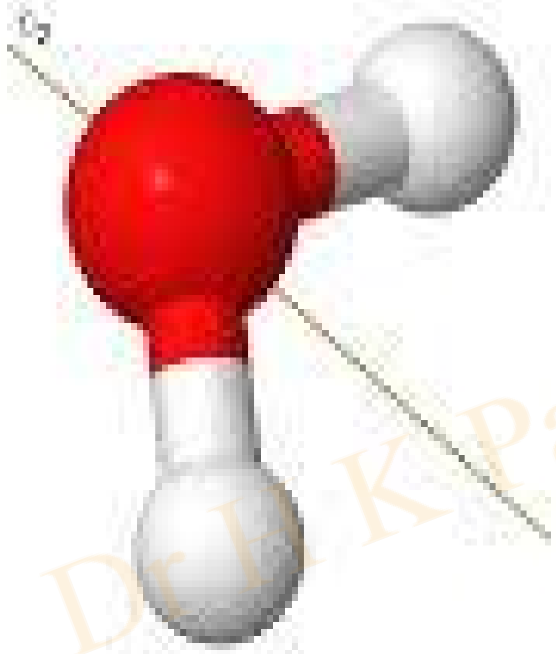
C2
C2
H1
H4
C2
H3
H2
Dr H K Patel Sir Bhavnagar

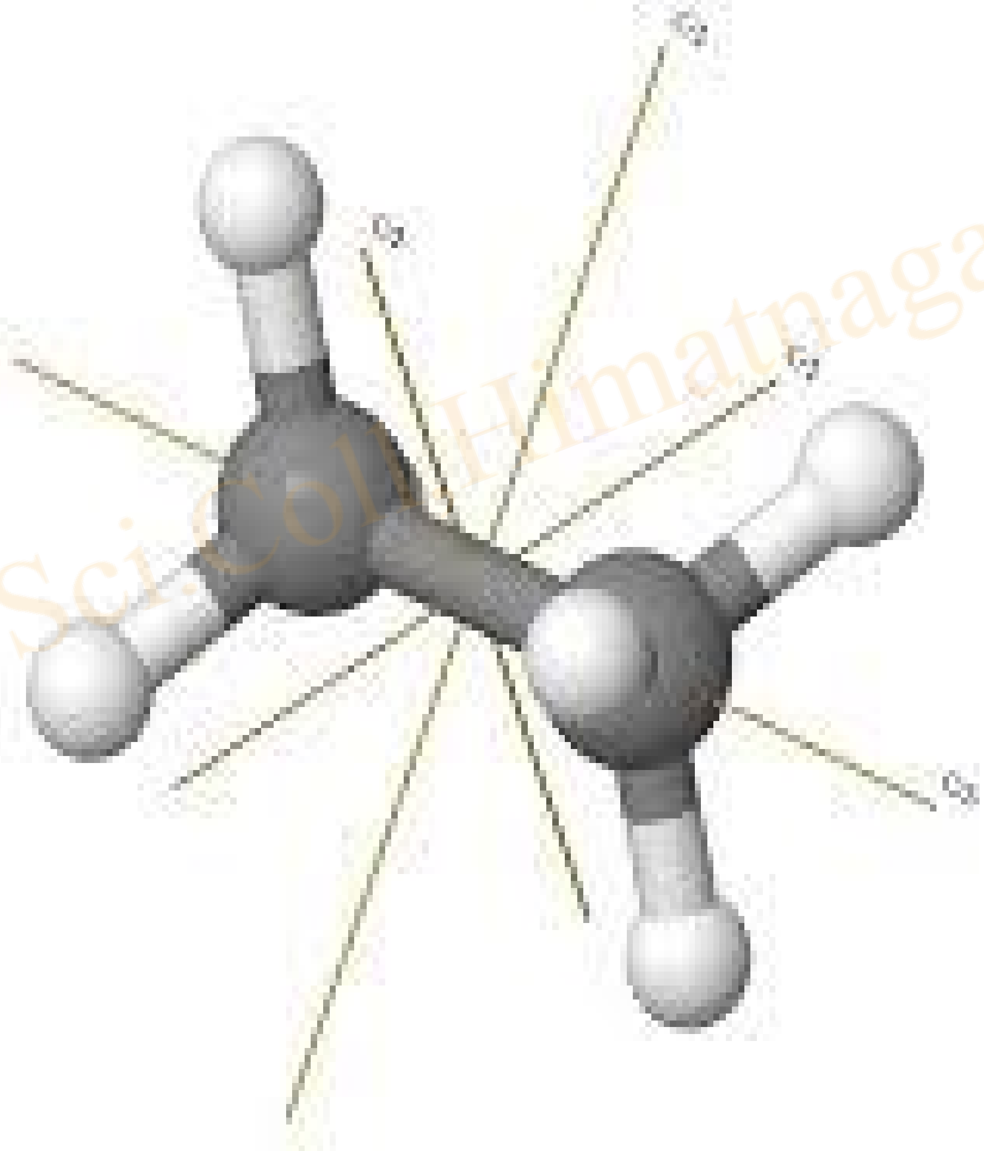

C_2
C_2
C_2
H_1
H_4
H_3
H_2



Stagerred

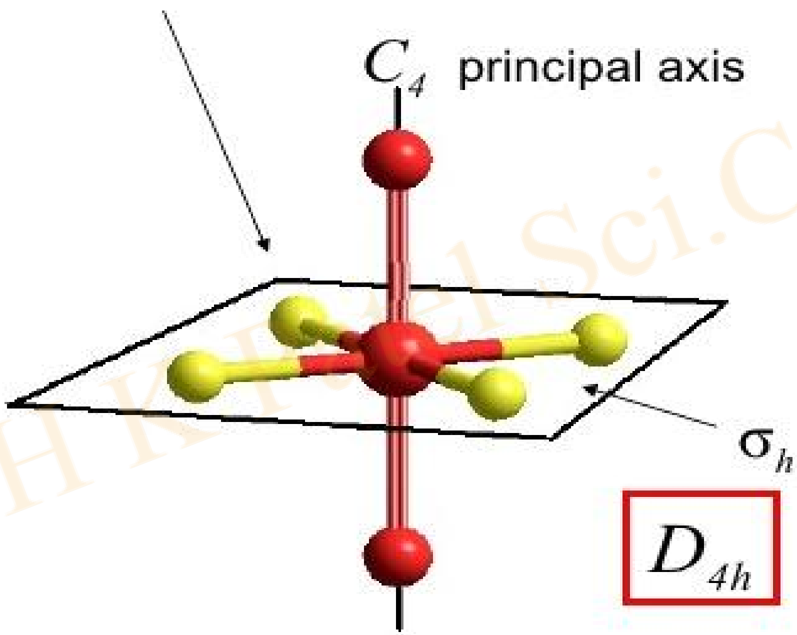


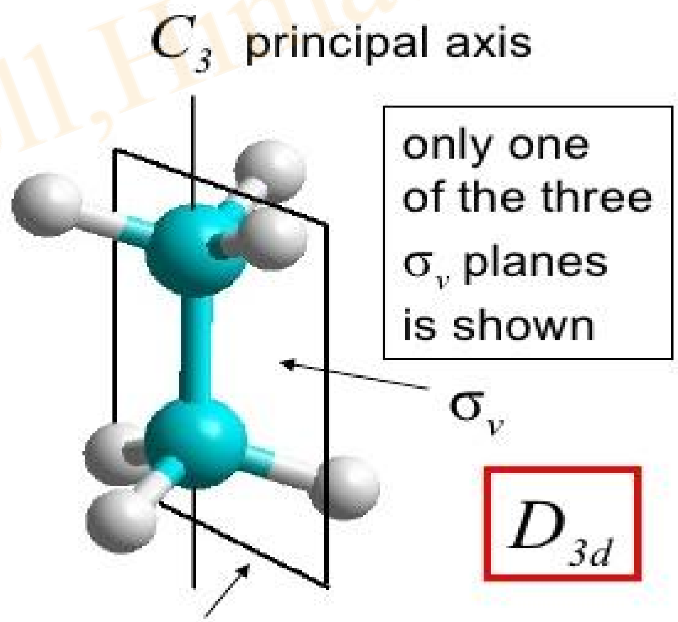




Naming point groups (contd.):

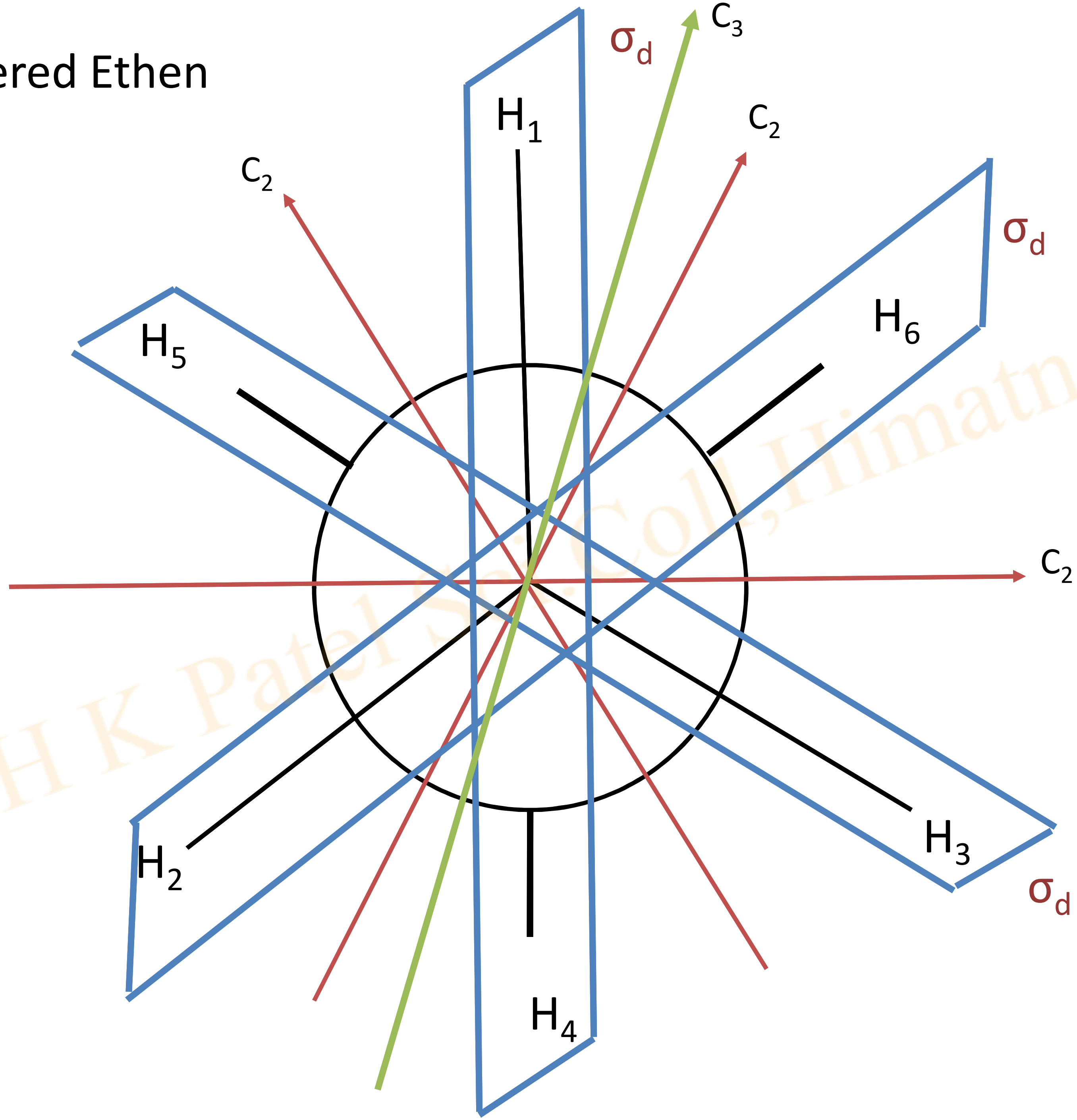
A subscript 'h' means that there is a σ_h mirror plane at right angles to the n-fold principal axis:





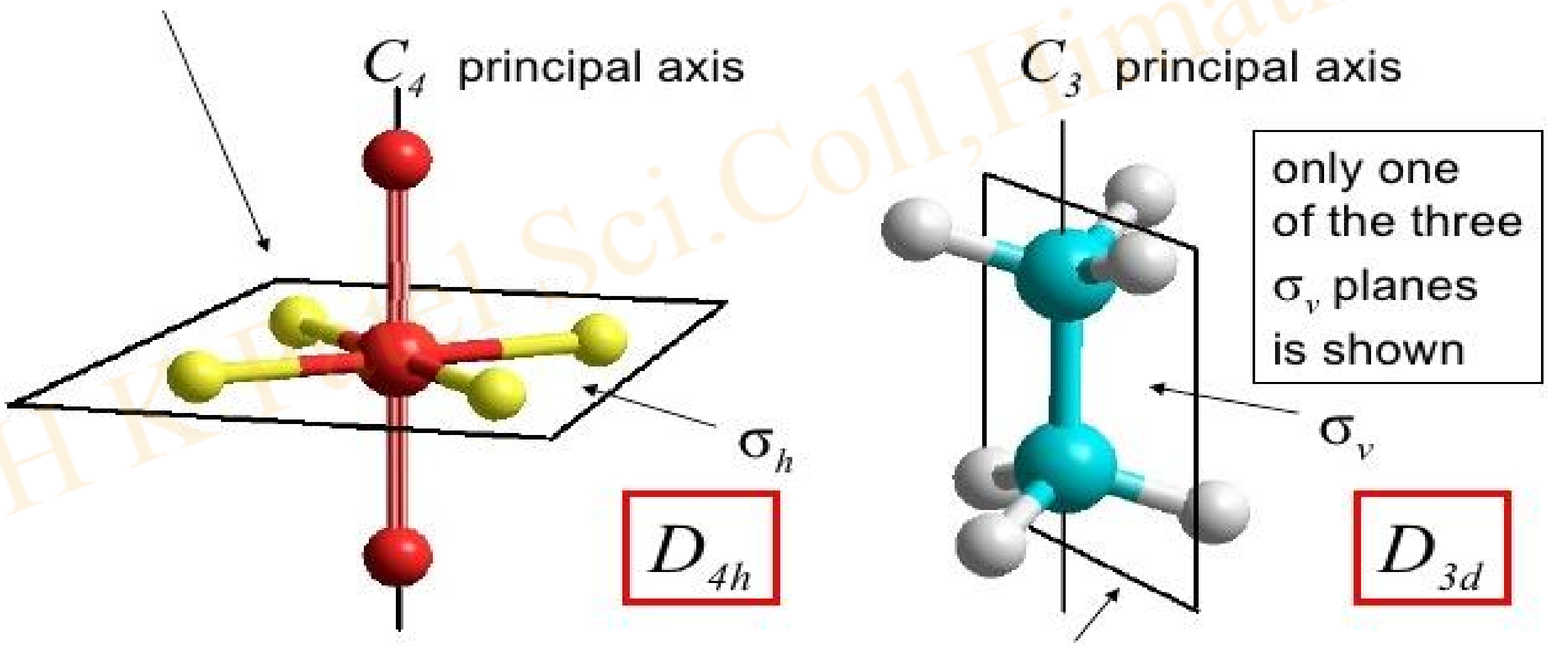
A subscript 'd' (or v for C groups) means there is no σ_h mirror plane, but only n σ_v mirror planes containing the principal C_n axis.

Staggered Ethen

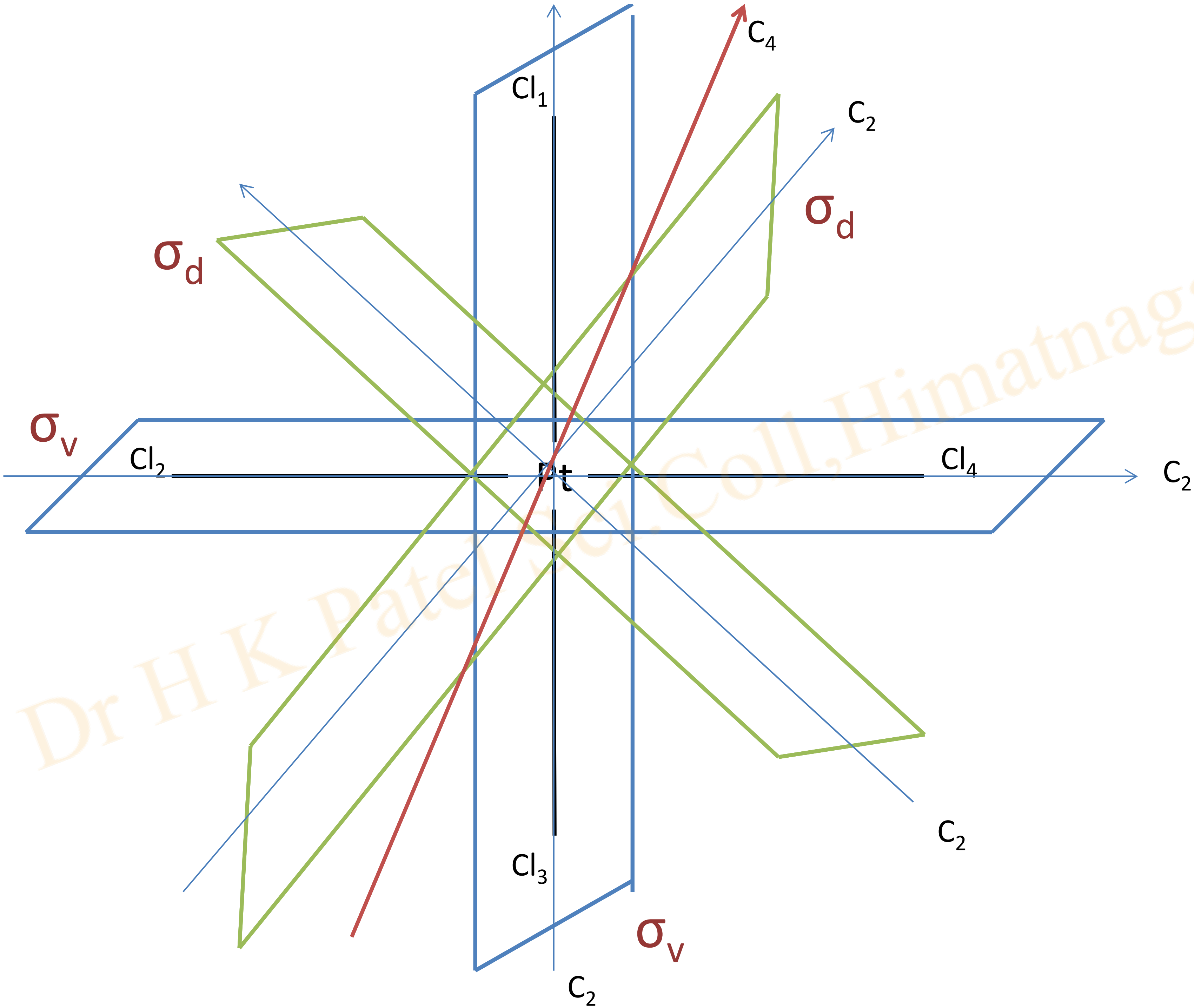


Naming point groups (contd.):

A subscript 'h' means that there is a σ_h mirror plane at right angles to the n-fold principal axis:

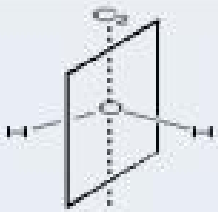
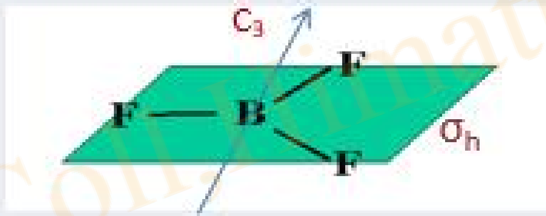


A subscript 'd' (or v for C groups) means there is no σ_h mirror plane, but only n σ_v mirror planes containing the principal C_n axis.

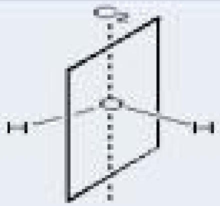
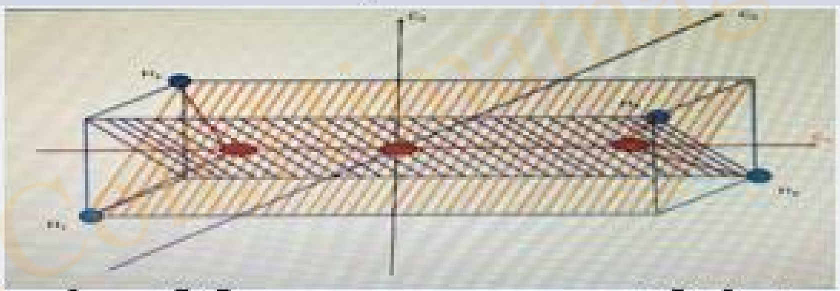


C4
Cl1
C2
σd
σd
σv
Cl2
Pt
Cl4
C2
C2
Cl3
σv
C2

Difference between σ_v and σ_h

σ_v	σ_h
જે સંમિતિ સમતલ મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષને સમાવતું હોય તેવા સંમિતિ સમતલને ઊર્ધ્વ સંમિતિ સમતલ કહે છે.	જે સંમિતિ સમતલ મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષને લમ્બ સ્વરૂપે આવેલ હોય તેવા સંમિતિ સમતલને સમક્ષિતીજ સંમિતિ સમતલ કહે છે.
	
અણુંમાં ઊર્ધ્વ સંમિતિ સમતલ એક કરતાં વધુ હોઇ શકે છે.	અણુંમાં સમક્ષિતીજ સંમિતિ સમતલ એક અને માત્ર એક જ હોય છે.
ઊર્ધ્વ સંમિતિ સમતલ મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષને સમાવે છે લમ્બ હોતું નથી. એટલે કે $\sigma_v \neq \perp C_n$	સમક્ષિતીજ સંમિતિ સમતલ મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષને લમ્બ સ્વરૂપે આવેલ હોય એટલે કે $\sigma_h \perp C_n$
અણુંમાં ઊર્ધ્વ સંમિતિ સમતલ હાજર હોય તો બેકી સંખ્યાની C_n જોડે કાયમ હાજર હોય તેમ કહી શકાય નહિ.	અણુંમાં સમક્ષિતીજ સંમિતિ સમતલ હાજર હોય તો બેકી સંખ્યાની C_n જોડે કાયમ હાજર હોય જ.
જે અણુંમાં માત્ર σ_v અને C_n હોય તો તેનો બિંદુ સમૂહ C_nv અપાય છે.	જે અણુંમાં માત્ર σ_h હોય તો તેનો બિંદુ સમૂહ D_nh અપાય છે.

Difference between σ_v and σ_h

σ_v	σ_d
જે સંમિતિ સમતલ મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષને સમાવતું હોય તેવા સંમિતિ સમતલને ઊર્ધ્વ સંમિતિ સમતલ કહે છે.	જે સંમિતિ સમતલ મુખ્ય ભ્રમણ અક્ષને સમાવતું હોય તથા બે C_2 અક્ષ વચ્ચે ના ખૂણાને દુભાગતું હોય અને વિકર્ણો માથી પસાર થતું હોય તેવા સંમિતિ સમતલને વિકર્ણીય સંમિતિ સમતલ કહે છે.
	
ઊર્ધ્વ સંમિતિ સમતલ ધરાવતા અણુંઓની સંખ્યા વધુ હોય છે.	વિકર્ણીય સંમિતિ સમતલ ધરાવતા અણુંઓની સંખ્યા ઓછી હોય છે.
વધારે પરમાણુંમાંથી પસાર થતા સમતલને ઊર્ધ્વ સંમિતિ સમતલ	ઓછા પરમાણુંમાંથી પસાર થતા સમતલને વિકર્ણીય સંમિતિ સમતલ

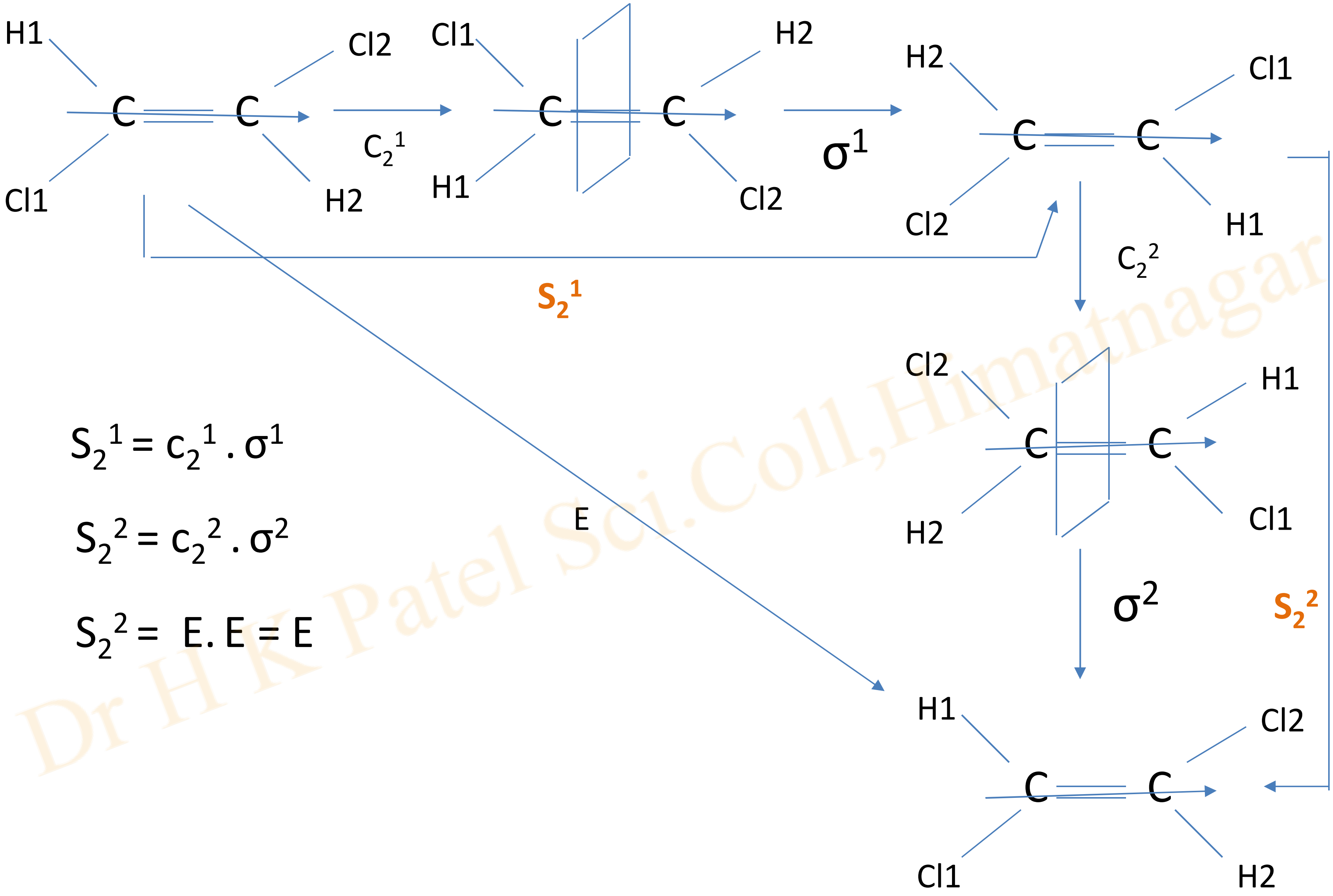
3. Improper axis of Rotation (S_n)
(અયોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ)

અણુમાં કોઈ એક અક્ષ વિચારી તે અક્ષની ફરતે અણુનું ઘડિયાળના કાંટાની વિરુધ્ધ દિશામાં કોઈ ચોક્કસ ખૂણે ભ્રમણ કરાવી તે ભ્રમણ અક્ષ ને લંબ સમતલમાં અણુનું પરાવર્તન લેતા પ્રાપ્ત થતું નવું બંધારણ મુળ બંધારણને સમતુલ્ય,અભિન્ન અને બંધબેસતું હોય તો વિચારેલ અક્ષને અયોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ કહે છે.

$$S_n = C_n . \sigma$$

$$S_n^{\,n} = \sigma \text{ and } S_n^{\,2n} = E \quad \text{when } n = 1,3,5,\ldots\text{etc}$$

