પદ્ધતિ

(1) **લોખંડના ગર્ભ રહિત ઈન્ડક્ટરના અવરોધ માટે,** સાધનોને આકૃતિ A 3.1 (a)માં દર્શાવેલ પરિપથ આકૃતિ મુજબ ગોઠવો અને કળ K ખુલ્લી રાખો.

(2) dc સ્રોત અને dc મિલિએમીટરને ઈન્ડક્ટર સાથે શ્રેણીમાં અને વોલ્ટમીટરને સમાંતરમાં જોડો.

(3) બૅટરી એલિમિનેટરને તેનાં લઘુત્તમ મૂલ્ય માટે ગોઠવી, તેની સ્વિચ 'ON' કરો. પ્લગમાં કળ ભરાવો. Rને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી અવલોકનો માપક્રમમાં રહે. ઈન્ડક્ટર માટે dc વોલ્ટેજ અને dc પ્રવાહ માપો.

(4) એલિમિનેટરના વોલ્ટેજ ક્રમશઃ વધારતાં જાવ અને ઈન્ડક્ટર માટેનાં dc પ્રવાહ તથા dc વોલ્ટેજના મૂલ્યો નોંધતાં જાવ.

(5) **નરમ લોખંડના ગર્ભ સહિત ઈન્ડક્ટરના અવરોધ માટે,** લોખંડના ગર્ભને ગૂંચળાની અંદર સંપૂર્ણપણે રહે તેમ ગોઠવો. (આકૃતિ A 3.1 (b))

(6) પદ 3 અને 4નું પુનરાવર્તન કરો અને ઈન્ડક્ટર માટે પ્રવાહ અને વોલ્ટેજ નોંધો.

(7) **લોખંડના આવરણ (ગર્ભ) રહિત ઈન્ડક્ટરના ઈમ્પિડન્સના માપન માટે,** વિવિધ ટેપિંગ સાથેના સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મરનો ઉપયોગ કરો. (2V, 4V, 6V), ac વોલ્ટમીટર (0 – 5 V), ac એમીટર (0 – 0.3 A)ને આકૃતિ A 3.2 (a) મુજબ જોડો.

(8) પદ 3 અને 4નું પ્રત્યાવર્તી પ્રવાહ અને પ્રત્યાવર્તી વોલ્ટેજ માટે પુનરાવર્તન કરો. ઈન્ડક્ટર માટે વોલ્ટેજ અને પ્રવાહનાં મૂલ્યો નોંધો.

(9) **નરમ લોખંડના ગર્ભ સહિત ઈન્ડક્ટરના ઈમ્પિડન્સના માપન માટે,** નરમ લોખંડના ગર્ભને ગૂંચળાંની અંદર એવી રીતે દાખલ કરાવો કે જેથી તે સંપૂર્ણપણે ગૂંચળાની અંદર રહે. (આકૃતિ A 3.2 (b))

(10) પદ 3 અને 4નું પ્રત્યાવર્તી વોલ્ટેજ અને પ્રત્યાવર્તી પ્રવાહ માટે પુનરાવર્તન કરો. ઈન્ડક્ટર માટે પ્રવાહ અને વોલ્ટેજ નોંધો.

અવલોકનો

(1) dc વોલ્ટમીટરની અવધિ = 0 થી ... V

(2) dc વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... V

(3) dc એમીટરની અવધિ = 0 થી ... mA

(4) dc એમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... mA

(5) ac વોલ્ટમીટરની અવધિ = 0 થી ... V

(6) ac વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... V

(7) ac એમીટરની અવધિ = 0 થી ... mA

(8) ac એમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... mA

કોષ્ટક A 3.1 : ઈન્ડક્ટરનો લોખંડના ગર્ભરહિત અને ગર્ભ સહિત અવરોધ

ક્રમ	બૅટરીના એલિમિનેટરની ગોઠવણી	લોખંડના ગર્ભરહિત			લોખંડના ગર્ભ સહિત		
		વોલ્ટેજ V (V)	પ્રવાહ I (mA)	$R = \frac{V}{I}$ R (Ω)	વોલ્ટેજ V' (V)	પ્રવાહ I' (mA)	$R' = \frac{V'}{I'}$ R (Ω)
1							
2							
3							
4							
			સરેરાશ			સરેરાશ	

કોષ્ટક A 3.2 : ગૂંચળાનો ઈમ્પિડન્સ લોખંડના ગર્ભ રહિત અને ગર્ભ સહિત

ક્રમ	*ac* વોલ્ટેજના સ્ત્રોતની ગોઠવણી	લોખંડના ગર્ભ રહિત			લોખંડના ગર્ભ સહિત *ac* વોલ્ટેજ		
		વોલ્ટેજ V (V)	પ્રવાહ I (mA)	$Z = \frac{V}{I}$ Z (Ω)	વોલ્ટેજ V' (V)	પ્રવાહ I' (mA)	$Z' = \frac{V'}{I'}$ Z' (Ω)
1							
2							
3							
4							
			સરેરાશ			સરેરાશ	

ગણતરીઓ

(1) દરેક અવલોકન માટે વોલ્ટેજ અને પ્રવાહનો ગુણોત્તર ગણો અને અવરોધ તથા ઈમ્પિડન્સ મેળવો.

(2) દરેક કિસ્સામાં અવરોધ અને ઈમ્પિડન્સનાં સરેરાશ મૂલ્યો ગણો એટલે કે લોખંડના ગર્ભ રહિત અને ગર્ભ સહિત.

પરિણામ

(1) લોખંડના ગર્ભ રહિત ઈન્ડક્ટર કૉઈલનો dc અવરોધ = ... Ω.

(2) લોખંડના ગર્ભ સહિત ઈન્ડક્ટરની કૉઈલનો dc અવરોધ = ... Ω.

(3) ઈન્ડક્ટરની કૉઈલનો લોખંડના ગર્ભ રહિત ઈમ્પિડન્સ = ... Ω.

(4) ઈન્ડક્ટરની કૉઈલનો લોખંડના ગર્ભ સહિત ઈમ્પિડન્સ = ... Ω.

સાવચેતીઓ

(1) ગૂંચળા સાથે એમીટરને શ્રેણીમાં અને વોલ્ટમીટરને સમાંતરમાં જોડો.

(2) લોખંડના ગર્ભને કૉઇલની અંદર સંપૂર્ણપણે ગોઠવો.

(3) જોડાણ કરતાં પહેલાં, જોડાણના તારના છેડાઓને કાચપેપરની મદદથી સાફ કરવા જોઈએ.

ત્રુટિના સ્રોતો

ac મિલિએમીટર અને ac વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ એટલું નાનું પણ ના હોય કે જે લોખંડના ગર્ભ (Core)ને મૂક્યા પછી ઇમ્પિડન્સનો તફાવત સચોટતાથી નોંધી શકે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) પરિપથના ઇમ્પિડન્સનો અર્થ શું થાય ?

(2) dc અને ac એમીટર અને વોલ્ટમીટર વચ્ચે તમે કયા તફાવતોનું અવલોકન કર્યું ?

(3) જ્યારે ઇન્ડક્ટર કૉઇલમાંથી લોખંડના ગર્ભને બહાર લઈ લેવામાં આવે ત્યારે, એમીટર અને વોલ્ટમીટરનાં અવલોકનો પર શું અસર થાય ? શા માટે ?

ચર્ચા

(1) ગૂંચળાના dc અવરોધની લોખંડના ગર્ભ રહિત અને લોખંડનાં ગર્ભ સહિત મૂલ્યોની સરખામણી કરો. લોખંડના ગર્ભને દાખલ કર્યા પછી ગૂંચળા (Coil)ના અવરોધમાં કોઈ ફેરફાર જોવા નહીં મળે. આ પરિણામ સમજાવો.

(2) લોખંડના ગર્ભ રહિત અને ગર્ભ સહિત ગૂંચળાના ઇમ્પિડન્સની સરખામણી કરો. લોખંડના ગર્ભને મૂક્યા પછી એ નોંધાય છે કે ઇમ્પિડન્સ વધે છે. આ પરિણામ સમજાવો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) ac નું માપન લાકડાં, પ્લાસ્ટિક અને કૉપર ગર્ભ સાથે પુનરાવર્તિત કરો. (જેની લંબાઈ કોઈ પણ હોઈ શકે.) આવા ગર્ભ મૂક્યા પછી ઇમ્પિડન્સમાં શું તમે કોઈ ફેરફાર જુઓ છો ?

(2) જો લોખંડનો ગર્ભ સંપૂર્ણપણે અંદર ન હોય, તો શું ઇમ્પિડન્સમાં એ જ ફેરફાર થશે ?

પ્રવૃત્તિ 4

હેતુ

મલ્ટિમીટરનો ઉપયોગ કરીને આપેલા પરિપથ માટે અવરોધ, વોલ્ટેજ (dc/ac), પ્રવાહ (dc)નું માપન કરવું અને આપેલા પરિપથની સતતતા (સાતત્યતા) ચકાસવી.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

મલ્ટિમીટર તેના પરીક્ષણ છેડાઓ સહિત, અવરોધપેટી, કળ, વિદ્યુતકોષ, 6 *V* આઉટપુટ વોલ્ટેજવાળું સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર, રીઓસ્ટેટ, જોડાણ માટેના તાર અને કાચપેપરનો ટુકડો

(**શિક્ષકો માટે નોંધ :** સાવચેતીનાં પગલાં માટે 220 *V* ના પ્રત્યાવર્તી પ્રવાહ આપતા સ્રોતને વિદ્યાર્થીઓ દ્વારા સંચાલન કરવાની પરવાનગી આપશો નહિ.)

મલ્ટિમીટરનું વર્ણન : મલ્ટિમીટર એ પ્રવાહમાપક (એમીટર) અથવા વોલ્ટેજ માપક (વોલ્ટમીટર) અથવા અવરોધમાપક (ઓહ્મમીટર) તરીકે કાર્ય કરતું સાધન છે. ક્યારેક તે AVO તરીકે પણ ઓળખાય છે. (એમ્પિયર, વોલ્ટ અને ઓહ્મ) મીટર. તે અવરોધ અને dc અને ac બંને પરિપથોમાં વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત તથા dc પરિપથમાં જુદી-જુદી રેન્જનો પ્રવાહ માપી શકે છે. ભ્રમણ કરી પસંદ કરતા દટ્ટા (Knob) દ્વારા અથવા સ્વિચના અને સૉકેટના સંયોજનથી કાર્ય અને રેન્જ પસંદ કરી શકાય છે.

મલ્ટિમીટરના બે પ્રકાર છે : એનાલોગ અને ડિજિટલ.

એનાલોગ મલ્ટિમીટર : આકૃતિ A 4.1 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એનાલોગ મલ્ટિમીટર એ dc ગૅલ્વેનોમીટર છે જેને જુદી-જુદી રેન્જના પ્રવાહ અથવા અવરોધ અથવા વોલ્ટેજનું માપન કરતા એમીટર અને વોલ્ટમીટરમાં રૂપાંતરિત કરી શકાય છે. ac માપન માટે પ્રવાહ અને વોલ્ટેજની rms કિંમતો (વર્ગના સરેરાશનું વર્ગિત મૂલ્ય) માપી શકાય છે.

આકૃતિ A 4.1 (a) એનાલોગ મલ્ટિમીટર

જ્યારે મલ્ટિમીટરનો ઉપયોગ પ્રવાહ માપવા માટે કરવામાં આવે ત્યારે તેને પરિપથમાં શ્રેણીમાં જોડવું જોઈએ. પરિપથનાં બે બિંદુઓ વચ્ચે વોલ્ટેજનો તફાવત માપવા માટે તેના બે છેડાઓ (leads)ને તેમની સાથે જોડવામાં આવે છે.

દા.ત., અવરોધના બે છેડાઓ વચ્ચેનો વોલ્ટેજ માપવા, મલ્ટિમીટરને અવરોધ સાથે સમાંતરમાં જોડવામાં આવે છે.

જ્યારે મલ્ટિમીટરને અવરોધ માપક મોડ પર રાખવામાં આવે ત્યારે આપોઆપ અંદર આપેલા વિદ્યુતકોષ સાથે જોડાય છે, આના લીધે આપણે જે અવરોધનું માપન કરવાનું હોય, તે બાહ્ય અવરોધમાંથી પ્રવાહ પસાર થાય છે. આ પ્રવાહની સંવેદના જેના ડાયલ પર અવરોધના મૂલ્યો અંકિત કરેલ હોય તેવું મલ્ટિમીટર અનુભવે છે. તે અનિવાર્યપણે અંકનમાં અરેખીય છે.

ડિજિટલ મલ્ટિમિટર : આકૃતિ A 4.1 (b) ડિજિટલ મલ્ટિમીટર દર્શાવે છે.

વોલ્ટેજ અને પ્રવાહ માપવા માટે તે ADC (analog to digital convertor) તરીકે ઓળખાતો ડિજિટલ પરિપથ વાપરે છે. જો કે ADC ખૂબ નાના ઇનપુટ વોલ્ટેજને સ્વીકારતો હોવાથી, નમૂના રૂપ ઇનપુટ વોલ્ટેજ અથવા પ્રવાહ જરૂરી છે.

વોલ્ટેજનું માપન પ્રત્યક્ષ રીતે થાય છે. જ્યાં પ્રવાહ માપક સાધનમાંના આંતરિક પ્રમાણભૂત અવરોધને લીધે પ્રવાહ સપ્રમાણ રીતે વોલ્ટેજમાં રૂપાંતરિત થાય છે.

અવરોધના માપન માટે અચળ પ્રવાહના સ્રોત વપરાય છે. તે વોલ્ટેજનાં મૂલ્યો અવરોધના પ્રમાણમાં ઉત્પન્ન કરી તેને ADCની મદદથી ડિજિટલમાં રૂપાંતર કરે છે. આ મીટરનું વિભેદન તેમની અવધિ (Range) અને ડિસ્પ્લે પૅનલ પર જોવા મળતાં આંકડાઓની સંખ્યા પર આધાર રાખે છે.

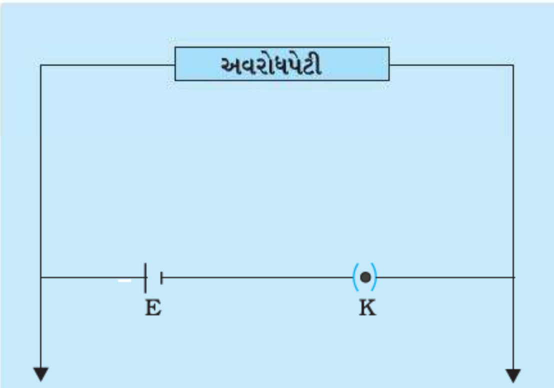
આકૃતિ A 4.1 (b) ડિજિટલ મલ્ટિમીટર

સિદ્ધાંત

જ્યારે આકૃતિ A 4.2માં દર્શાવ્યા મુજબ અવરોધ Rને પરિપથમાં જોડવામાં આવે ત્યારે અવરોધના બે છેડા વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત, અવરોધ સાથે મલ્ટિમીટરને (વોલ્ટેજની યોગ્ય ગોઠવણી સાથે) સમાંતર જોડી માપી શકાય છે.

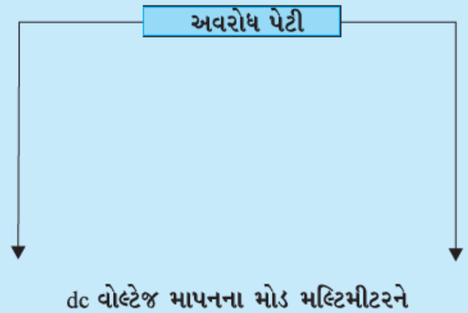
મલ્ટિમીટરની કૉઇલ dc પ્રવાહના સપ્રમાણમાં આવર્તન દર્શાવે છે. પ્રત્યાવર્તી પ્રવાહ ac નું માપન પ્રવાહની ઉષ્મીય અસરના સિદ્ધાંત પર આધારિત છે.

આકૃતિ A 4.5માં દર્શાવ્યા મુજબ મલ્ટિમીટરને (પ્રવાહની યોગ્ય ગોઠવણી દ્વારા) અવરોધ સાથે શ્રેણીમાં જોડી તેમાંથી પસાર થતો પ્રવાહ માપી શકાય છે.

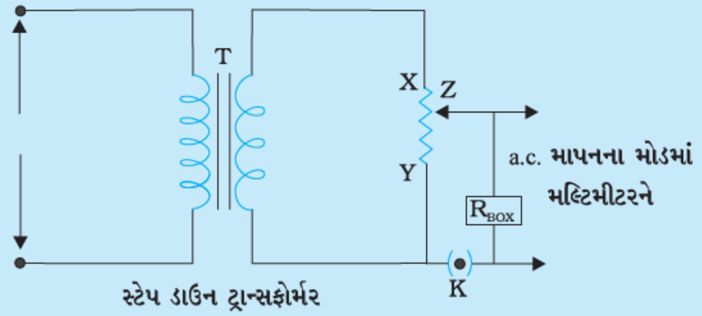


આકૃતિ A 4.2 અવરોધમીટર તરીકે મલ્ટિમીટરનો ઉપયોગ

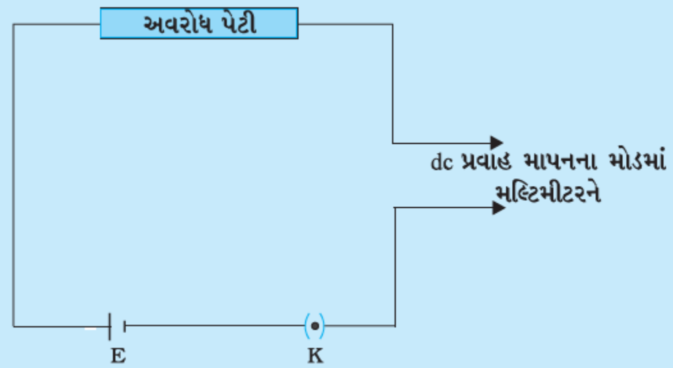
વિદ્યુતનાં ઘટકોનું સતતતા તેમના અવરોધના માપનથી ચકાસી શકાય. ઘટકના બે છેડાઓ વચ્ચેનો અનંત અવરોધ



આકૃતિ A 4.3 મલ્ટિમીટરનો dc વોલ્ટમીટર તરીકે ઉપયોગ



આકૃતિ A 4.4 મલ્ટિમીટરનો ac વોલ્ટમીટર તરીકે ઉપયોગ



આકૃતિ A 4.5 મલ્ટિમીટરનો એમીટર તરીકે ઉપયોગ

અસતતતા દર્શાવે છે. ઘટકના બે છેડાઓ વચ્ચેનો ખૂબ ઓછો અવરોધ ($\leq 0.1\Omega$) તે ઘટક-પરીક્ષણ દરમિયાન શોર્ટ-સર્કિટમાં હોવાનું દર્શાવે છે. (આકૃતિ A 4.2)

પદ્ધતિ

એનાલોગ મલ્ટિમીટર

(1) જોડાણ માટેના તારના છેડાઓને કાચપેપર વડે તેઓ ચમકે ત્યાં સુધી બરાબર સાફ કરો. શક્ય હોય તો નવા તાર જ જોડાણ માટે લો કેમ કે લાંબા સમયથી પડી રહેલા તાર પર કંઈક અવાહક આવરણ જામી ગયું હોય છે. મલ્ટિમીટરના ધાત્વિય છેડાઓ પર કાટ કે અવાહક પડ જામ્યું નથીને તે પણ ચકાસો.

(2) **અવરોધના માપન માટે :** મલ્ટિમીટરને અવરોધ માપનના મોડ પર મૂકો. લાલ અને કાળા છેડા (probes) ને મલ્ટિમીટર સાથે જોડો.