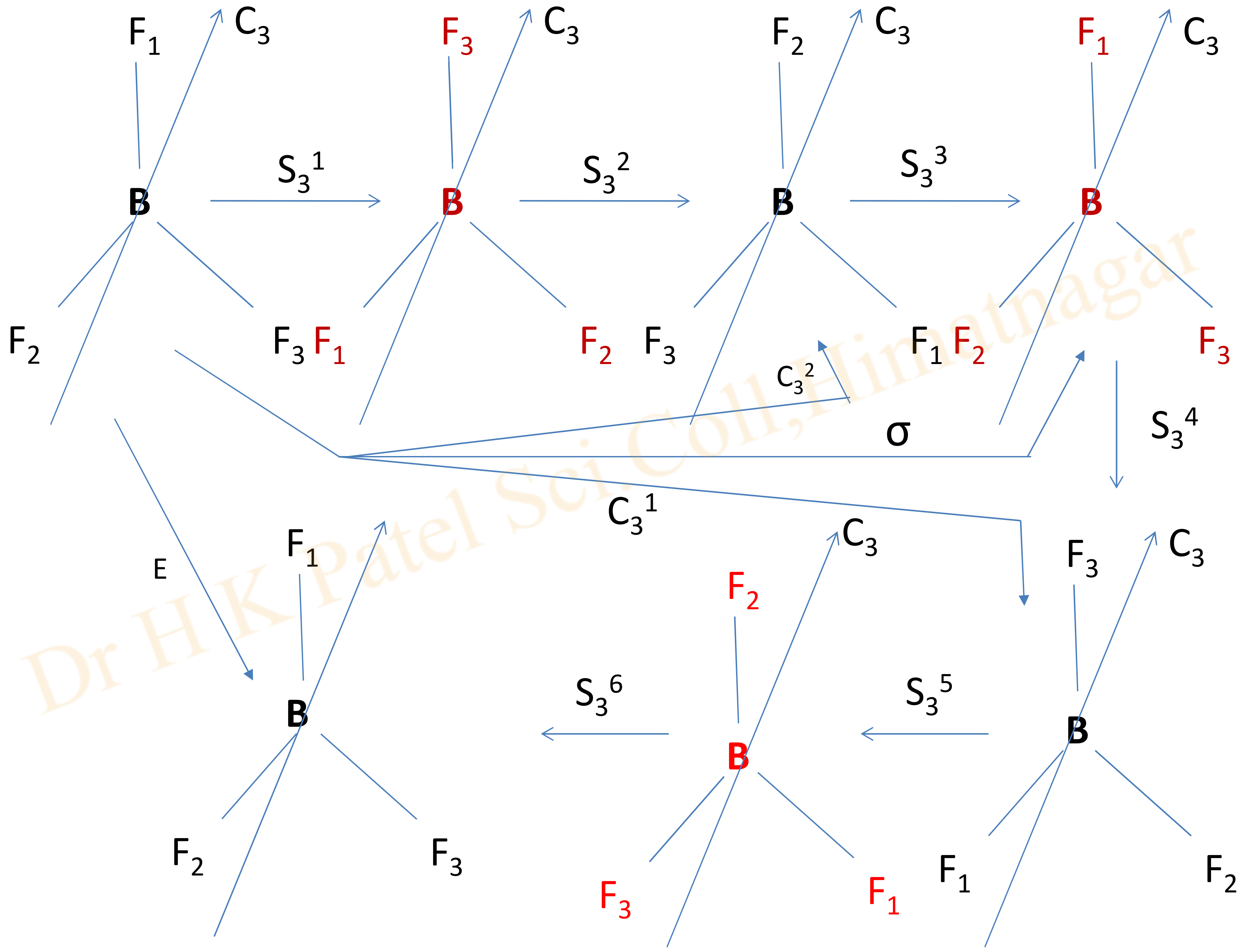
$$S_n^{\,n} = E \text{ and } S_n^{\,2n} = E \quad \text{when } n = 2,4,6,..\text{etc}$$



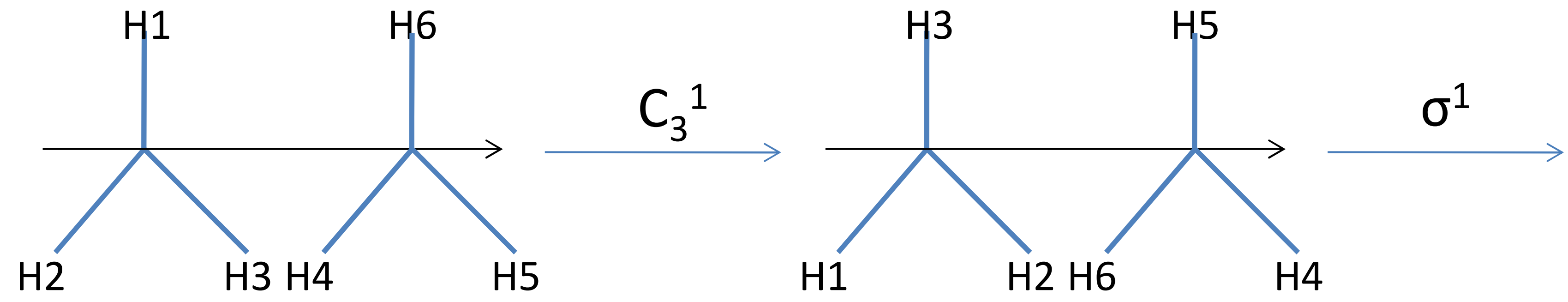
$S_2^1 = c_2^1 \,.\, \sigma^1$

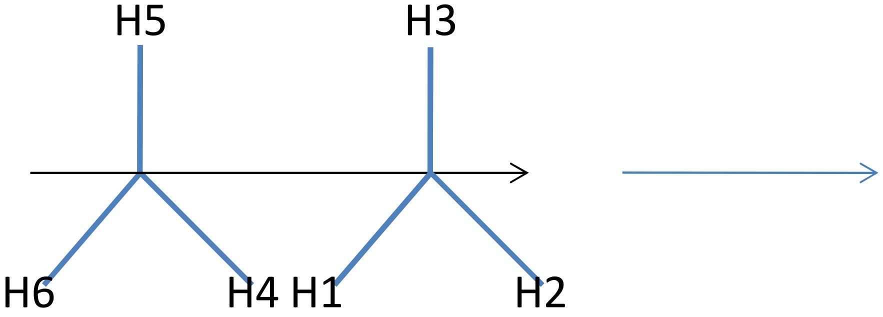
$S_2^2 = c_2^2 \,.\, \sigma^2$

$S_2^2 = E . E = E$

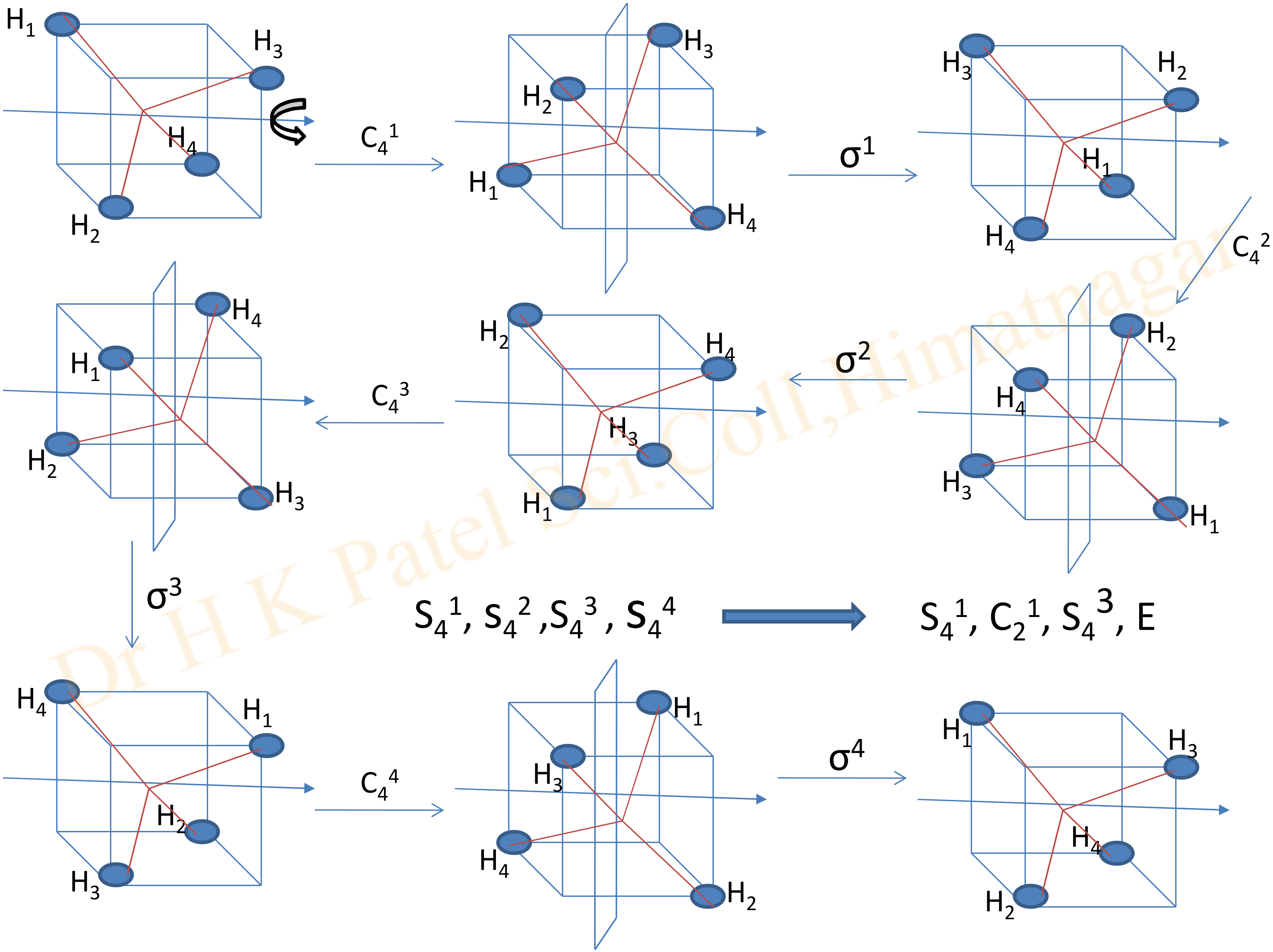


F_1
C_3
B
S_3^1
F_2
F_3
F_3
C_3
B
S_3^2
F_1
F_2
C_3
B
S_3^3
F_3
F_1
C_3
B
F_2
F_3
C_3^2
σ
S_3^4
C_3^1
E
F_1
C_3
B
F_2
F_3
S_3^6
C_3
F_2
B
F_3
F_1
S_3^5
F_3
C_3
B
F_1
F_2





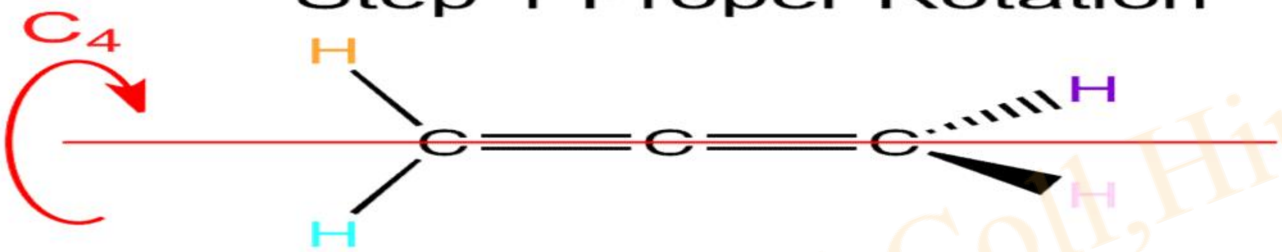
Continue up to S_6^6


H1 H3 H4 H2
C4 1
H3 H2 H1 H4
σ1
H3 H2 H1 H4
C4 2
H4 H1 H2 H3
C4 3
H2 H4 H3 H1
σ2
H2 H4 H3 H1
σ3
S4 1, s4 2 ,S4 3 , S4 4
S4 1, C2 1, S4 3, E
H4 H1 H2 H3
C4 4
H1 H3 H4 H2
σ4
H1 H3 H4 H2

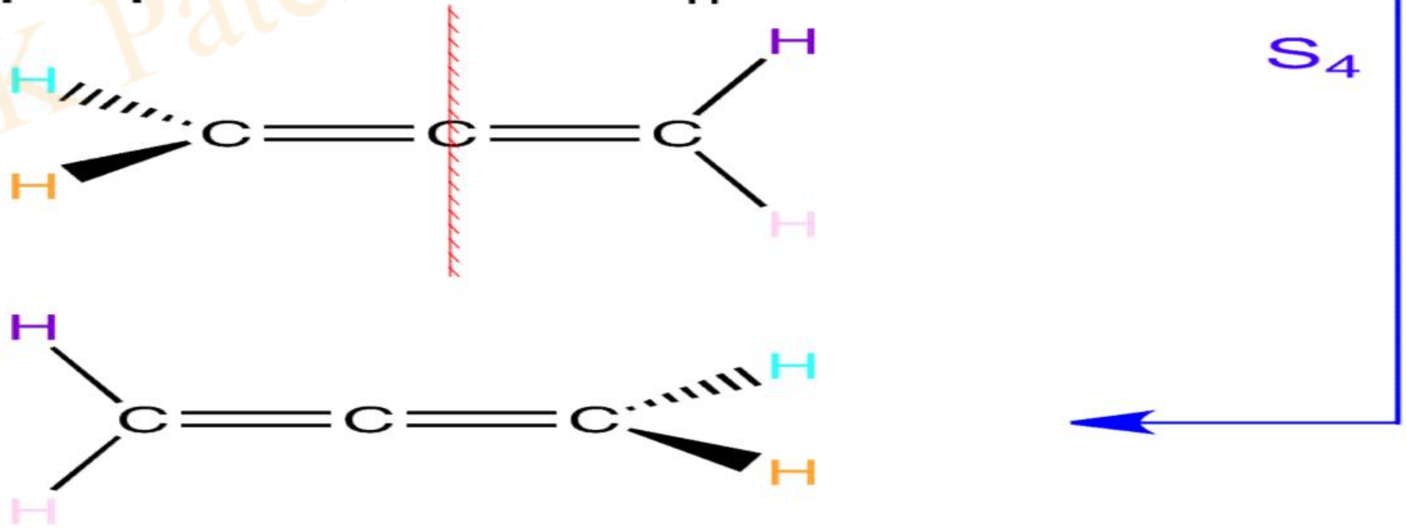
Improper Rotation

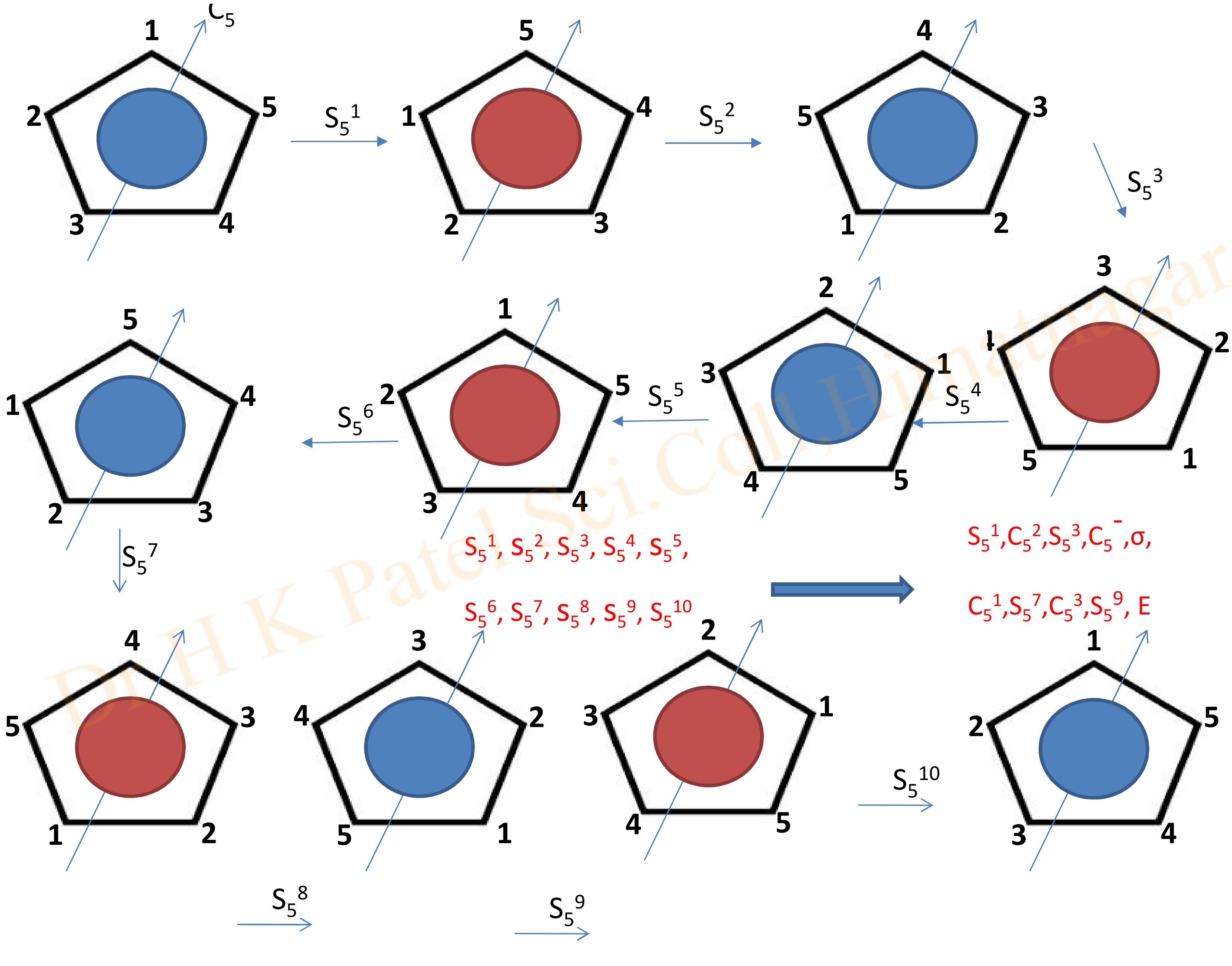
Allene - S_4

Step 1 Proper Rotation

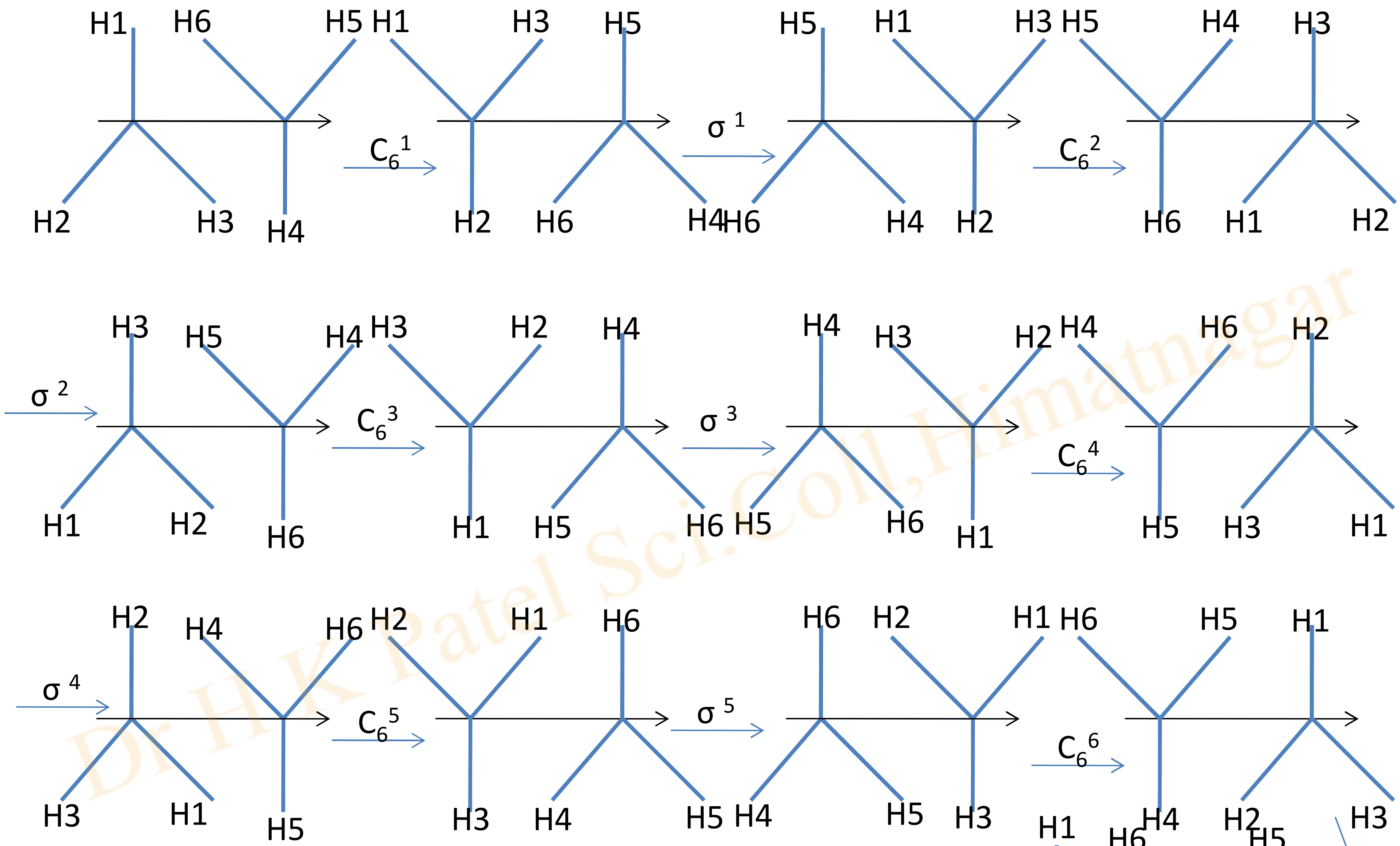


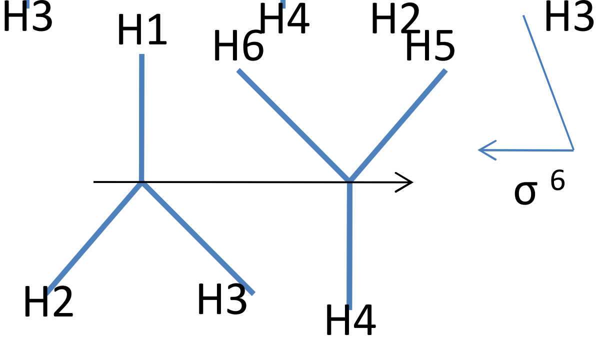
Step 2 Reflection across plane perpedicular to C_n axis



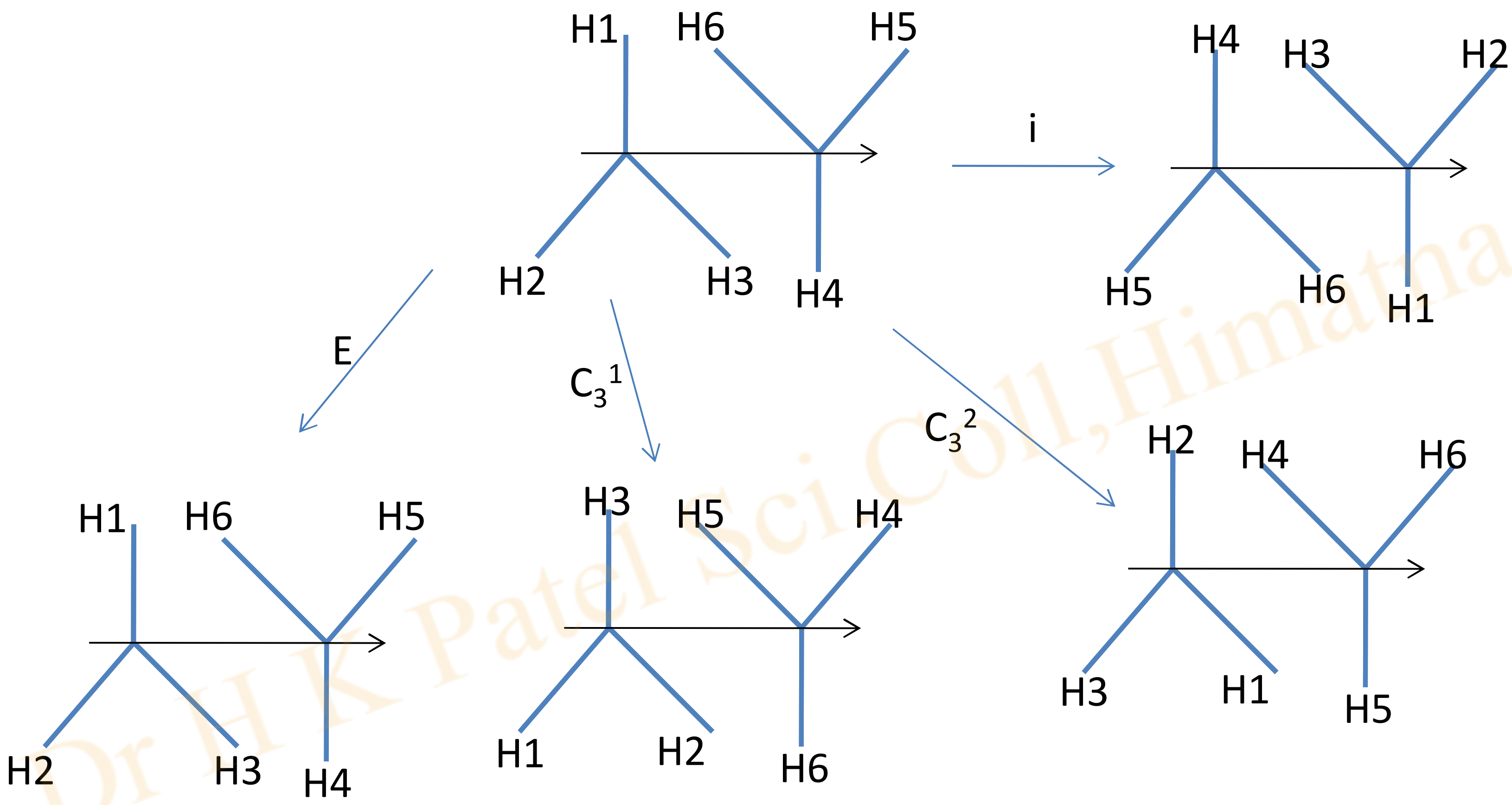


C_5
S_5^1
S_5^2
S_5^3
S_5^4
S_5^5
S_5^6
S_5^7
S_5^8
S_5^9
S_5^{10}
$S_5^1, S_5^2, S_5^3, S_5^4, S_5^5,$
$S_5^6, S_5^7, S_5^8, S_5^9, S_5^{10}$
$S_5^1, C_5^2, S_5^3, C_5^-, \sigma,$
$C_5^1, S_5^7, C_5^3, S_5^9$, E



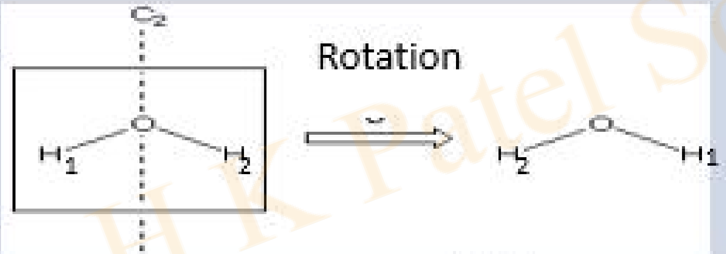
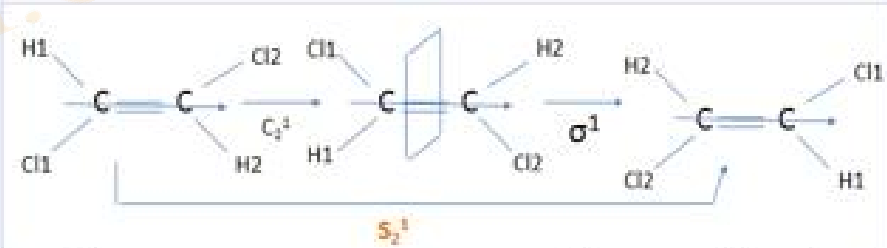


$S_6^1, S_6^2, S_6^3, S_6^4, S_6^5, S_6^6 \Longrightarrow S_6^1, C_3^1, i, C_3^2, S_6^5, E$