(3) લાલ છેડાના ખુલ્લા ભાગને સીધું જ બ્લૅક (કાળા) છેડા સાથે જોડી, શુન્ય એડજસ્ટમેન્ટના ડટ્ટા વડે અવરોધના માપક્રમ પર શૂન્ય ઓહ્મ ગોઠવો. (એકદમ જમણી તરફ)

(4) પરીક્ષણ માટેના ધાતુના બે સળિયા (છેડાઓને) અલગ રાખો અને અવરોધપેટીને મલ્ટિમીટર સાથે આકૃતિ A 4.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે જોડો.

(5) અવરોધપેટીમાંથી અનુરૂપ અવરોધ કળ કાઢી જ્ઞાત અવરોધ R પરિપથમાં ઉમેરો અને પરિપથમાં વપરાયેલા અવરોધકના અવરોધના મુલ્ય માટે મલ્ટિમીટરનું અવલોકન R_M વાંચો. બીજા ચાર અવરોધો માટે આ પદનું પુનરાવર્તન કરો.

(6) અરેખીય માપક્રમનું અવલોકન ધ્યાનથી તપાસો અને નોંધો કે શૂન્ય માપક્રમની છેક જમણી બાજુએ છે. પસંદ કરેલી અવધિ માટે ગુણક અંકનો યોગ્ય ઉપયોગ કરો. દા.ત., $R \times 100$ના માપક્રમ (સ્કેલ) પર 4 કાપાનું આવર્તન એટલે અવરોધનું માપ $= 4 \times 100\ \Omega = 400\ \Omega$

(7) **dc વોલ્ટેજના માપન માટે :** કાર્યકારી સ્વિચ (ac/dc)ને યોગ્ય સ્થિતિમાં રાખી, ઉપલબ્ધ મહત્તમ અવધિ (રેન્જ) પસંદ કરો. એ વાતની ખાતરી કરો કે પરીક્ષણ છેડાઓને સૉકેટમાં યોગ્ય ધ્રુવો સાથે જોડેલા છે. રૈવાજિક રીતે ધન ધ્રુવ સાથે રેડ (લાલ) અને ઋણ ધ્રુવ સાથે બ્લૅક (કાળો) છેડો વપરાય છે.

(8) આકૃતિમાં (A 4.3)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મલ્ટિમીટર જોડો.

(9) dc વોલ્ટેજ માપવા માટે મલ્ટિમીટરને ગોઠવો. યોગ્ય રેન્જ પસંદ કરો. દા.ત., પરિપથમાં 1.5 V emfનો વિદ્યુતકોષ વાપર્યો હોય તો રેન્જ 2.5Vની રાખો.

(10) વિદ્યુતકોષનો emf માપવા માટે મલ્ટિમીટરના ધન છેડાને કોષના ધન સાથે અને ઋણ છેડાને કોષના ઋણ સાથે કળ K માં થઈને જોડો. અવરોધપેટીમાંથી પરિપથમાં R અવરોધવાળો કોઈપણ અવરોધ દાખલ કરશો નહિ. કળ K ભરાવી મલ્ટિમીટરનું અવલોકન વાંચો (પરિપથના સતત પ્રવાહ જોડાણના તારને ગરમ કરશે). તમારાં અવલોકનોને કોષ્ટક A 4.2માં નોંધો. પછી કળ K ખુલ્લી કરો.

(11) હવે પરિપથમાં અવરોધપેટીમાંથી અવરોધ કળ કાઢી એક જ્ઞાત અવરોધ (ધારોકે 10 Ω) દાખલ કરો. કળ K ભરાવો અને અવરોધના બે છેડાઓ વચ્ચે સ્થિતિમાનના તફાવતનું માપન કરવા મલ્ટિમીટરનું અવલોકન વાંચો. પરિપથમાં અવરોધ ન હતો (એટલે કે R=0) એટલે કે પદ 10 માં અવલોકન કર્યું તેના કરતાં શું અવલોકનમાં કોઈ ફેરફાર મળશે ?

(12) પરિપથમાં અવરોધના જુદાં-જુદાં ત્રણ મૂલ્યો માટે પદ 11નું પુનરાવર્તન કરો તમારાં અવલોકનો કોષ્ટક A 4.2માં નોંધો.

(13) **ac વોલ્ટેજના માપન માટે :** જેનો આઉટપુટ વોલ્ટેજ 6 V છે તેવા ac સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર, સ્થિતિમાન વિભાજક તરીકે રીઓસ્ટેટ XY, અવરોધપેટી R_{BOX}, પ્લગકળ અને મલ્ટિમીટરને આકૃતિ A 4.4માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે જોડો. Rનું મૂલ્ય (જેમકે 5 Ω) નિશ્ચિત કરો.

(14) મલ્ટિમીટરને 10Vની અવધિ (રેન્જ)ના ac વોલ્ટમીટર તરીકે વર્તે તેમ ગોઠવો.

(15) રીઓસ્ટેટના ચલિત છેડા Zને બિંદુ Xની નજીક લાવો. આ સ્થિતિમાં રીઓસ્ટેટની કોઇલનો અવરોધ લઘુત્તમ હશે. કળ K ભરાવી અવરોધ Rના છેડાઓ વચ્ચેના વોલ્ટેજ ડ્રોપનું મલ્ટિમીટરનું અવલોકન કોષ્ટક A 4.3માં નોંધો. રીઓસ્ટેટના ચલિત છેડાની ઓછામાં ઓછી ચાર સ્થિતિઓ માટે અવલોકનોનું પુનરાવર્તન કરો (કોષ્ટક A 4.3).

વિદ્યાર્થીઓ માટે નોંધ : સાવચેતીના ભાગ રૂપે 220 Vના AC સ્રોતના કિસ્સામાં મહેરબાની કરીને જાતે સંચાલન ન કરો.

(16) **dc પ્રવાહની યોગ્ય માપણી માટે :** કાર્યકારી સ્વિચ પસંદ કરો, યોગ્ય રેન્જ સ્વિચ / સૉકેટ પસંદ કરો. દા.ત. પરિપથમાં સ્ત્રોત તરીકે 1.5 V emf ધરાવતો એક કોષ અને પ્રયોગ દરમિયાન જેની કિંમત 2 Ω થી 10 Ω સુધી બદલાય તેવો એક અવરોધ વાપર્યો હોય તો 1A (1000 mA) વાળી અવધિ યોગ્ય ગણાય.

(17) આકૃતિ A 4.5માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મલ્ટિમીટરનો ધન છેડો વિદ્યુતકોષના ધન છેડા સાથે અને ઋણ છેડો કોષના ઋણ છેડા સાથે જોડાય તેમ મલ્ટિમીટરને શ્રેણીમાં જોડો.

(18) મલ્ટિમીટરમાંથી વહેતા dc પ્રવાહનું માપન તેનાં અવલોકનો વાંચી કરો.

(19) પરિપથમાં અવરોધને લાવીને પ્લગ *K* ને કળ લગાવી મલ્ટિમીટર વડે પરિપથમાં વહેતા પ્રવાહનું માપન કરો. આવા અવરોધ Rની બીજી ચાર કિંમત માટે તેનું પુનરાવર્તન કરો. તમારાં અવલોકનો કોષ્ટક A 4.4માં નોંધો.

ડિજિટલ મલ્ટિમીટર

તેમાં વોલ્ટેજ, પ્રવાહ અને અવરોધના માપનની પદ્ધતિ એનાલોગ માપનની જેમ જ છે. નોંધનીય તફાવત એ છે કે, ડિજિટલ મલ્ટિમીટર, એનાલોગની જેમ સંવેદનશીલ નથી કે સરળતાથી નુકસાન પામે. તેઓ ઊંધા ધ્રુવત્વનો વોલ્ટેજ પણ સ્વીકારે છે (ધન કે ઋણ ચિહ્ન દર્શાવી). જ્યારે માપવાની રાશિનું મૂલ્ય રેન્જની ઉપરની સીમાને પાર થાય ત્યારે તેઓ આંકડો દર્શાવે છે.

*R*ના માપન માટે કોઈ ગોઠવણીની જરૂરિયાત નથી. (કોઈ પણ રેન્જ માટે).

અવલોકનો

(1) મલ્ટિમીટરની પૅનલ પરના અવરોધના માપક્રમની અવધિ = ... Ω

(2) માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ = ... Ω

કોષ્ટક A 4.1 : અવરોધનું માપન

ક્રમ	અવરોધપેટીમાં દર્શાવેલ અવરોધ *R* (Ω)	મલ્ટિમીટરનું અવલોકન R_m (Ω)	તફાવત $[R - R_m]$ (Ω)
1			
2			
--			
5			

મલ્ટિમીટરનું લઘુત્તમ માપ પૅનલ પર પસંદ કરેલ dc વોલ્ટેજની માપક્રમની અવધિ = ...V

માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ = ... V

કોષ્ટક A 4.2 : dc વોલ્ટેજનું માપન

ક્રમ	પરિપથમાંનો અવરોધ *R* (Ω)	વોલ્ટેજ (V) માટે મલ્ટિમીટરનું અવલોકન
1		
2		
--		
5		

મલ્ટિમીટરની પૅનલ પર પસંદ કરેલ વોલ્ટેજના માપક્રમની અવધિ = ... V

માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ = ... V

કોષ્ટક A 4.3 : અવરોધ (*R* = ... Ω) ના છેડાઓ વચ્ચેના વોલ્ટેજ ડ્રોપનું માપન

ક્રમ	રીઓસ્ટેટના ચલિત છેડાનું ગૂંચળા XY પરનું સ્થાન	મલ્ટિમીટરનું અવલોકન (V)
1	બિંદુ Xની નજીક	
2		
--		
5	બિંદુ Yની નજીક	

મલ્ટિમીટરની પૅનલ પર પસંદ કરેલ dc પ્રવાહના માપક્રમની અવધિ = ... mA

માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ = ... mA

કોષ્ટક A 4.4 : dc પ્રવાહનું માપન

ક્રમ	પરિપથમાંનો અવરોધ *R* (Ω)	પ્રવાહ માટે મલ્ટિમીટરનું વાચન (mA)
1		
2		
--		
5		

પરિણામ

(1) dc/ac વોલ્ટેજ, dc પ્રવાહ અને અવરોધનું માપન મલ્ટિમીટર વડે કરી શકાય છે.

(2) મલ્ટિમીટર વડે મપાયેલા અવરોધનાં મૂલ્યો એ અવરોધ પર સંકેતથી આપેલ (Decoded) મૂલ્યોની લગભગ નજીક છે.

સાવચેતીઓ

(1) આપેલ વોલ્ટેજ અથવા પ્રવાહ અને અવરોધના માપન માટે કાર્યકારી સ્વિચ અને રેન્જ સ્વિચની યોગ્ય પસંદગી કરવી જોઈએ.

(2) dc વોલ્ટેજ અને પ્રવાહના માપન માટે ધાત્વિય છેડાઓને યોગ્ય ધ્રુવો સાથે જોડવા જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) વોલ્ટેજ/પ્રવાહના વાચન માટે વપરાતો માપક્રમ અયોગ્ય હોઈ શકે.

(2) 'R'ના માપન વખતની શૂન્ય ગોઠવણી એનાલોગ મલ્ટિમીટર વડે સચોટ ના પણ થઈ શકે છે.

ચર્ચા

(1) જો અવરોધપેટીના સ્થાને કાર્બન અવરોધ વાપરવામાં આવે, તો તે ગરમ (હીટિંગ)ના થાય તે જોવું, કેમકે તેના લીધે અવરોધના મૂલ્યમાં ફેરફાર થઈ શકે છે.

(2) માપેલ રાશિનાં નાનાં મૂલ્યો માટે માપનની પ્રતિશત ત્રુટિ વધુ હોય છે.

(3) જો મલ્ટિમીટરના બે પરીક્ષણ ધાત્વિય છેડાઓ સમાન ન હોય અને મલ્ટિમીટરના જંક્શન પાસે નોંધપાત્ર અવરોધ રહેતો હોય (પરીક્ષણ છેડાઓ અને પરીક્ષણ અવરોધ) તો, તમારાં માપનો કઈ રીતે અસર પામશે ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

શું dc વોલ્ટેજ / પ્રવાહ, ac વોલ્ટેજ/પ્રવાહની કાર્યકારી સ્વિચની મદદથી માપી શકાય ? તમારો જવાબ ચકાસો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

મિશ્રિત કલર કૉડવાળા અવરોધોનો સમૂહ તમને આપેલ છે. મલ્ટિમીટરની મદદથી અવરોધ પરના કોડમાં દર્શાવેલ સહનશીલતા હદ (Tolerance limit) ની અંદર મળેલી અવરોધકની decoded કિંમતો ચકાસો.

પ્રવૃત્તિ 5

હેતુ

ત્રણ બલ્બ, ત્રણ સ્વિચ (On/Off), ફ્યુઝ અને પાવર સપ્લાયનો ઉપયોગ કરી ઘર-વપરાશ માટેનો પરિપથ બનાવવો.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

ત્રણ બલ્બ (દરેક 40 W, 220 V), ત્રણ (on/off) સ્વિચ, સૉકેટ, 1Aનો ફ્યૂઝ, પ્લગ, જોડાણનો લવચીક (flexible) તાર, મુખ્ય સ્વિચ

સિદ્ધાંત

ઘર-વપરાશના જુદા-જુદા વિદ્યુતનાં સાધનોમાં વપરાતો પાવર જો P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, ... હોય, તો કોઈ પણ ક્ષણે વપરાતો કુલ પાવર

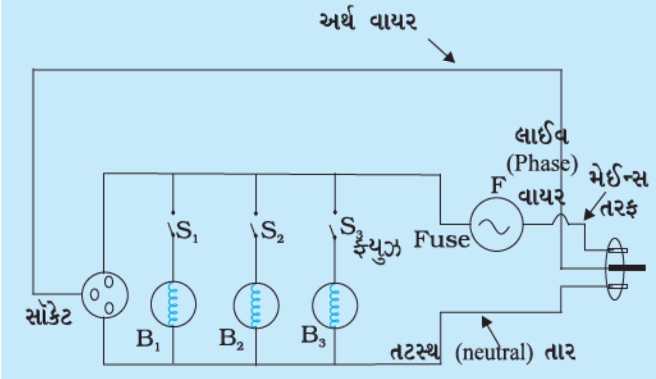
$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + ... \quad \text{(A 5.1)}$$

જો મેઇન્સ (મુખ્ય સ્રોત)માં મળતો પ્રવાહ I અને વિદ્યુતસ્થિતિમાન V હોય, તો

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{(A 5.2)}$$

જ્યાં P વૉટમાં, V વોલ્ટમાં અને I ઍમ્પિયરમાં છે.

જ્યારે અકસ્માતે ઊંચો પ્રવાહ (દા.ત., જ્યારે સાધનોના છેડાઓ અકસ્માતે જોડાઈ જાય) પસાર થાય ત્યારે ઉપકરણોને નુકસાનથી બચાવવા થોડાક ઊંચા રેટિંગવાળો ફ્યૂઝ (સામાન્ય પ્રવાહથી 10 થી 20 % જેટલું ઊંચું) ઉપકરણો સાથે આકૃતિ A 5.1 દર્શાવ્યા પ્રમાણે શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે છે.



આકૃતિ A 5.1

પદ્ધતિ

(1) બલ્બ B_1, B_2, B_3ને અનુક્રમે સ્વિચો S_1, S_2, S_3 સાથે શ્રેણીમાં જોડો. B_1, B_2, B_3ને S_1, S_2, S_3 સાથે એકબીજાને સમાંતરમાં જોડો. (આકૃતિ A 5.1 પ્રમાણે)

(2) આકૃતિ A 5.1માં દર્શાવ્યા મુજબ ગોઠવણ સાથે ફ્યૂઝ Fને શ્રેણીમાં જોડો. પ્લગ અને સૉકેટને બે છેડાઓ સાથે જોડો. પ્લગને અર્થ (earth) પિનમાંથી તાર સાથે જોડો.

(3) મુખ્ય ઇલેક્ટ્રિક બૉર્ડમાં આપેલા સૉકેટનું પ્લગ લગાવો.

(4) એક પછી એક સ્વિચો S_1, S_2, S_3 દબાવો અને અવલોકન કરો કે એક બલ્બ બીજા બલ્બથી સ્વતંત્ર રીતે on/off થઈ શકે છે.

(5) એક સાથે બધી જ સ્વિચને દબાવો અને શું થાય છે તે જુઓ. તમારાં અવલોકનો નોંધો.

પરિણામ

ઘર-વપરાશના પરિપથનું જોડાણ પૂર્ણ અને સલામત છે.

સાવચેતીઓ

(1) મેઇન્સ (મુખ્ય સ્રોત) સાથે કાર્ય કરવામાં કાળજી રાખવી જોઈએ.

(2) પરિપથમાંથી વહેતા મહત્તમ પ્રવાહની ગણતરી કરી, કાળજીપૂર્વક ફ્યૂઝનું રેટિંગ નક્કી કરવું જોઈએ.

ચર્ચા

(1) ફ્યુઝએ સલામતી માટેનું સાધન છે. નક્કી કરેલ મૂલ્ય કરતાં વધારે ઊંચા રેટિંગવાળા ફ્યુઝને ક્યારેય વાપરશો નહિ.

(2) આપણા ઘરમાં આવતા મુખ્ય વિદ્યુતનું રેટિંગ કુલ પાવરની જરૂરિયાત પરથી નક્કી થાય છે. સામાન્ય રીતે તે 220V, 30 A અને 50 Hz છે. સપ્લાયને વિતરણ બૉર્ડ સાથે જોડેલો હોય છે, જે પાવરને જુદાં-જુદાં પરિપથોમાં વહેંચે છે. કેટલાક વિદ્યુત-વપરાશનાં સાધનો જેવા કે રૂમ હીટર, એરકંડિશનર, ગીઝર, વિદ્યુત સગડી ભારે રેટિંગ 220V, 15A જેટલું અને બીજા વિદ્યુત-વપરાશનાં સાધનો જેવાં કે વીજળીના ગોળાઓ, છત પરના પંખાઓ વગેરેમાં ઓછાં રેટિંગ 220V, 5A હોય છે. 220V, 5A સપ્લાયનો એક વિદ્યુત-પરિપથ વિચારો. આવા પરિપથમાં બધાં સાધનો સ્વિચ સાથે સમાંતરમાં જોડાયેલાં હોય છે. સપ્લાયની લાઇવ લાઇનમાં આ સ્વિચ દરેક સાધનો સાથે શ્રેણીમાં હોય છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

પરિપથમાં વાપરેલા ત્રણ ગોળા(બલ્બ)ઓમાંથી વહેતો મહત્તમ પ્રવાહ ગણો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

લાઇટના બે પૉઇન્ટ, પંખાનો એક પૉઇન્ટ અને પ્લગનો એક પૉઇન્ટ ધરાવતો પરિપથ દોરો.

પ્રવૃત્તિ 6

હેતુ

સ્થિત પ્રવાહ માટે તારની લંબાઈ સાથે પોટૅન્શિયલ (સ્થિતિમાન) ડ્રોપમાં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ કરવો.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

પોટૅન્શિયોમીટર, અચળ વોલ્ટેજવાળું બૅટરી એલિમિનેટર, dc પાવર સપ્લાય (અથવા લેડ-સંગ્રાહકકોષ), યોગ્ય રેન્જવાળા વોલ્ટમીટર અને એમીટર, પ્લગ કળ, જૉકી, રીઓસ્ટેટ, જોડાણ માટેના તાર વગેરે.