H1 H6 H5
H2 H3 H4
i
H4 H3 H2
H5 H6 H1
E
C_3^1
C_3^2
H1 H6 H5
H2 H3 H4
H3 H5 H4
H1 H2 H6
H2 H4 H6
H3 H1 H5

Operation		***specific operation***
S_2^1, S_2^2	$\Rightarrow$	S_2^1, E
$S_3^1, S_3^2, S_3^3, S_3^4, S_3^5, S_3^6$	$\Rightarrow$	$S_3^1, C_3^2, \sigma, C_3^1, S_3^5, E$
$S_4^1, S_4^2, S_4^3, S_4^4$	$\Rightarrow$	S_4^1, C_2^1, S_4^3, E
$S_5^1, S_5^2, S_5^3, S_5^4, S_5^5,$ $S_5^6, S_5^7, S_5^8, S_5^9, S_5^{10}$	$\Rightarrow$	$S_5^1, C_5^2, S_5^3, C_5^{-}, \sigma,$ $C_5^1, S_5^7, C_5^3, S_5^9, E$
$S_6^1, S_6^2, S_6^3, S_6^4, S_6^5, S_6^6$	$\Rightarrow$	$S_6^1, C_3^1, i, C_3^2, S_6^5, E$

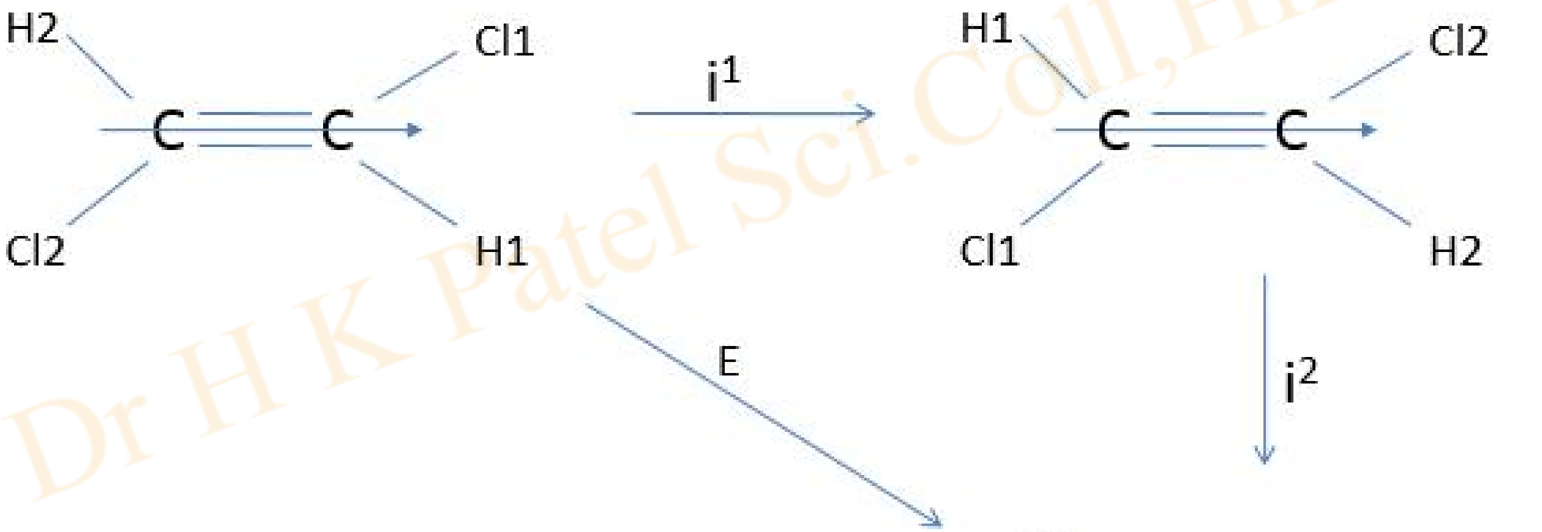
Difference between C_n and S_n

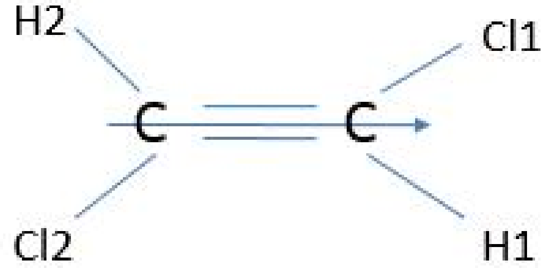
<table>
<tr><th>C_n</th><th>S_n</th></tr>
<tr><td>અણુમાં કોઈ એક અક્ષ વિચારી તે અક્ષની ફરતે અણુનું ઘડિયાળના કાંટાની વિરુધ દિશામાં કોઈ ચોક્કસ ખૂણે ભ્રમણ કરાવવાથી પ્રાપ્ત થતું નવું બંધારણ મૂળ બંધારણને સમતુલ્ય, અભીન્ન અને બંધબેસતું હોયતો વિચારેલ અક્ષને યોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ C_n કહે છે.</td><td>અણુમાં કોઈ એક અક્ષ વિચારી તે અક્ષની ફરતે અણુનું ઘડિયાળના કાંટાની વિરુધ દિશામાં કોઈ ચોક્કસ ખૂણે ભ્રમણ કરાવી તે ભ્રમણ અક્ષને લંબ સમતલમાં અણુનું પરાવર્તન લેતા પ્રાપ્ત થતું નવું બંધારણ મૂળ બંધારણને સમતુલ્ય, અભીન્ન અને બંધબેસતું હોયતો વિચારેલ અક્ષને અયોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ S_n કહે છે.</td></tr>
<tr><td>ઉદાહરણ</td><td>ઉદાહરણ</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>યોગ્ય ભ્રમણ અક્ષમાં ફક્ત ભ્રમણની ક્રિયા કરવામાં આવેછે.</td><td>અયોગ્ય ભ્રમણ અક્ષમાં ભ્રમણ અને પરાવર્તન એમ બે ક્રિયા કરવામાં આવેછે.</td></tr>
<tr><td>યોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ દરેક અણુમાં હાજર હોય છે.</td><td>અયોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ ખુબ ઓછા અણુમાં હાજર હોય છે.</td></tr>
<tr><td>યોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ માટે હંમેશા $C_n^n = E$, $C_n^{2n} = E$ થાય છે.</td><td>અયોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ માટે હંમેશા
$S_n^n = \sigma$ and $S_n^{2n} = E$ where n = 1,3,5,...etc
$S_n^n = E$ and $S_n^{2n} = E$ where n =2,4,6,..etc</td></tr>
</table>

(4) Inversion Or Centre of symmetry (i)
ઉત્ક્રમણ કેન્દ્ર/સંમીત્તા કેન્દ્ર

અણુમાં આવેલ બધાજ પરમાણુનું કેન્દ્રમાંથી ઉત્ક્રમણ લેતા સામ-સામેના છેડે સમાન અંતરે સમાન પરમાણું પ્રાપ્ત થાયતો તે અણુ ઉત્ક્રમણ કેન્દ્ર (સંમીત્તા કેન્દ્ર) ધરાવે છે તેમ કહેવાય.

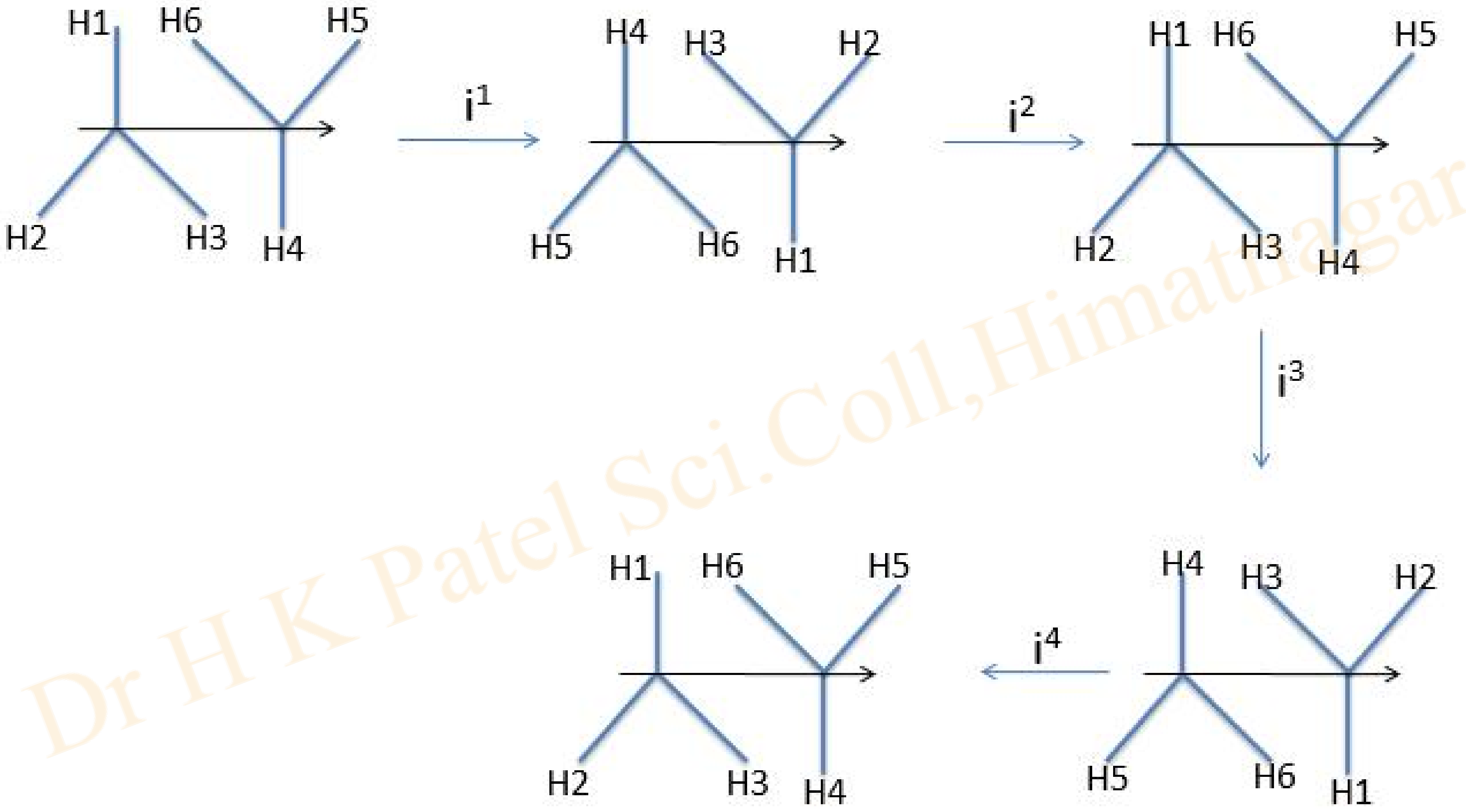
* ઉત્ક્રમણની ક્રિયા કરવાથી સમ-સામેના છેડા પરના પરમાણુના સ્થાન બદલાઈ જાય છે.





$i^K = E$ where k=2,4,6,……etc

i^K = સમતુલ્ય where k=1,2,5,……etc

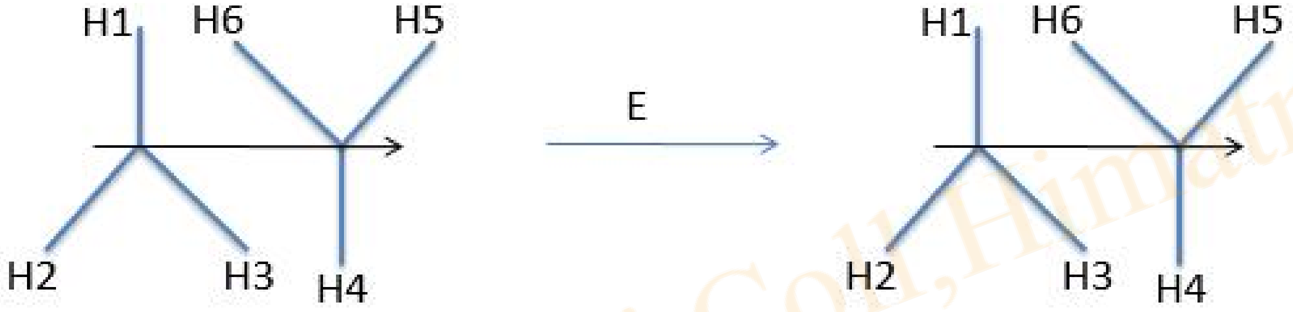


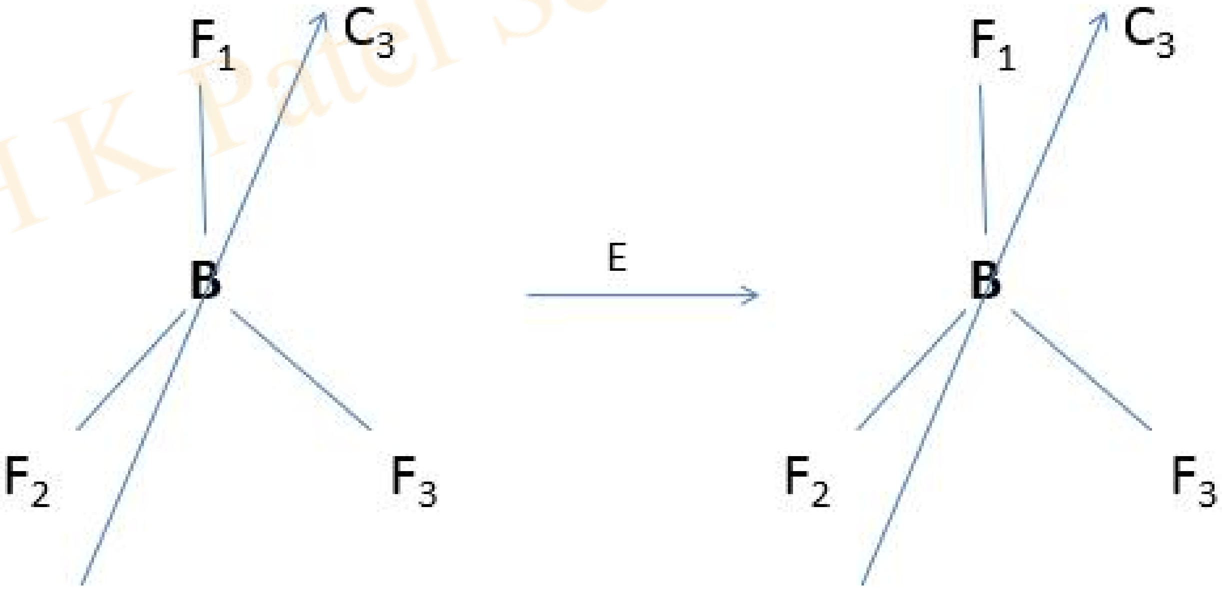
$i^2 = E$,$i^4 = E$,……. $i^K = E$ where k=2,4,6,......etc

I^1, i^3,……… i^K = સમતુલ્ય where k=1,2,5,......etc

6. Identity (E) તદ્દેવ

અણુ પર કોઇજ ક્રિયા કરવામાં ન આવે અને તેનું તેજ બંધારણ લખવામાં આવે છે તે ક્રિયાને તદ્દેવ સ્થિતિ કહેવામાં આવે છે.





Point Group (બિંદુ સમૂહ)

અણુ અથવા આકાર ને આપવામાં આવતી એવી સંજ્ઞા કે જે અણુમાં હાજર રહેલ સંમિતિ તત્વોનો નિર્દેશ કરે છે તે સંજ્ઞાને બિંદુ સમૂહ કહે છે.

વિભાગ -૧ - C_1 , C_s , C_i

વિભાગ – ૨ - C_n , C_nv , C_nh

વિભાગ – 3 - D_n , D_nh , D_nd

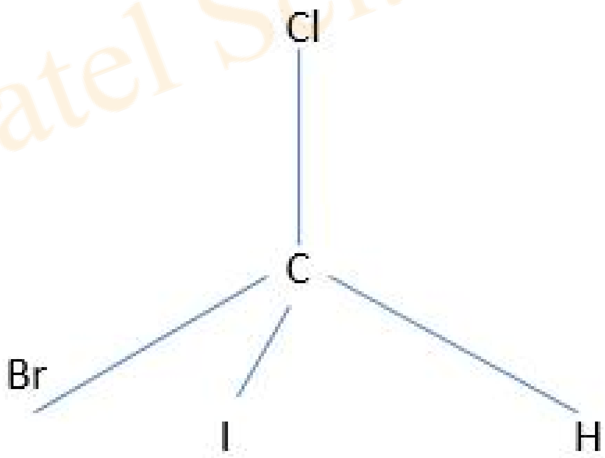
વિભાગ -૪ – Td , Oh

વિભાગ -૧ - C_1 , Cs , Ci

જે અણુમાં કોઇજ સંમિતિ અક્ષ ન હોય તેવા અણુઓ નો સમાવેશ આ વિભાગમાં કરવામાં આવેછે.

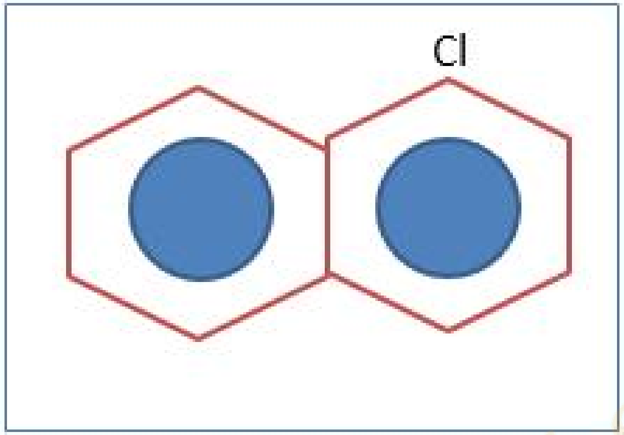
C_1

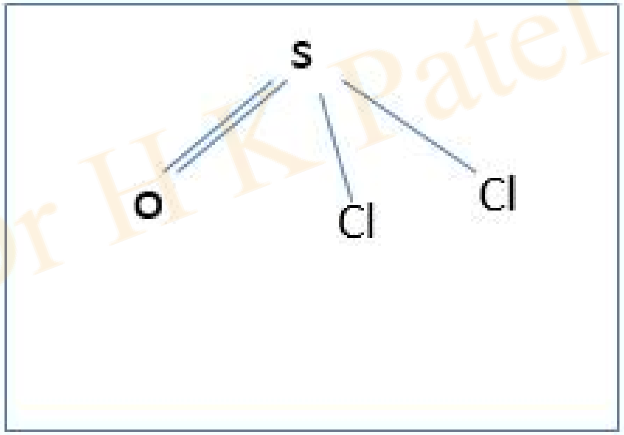
જે અણુમાં કોઇજ સંમિતિ તત્વો ન હોય તેવા અણુઓ નો બિંદુ સમૂહ C_1 **આપવામાં** આવેછે.

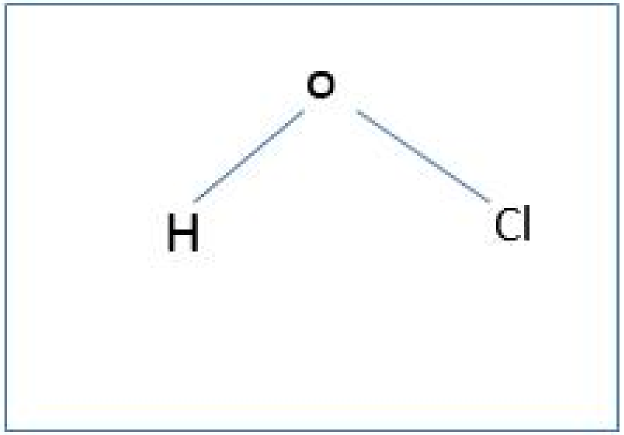


C_s

જે અણુ અથવા આકાર માત્ર અને માત્ર એક સંમિતી સમતલ ધરાવતું હોય તેવા અણુ અથવા આકારનો બિંદુ સમૂહ Cs અપાય છે.



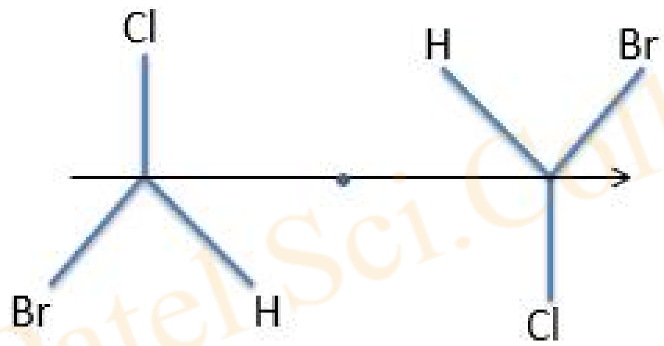




ગ્લાસમેક બ્યુરેટ , બાસ્પવડકી

C_i

જે અણુ માત્ર અને માત્ર એક ઉત્ક્રમણ કેન્દ્ર (સંમિતતા કેન્દ્ર) ધરાવે છે તેવા અણુનો બિંદુ સમૂહ Ci અપાય છે.

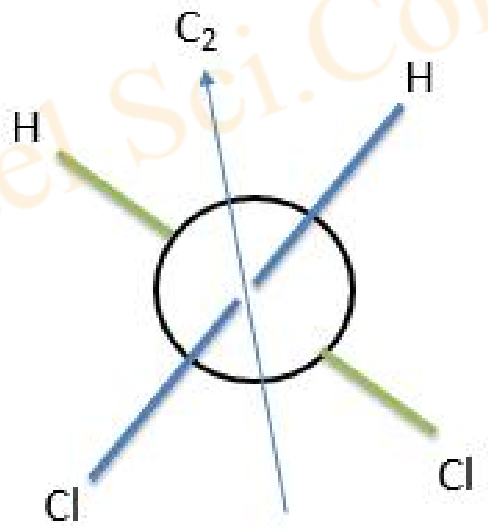


વિભાગ – ૨ - C_n , C_{nv} , C_{nh}

જે અણુઓ એક યોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ ધરાવે છે તેવા અણુઓ નો સમાવેશ આ વિભાગમાં કરવામાં આવે છે.

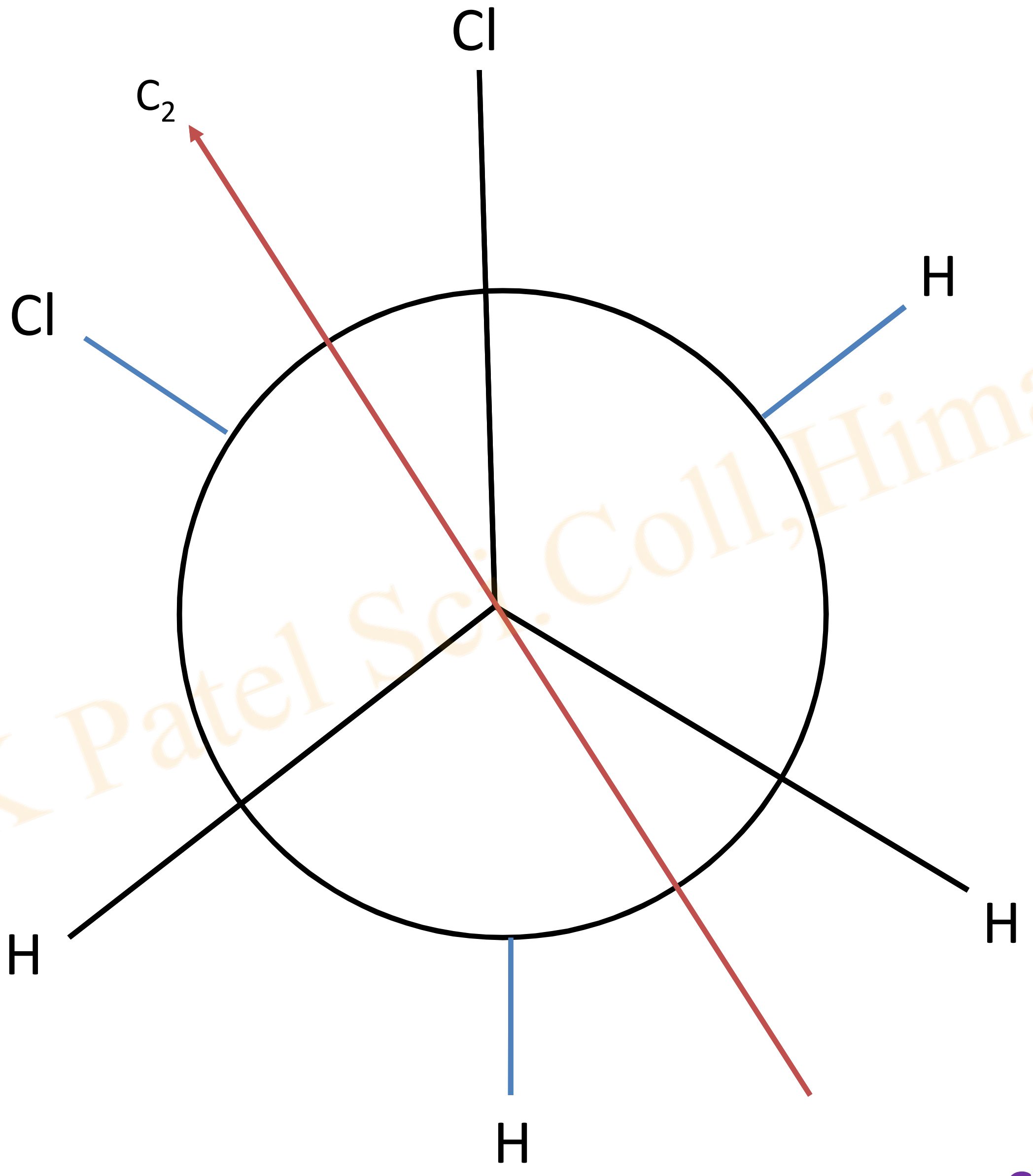
C_n

જે અણુઓ માત્ર અને માત્ર એક યોગ્ય ભ્રમણ અક્ષજ ધરાવે છે તેવા અણુઓનો બિંદુ સમૂહ C_n આવે છે.



$C_n = C_2$

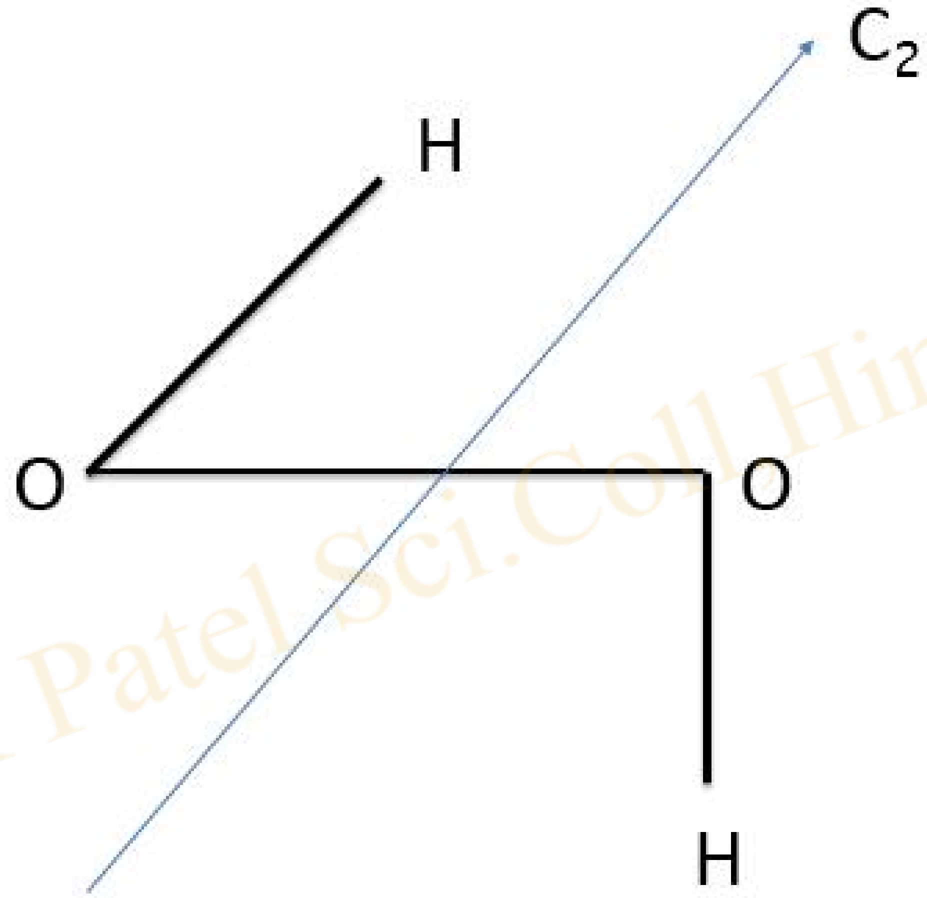
સ્ટેગર્ડ,૧-૨ ડાય ક્લોરો ઇથિલીન



Staggered sis 1,2-dia Chloro Ethan

$C_n = C_2$

H_2O_2 બિન તલીય (Non Planer)

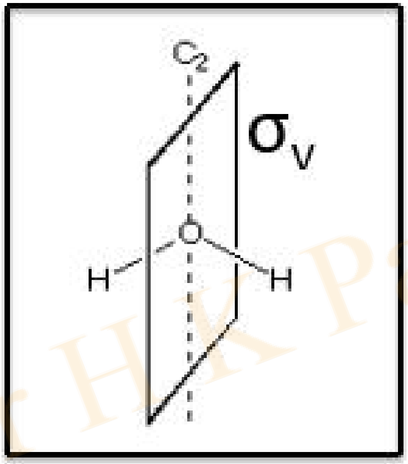


$C_n = C_2$

Cnv

જે અણુઓ એક યોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ Cn તથા ભ્રમણ અક્ષ જેટલા ફોલ્ડની હોય તેટલી સંખ્યાના ઉર્ધ્વ સંમિતી સમતલ (σ_V) ધરાવતા હોયતો તેવા અણુઓ નો બિંદુ સમૂહ Cnv અપાય છે.

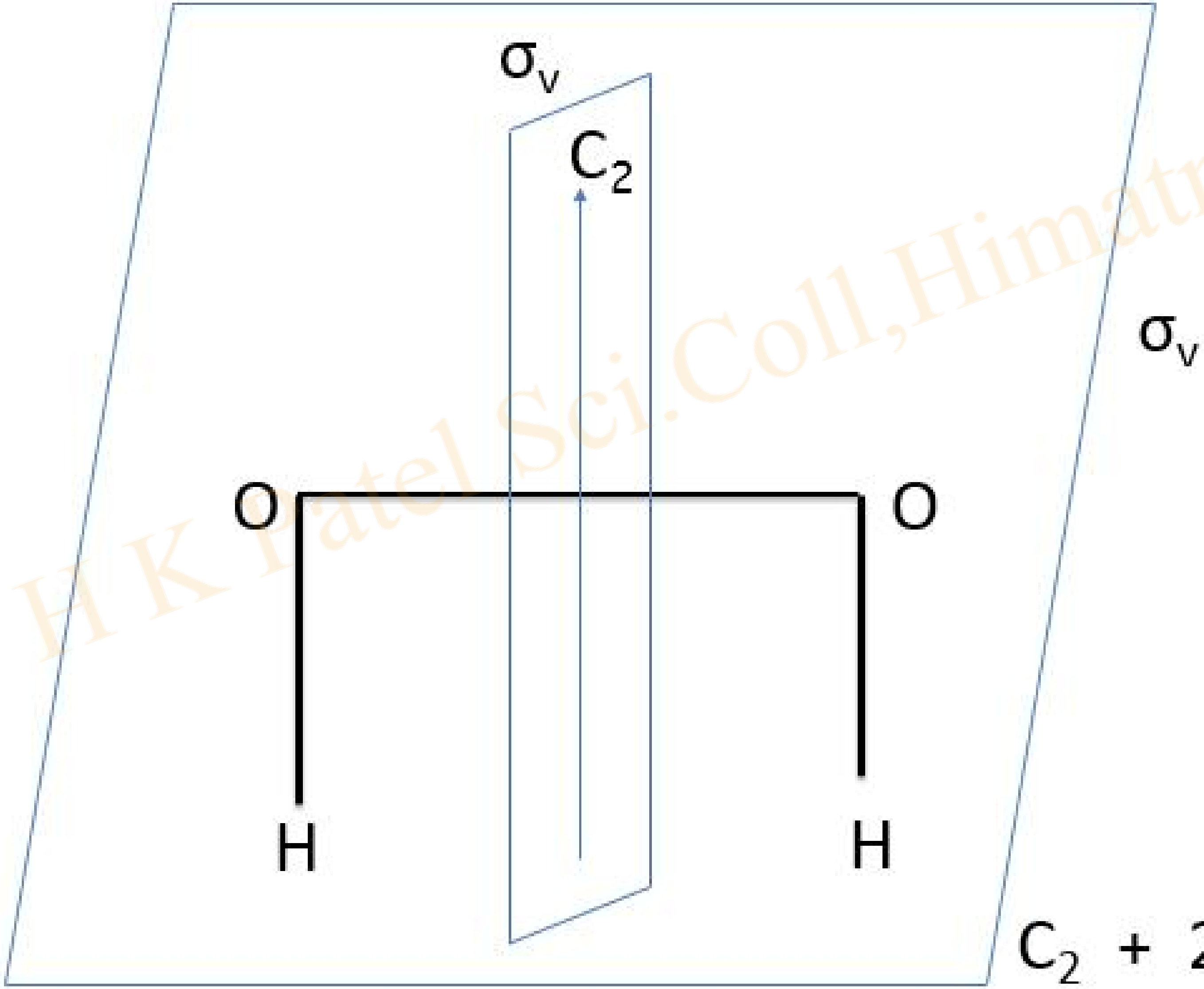
$$\boxed{Cn + n\sigma_v = Cnv}$$



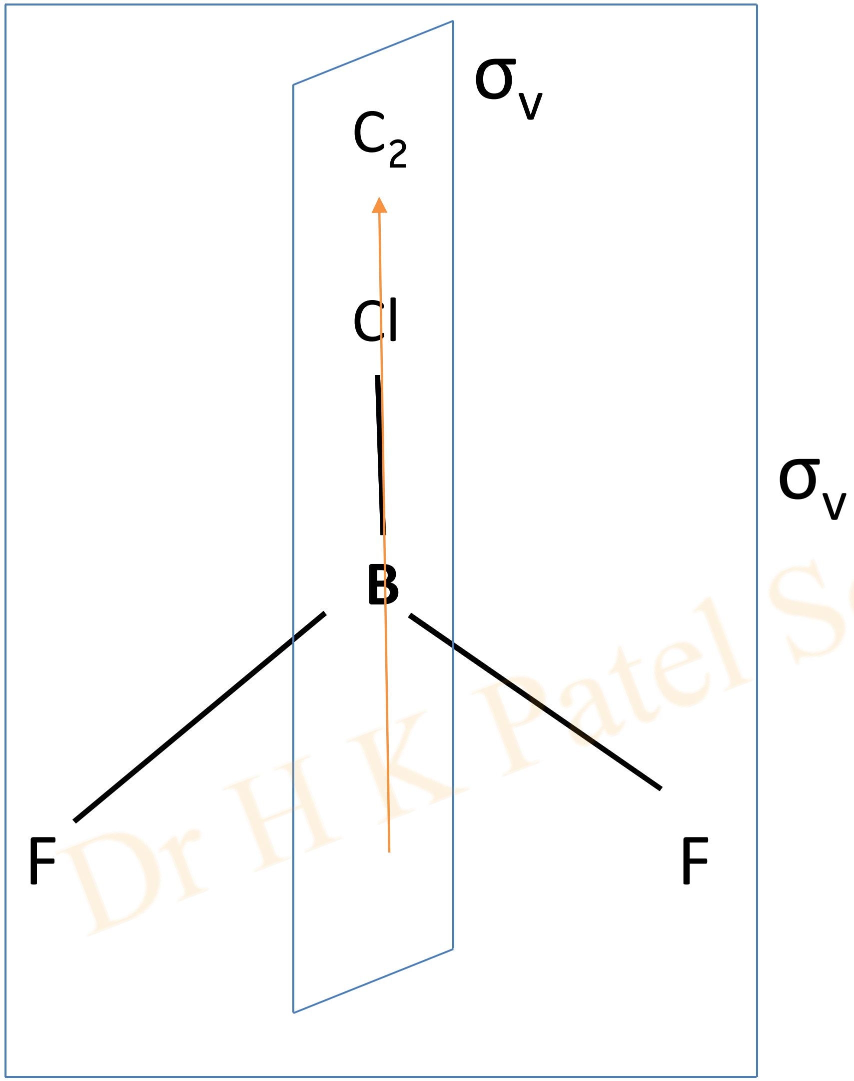
σ_v

$$C_2 + 2\sigma_v = C_2v$$

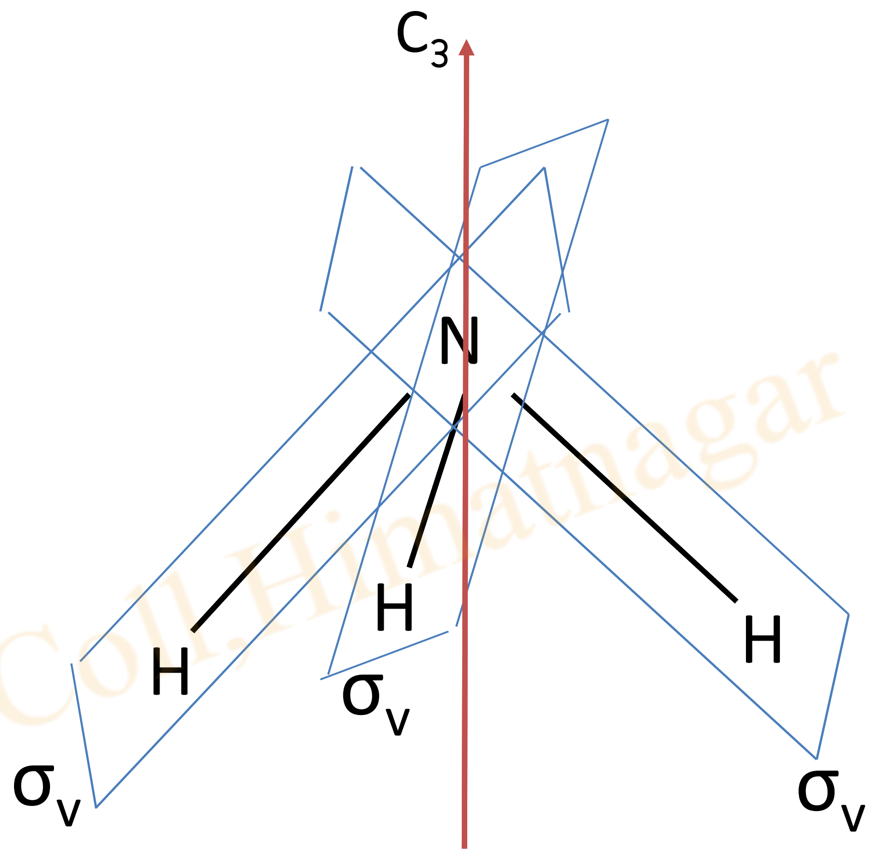
H_2O_2 તલીય (Planer)



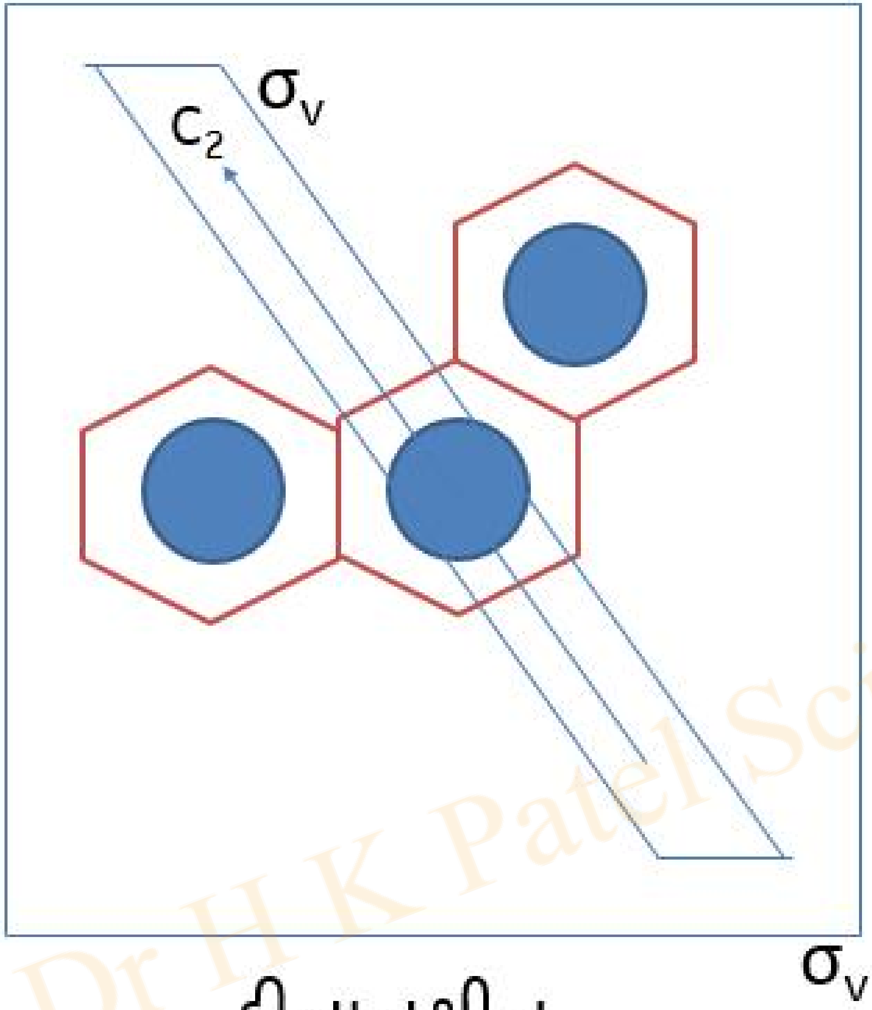
$C_2 + 2\sigma_v = C_2v$



$C_2 + 2\sigma_v = C_2v$

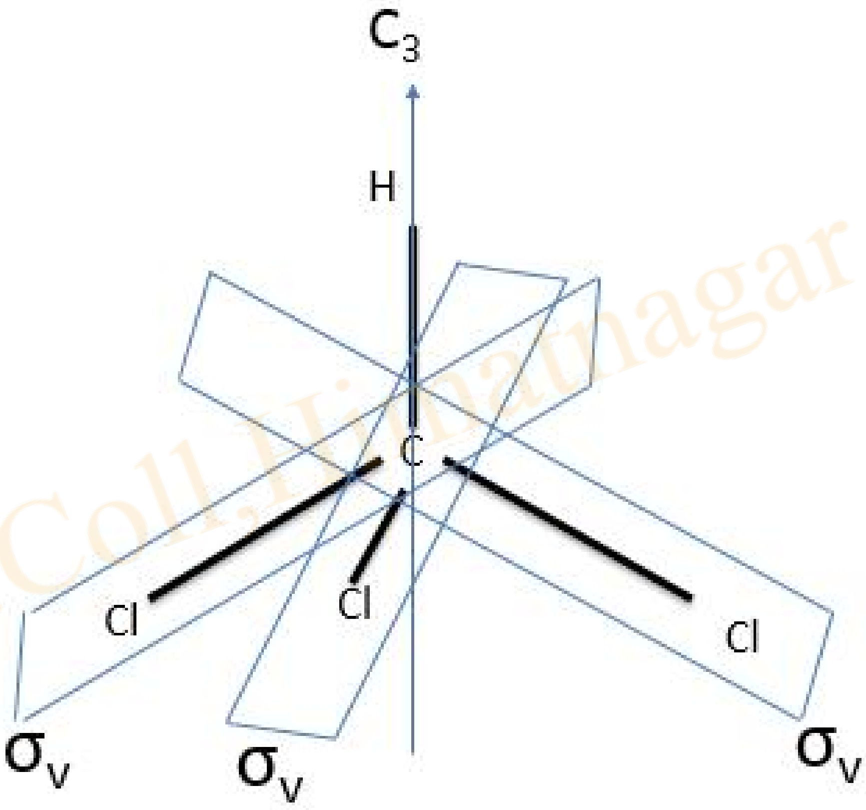


$C_3 + 3\sigma_v = C_3v$



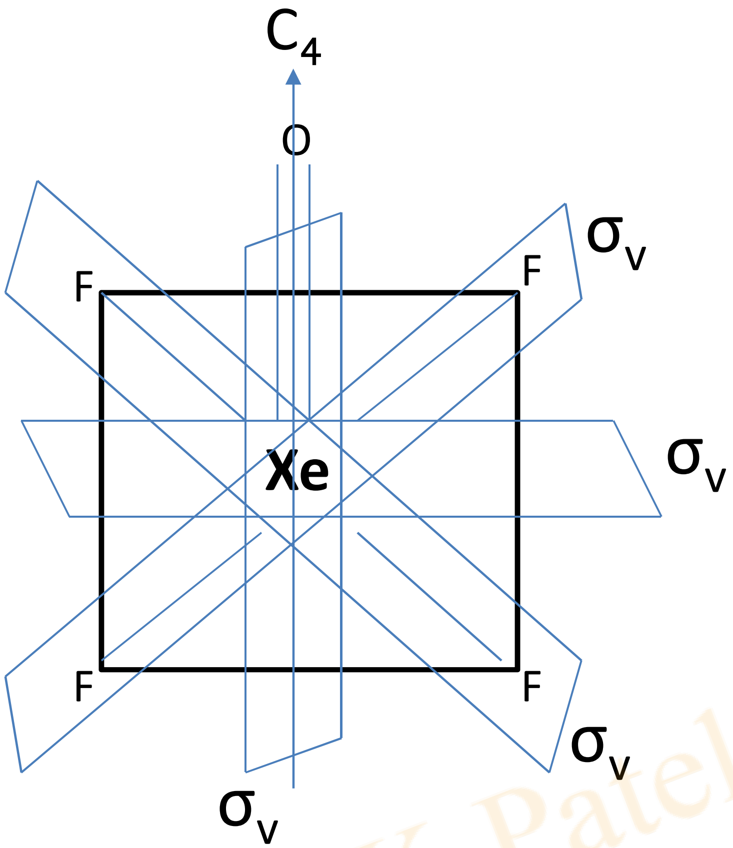
ફીનાનથ્રીન

$$C_2 + 2\sigma_v = C_2v$$

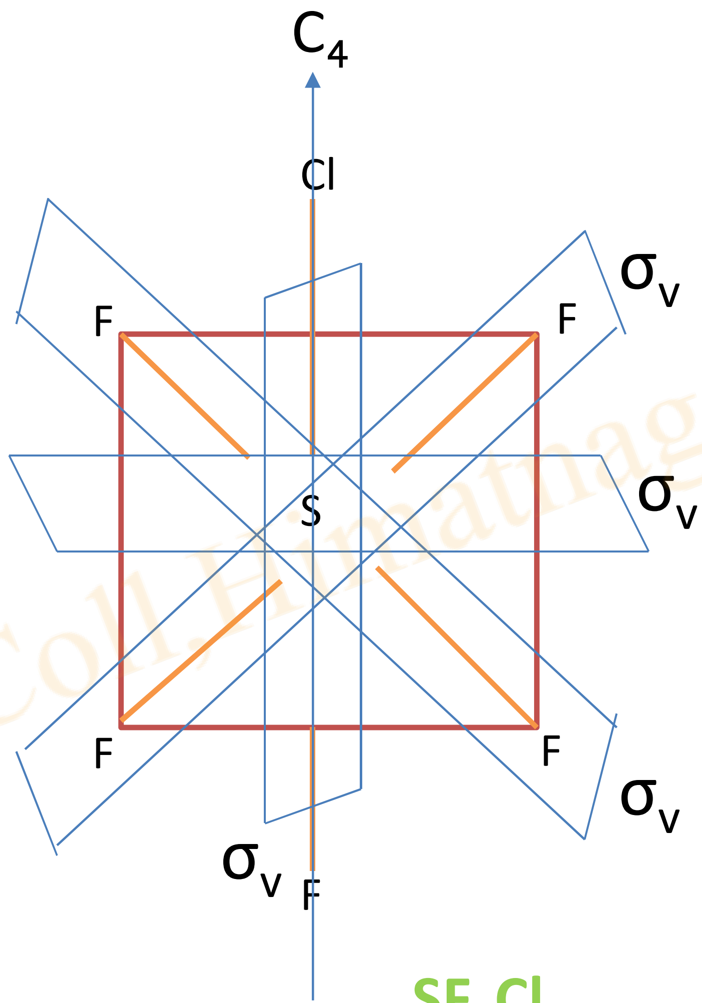


કલોરોફોર્મ

$$C_3 + 3\sigma_v = C_3v$$

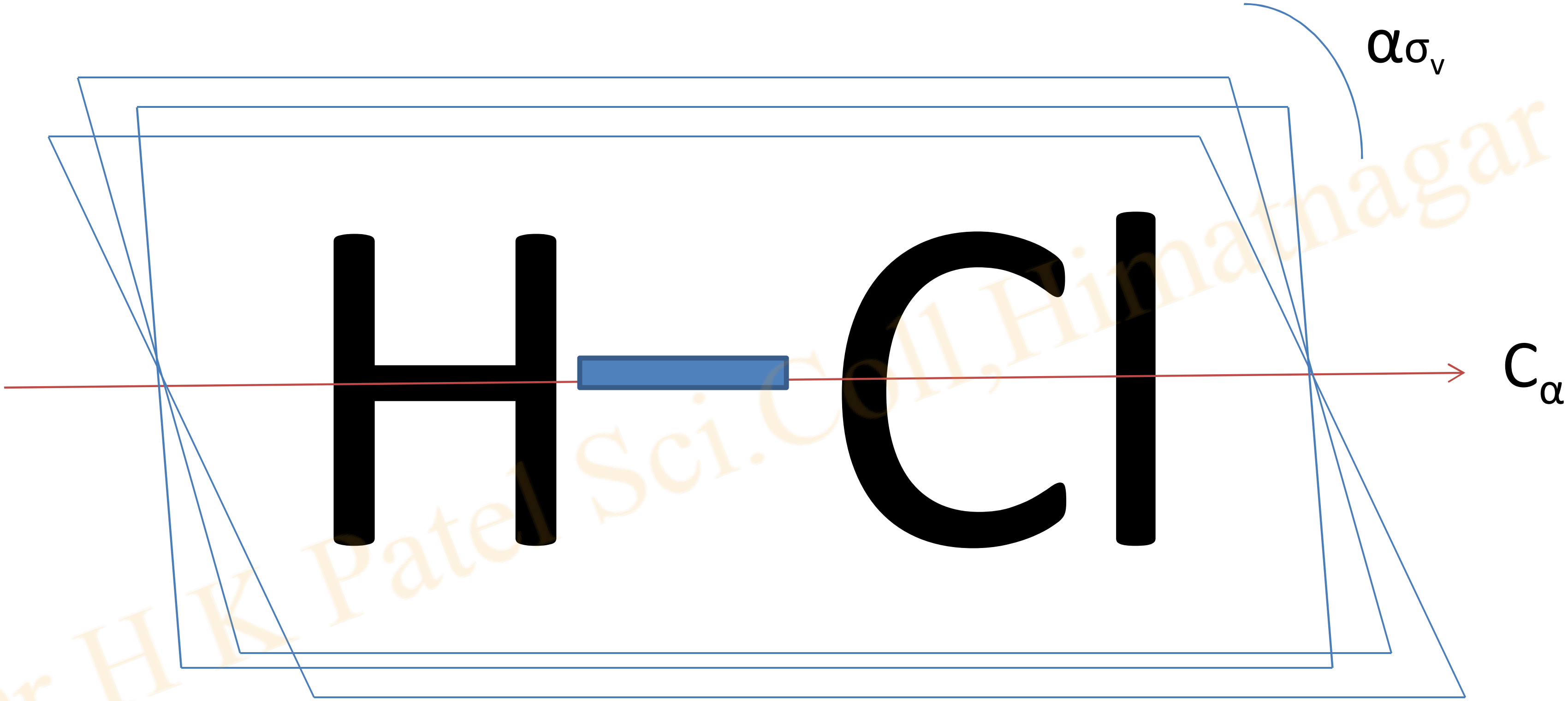


XeoF4

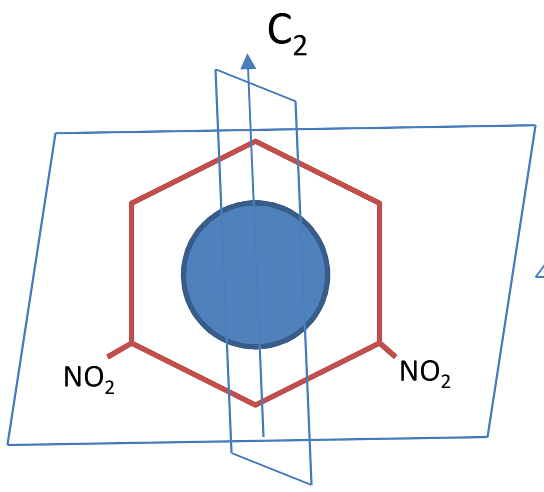


SF_5Cl

$$C_4 + 4\sigma_v = C_4v$$

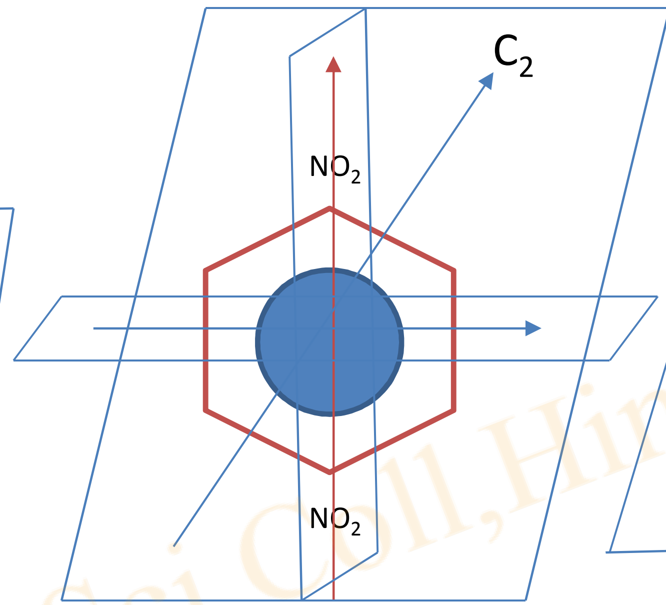


$$C_\alpha + \alpha\sigma_v = C_{\alpha v}$$

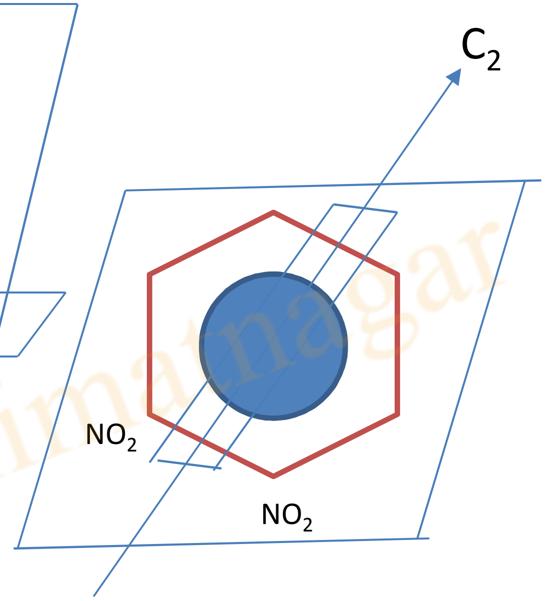


m-di nitro benzene

$C_2 + 2\sigma_v = C_2v$



p-di nitro benzene



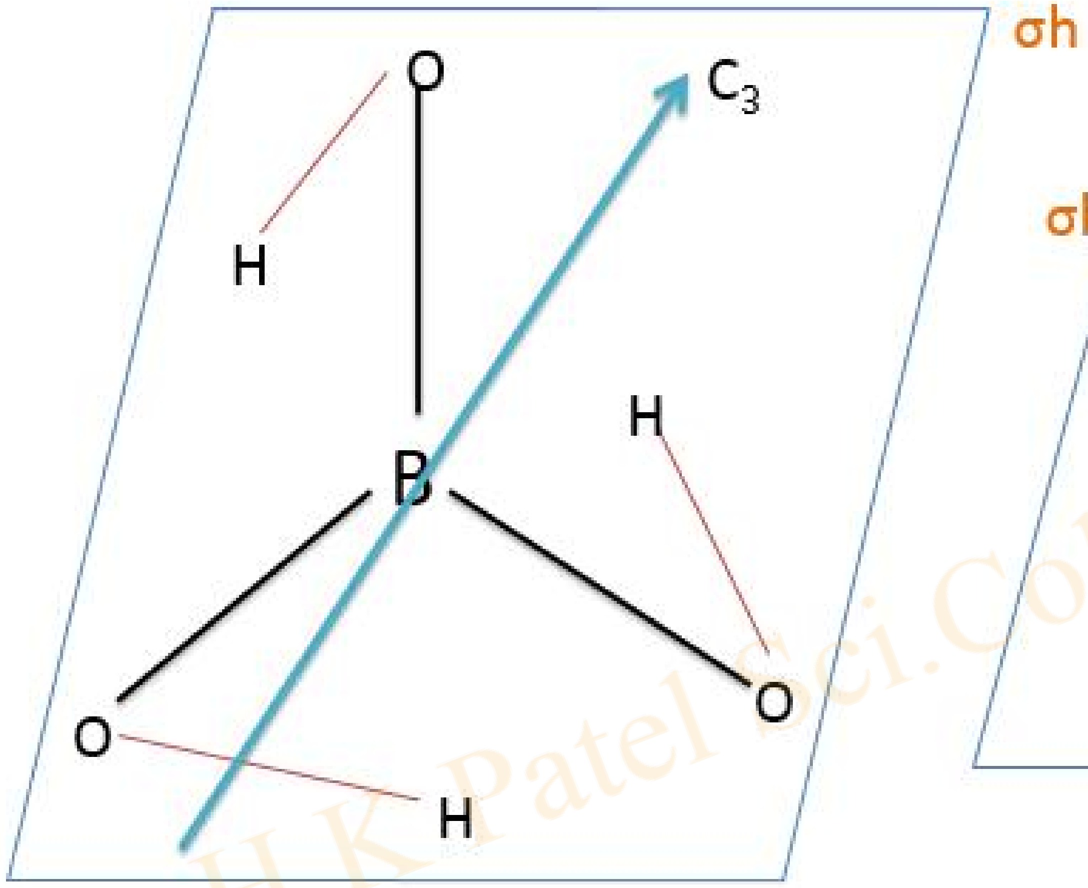
o-di nitro benzene

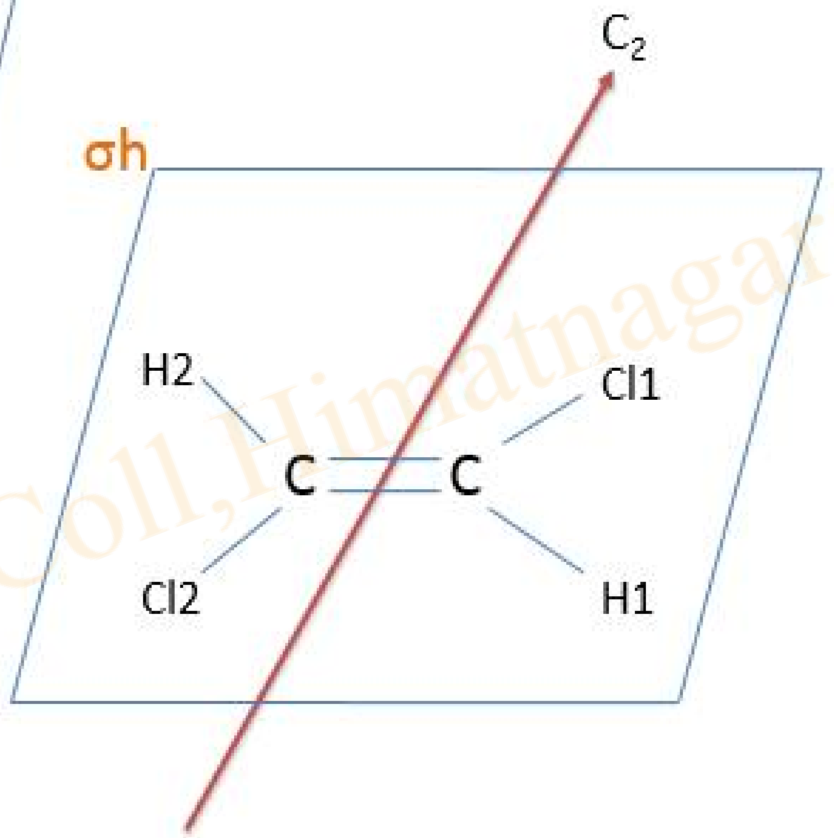
$C_2 + 2\sigma_v = C_2v$

Cnh

જે અણુઓ એક યોગ્ય ભ્રમણ અક્ષ Cn તથા સમક્ષિતિજ સંમિતી સમતલ(σh) ધરાવતા હોયતો તેવા અણુઓ નો બિંદુ સમૂહ Cnh અપાય છે.