સિદ્ધાંત

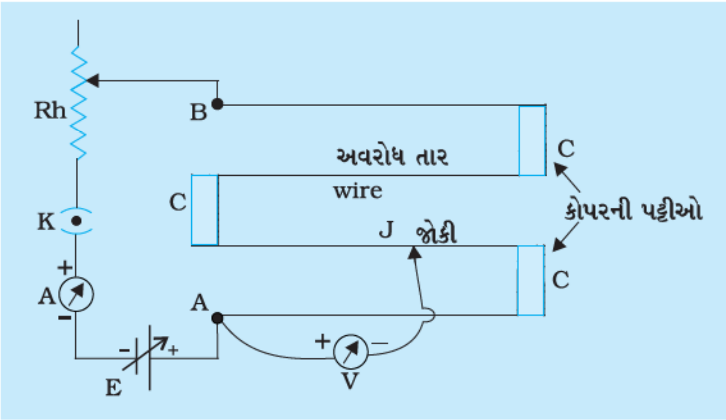
સમાન આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતા અને એકમ લંબાઈ દીઠ અચળ અવરોધ ધરાવતા તારમાંથી જ્યારે સ્થિત પ્રવાહનું વહન થાય ત્યારે તારના બે છેડાઓ વચ્ચેનો પોટૅન્શિયલ ડ્રૉપ (V) એ તાર પરના બે બિંદુઓ વચ્ચેની લંબાઈ (l)ના સમપ્રમાણમાં હોય છે. ગાણિતિક રીતે $V \alpha l$

પદ્ધતિ

(1) આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ વિદ્યુત-પરિપથ રચો. આકૃતિ A 6.1.

(2) બૅટરીના ધન છેડાને પોટૅન્શિયોમીટરના બિંદુ A (શૂન્યલંબાઈ) સાથે જોડો.

(3) પોટૅન્શિયોમીટરના તાર પરના બીજા છેડા (બિંદુ) Bને બૅટરીના ઋણ છેડા સાથે એમીટર, પ્લગ-કી (કળ) અને રીઓસ્ટેટ થકી જોડો. એમીટરને એવી



આકૃતિ A 6.1 પોટૅન્શિયલ ડ્રૉપના ફેરફારના અભ્યાસ માટેનો પરિપથ

રીતે જોડવું જોઈએ કે જેથી તેનો ઋણ છેડો, બૅટરીના ઋણ છેડા સાથે જોડાય.

(4) વોલ્ટમીટરના ધન છેડાને બિંદુ A સાથે અને બીજા છેડાને જૉકી કળ J સાથે જોડો.

(5) હવે કળ Kને બંધ કરો અને જોકીને બિંદુ B પર દબાવો. રીઓસ્ટેટને વોલ્ટમીટરના પૂર્ણ સ્કેલ આવર્તન માટે ગોઠવો.

(6) જ્યારે જૉકીને બિંદુ A પર દબાવો ત્યારે તે વોલ્ટમીટરમાં શૂન્ય આવર્તન દર્શાવે છે.

(7) હવે જૉકીને 40 cm પર દબાવો અને સંલગ્ન વોલ્ટમીટરનું અવલોકન વાંચો.

(8) જુદી-જુદી લંબાઈઓ 80 cm, 120 cm, ... પર જૉકીને દબાવીને તમારા અવલોકનોનું પુનરાવર્તન કરો, જે પોટૅન્શિયોમીટરની 400 cmની લંબાઈ સુધી વિસ્તૃત કરી શકાય. વોલ્ટમીટરનાં અવલોકનો દરેક કિસ્સામાં નોંધો અને કોષ્ટક A 6.1માં દર્શાવો.

અવલોકનો

વોલ્ટમીટરની અવધિ (Range) = ... V

વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... V

શૂન્ય ત્રુટિ = ... V

કોષ્ટક A 6.1 : લંબાઈ સાથે પોટૅન્શિયલ ડ્રૉપનો ફેરફાર

ક્રમ	જ્યાં પોટેન્શિયલ ડ્રૉપ માપ્યો છે તે પોટૅન્શિયોમીટરના તારની લંબાઈ l (cm)	વોલ્ટમીટરનું વાચન V (V)	$\phi = \frac{V}{l}$ ($V\ cm^{-1}$)
1			
2			
--			
5			
		સરેરાશ	

ગણતરીઓ

ગુણોત્તર $\left(\frac{V}{l}\right) = \phi$ ગણો. જે તાર માટે વિદ્યુતસ્થિતિમાન પ્રચલન છે, જેનું મૂલ્ય લગભગ અચળ છે.

આલેખ દોરવો

V વિરુદ્ધ l નો આલેખ દોરો. V ને Y–અક્ષ પર અને l ને X–અક્ષ પર લો. રેખાનો ઢાળ ϕ આપે છે.

પરિણામ

પ્રાયોગિક ત્રુટિની મર્યાદામાં ગુણોત્તર $\left(\frac{V}{l}\right) = \phi$ અચળ રહે છે.

તેનું સરેરાશ મૂલ્ય = ... V cm^{-1}

આલેખ V અને l વચ્ચે રેખીય સંબંધ દર્શાવે છે. આલેખ પરથી $\left(\frac{V}{l}\right) = \phi$ નું મૂલ્ય ... V cm^{-1} છે.

સાવચેતીઓ

(1) વોલ્ટમીટર અથવા એમીટરની શૂન્ય ત્રુટિને (જો હોય તો) દર્શકના પાયામાં રહેલા સ્ક્રૂની મદદથી સુધારી શકાય છે.

(2) આખા પ્રયોગ દરમિયાન તારમાં પ્રવાહ અચળ રહેવો જોઈએ. આ સુનિશ્ચિત કરવા માટે સમયના ટૂંકાગાળા માટે પ્રવાહ તુટક તુટક મળવો જોઈએ. તેની એમીટર વડે દેખરેખ રાખી શકાય અને જરૂર પડે ત્યારે રીઓસ્ટેટની મદદથી ફરી ગોઠવી શકાય.

(3) અવલોકનો નોંધતી વખતે જૉકી વડે તારને વધારે સખત રીતે ન દબાવો, નહિ તો તે બિંદુ પાસે સમયના તે ગાળા માટે તાર અસમાન બનશે (વ્યાસ બદલાઈ જશે.)

(4) પ્રયોગ શરૂ કરતાં પહેલાં વિવિધ બિંદુએ તારની સમાનતા ચકાસો. જો તાર અસમાન હશે તો સ્થિતિમાન પ્રચલન અચળ રહેશે નહિ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

(1) તારની સમગ્ર લંબાઈ પર તેનો આડછેદ સમાન જ હોવો જોઈએ. તેને ચકાસવા પ્રયોગ શરૂ કરતાં પહેલાં તેનાં જુદાં-જુદાં બિંદુઓએ વ્યાસ માપો.

(2) વોલ્ટમીટર સચોટ રીડિંગ ન પણ આપી શકે.

ચર્ચા

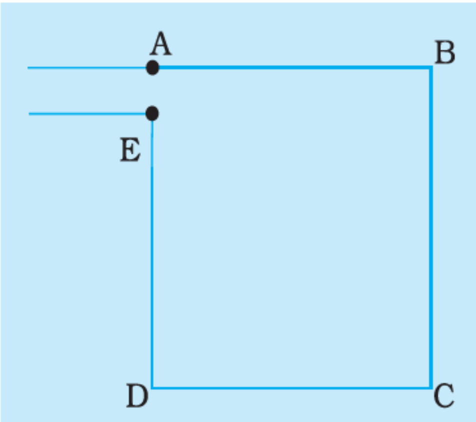
(1) 400 cm અથવા 1000 cmના પોટૅન્શિયોમીટર તારના દરેક 100 cmને અંતે કૉપરની જાડી પટ્ટી સાથે દઢતાથી જોડ્યો છે. જોકે તારનો આ નાનો ભાગ, પોટૅન્શિયોમીટરના તારની કુલ લંબાઈના ભાગરૂપે નથી કારણ કે વિદ્યુતપ્રવાહ આ ભાગોમાંથી નહિં, પરંતુ કૉપરની પટ્ટીઓમાંથી વહે છે.

(2) પોટેન્શિયોમીટરનો ફાયદો એ છે કે, જે સ્રોતનો વોલ્ટેજ માપવાનો છે, તેમાંથી કોઈ પ્રવાહ ખેંચતો નથી તથા સ્રોતના આંતરિક અવરોધની તેની પર અસર થતી નથી.

(3) જો આલેખ અરેખીય હોય તો તમે શું નિષ્કર્ષ તારવશો ?

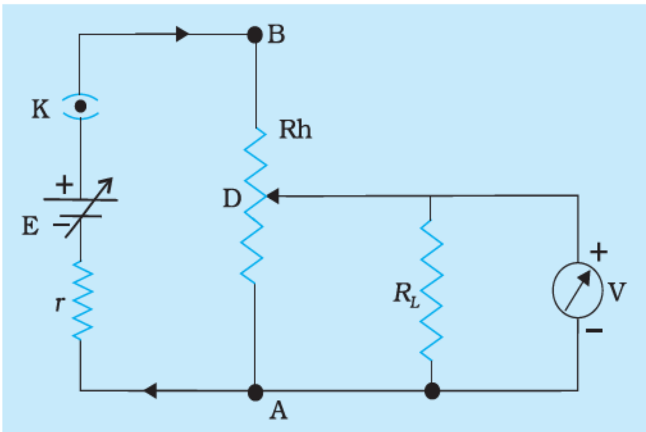
સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) સમાંગ દ્રવ્ય અને સમાન આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતા 100 cmના તાર વડે આકૃતિ A 6.2માં દર્શાવ્યા મુજબ ચોરસ બનાવ્યો છે. આ પ્રકારની ગોઠવણી AE વચ્ચે 1/4, 1/2, 3/4 વોલ્ટેજને પસંદ કરવા કેવી રીતે ઉપયોગમાં લઈ શકાય ?



આકૃતિ A 6.2

(2) E emf અને r આંતરિક અવરોધ ધરાવતી બૅટરી, પ્રયોગશાળામાં રીઓસ્ટેટ Rh ને કળ સહિત આકૃતિ A 6.3માં દર્શાવેલ છે. R_L એ લોડ (ભાર) અવરોધ છે, જે વાસ્તવમાં એક સહાયક પરિપથનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. જો D એ ABનું મધ્યબિંદુ હોય તો, વોલ્ટમીટરનું વાચન શું હશે ? શું તે R_L કે R_V પર આધાર રાખશે ? (R_V એ વોલ્ટમીટરનો અવરોધ છે.) શું તે r પર આધાર રાખશે ?



આકૃતિ A 6.3

(3) ઉપરના પ્રશ્નમાં જ્યારે તારના છેડાઓ A અને B વચ્ચે સ્થિતિમાનનો તફાવત 3V હોય તેવો કિસ્સો વિચારો. એક પ્રયોગમાં શક્ય હોય તેટલી ચોકસાઈથી 1.7 Vના સ્થિતિમાનના તફાવતની જરૂરિયાત છે. સ્રોતના emfને ઘટાડવાની શક્યતાઓ વિચારો. તેના માટે શ્રેણીમાં અન્ય અવરોધ અથવા તે જ અવરોધના પણ મોટી લંબાઈના રીઓસ્ટેટને વાપરો.
શું આ જ પરિપથના ઉપયોગ વડે ઋણ સ્થિતિમાન મેળવવું શક્ય છે ? જો હા હોય તો કેવી રીતે ?

સુચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) આકૃતિ A 6.3માં દર્શાવ્યા મુજબ પરિપથ જોડો. બિંદુ A થી જુદી-જુદી લંબાઈઓ *l* માટે સ્થિતિમાનનો તફાવત નોંધો. *V* વિરુદ્ધ *l*નો આલેખ દોરો. આલેખ પરથી 1.3 Vને સંલગ્ન લંબાઈ મેળવો. તમે 1.3 V પર કાર્ય કરતાં સહાયક પરિપથને 1.3 V કેવી રીતે આપી શકાય તે દર્શાવતો પરિપથ દોરો.

(2) મનોરંજન માટેના ઇલેક્ટ્રૉનિક માર્કેટમાં એક નાનો પરિપથ મળે છે. જેને 'લેવલ ઇન્ડિકેટર' કહે છે. (લોકપ્રિય રીતે તેને 'dancing LED's કહે છે.) તે સામાન્ય રીતે 'ગ્રાફિક ઈક્વિલાઇઝર' (Graphic equaliser) અથવા 'સ્ટીરિયોફોનિક ટુ-ઇન-વન રેકોર્ડર'માં વપરાય છે. આ પ્રવૃત્તિમાં વોલ્ટમીટરના સ્થાને આવો પરિપથ જોડો અને હારમાં ગોઠવેલી LED વારાફરતી ચાલુ થાય (glow થાય) તે માટે જરૂરી વોલ્ટેજના લેવલ નો અંદાજ કાઢો.

પ્રવૃત્તિ 7

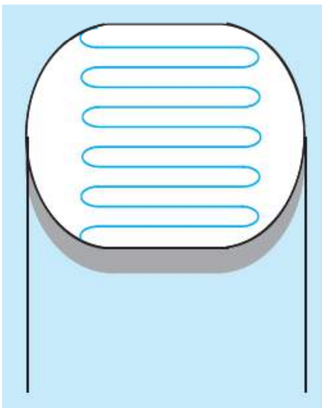
હેતુ

LDR (Light Dependent Resistor - પ્રકાશ આધારિત અવરોધ) પર પ્રકાશની તીવ્રતાની અસરનો અભ્યાસ ઉદ્‌ગમનાં અંતરો બદલીને કરવો.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

LDR, બે પાવર સપ્લાય (દરેક 12 Vના), કળ, મિલિએમીટર (0–500 mA), વોલ્ટમીટર (0–10V), 47 Ωનો અવરોધ, 12 Vનો લૅમ્પ, જોડાણ માટેના તાર

સિદ્ધાંત



આકૃતિ A 7.1 અંતર સાથે LDRના અવરોધમાં થતા ફેરફાર

પ્રકાશ આધારિત અવરોધ અથવા ફોટો અવરોધ એ પ્રકાશ પ્રત્યે સંવેદનશીલ સાધન છે. તેનો અવરોધ તેના પર આપાત પ્રકાશની તીવ્રતા પ્રમાણે બદલાય છે. પ્રકાશ માટે સંવેદનશીલ હોય તેવો ગુણધર્મ ધરાવતા અર્ધવાહકોની મદદથી પ્રકાશીય અવરોધ બનાવાય છે, આવું એક દ્રવ્ય કેડમિયમ સલ્ફાઈડ છે. ધાતુની પાતળી પટ્ટી (thin film) પર કેડમિયમ સલ્ફાઈડનો સર્પાકાર ટ્રેક બનાવવામાં આવે છે (આકૃતિ A 7.1). મોટા ભાગના ઈલેક્ટ્રૉન ક્રિસ્ટલ લેટિસ (સ્ફટીકમય જાળી)માં બંધિત હોય છે અને તે ગતિ કરવા માટે મુક્ત હોતા નથી તેના કારણે LDR ઊંચો અવરોધ ધરાવે છે. જેવો પ્રકાશ લેટિસ પર પડે કે તરત જ કેટલાક ઈલેક્ટ્રૉનને સ્ફટીકમય જાળીમાંથી મુક્ત થવાની પૂરતી ઊર્જા પ્રાપ્ત થાય છે અને તે વિદ્યુતનું વહન કરે છે. લાક્ષણિક LDRનો સંપૂર્ણ અંધારામાં અવરોધ 1 MΩ છે, જ્યારે તીવ્ર (તેજસ્વી) પ્રકાશમાં તેનો અવરોધ 10^2 Ωના ક્રમમાં છે.

પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ A 7.2માં દર્શાવ્યા મુજબ પરિપથને જોડો.

(2) શરૂઆતમાં લૅમ્પને બંધ રાખો. કળ Kમાં પ્લગ લગાવો.

(3) વોલ્ટમીટર અને મિલિએમીટરનાં અવલોકનો વાંચો.

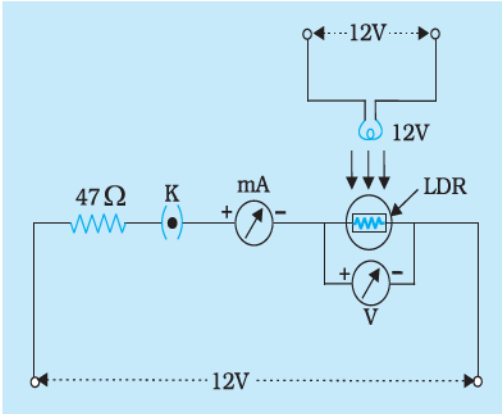
(4) LDR અવરોધ R' નું સંદર્ભ માપન કરો.

(5) આ અવરોધના મૂલ્યને ત્યારબાદના દરેક માપનમાં ઉમેરો. જે દર્શાવે છે કે, પૃષ્ઠભૂમિમાં રહેલા પ્રકાશ તીવ્રતાને પણ ગણતરીમાં લીધેલ છે.

(6) LDRની સામે રહે તેમ શિરોલંબ સ્થિતિમાં 12 Vના લૅમ્પ (બલ્બ)ને જડિત સ્ટૅન્ડમાં ગોઠવો. LDRને લૅમ્પની નીચે લગભગ 10 cm અંતરે લંબરૂપે રાખો.

(7) મિલિએમીટર અને વોલ્ટમીટરનાં અવલોકનો નોંધો.

(8) લૅમ્પ અને LDR વચ્ચેનું અંતર બદલીને 15 cm જેટલું (લગભગ) કરો. પદ 7નું પુનરાવર્તન કરી, અવલોકનો નોંધો અને LDRના લૅમ્પથી (ગોળાથી) જુદા-જુદા અંતરે અવરોધ ગણો.



આકૃતિ A 7.2 LDR પર પ્રકાશની તીવ્રતાની અસરનો અભ્યાસ કરવાનો પરિપથ

અવલોકનો અને ગણતરીઓ

વોલ્ટમીટરની અવધિ (Range) = 0 V to ... V

વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... V

મિલિએમીટરની અવધિ = ... 0 mA to ... mA

મિલિએમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... mA

કોષ્ટક A 7.1 : અંતર સાથે LDRના અવરોધમાં થતા ફેરફાર

ક્રમ	LDR અને પ્રકાશ ઉદ્‌ગમ વચ્ચેનું અંતર d cm	વોલ્ટમીટરનું અવલોકન V (V)	મિલિએમીટરનું અવલોકન I (mA)	$R = \frac{V}{I} (\Omega)$	અવરોધનાં વાસ્તવિક મૂલ્ય $(R + R')\Omega$
1					
2					
--					
5					

પરિણામ

જેમ અંતર વધે, આપાત પ્રકાશની તીવ્રતા ઘટે છે અને LDRનો અવરોધ વધે છે.

સાવચેતીઓ

(1) LDR પ્રકાશના ઉદ્‌ગમને લંબરૂપે એવી રીતે મૂકેલ છે કે જેથી સમગ્ર પ્રયોગ દરમિયાન પ્રકાશના કિરણ માટેનો આપાતકોણ લંબ રૂપે અચળ રહે છે.

(2) બધાં જ જોડાણો ચુસ્ત હોવાં જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

પૃષ્ઠભૂમિમાં રહેલા પ્રકાશની તીવ્રતા એ આ પ્રવૃત્તિમાં ત્રુટિનો ઉદ્‌ગમ (સ્રોત) છે.

ચર્ચા

(1) દરેક કિસ્સામાં $R.d^2$ ગણો. તમે શું અનુમાન બાંધો છો ?

(2) LDRનો ઉપયોગ ખાસ કરીને પ્રકાશ અથવા તો અંધારાના સેન્સર (સંવેદક) પરિપથ તરીકે થાય છે. તે ઑટોમેટિક લાઈટિંગ, રસ્તા કે શેરીઓની લાઇટમાં, ધુમાડાથી વાગતાં ઍલાર્મ વગેરેમાં થાય છે.

(3) શ્રેણીમાં યોગ્ય અવરોધ જોડીને LDRને નુકસાનથી બચાવી શકાય.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

LDR નો અવરોધ શામાટે અચળ રહેતો નથી ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ :

(1) ઉપરની પ્રવૃત્તિને સંપૂર્ણ અંધારિયા ઓરડા (Dark Room)માં કરો. લેબોરેટરીમાં સામાન્ય પ્રકાશમાં મેળવેલાં પરિણામો સાથે તેનાં પરિણામોને સરખાવો અને ચર્ચા કરો.