$$\boxed{C_n + \sigma h = C_n h}$$





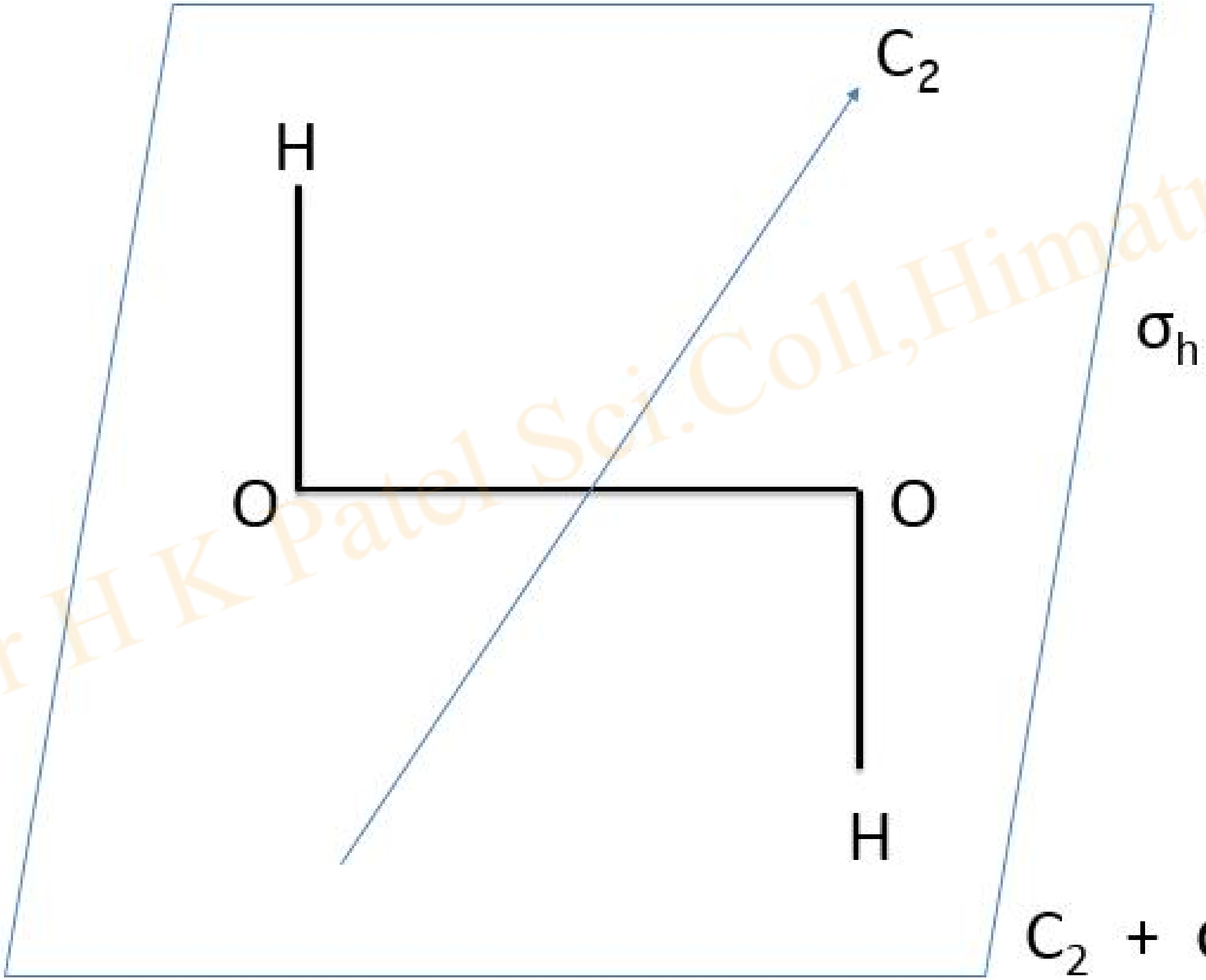
H_3BO_3(બોરિક એસિડ)

$C_3 + \sigma h = C_3h$

ટ્રાન્સ ૧,૨-ડાય ક્લોરો ઈથીલીન

$C_2 + \sigma h = C_2h$

H_2O_2 તલીય (Planer)



$C_2 + \sigma_h = C_2h$

વિભાગ – 3 - Dn , Dnh , Dnd

જે અણુઓ એક યોગ્ય અક્ષ Cn ધરાવતા હોય તથા તે ભ્રમણ અક્ષને લંબ અક્ષના ફોલ્ડ જેટલી સંખ્યાની C_2 અક્ષ ધરાવતા હોય તેવા અણુઓનો સમાવેશ આ વિભગમાં કરવામાં આવે છે.

અથવા

Dn અક્ષ ધરાવતા હોય તેવા અણુઓનો સમાવેશ આ વિભગમાં કરવામાં આવે છે.

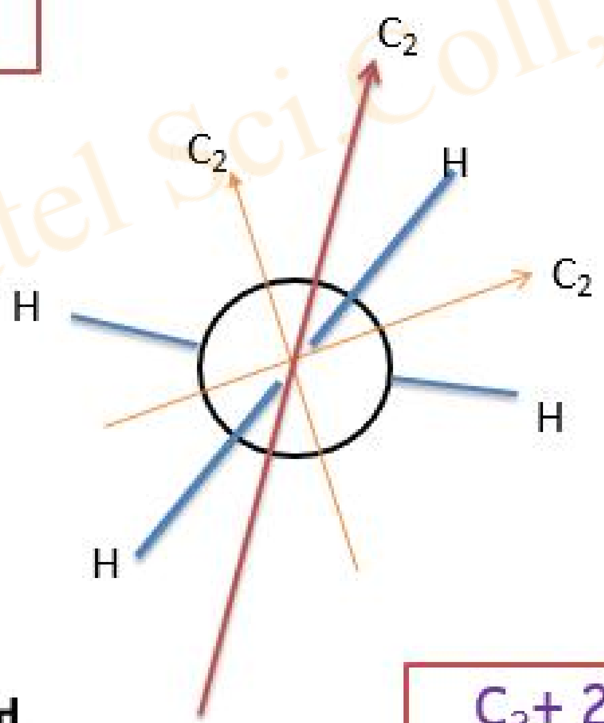
Dn

જે અણુઓ માત્ર અને માત્ર એક યોગ્ય અક્ષ Cn ધરાવતા હોય તથા તે ભ્રમણ અક્ષને લંબ અક્ષના ફોલ્ડ જેટલી સંખ્યાની C_2 અક્ષ ધરાવતા હોય તેવા અણુઓનો બિંદુ સમૂહ Dn અપાય છે.

અથવા

જે અણુઓ માત્ર અને માત્ર એક Dn અક્ષ ધરાવતા હોય તેવા અણુઓનો બિંદુ સમૂહ Dn આવે છે.

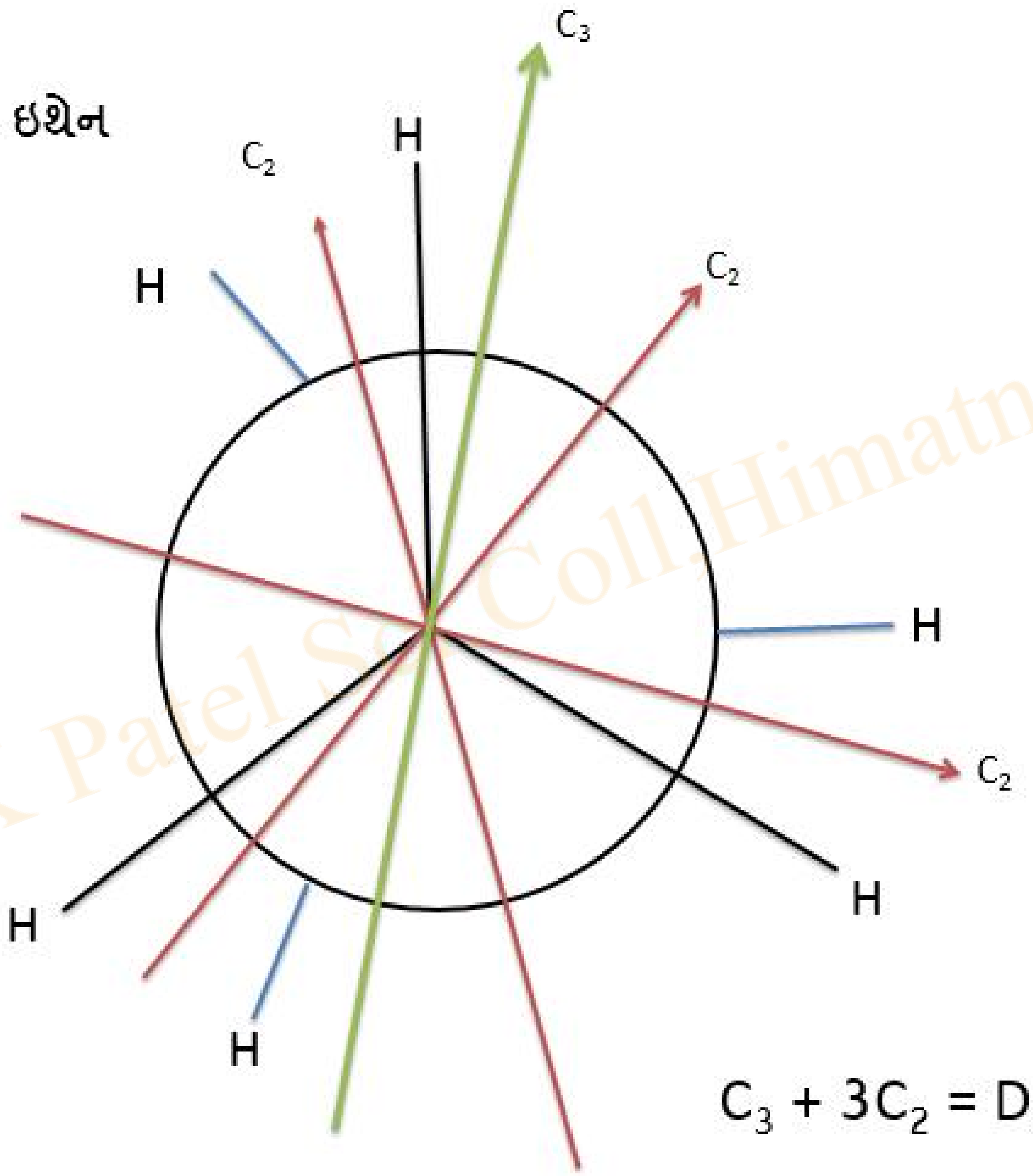
$Cn + nC_2 = Dn$



ગ્રસિત ઇથિલીન

$C_2 + 2C_2 = D_2$

અપૂર્ણ ઇકલીપ્સ ઇથેન



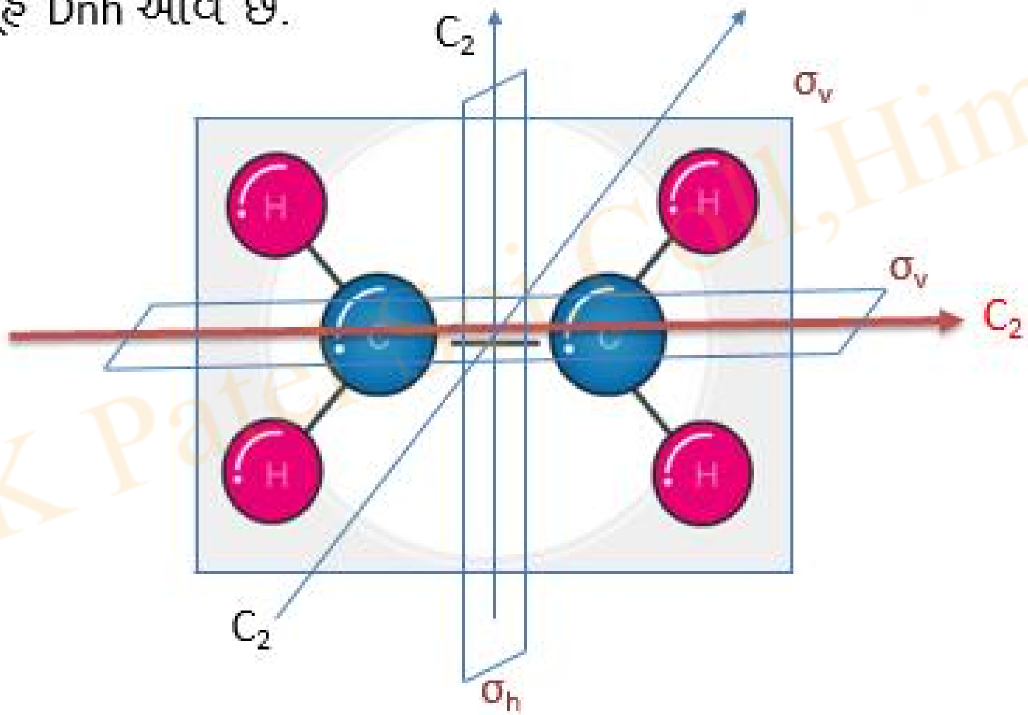
$$C_3 + 3C_2 = D_3$$

Dnh

જે અણુઓ એક યોગ્ય અક્ષ Cn ધરાવતા હોય,તે ભ્રમણ અક્ષને લંબ અક્ષના ફોલ્ડ જેટલી સંખ્યાની C_2 અક્ષ ધરાવતા તથા સમક્ષિતિજ સમતલ (σ_h) ધરાવતા હોય તેવા અણુઓનો બિંદુ સમૂહ Dnh આવે છે.

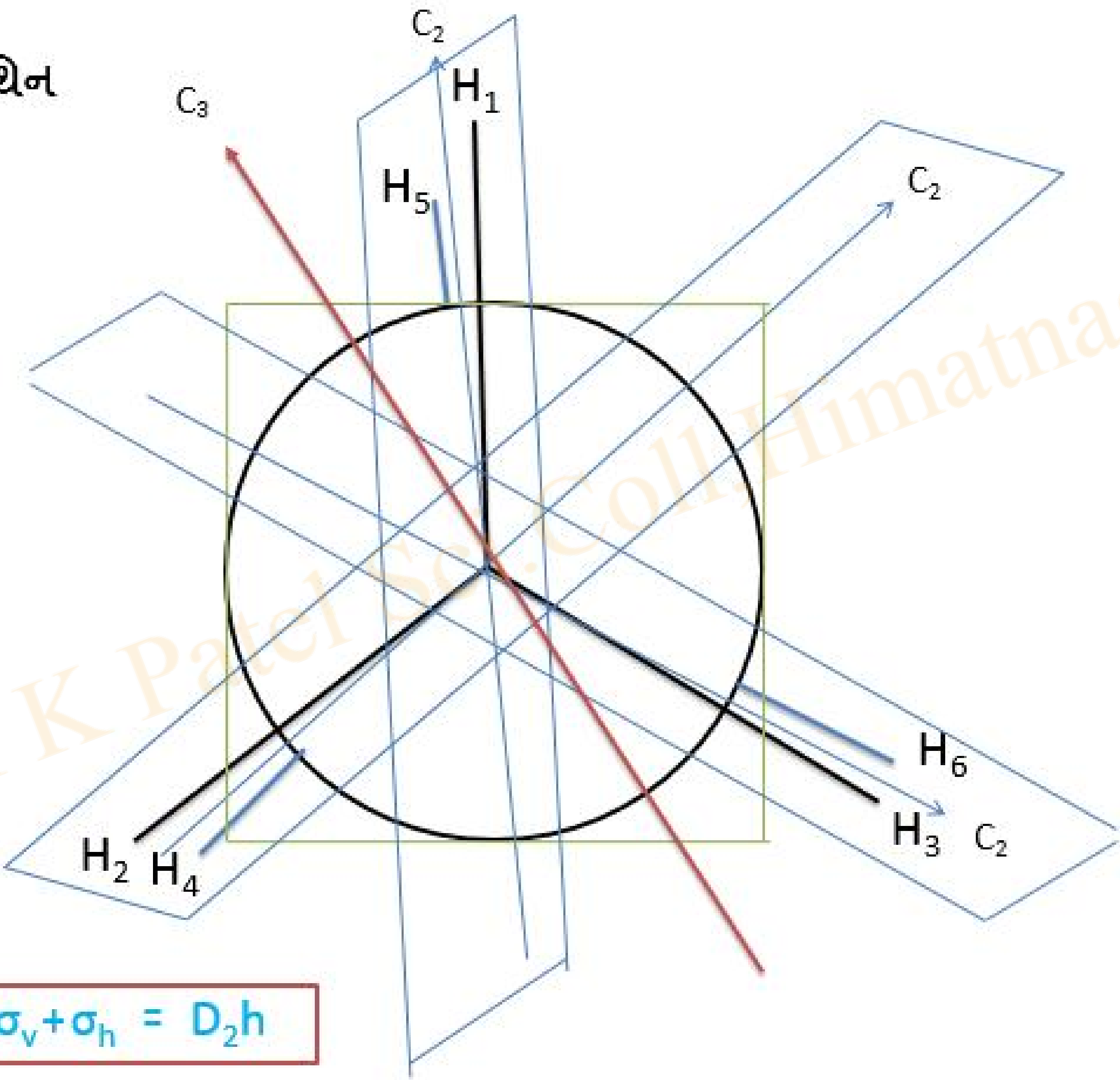
અથવા

જે અણુઓ એક Sn અક્ષ ધરાવતા હોય તથા સમક્ષિતિજ સમતલ (σ_h) ધરાવતા હોય તેવા અણુઓનો બિંદુ સમૂહ Dnh આવે છે.



$$\boxed{C_2+2C_2+2\sigma_v+\sigma_h = D_2h}$$

ઇકલીપ્સ ઇથેન



$C_3 + 3C_2 + 3\sigma_v + \sigma_h = D_2h$

Dnd

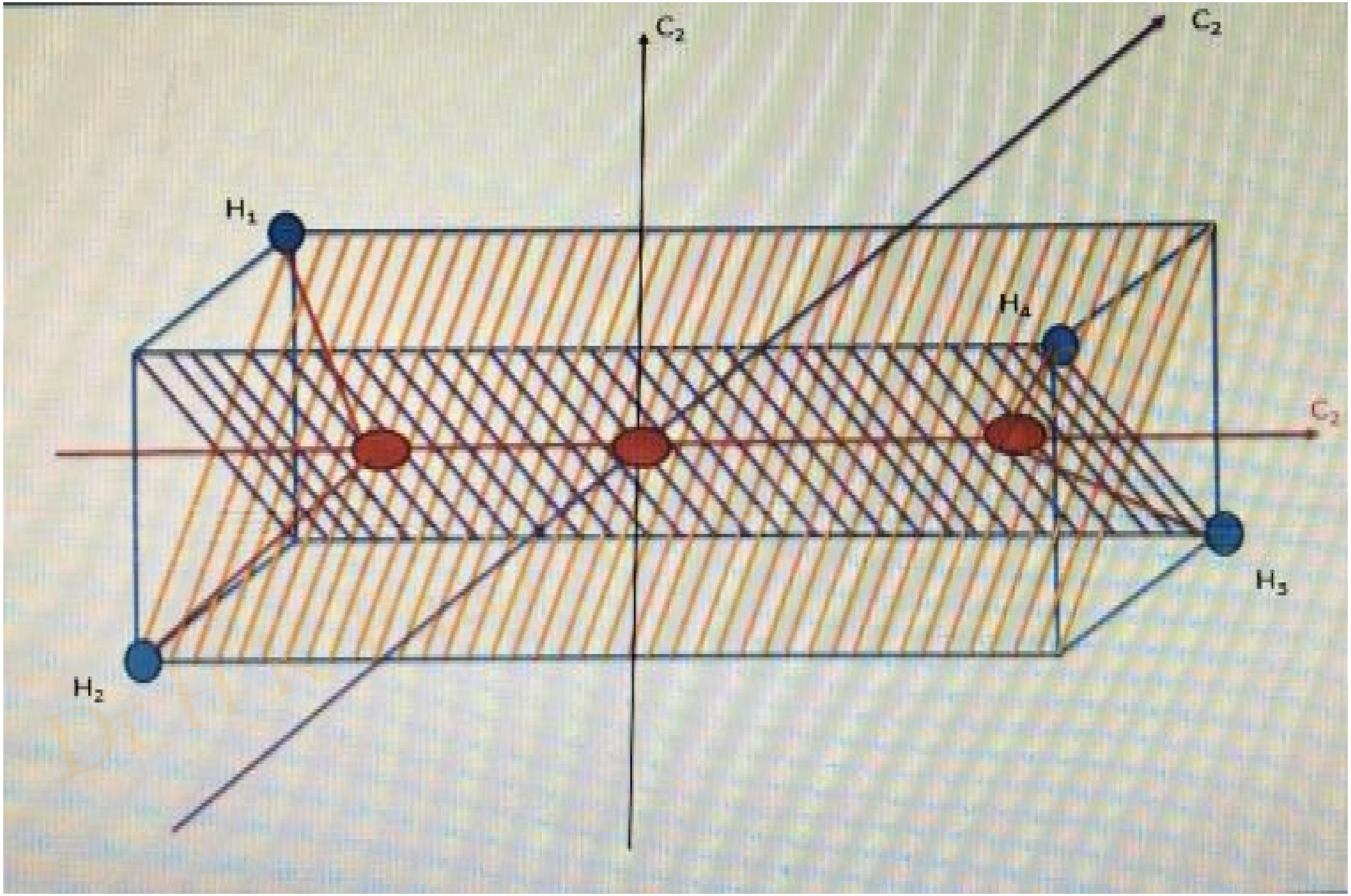
જે અણુઓ એક યોગ્ય અક્ષ Cn ધરાવતા હોય તથા તે ભ્રમણ અક્ષને લંબ અક્ષના ફોલ્ડ જેટલી સંખ્યાની C_2 અક્ષ ધરાવતા હોય તથા અક્ષના ફોલ્ડ જેટલી સંખ્યાના σ_d સમતલ ધરાવતા હોય તેવા અણુઓનો બિંદુ સમૂહ Dnd આપવામાં આવે છે.

$$C_n + nC_2 + n\sigma_d = Dnd$$

અથવા

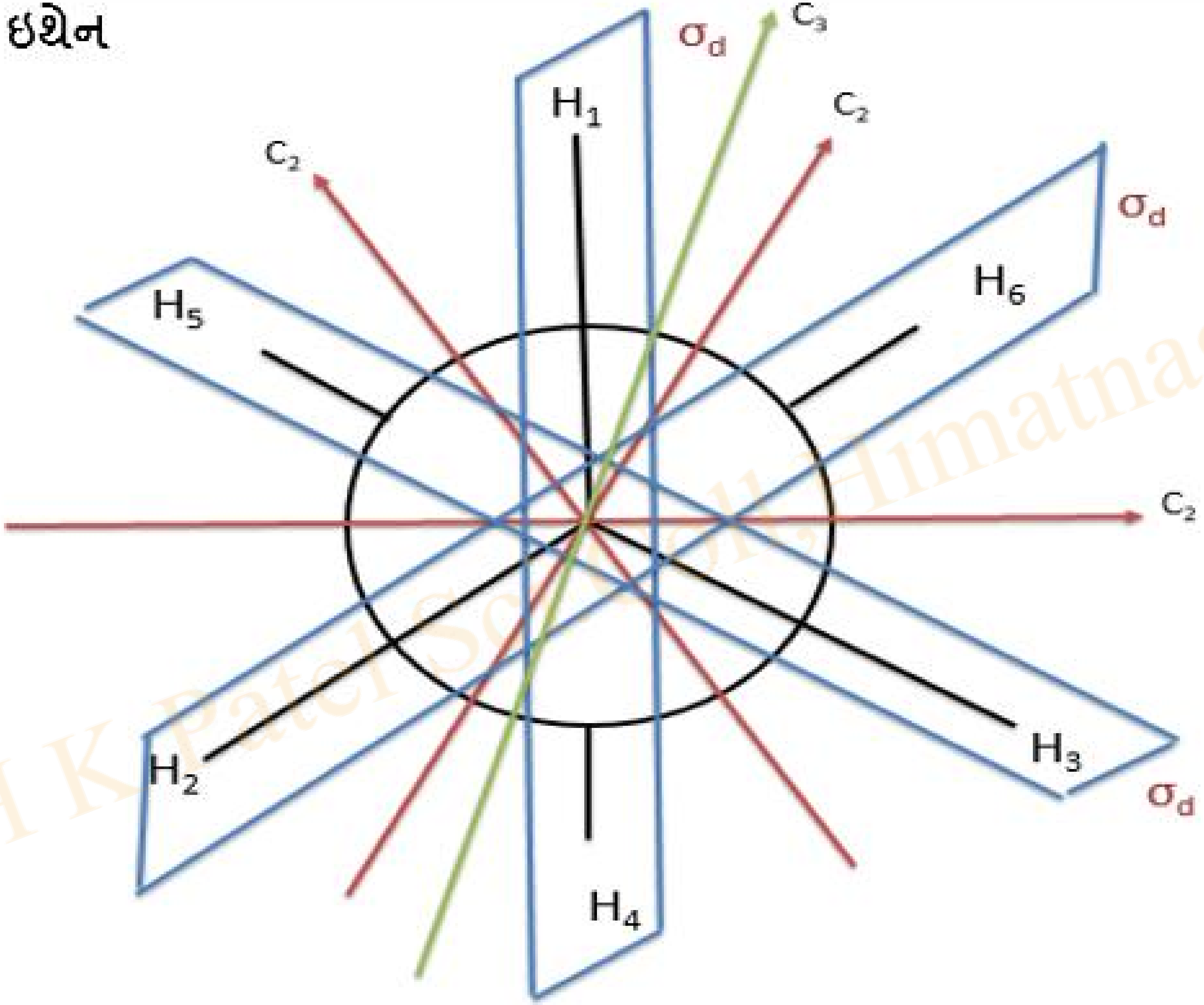
જે અણુઓ Dn અક્ષ ધરાવતા હોય તથા $n\sigma_d$ સમતલ ધરાવતા હોય તેવા અણુઓનો બિંદુ સમૂહ Dnd આપવામાં આવે છે.