(2) સમાન અંતર રાખી, LDR પર જુદા-જુદા પાવરના બલ્બના ઉપયોગથી આપાત પ્રકાશની તીવ્રતાની અસરનો અભ્યાસ કરો.

(3) LDR અને બલ્બ વચ્ચેનું અંતર સમાન રાખીને પ્રકાશના બલ્બના પાવરને વધારવા ચલિત વોલ્ટેજનાં મૂલ્યો આપીને LDR ના અવરોધમાં થતા ફેરફારનું અવલોકન કરો.

(4) જુદી-જુદી લાક્ષણિકતાવાળા LDR પર પ્રકાશની તીવ્રતાની અસરનો અભ્યાસ કરો.

પ્રવૃત્તિ 8

હેતુ

ડાયોડ, LED, ટ્રાન્ઝિસ્ટર, IC, અવરોધ અને કેપેસીટરને આ પ્રકારની વસ્તુઓના ભેગા કરેલા સમૂહમાંથી ઓળખવા.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

મલ્ટિમીટર, ડાયોડ, LED, ટ્રાન્ઝિસ્ટર, IC, અવરોધ અને કેપેસીટરનો ભેગો કરેલો સમૂહ

સિદ્ધાંત

(1) ડાયોડ બે જોડાણઅગ્રો વાળું સાધન છે. તે જ્યારે ફોરવર્ડ બાયસમાં હોય ત્યારે વહન કરે છે અને જ્યારે રિવર્સ બાયસમાં હોય ત્યારે વહન કરતો નથી. વહન દરમિયાન તે પ્રકાશનું ઉત્સર્જન કરતો નથી.

(2) LED (Light Emitting Diode) પણ બે જોડાણઅગ્રો વાળું સાધન છે. તે ફોરવર્ડ બાયસમાં વહન કરે છે અને રિવર્સ બાયસમાં વહન કરતું નથી. વહન દરમિયાન તે પ્રકાશનું ઉત્સર્જન કરે છે.

(3) ટ્રાન્ઝિસ્ટર ત્રણ જોડાણઅગ્ર ધરાવતું સાધન છે. આ જોડાણઅગ્રો ઍમિટર (E), બેઝ (B) અને કલેક્ટર (C) છે.

(4) IC (Integrated circuit) એ ચિપ (Chip)ના સ્વરૂપમાં ઘણા બધા જોડાણઅગ્રો ધરાવતું સાધન છે. પરંતુ કેટલાકને માત્ર ત્રણ જોડાણઅગ્રો હોય છે. દા.ત., 7805, 7806, 7809, 7912

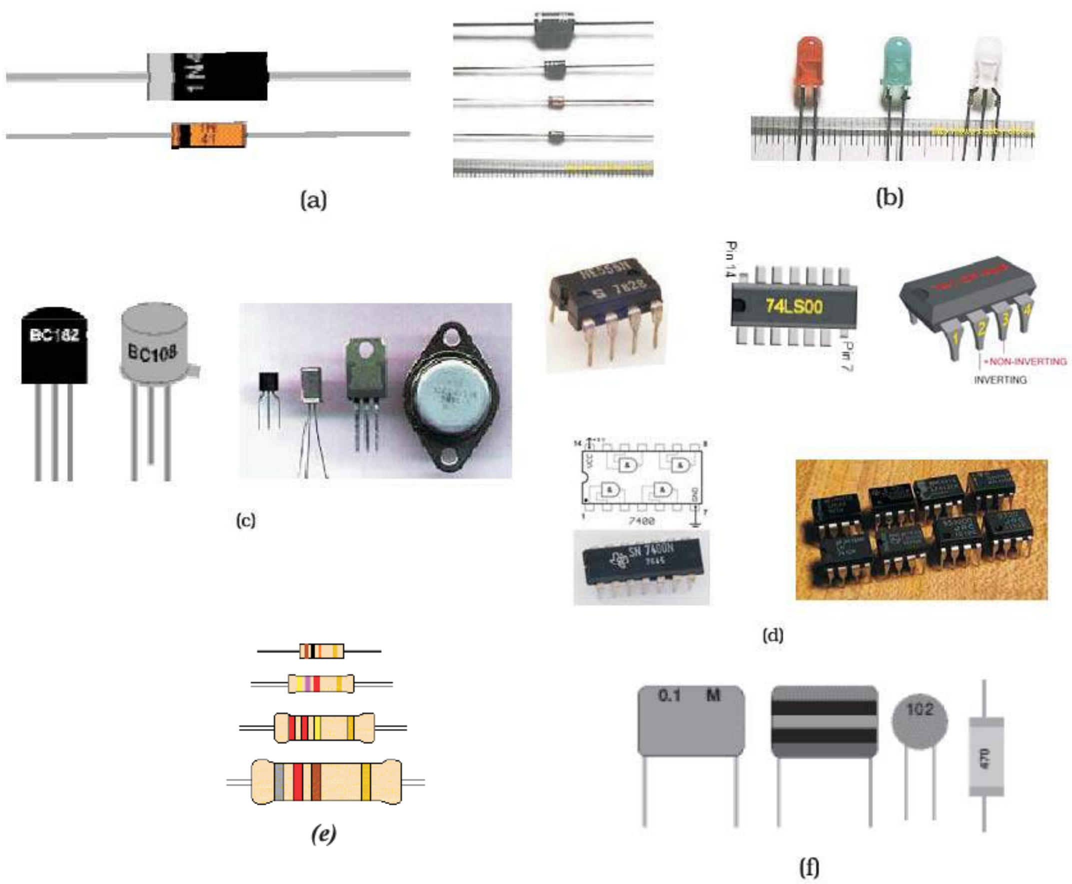
(5) અવરોધ એ બે જોડાણઅગ્રો ધરાવતું સાધન છે, તેમાંથી બંને દિશામાં સરખી રીતે વહન થઈ શકે છે.

(6) કેપેસીટર બે જોડાણઅગ્રો ધરાવતું સાધન છે. તે વહન થતું નથી પરંતુ તેને dc વોલ્ટેજ આપતાં તે થોડાક વિદ્યુતભારનો સંગ્રહ કરે છે.

પદ્ધતિ

(1) દરેક ઘટકોનો ભૌતિક (બાહ્ય) દેખાવ ચકાસો.

(a) જો તેને ચાર કે તેથી વધારે જોડાણઅગ્રો હોય અને તેનો દેખાવ- ચિપ (કાળા લંબચોરસ બ્લૉક) જેવો હોય તો તે IC છે.



આકૃતિ A 8.1 *(a) ડાયોડ (b) LED (c) ટ્રાન્ઝિસ્ટર (d) IC (e) અવરોધ (f) કેપેસીટર*

(b) જો તેને ત્રણ જોડાણઅગ્રો હોય તો તે ઘટક ટ્રાન્ઝિસ્ટર હોઈ શકે છે. ચોક્સાઈ પૂર્વક માપન નક્કી કરવા મલ્ટિમીટરને (મહત્તમ રેન્જના) અવરોધ મોડ પર ગોઠવો. તેનો બ્લૅક અથવા કૉમન જોડાણઅગ્ર ઘટકના કોઈ એક તરફના જોડાણઅગ્ર સાથે અને બીજો જોડાણઅગ્ર (લાલ અથવા ધન) ઘટકના મધ્ય જોડાણઅગ્ર સાથે જોડો. મલ્ટિમીટરનું આવર્તન તપાસો. જો આવર્તન નોંધાય તો મલ્ટિમીટરના જોડાણઅગ્રોની ફેરબદલી કરો. હવે જો આવર્તન ના જણાય તો આપેલ ઘટક ટ્રાન્ઝિસ્ટર જ છે. આ ટેસ્ટને મલ્ટિમીટરના જોડાણઅગ્રોને ઘટકના મધ્ય જોડાણ અગ્ર અને અન્ય તરફના જોડાણઅગ્ર સાથે જોડી પુનરાવર્તન કરો. જો અગાઉ પ્રમાણેની વર્તણૂક જણાય તો આપેલ ઘટક ટ્રાન્ઝિસ્ટર છે.

(2) જો ઘટકને બે જોડાણઅગ્રો હોય તો તે અવરોધ, કેપેસીટર, ડાયોડ અથવા LED હોઈ શકે છે.

(a) કલરના પટ્ટાઓ જુઓ. જો તેમાં કલરના ત્રણ લાક્ષણિક પટ્ટાઓનો સમૂહ હોય અને અંતે સિલ્વર કે ગોલ્ડન પટ્ટો હોય, તો આપેલ ઘટક અવરોધ છે.

(b) મલ્ટિમીટરના જોડાણઅગ્રો (અવરોધના તબક્કા (mode)ની મહત્તમ રેન્જમાં) ઘટકના જોડાણઅગ્રો સાથે જોડો અને મલ્ટિમીટરનું આવર્તન જુઓ. જોડાણઅગ્રો ઊલટાવીને આવર્તન જુઓ.

(c) જો બંને કિસ્સામાં મલ્ટિમીટરનું આવર્તન સમાન હોય તો (બંને દિશામાં) આપેલ ઘટક અવરોધ છે.

(d) જો એક દિશામાં આવર્તન દરમિયાન પ્રકાશનું ઉત્સર્જન થતું હોય અને બીજી દિશામાં ખૂબ ઓછું અથવા શૂન્ય આવર્તન મળતું હોય તો ઘટક LED છે.

(e) જો મલ્ટિમીટર એક દિશામાં આવર્તન ન દર્શાવતું હોય અને બીજી દિશામાં આવર્તન પ્રકાશના ઉત્સર્જન વગર દર્શાવતું હોય, તો આપેલ ઘટક ડાયોડ છે.

(f) કોઈ પણ રીતે જોડાયેલા છેડાઓમાં, જો મલ્ટિમીટર આવર્તન દર્શાવતું ન હોય તો ઘટક કેપેસીટર છે. પરંતુ જો કેપેસીટરના કેપેસીટન્સનું મૂલ્ય મોટું હોય, તો મલ્ટિમીટર ક્ષણિક આવર્તન દર્શાવી શકે છે.