$$Dn + n\sigma_d = Dnd$$



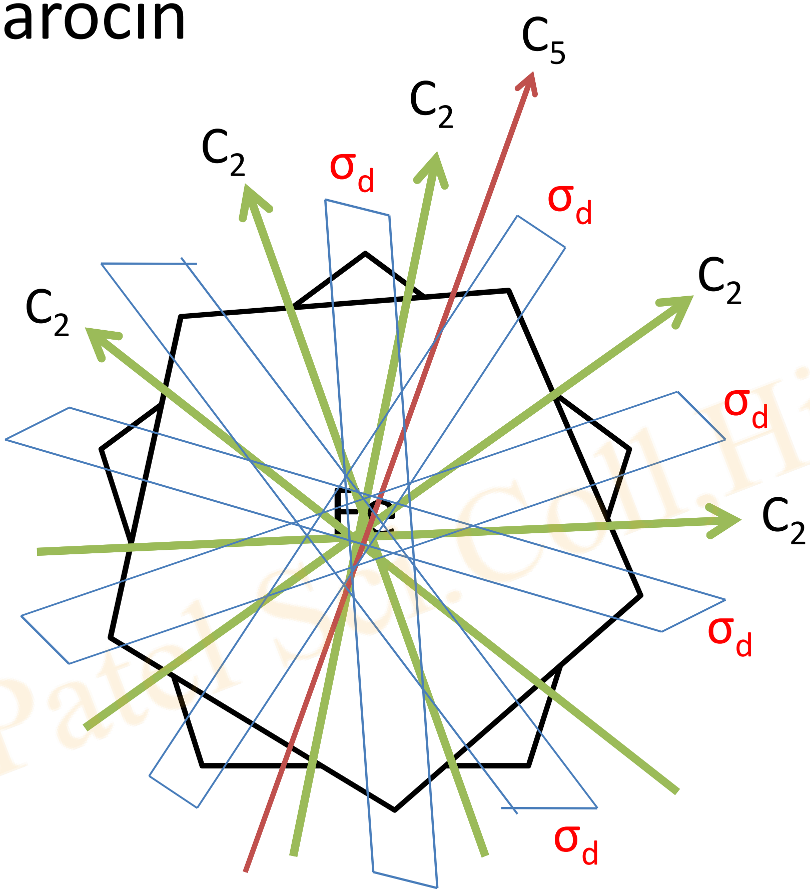
$C_2 + 2C_2 + 2\sigma_d = D_2d$

સ્ટેગર્ડ ઇથેન



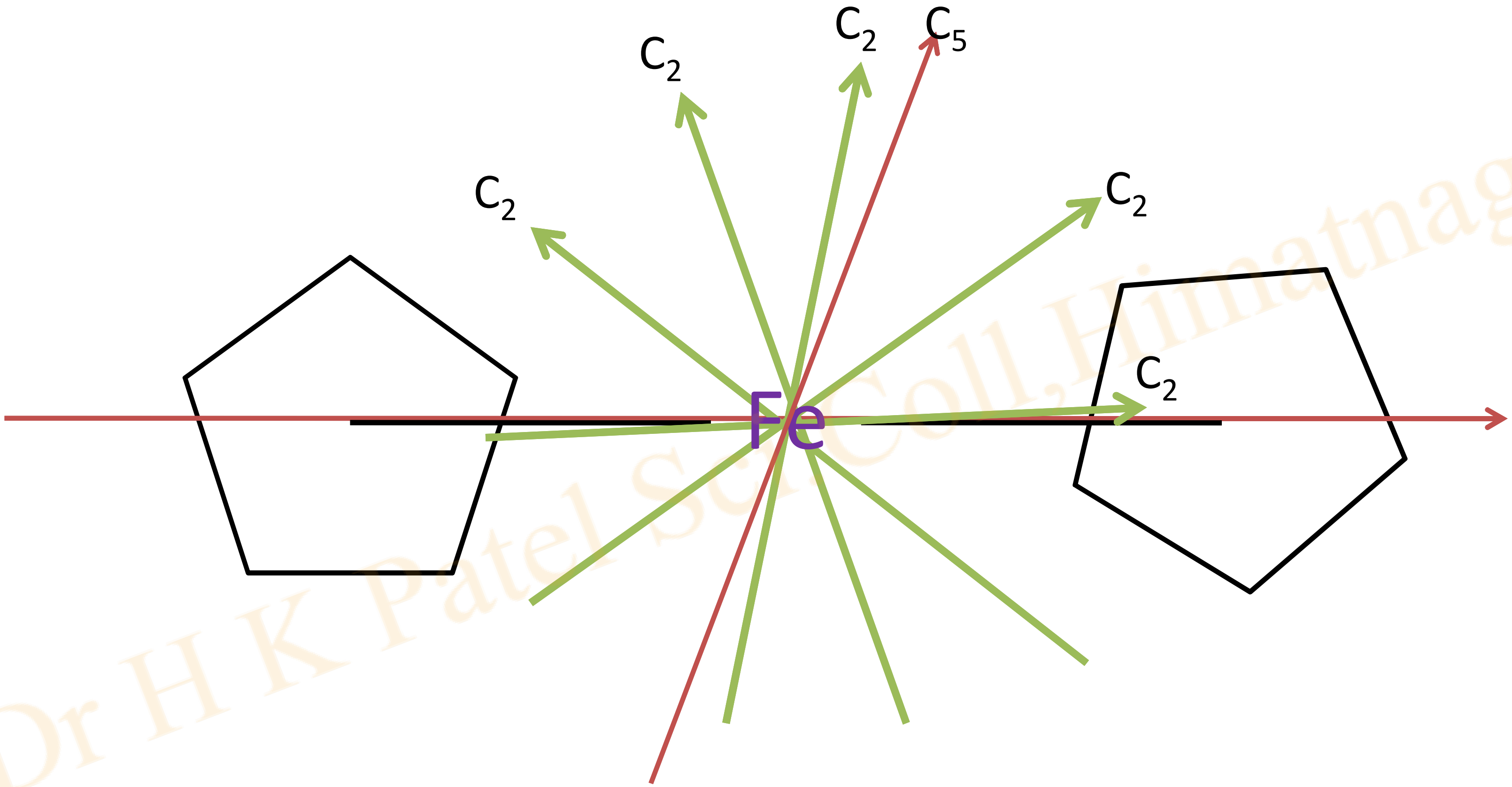
$$C_3 + 3C_2 + 3\sigma_d = D_3d$$

Stugared fearocin



$$C_5 + 5C_2 + 5\sigma_d = D_5d$$

$C_5H_5—Fe—C_5H_5$



વિભાગ -૪ – Td , Oh

Td

જે અણુઓનો આકાર સમ-ચતુસ્ફલકીય હોય તેવા અણુઓનો બિંદુ સમૂહ Td અપાય છે.

Oh

જે અણુઓનો આકાર અસ્ઠફલકીય હોય તેવા અણુઓનો બિંદુ સમૂહ Oh અપાય છે.

સમ-ચતુસ્ફલકીય અણુમાં $4C_3, 3C_2, 6\sigma_d, 3S_4$ સમિતિ તત્વો આવેલા છે આ બધ્ધાજ સંમિતી તત્વોની કુલ ક્રિયાવિધિની ગણત્રી નીચે મુજબ કરી શકાય.

જે સંમિતી ક્રિયાની એક વખત ગણત્રી કરી હોય તેની ફરીથી ગણત્રી કરવામાં આવતી નથી.

$4C_3 = 4C_3^1, 4C_3^2, 4C_3^3 = E$ = 09

$3C_2 = 3C_2^1, 3C_2^2 = E$ = 03

$6\sigma_d = 6\sigma_d^1, 6\sigma_d^2 = E$ = 06

$3S_4 = 3S_4^1, 3S_4^2 = C_2^1, 3S_4^3, 3S_4^4 = E$ = 06

કુલ ક્રિયાવિધિ = **24**

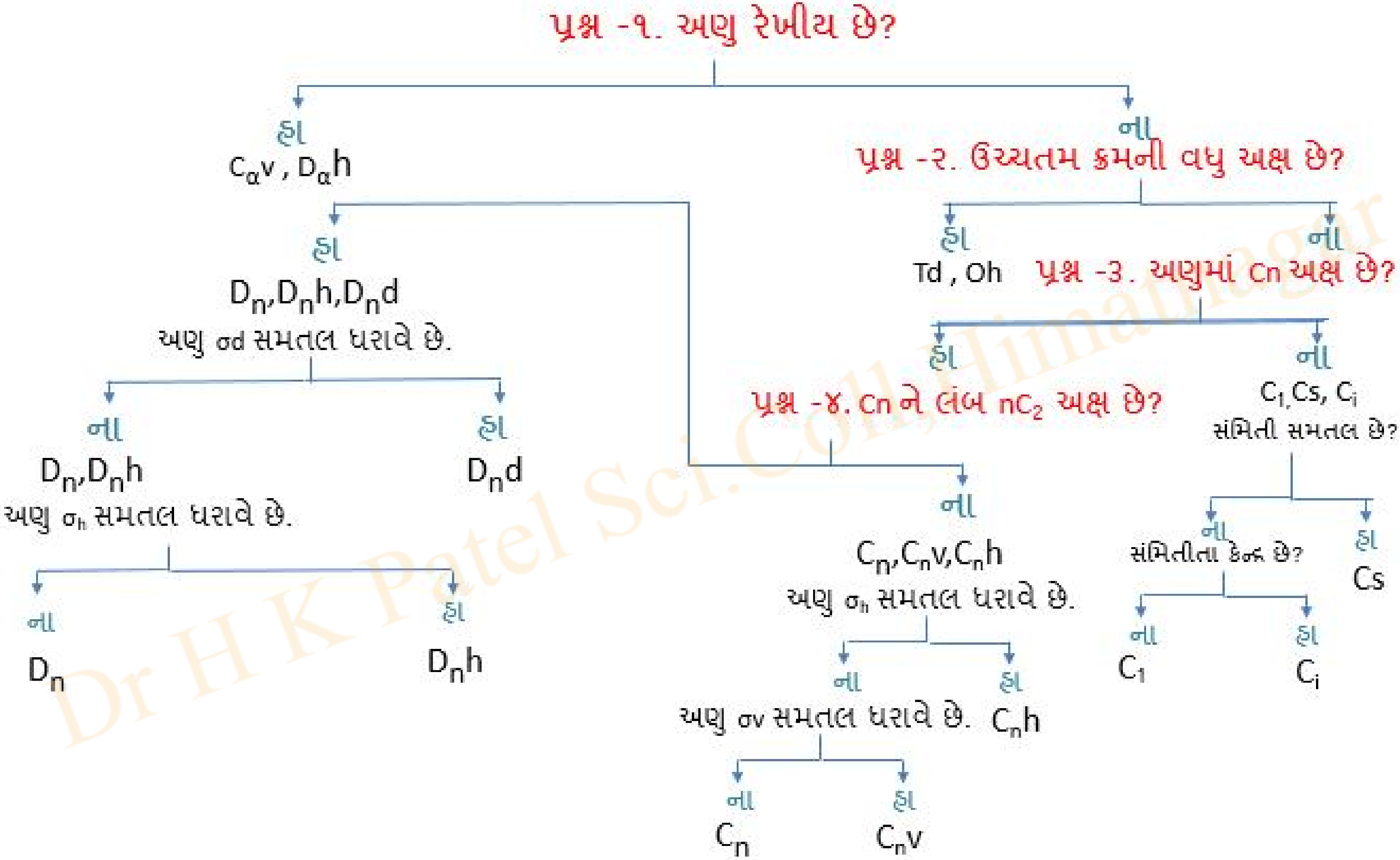
અસ્ઠફલકીય અણુમાં $3C_4$, $4C_3$, $9C_2$, $6\sigma_d$, $3\sigma_h$, i, $3S_4$, $4S_6$ સમિતિ તત્વો આવેલા છે આ બધ્ધાજ સંમિતી તત્વોની કુલ ક્રિયાવિધિની ગણત્રી નીચે મુજબ કરી શકાય.

જે સંમિતી ક્રિયાની એક વખત ગણત્રી કરી હોય તેની ફરીથી ગણત્રી કરવામાં આવતી નથી.

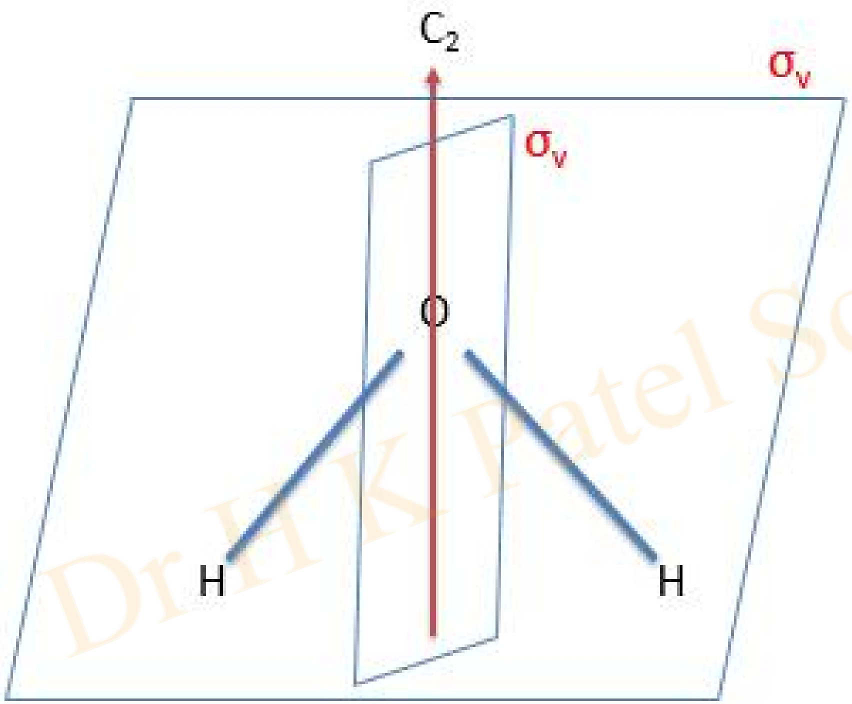
$3C_4 = 3C_4^1, 3C_4^2 = 3C_2^1, 3C_4^3, 3C_4^4 = E$	= 10
$4C_3 = 4C_3^1, 4C_3^2, 4C_3^3 = E$	= 08
$9C_2 = 9C_2^1, 9C_2^2 = E$	= 06
$6\sigma_d = 6\sigma_d^1, 6\sigma_d^2 = E$	= 06
$3\sigma_h = 3\sigma_h^1, 3\sigma_h^2 = E$	= 03
$i = i^1, i^2 = E$	= 01
$3S_4 = 3S_4^1, 3S_4^2 = 3C_2^1, 3S_4^3, 3S_4^4, = E$	= 06
$4S_6 = 4S_6^1, 4S_6^2 = 4C_3^1, 4S_6^3 = i, 4S_6^4 = 4C_3^2, 4S_6^5, 4S_6^6 = E$	=08

કુલ ક્રિયાવિધિ = 48

બિંદુ સમૂહ નક્કી કરવાની રીત



નીચેના અણુઓનો બિંદુ સમૂહ કારણ આપી દર્શવો



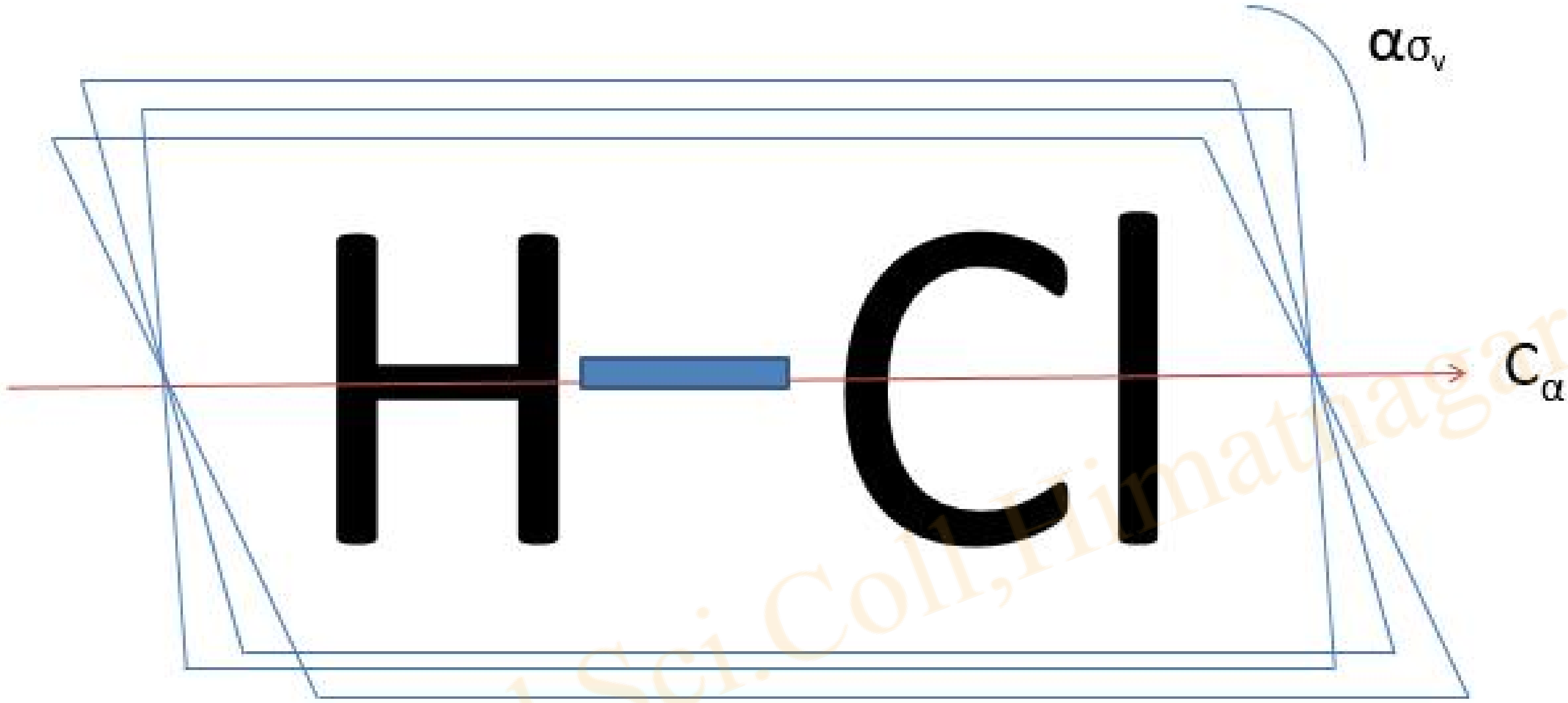
અણુ રેખીય નથી માટે $C_{\alpha}v$, $D_{\alpha}h$ બિંદુ સમૂહ ન અપાય

અણુ ઉચ્ચતમ ક્રમની વધુ અક્ષો નથી માટે Td , Oh બિંદુ સમૂહ ન અપાય

અણુ Cn અક્ષ ધરાવે છે તથા Cn ને લંબ nC_2 નથી માટે આપેલ અણુનો બિંદુ સમૂહ C_n,$C_n v$,$C_n h$ પૈકી એક હોઈ શકે.

ઉપરોક્ત અણુ એક C_2 અક્ષ તથા ૨ σ_v સમતલ ધરાવે છે માટે

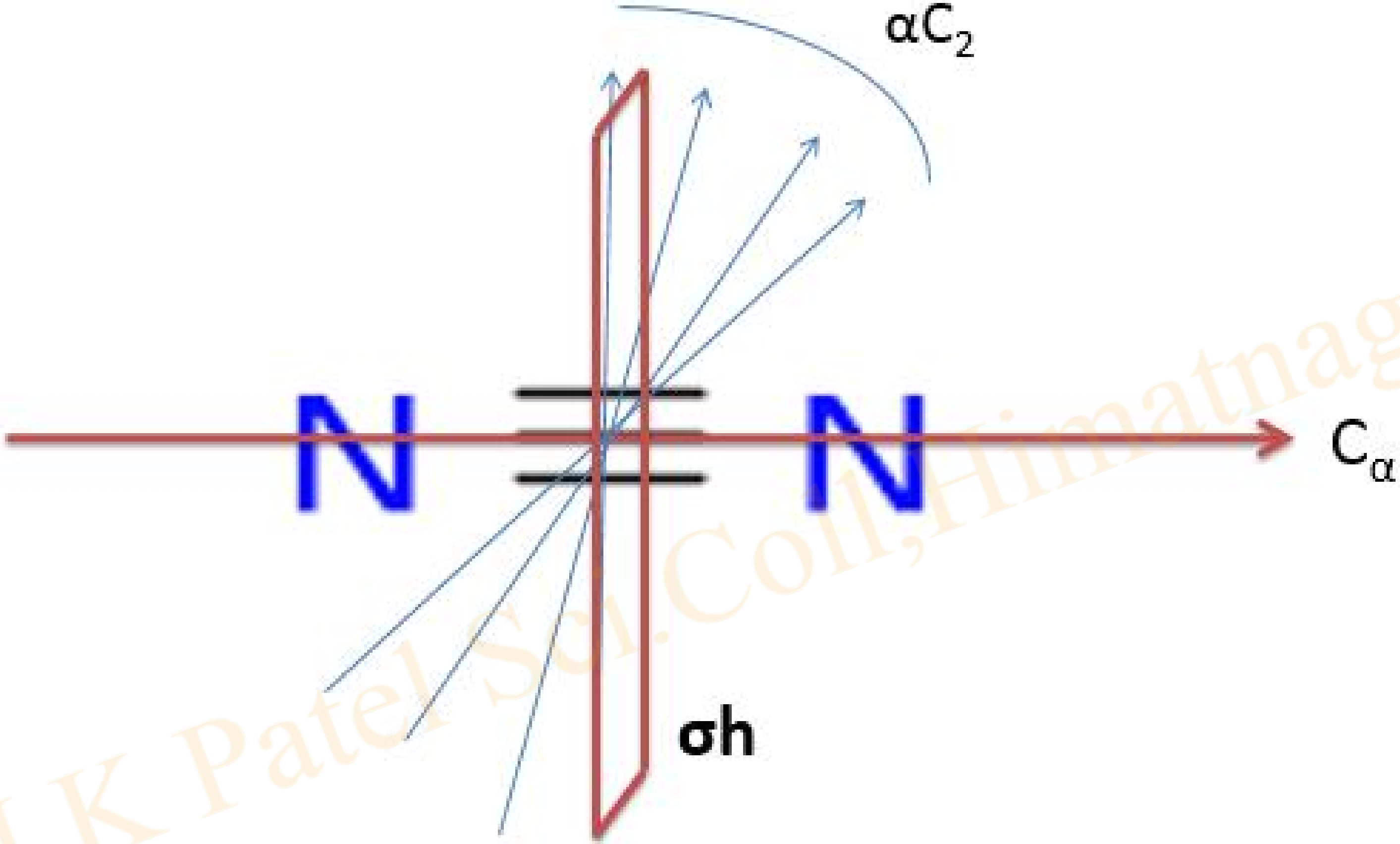
$$C_2 + 2\sigma v = C_2 v$$



*અણુ રેખીય છે માટે $C_\alpha v$, $D_\alpha h$ બિંદુ સમૂહ આપી શકાય

*અણુ C_α અક્ષ તથા $\alpha\sigma v$ સમતલ ધરાવે છે માટે અણુનો બિંદુ સમૂહ નીચે પ્રમાણે આપી શકાય

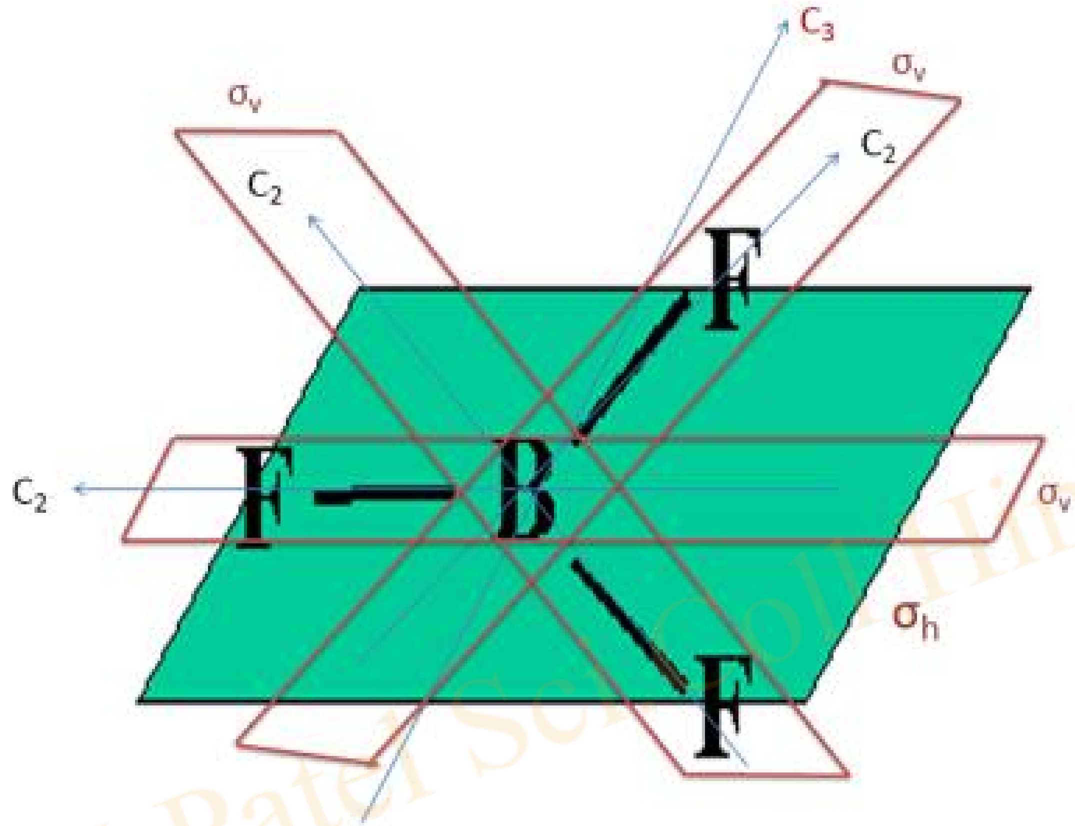
$$C_\alpha + \alpha\sigma_v = C_\alpha v$$



*અણુ રેખીય છે માટે $C_{\alpha}v$, $D_{\alpha}h$ બિંદુ સમૂહ આપી શકાય

અણુ σh સમતલ ધરાવે છે માટે અણુનો બિંદુ સમૂહ નીચે પ્રમાણે આપી શકાય

$$C_\alpha+\alpha C_2+\sigma h=D_\alpha h$$



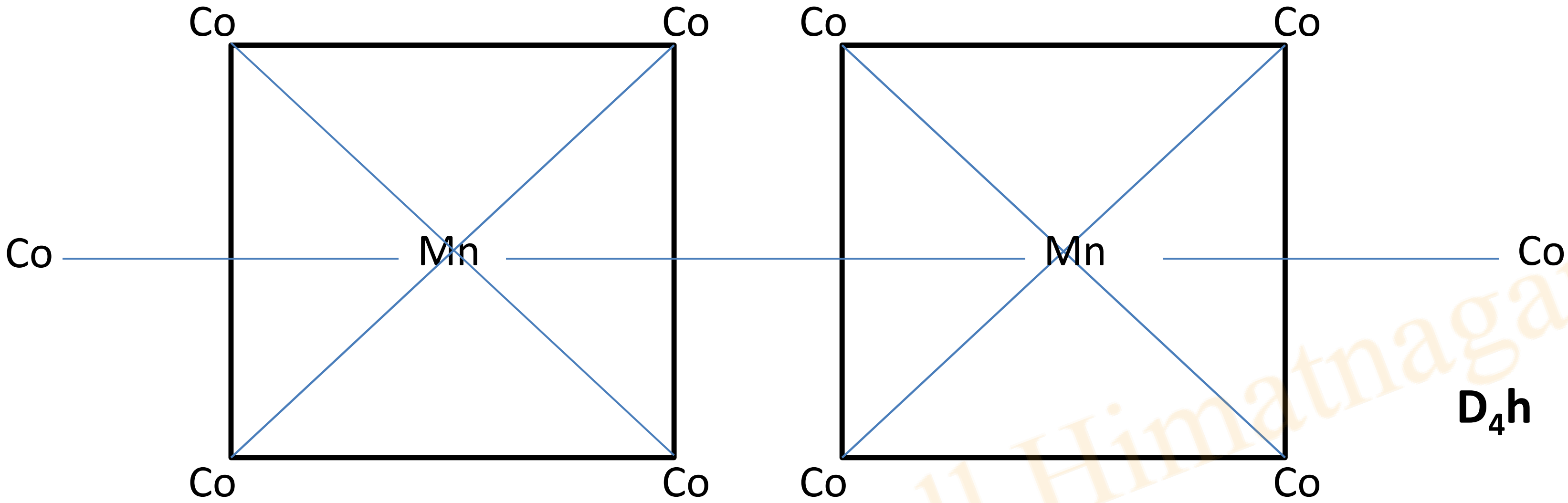
અણુ રેખીય નથી માટે $C_{\infty}v$, $D_{\infty}h$ **બિંદુ સમૂહ ન અપાય**

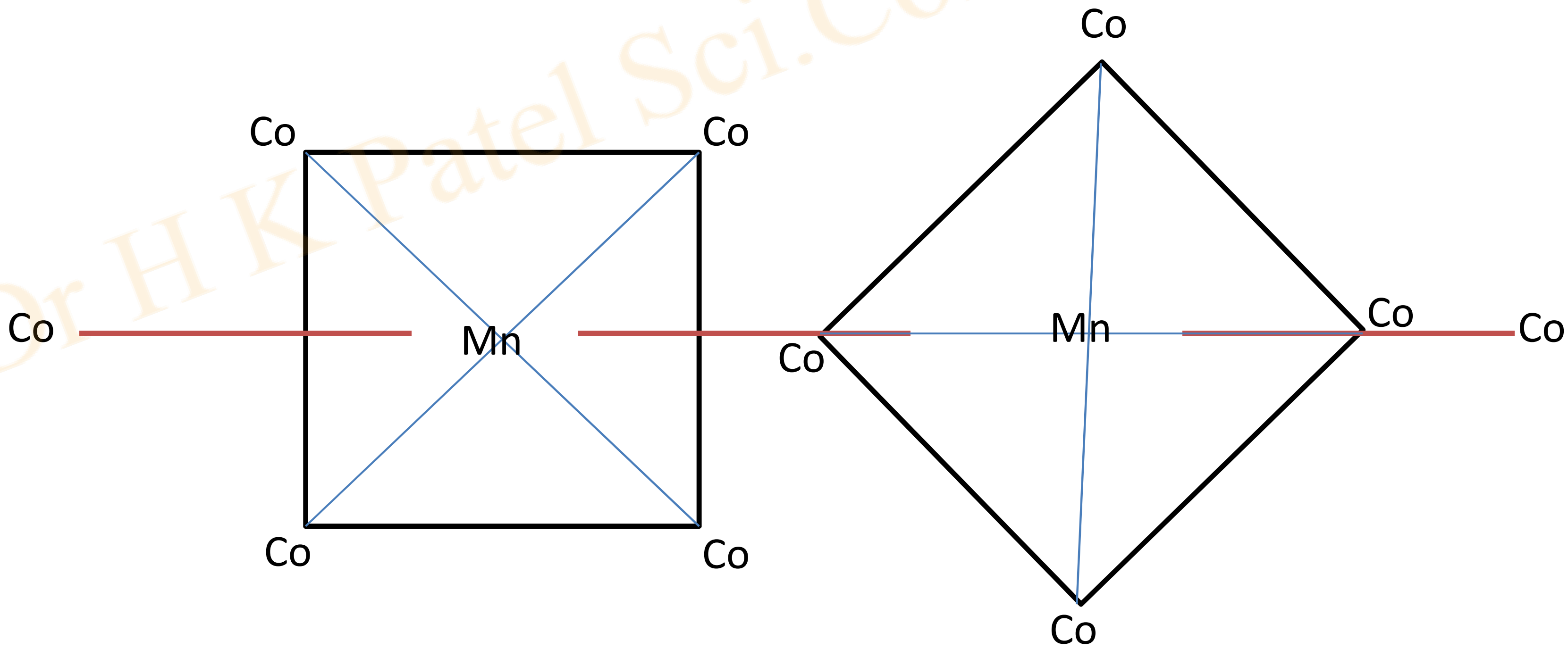
અણુ ઉચ્ચતમ ક્રમની વધુ અક્ષો નથી માટે Td , Oh બિંદુ સમૂહ ન અપાય

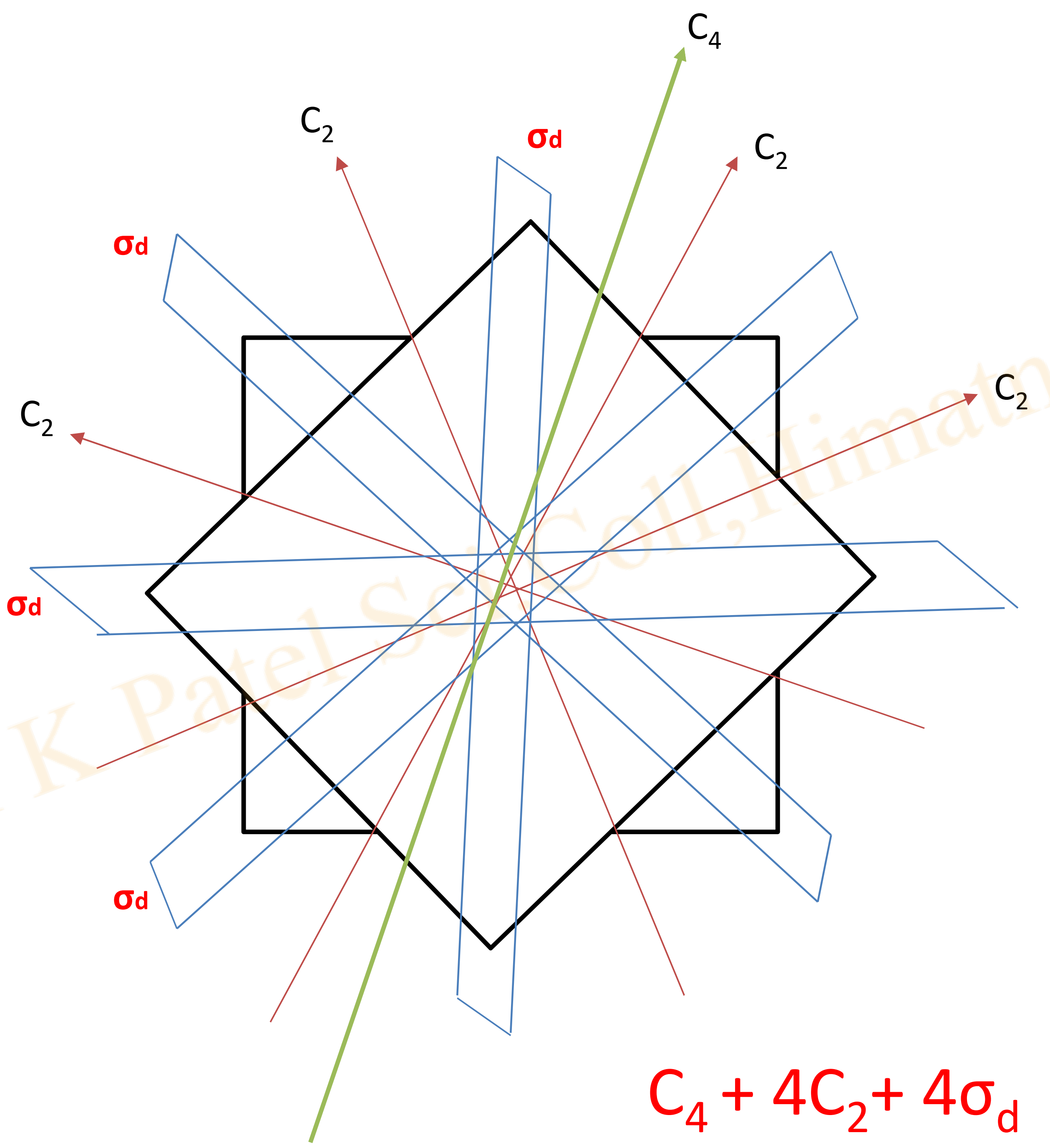
અણુ Cn અક્ષ ધરાવે છે તથા Cn ને લંબ nC_2 પણ ધરાવેછે માટે આપેલ અણુનો બિંદુ સમૂહ D_n,D_nh,D_nd પૈકી એક હોઈ શકે.

અણુ Cn ⊥ nC_2 તથા σh સમતલ ધરાવે છે માટે અણુનો બિંદુ સમૂહ નીચે પ્રમાણે આપી શકાય

$$C_3+3C_2+3\sigma v+\sigma h = D_3h$$

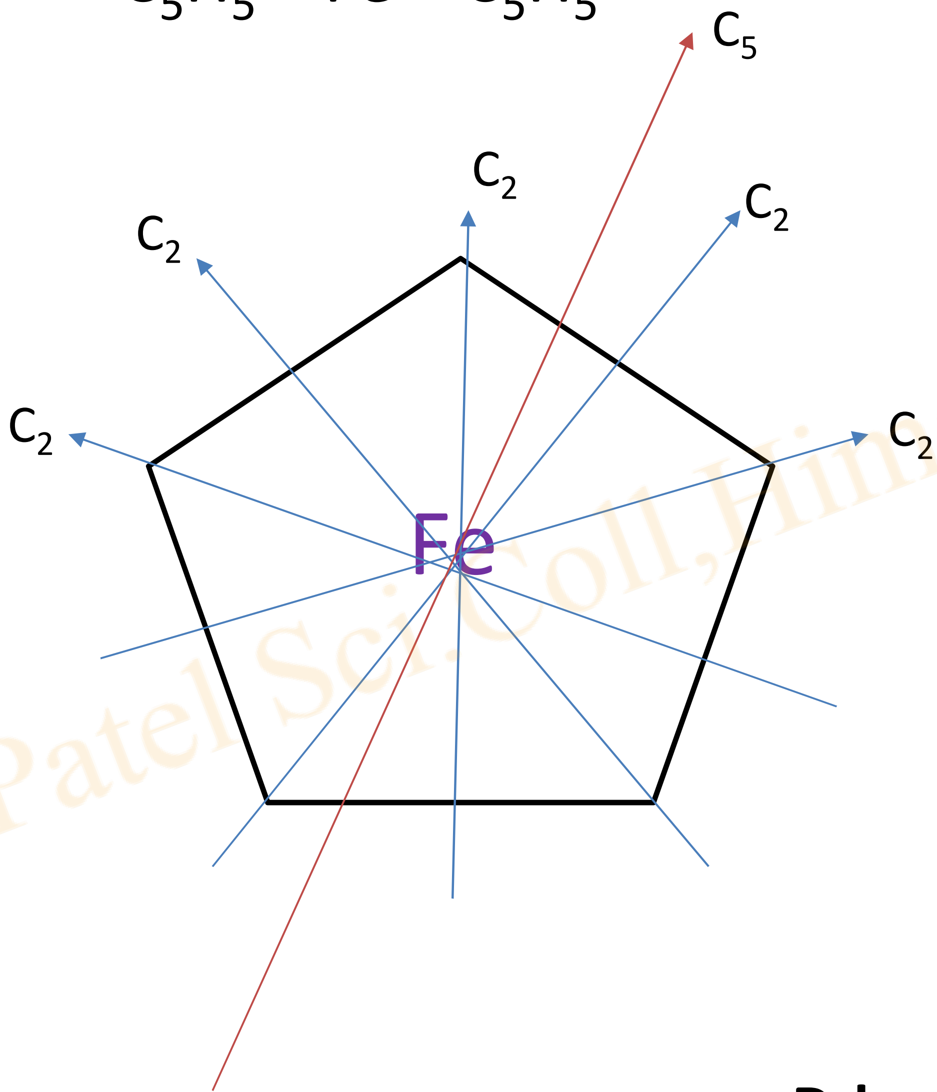

Co
Co
Co
Co
Co
Mn
Mn
Co
D_4h
Co
Co
Co
Co


Co
Co
Co
Co
Mn
Co
Mn
Co
Co
Co
Co
Co



$C_4 + 4C_2 + 4\sigma_d \ = D_4d$

$C_5H_5—Fe—C_5H_5$



D_5h

સંમિતિ વિધિઓ નો ગુણાકાર

કોઇ એક સંમિતિ ક્રિયાવિધિ કર્યા પછી પ્રાપ્ત થતી સંમિતિ રચના પર બીજી સંમિતિ ક્રિયાવિધિ કરવામાં આવે ત્યારે બંને ક્રિયાવિધિ વચ્ચે ગુણાકારનું ચિન્હ મૂકવામાં આવે છે જે ગાણિતિક રીતે ગુણાકાર નથી

અહી ગુણાકાર એટલેકે બે સંમિતિ વિધિઓનું જોડાણ ગુણકારની વિધિ જમણી તરફથી ડાબી તરફ લખાય છે.

દા.ત - વિધિ A X વિધિ B (અહી પ્રથમ B વિધિ કર્યા પછી A વિધિ કરવામાં આવેછે.)

બીજી વિધિ X પ્રથમ વિધિ

A X B વિધિ કરવાથી જે જવાબ પ્રાપ્ત થાય તેજ જવાબ B X A વિધિ કરવાથી પ્રાપ્ત થાય તો એટલેકે A X B = B X A થાય તો A અને B ને **commutive elements** કહે છે.

જો A X B વિધિ કરવાથી જે જવાબ પ્રાપ્ત થાય છે તે જવાબ B X A વિધિ કરવાથી પ્રાપ્ત ન થાય તો એટલેકે A X B ≠ B X A થાય તો A અને B ને **non-commutive elements** કહે છે.

ગ્રુપ થીયરીના નિયમો

સંમિતી વિધિઓ ના ગુણાકારમાં નીચેના ચાર નિયમોનું પાલન થાય છે.

(1) ગુણકનો નિયમ (Law of Multiplication)

(2) આઈડેનટીટીનો નિયમ (Law of Identity)

(3) વ્યસ્તનો નિયમ (Law of Inversion)

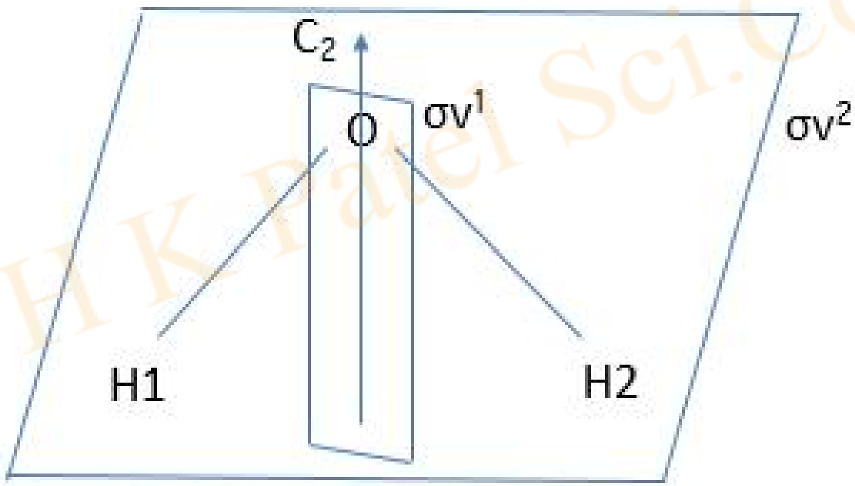
(4) સહ-ગુણનનો નિયમ (Law of Association)

(1) ગુણકનો નિયમ (Law of Multiplication)

કોઈ પણ સમુહની બે સંમિતી વિધિઓ નો ગુણાકાર એ તેજ સમુહની ત્રીજી સંમિતી વિધિ બરાબર થાય છે.

એટલેકે $A \times B = C$ (A , B અને C ત્રણેય એકજ સમૂહની વિધિઓ છે.)

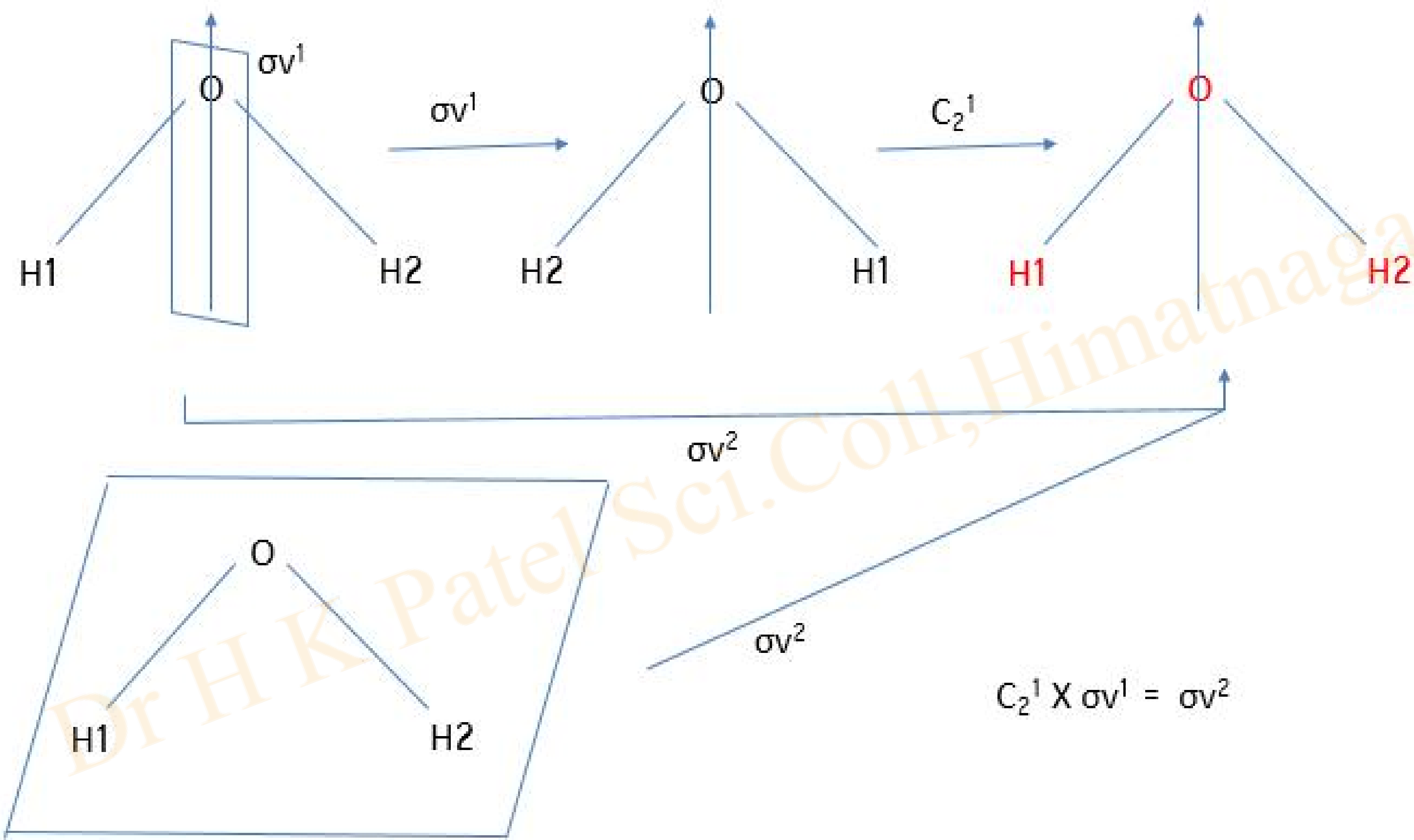
દા.ત C_2v સમૂહની ક્રિયાવિધિઓ $E, C_2^1, \sigma v^1, \sigma v^2$ છે આ પૈકીની કોઈ પણ બે સંમિતી વિધિઓ નો ગુણાકાર લેવામાં આવેતો તે $E, C_2^1, \sigma v^1, \sigma v^2$ માંથી જ કોઈ એક હશે.



$A = C_2^1$, $B = \sigma v^1$ લેતા

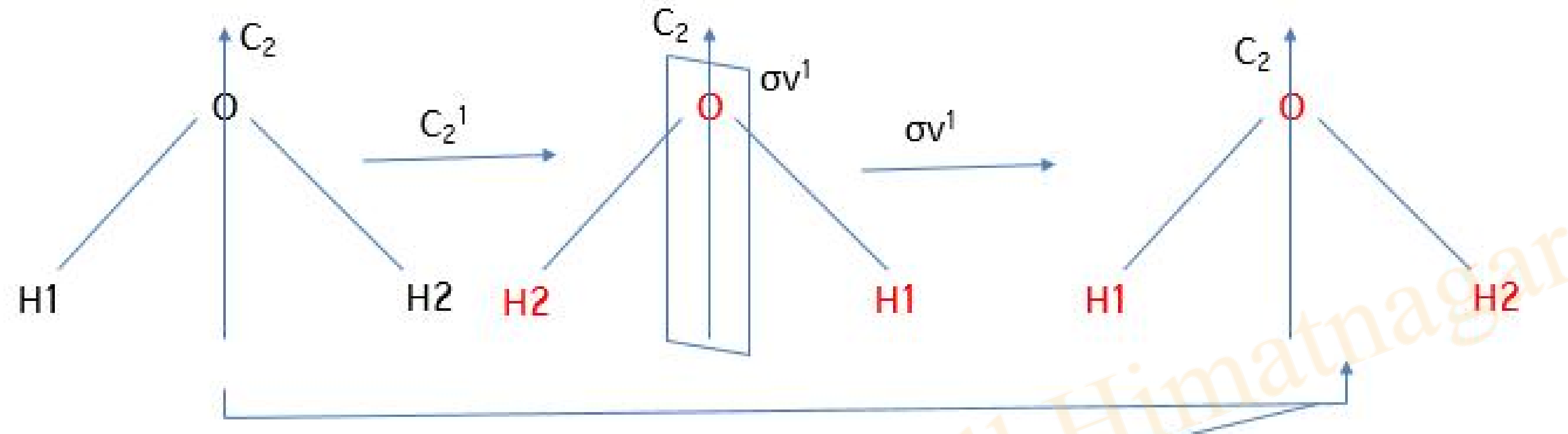
$A \times B = C_2^1 \times \sigma v^1$ લેવું પડે

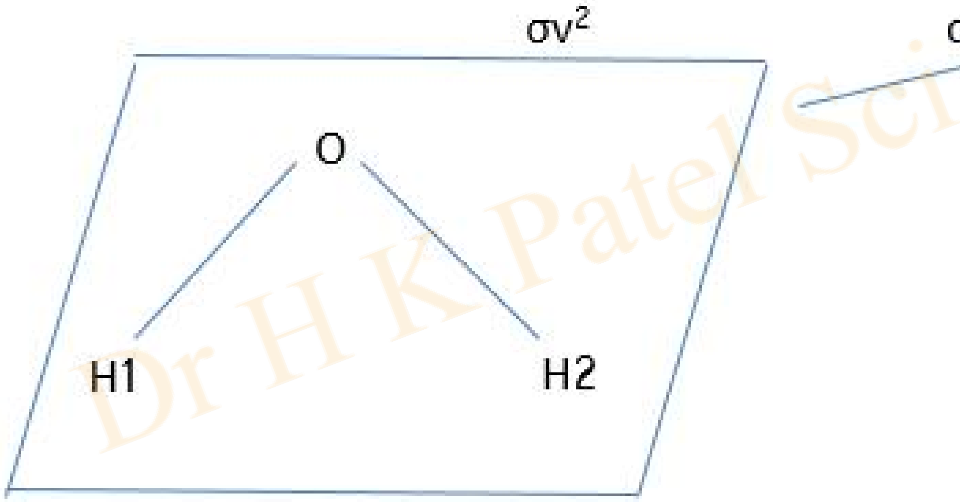
$A \times B = C_2^1 \times \sigma v^1$ લેતા



$C_2^1 \times \sigma v^1 = \sigma v^2$

$B \times A = \sigma v^1 \ X \ C_2^1$ લેતા





$C_2^1 \ X \ \sigma v^1 = \sigma v^2$

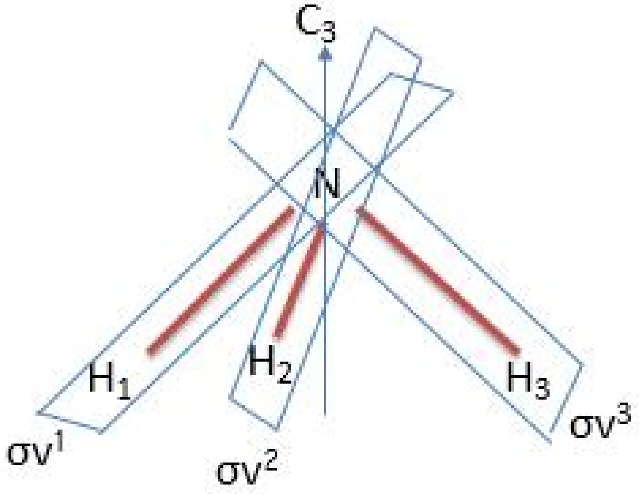
$\sigma v^1 \ X \ C_2^1 = \sigma v^2$

એટલેકે $A \ X \ B = B \ X \ A$ થાય

$C_2^1 \ X \ \sigma v^1 = \sigma v^1 \ X \ C_2^1 = \sigma v^2$

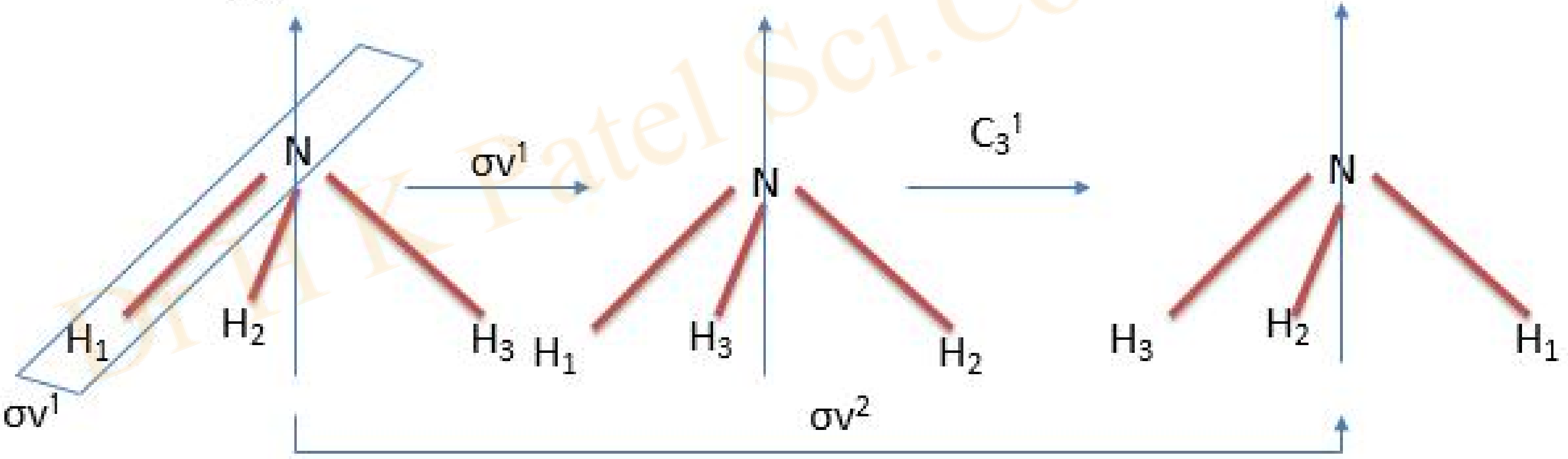
C_2^1 અને σv^1 ને **commutive elements** કહે છે.

દા.ત C_3v સમૂહની ક્રિયાવિધિઓ $E, C_3^1, C_3^2, \sigma v^1, \sigma v^2, \sigma v^3$ છે આ પૈકીની કોઈ પણ બે સંમિતી વિધિઓ નો ગુણાકાર લેવામાં આવેતો તે $E, C_3^1, C_3^2, \sigma v^1, \sigma v^2, \sigma v^3$ માંથી જ કોઈ એક હશે.



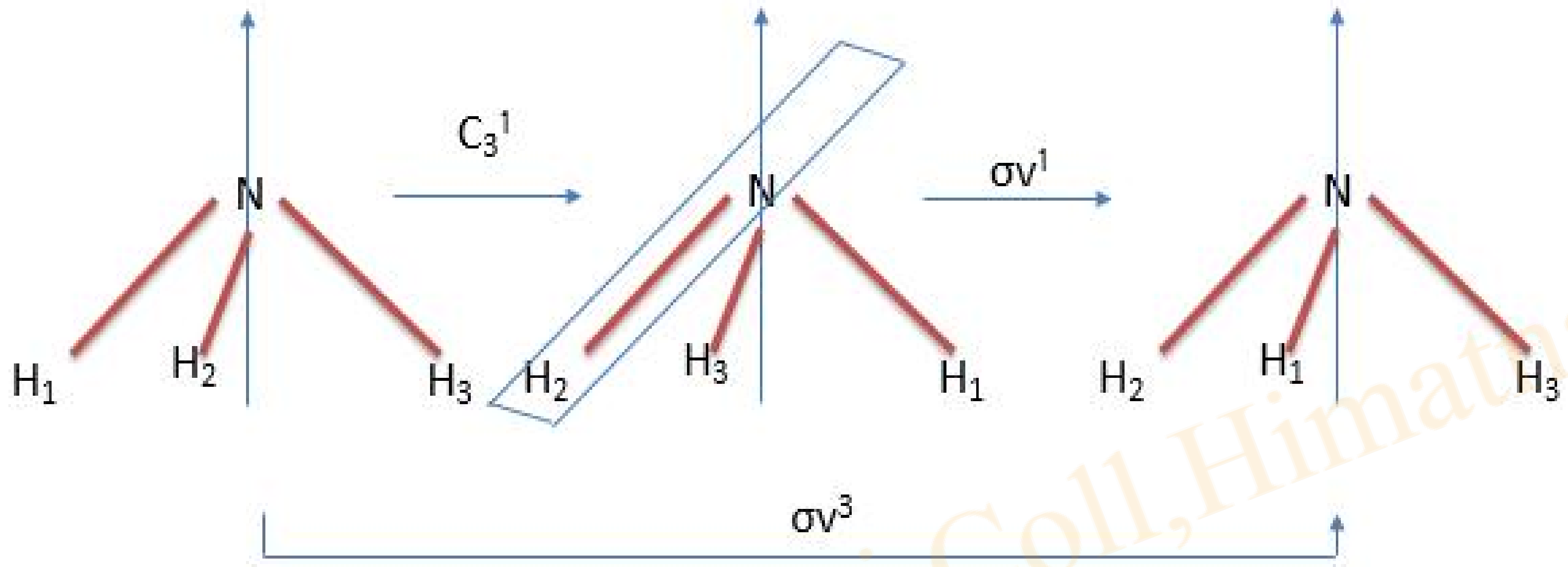
$A = C_3^1$, $B = \sigma v^1$ લેતા

$A \times B = C_3^1 \text{ X } \sigma v^1$ લેવું પડે



$C_3^1 \text{ X } \sigma v^1 = \sigma v^2$

$B \times A = \sigma v^1 \times C_3^1$ લેતા



$C_3^1 \times \sigma v^1 = \sigma v^2$ & $\sigma v^1 \times C_3^1 = \sigma v^3$

એટલેકે $A \times B \neq B \times A$ થાય છે.

$$C_3^1 \times \sigma v^1 \neq \sigma v^1 \times C_3^1$$

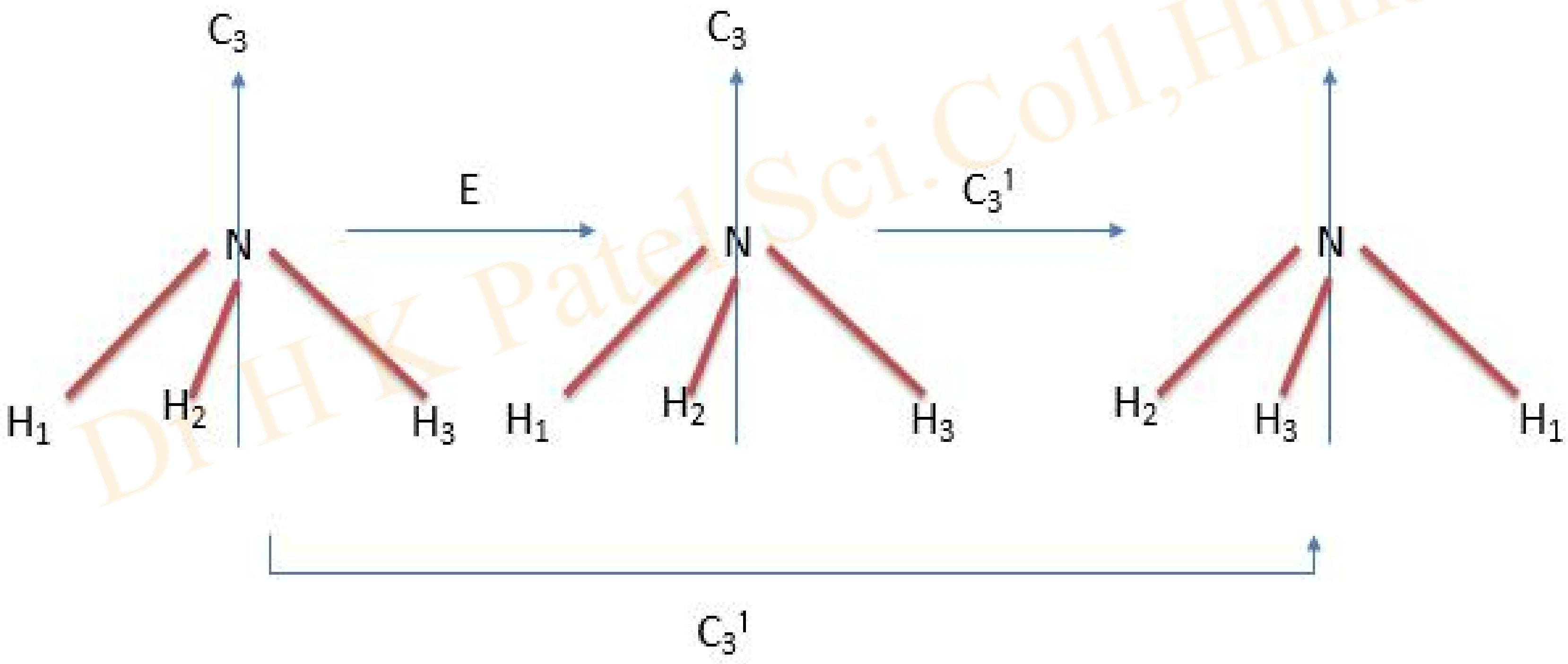
C_3^1 અને σv^1 ને **non-commutive elements** કહે છે.

(૨) અઈડેનટીટીનો નિયમ (Law of Identity)

દરેક સમુહમાં એક સંમિતી તત્વ E એવું હોય છે કે જેનો બીજા કોઈ પણ સંમિતી તત્વ સાથે ગુણાકાર લેતા જવાબ તેનુ તેજ સંમિતી તત્વ આવે છે. ક્રમ બદલવાથી પણ જવાબમાં કોઈ ફર્ક પડતો નથી.

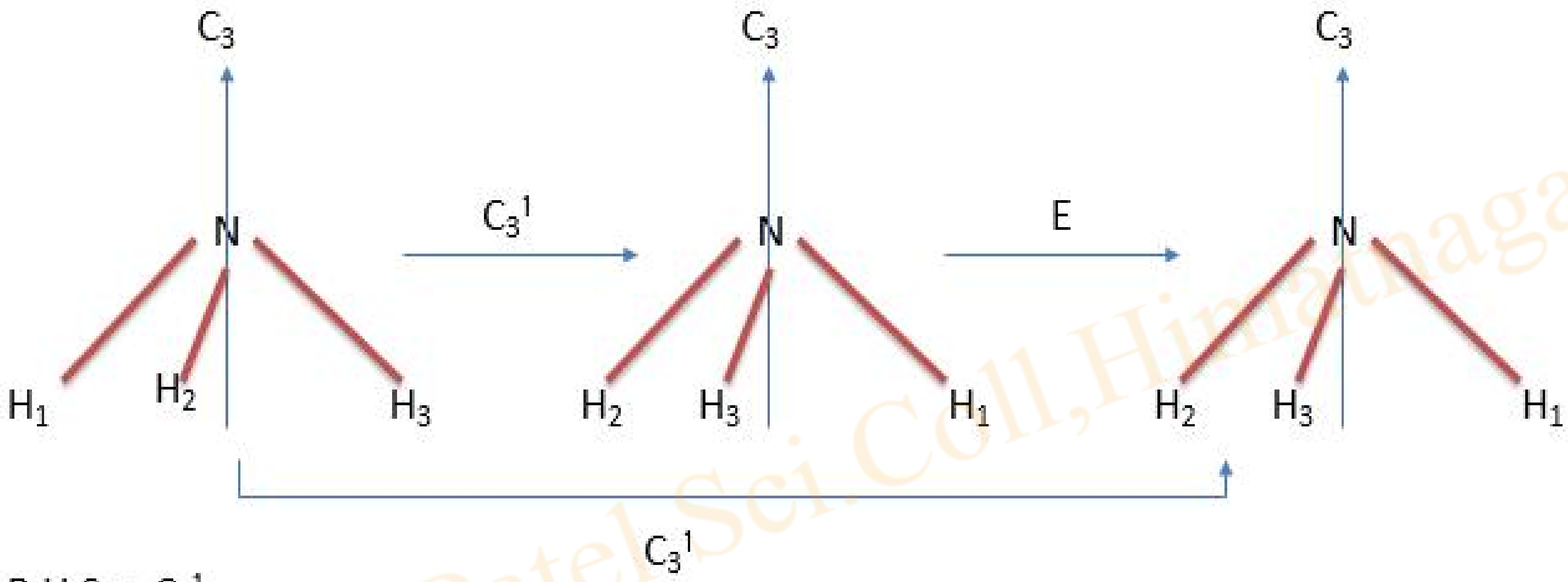
$A \times E = E \times A = A$ ($A = C_3^1$ લેતા)

L.H.S = $C_3^1 \times E$ લેતા



L.H.S = C_3^1

R.H.S = $E \times C_3^1$ લેતા



R.H.S = C_3^1

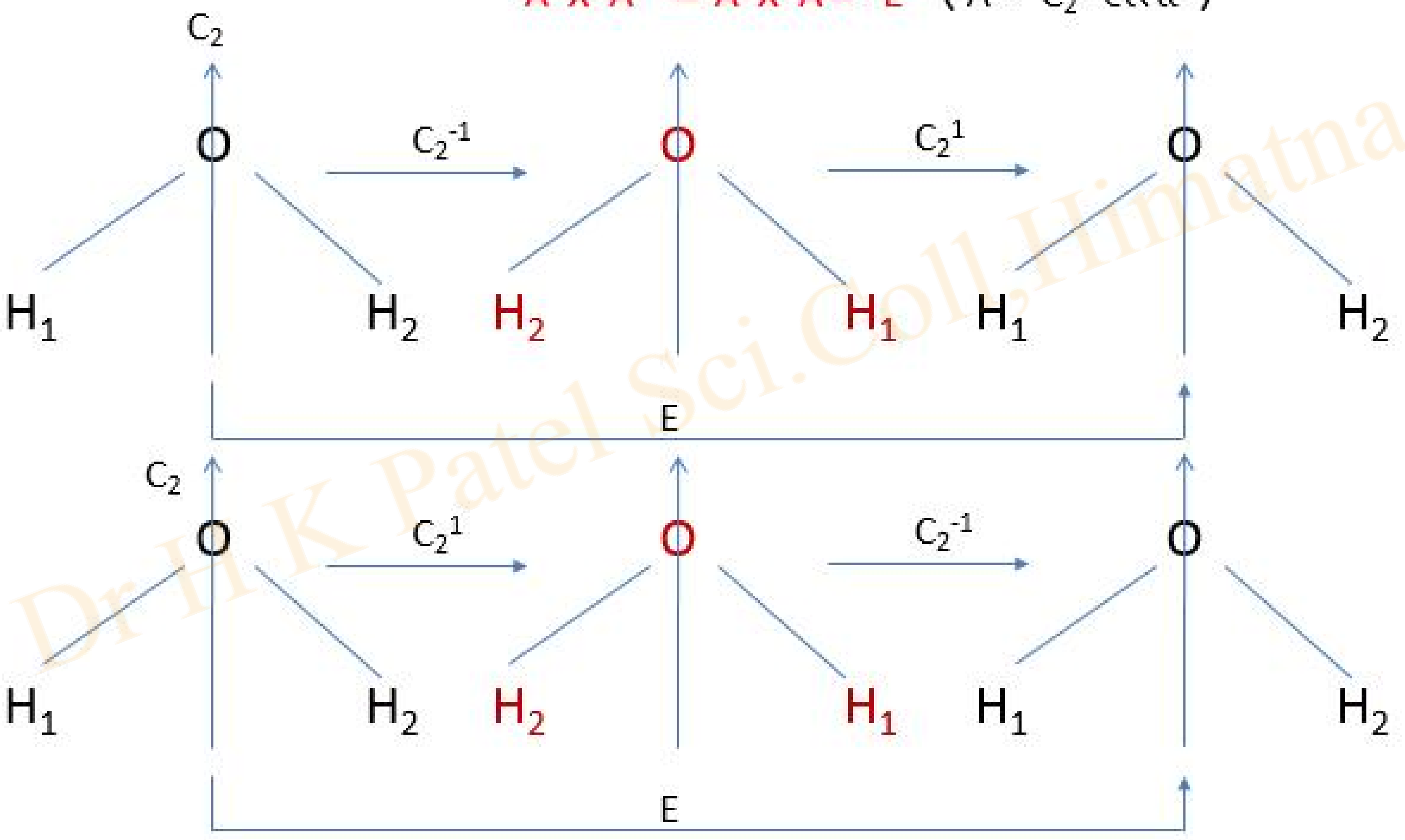
$$\boxed{L.H.S = R.H.S = C_3^1}$$

$$C_3^1 \times E = E \times C_3^1 = C_3^1$$

(3) વ્યસ્તનો નિયમ (Law of Inversion)

કોઈ પણ સંમિતી તત્વ તથા તેના વ્યસ્ત સંમિતી તત્વનો ગુણાકાર હંમેશા અઈડેનટીટી (E) મળેછે. ક્રમ બદલવાથી પણ જવાબમાં કોઈ ફર્ક પડતો નથી.

$A \times A^{-} = A^{-} \times A = E$ ($A = C_2^1$ લેતા)



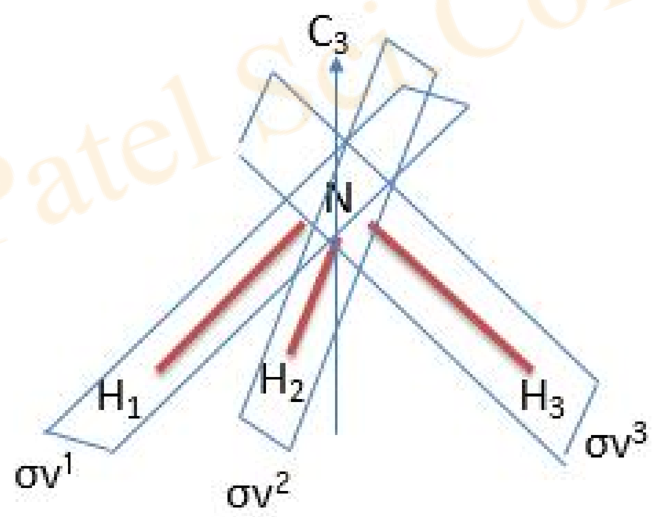
$$C_2^1 \times C_2^{-1} = C_2^{-1} \times C_2^1 = E$$

(1) સહ-ગુણનનો નિયમ (Law of Association)

$$\boxed{A \times (B \times C) = (A \times B) \times C}$$

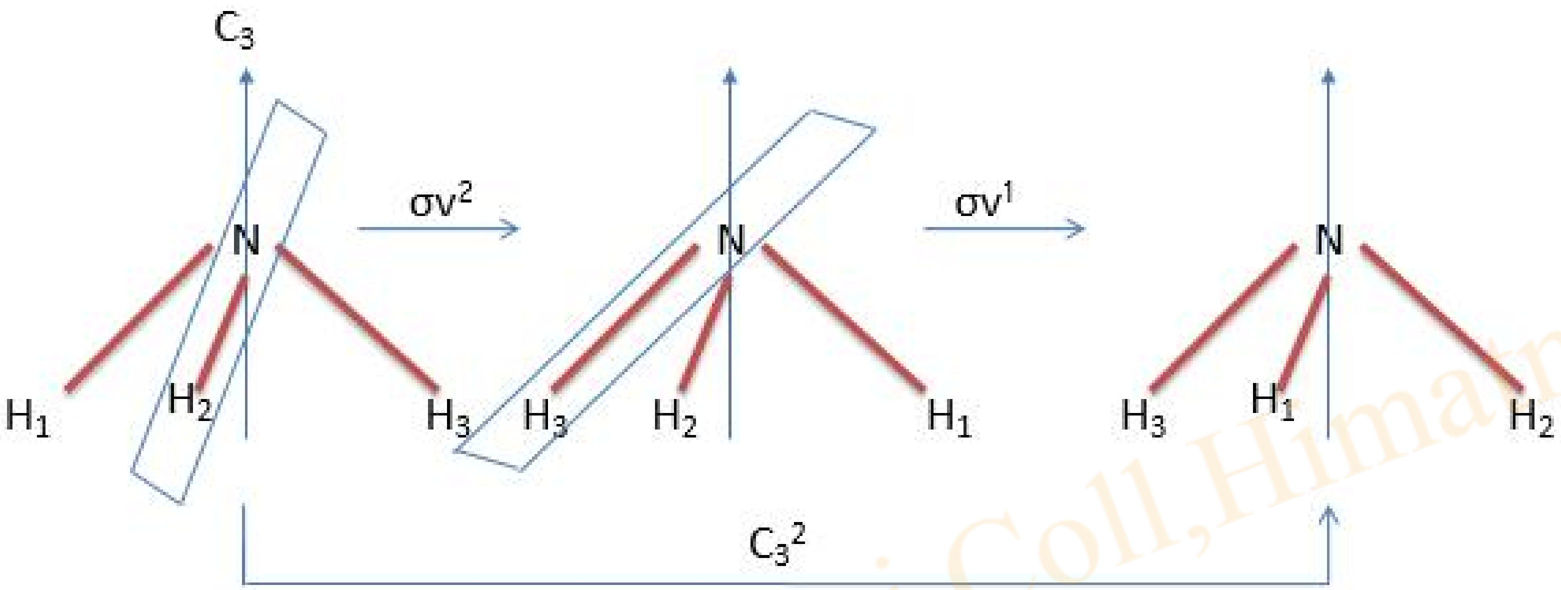
કોઈ પણ સમૂહની ત્રણ સંમિતિ વિધિઆઓ નો ગુણાકાર તેમનો ક્રમ બદલીને કરવામાં આવે તો તે સમાન આવે છે.

દા.ત C_3v સમૂહની ક્રિયાવિધિઓ $E, C_3^1, C_3^2, \sigma v^1, \sigma v^2, \sigma v^3$ છે આ પૈકીની કોઇ પણ ત્રણ સંમિતી વિધિઓ નો ગુણાકાર લેતા ($A = C_3^1, B = \sigma v^1$, તથા $C = \sigma v^2$ લેતા)



L.H.S. = $C_3^1 \times (\sigma v^1 \times \sigma v^2)$ લેતા

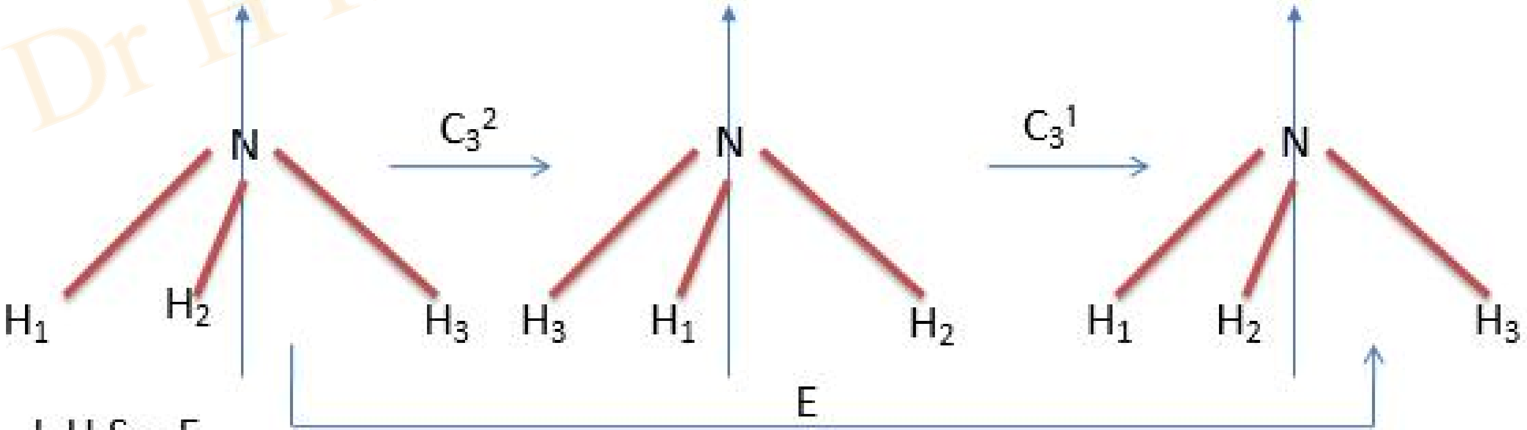
પ્રથમ $\sigma v^1 X \sigma v^2$ લેતા



$\sigma v^1 X \sigma v^2 = C_3^2$

L.H.S. = C_3^1 X ($\sigma v^1 X \sigma v^2$) માં $\sigma v^1 X \sigma v^2$ ની કિમત મુકતા

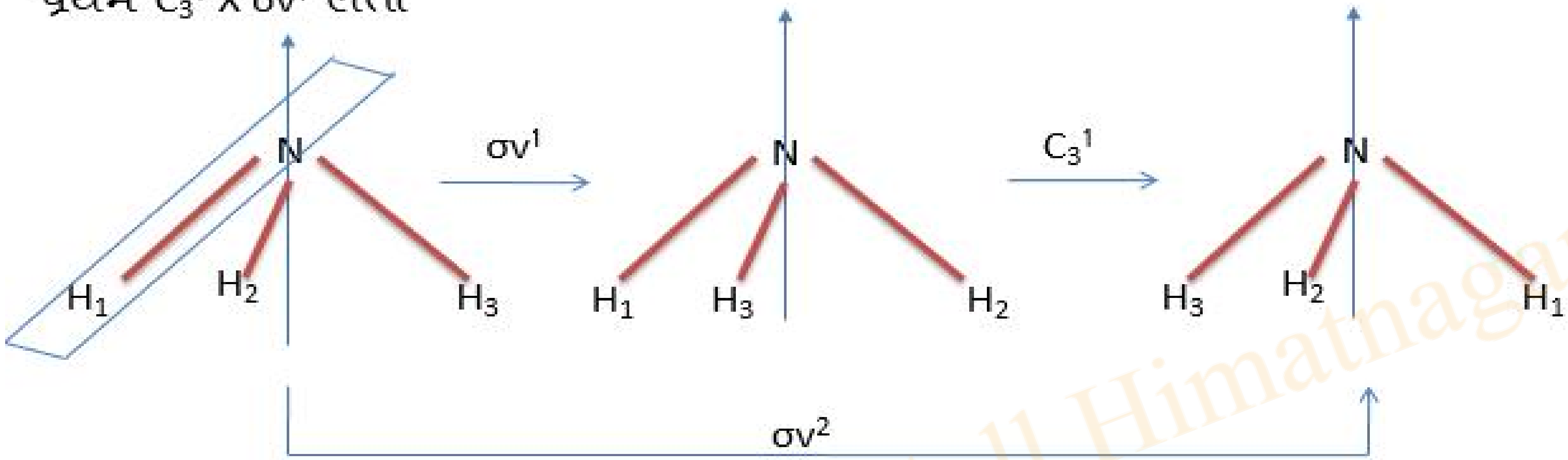
L.H.S. = C_3^1 X C_3^2 થાય



L.H.S. =E

R.H.S. = $(C_3^1 \times \sigma v^1) \times \sigma v^2$ લેતા

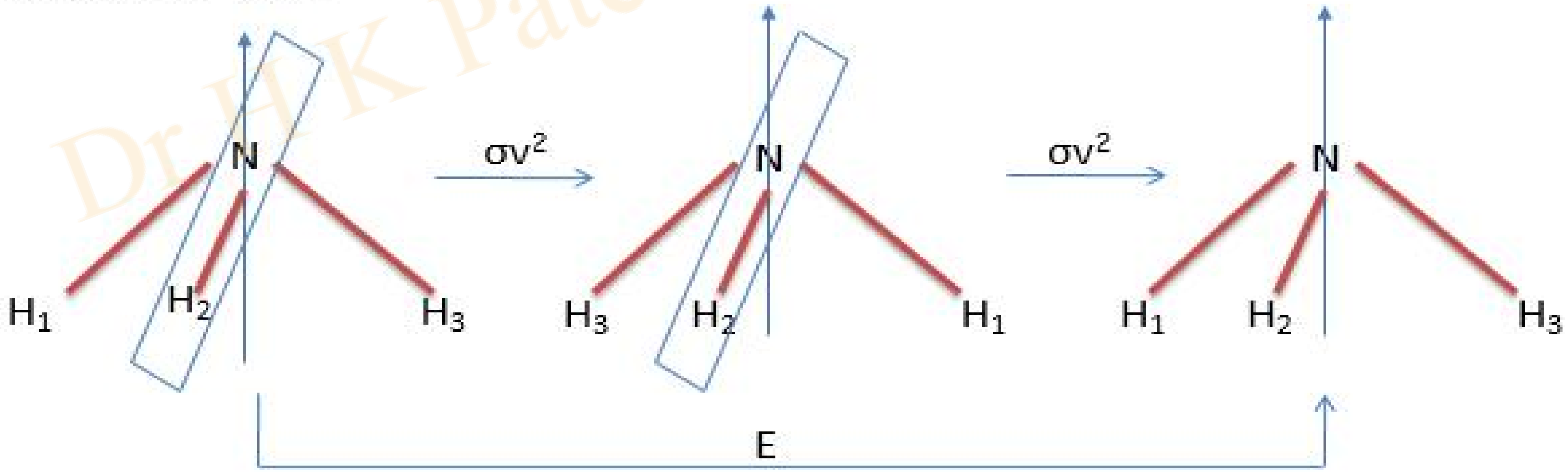
પ્રથમ $C_3^1 \times \sigma v^1$ લેતા



$C_3^1 \times \sigma v^1 = \sigma v^2$

R.H.S. = $(C_3^1 \times \sigma v^1) \times \sigma v^2$ માં $C_3^1 \times \sigma v^1$ ની કિંમત મુકતા

R.H.S. = $\sigma v^2 \times \sigma v^2$



L.H.S. = R.H.S.

$$C_3^1 \times (\sigma v^1 \times \sigma v^2) = (C_3^1 \times \sigma v^1) \times \sigma v^2$$

સંમિતિ વિધિઓ ના ગુણાકાર માં ક્રમનો નિયમ સચવાય છે.

ગુણાકાર કોષ્ટક

C_2v

પ્રથમ ક્રિયા વિધિ

દ્વિતીય ક્રિયા વિધિ

C_2v	E	C_2^1	σv^1	σv^2
E	E	C_2^1	σv^1	σv^2
C_2^1	C_2^1	E	σv^2	σv^1
σv^1	σv^1	σv^2	E	C_2^1
σv^2	σv^2	σv^1	C_2^1	E

C_3v

પ્રથમ ક્રિયા વિધિ

દ્વિતીય ક્રિયા વિધિ

C_3v	E	C_3^1	C_3^2	σv^1	σv^2	σv^3
E	E	C_3^1	C_3^2	σv^1	σv^2	σv^3
C_3^1	C_3^1	C_3^2	E	σv^3	σv^1	σv^2
C_3^2	C_3^2	E	C_3^1	σv^2	σv^3	σv^1
σv^1	σv^1	σv^2	σv^3	E	C_3^1	C_3^2
σv^2	σv^2	σv^3	σv^1	C_3^2	E	C_3^1
σv^3	σv^3	σv^1	σv^2	C_3^1	C_3^2	E

C_2h

પ્રથમ ક્રિયા વિધિ

દ્વિતીય ક્રિયા વિધિ

C_{2h}	E	C_2^1	σh	i
E	E	C_2^1	σh	i
C_2^1	C_2^1	E	i	σh
σh	σh	i	E	C_2^1
i	i	σh	C_2^1	E