(g) તમારા અવલોકનો કોષ્ટક A 8.1 અને A 8.2માં નોંધો.

શિક્ષકો માટેની નોંધ :

(i) ત્રણ છેડાઓવાળી IC આપવાનું ટાળો.

(ii) ડિજિટલ મલ્ટિમીટરના સ્થાને એનાલોગ મલ્ટિમીટરનો ઉપયોગ યોગ્ય છે.

(iii) જો ડિજિટલ મલ્ટિમીટર વાપરો તો સૂચનાઓમાં આવર્તન શબ્દને સ્થાને વાંચન શબ્દ જોઈએ.

(iv) દરેક ઘટકને જુદા-જુદા મૂળાક્ષર (Alphabet) વડે નામકરણ (Labeling) કરો. દા.ત., A, B, C, D, E, ...

અવલોકન

કોષ્ટક A 8.1 : જોડાણઅગ્રોની સંખ્યાની ચકાસણી

ક્રમ	જોડાણઅગ્રોની સંખ્યા	સાધન પર અંકિત કરેલ મૂળાક્ષર	સાધનનું નામ
(1)	બે (Two)		
(2)	ત્રણ (Three)		
(3)	ત્રણ કરતાં વધારે		

કોષ્ટક A 8.2 વહનની અવસ્થાઓની ચકાસણી

ક્રમ	વહનની અવસ્થા	સાધનનો કોડ	સાધનનું નામ
(1)	પ્રકાશના ઉત્સર્જન વગર માત્ર એક જ દિશામાં વહન થાય છે.		
(2)	પ્રકાશના ઉત્સર્જન સાથે માત્ર એક જ દિશામાં વહન થાય છે.		
(3)	ત્રણ જોડાણઅગ્રોવાળું સાધનઃ એક દિશામાં વહન થાય છે. મધ્ય જોડાણઅગ્ર અને બાકીના બેમાંથી ગમે તે એક જોડાણઅગ્રની વચ્ચે.		
(4)	બંને દિશામાં વહન થાય છે.		
(5)	વહન થતું નથી, પરંતુ પ્રારંભિક આવર્તન દેખાડે છે જે ક્ષય પામી શૂન્ય બને છે.		

પરિણામ

ડાયોડ, LED, ટ્રાન્ઝિસ્ટર, IC, અવરોધ અને કેપેસીટરને અનુક્રમે ભેગા કરેલા સમૂહમાંથી ઓળખ્યા.

સાવચેતીઓ

કોઈ પણ ઘટકનો અવરોધ મેળવતી વખતે તેના ધાત્વીય જોડાણઅગ્રોને યોગ્ય રીતે સાફ કરવા જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્ગમો

(1) મલ્ટિમિટરના ધાત્વીય જોડાણઅગ્રોને સ્પર્શ કરાવવામાં આવે ત્યારે મલ્ટિમીટર શૂન્ય અવરોધ દર્શાવવું જોઈએ. જો તેમ ના દર્શાવે તો પૉઈન્ટરને શૂન્ય પર લાવો. તે માટે 'Zero Adj knob' વાપરો. જો તેમ કરવામાં નહિ આવે, તો અવરોધનું માપન વિશ્વસનીય નહિ ગણાય.

(2) ઘટકના અવરોધની ચકાસણી વખતે મલ્ટિમીટરના ધાત્વીય જોડાણઅગ્રોને સ્પર્શ કરવાનું ટાળવું જોઈએ, નહિતર શરીરનો અવરોધ, ઘટકના અવરોધ સાથે સમાંતરમાં જોડાય છે જે અવરોધના માપન પર અસર કરી શકે.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

પરિપથના મૂળભુત ઘટકો જેવાકે એવરોધ, કેપેસીટરના અભ્યાસ માટે નીચે મુદ્દાઓ દર્શાવેલ છે.

(1) અવરોધ

અવરોધના પ્રકારો :

(a) *વીંટાળેલા તારનો (wire wound) અવરોધ :* ચોક્કસ લંબાઈના વાહક દ્રવ્યના તારને વીંટાળીને બનાવવામાં આવે છે. દ્રવ્ય તરીકે મિશ્ર ધાતુ પણ હોઈ શકે, જેવી કે મેંગેનીન, કોન્સ્ટનટન, નિક્રોમ વગેરે.*

(b) *કાર્બન અવરોધ :* તેઓ ગ્રેફાઈટ (કાર્બન સ્વરૂપ) અને સારા અવાહક લાખના યોગ્ય પ્રમાણમાં મિશ્રણથી બનાવવામાં આવે છે. મિશ્રણને દબાવીને ગરમ કરીને સળિયા જેવો આકાર આપવામાં આવે છે. આ માત્રામાં ફેરફાર કરી ખૂબ મોટી અવધિ ધરાવતાં કાર્બન અવરોધ બનાવી શકાય છે. આવા અવરોધની સ્થિરતા બહુ નબળી છે, પરંતુ તેઓ નાના અને સસ્તા છે.

(c) *કાર્બન ફિલ્મ અવરોધ** :* કાર્બન અવરોધ સસ્તા અને સરળતાથી પ્રાપ્ય છે. નાના સિરામિકના સળિયા પર કાર્બનની પાતળી પટ્ટી (Film)નો ઢોળ ચઢાવવામાં આવે છે. ઇચ્છિત મૂલ્યનો અવરોધ મેળવવા અવરોધીય આવરણ સર્પાકારે રાખવામાં આવે છે. (વિગતે જાણવા એપેન્ડિક્ષ 3 માં જુઓ.)

(d) *પાતળા ફિલ્મ અવરોધ :* કોઈ અવાહક આધાર પર ખૂબ પાતળી ફિલ્મ જેવું વાહક દ્રવ્ય જમા કરી (લગાવી) બનાવવામાં આવે છે. પાતળી ફિલ્મ ખૂબ નાનો આડછેદ આપે છે, આથી અવરોધ મોટો થાય છે. આવી ફિલ્મો ધાતુ કે મિશ્ર ધાતુમાંથી બને છે.

અવરોધની સહનશીલતા

કેટલાક ચોક્કસ અવરોધ માટે ઉલ્લેખ કરાયેલા મૂલ્ય કરતાં વાસ્તવિક અવરોધનું મૂલ્ય જુદું હોય છે. તેના માટે તાપમાનનો ફેરફાર, ભેજ વગેરે જેવા બાહ્ય પરિબળોની અસર અથવા ચોક્કસ મૂલ્યનો અવરોધ બનાવવામાં રહી ગયેલી કોઈ અંતર્ગત (સહજ) મર્યાદા કારણભૂત હોઈ શકે. ઉપરોક્ત કારણોને લીધે અવરોધના મૂલ્યમાં થતા ફેરફારને સહનશીલતા (tolerance) કહે છે.

અવરોધનો વૉટેજ (પાવર)

દરેક અવરોધ માટે સલામત રીતે વહન કરાતો મહત્તમ પ્રવાહ હોય છે. તેના કરતાં વધારે પ્રવાહ, વધારાની ઉષ્મા ઉત્પન્ન કરે છે, જે તેને નુકસાન કરી શકે છે. જે સામાન્ય રીતે પ્રવાહના પદમાં નહિ, પણ અવરોધને નુકસાન કર્યા વગર તેના વડે વ્યય થતા પાવરના મહત્તમ વૉટના પદમાં હોય છે. જેને વૉટેજ (wattage) કહે છે. કાર્બન અવરોધોના સામાન્ય રીતે વૉટેજ 1/8, 1/2, 1 અને 2 વૉટ છે. તેના વધારે વૉટેજ પણ ઉપલબ્ધ છે.

અવરોધનો વર્ણસંકેત (Colour Code)

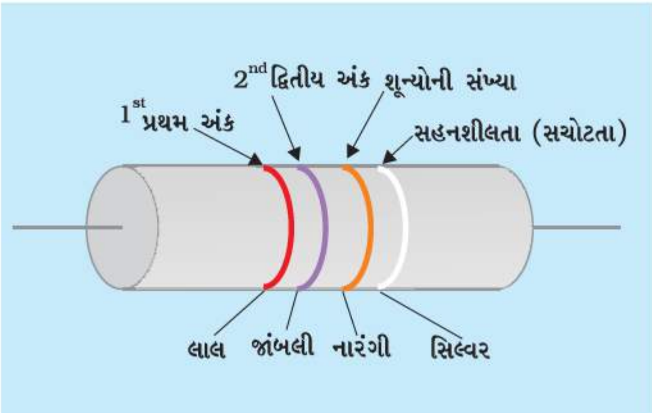
સામાન્યતઃ અવરોધ માટે સૌથી વધારે વપરાતા વર્ણસંકેતમાં તેના એક છેડે કલરના ત્રણ પટ્ટા હોય છે.

* તાર વીંટાળેલ અવરોધમાં, ઈચ્છિત ન હોય એવું (વણજોઈતું) ઈન્ડક્ટન્સ બીજા પ્રકારના અવરોધ કરતાં વધારે હોય છે.

** વિગતે જાણવા પરિશિષ્ટ 3 જુઓ.

કલર અને તેના સંલગ્ન આંકડાકીય અર્થ (નામ) :

કાળો (Black) – 0	નારંગી (Orange) – 3	વાદળી (Blue) – 6	સફેદ (White) – 9
કથ્થાઈ (Brown) – 1	પીળો (Yellow) – 4	જાંબલી (Violet) – 7	
લાલ (Red) – 2	લીલો (Green) –5	રાખોડી (Grey) – 8	



આકૃતિ A 8.2 **કલરકોડના નિશાન સહિત કાર્બન અવરોધ**

આ કલર કૉડને સરળતાથી BB ROY GB VGW (BB ROY Great Britain Very Good Wife)ના પદથી સરળતાથી યાદ રાખી શકાય. કલર કૉડવાળા અવરોધના મૂલ્યને વાંચવા, નજીકના છેડા પરના પટ્ટા (strip)થી ચાલુ કરો. પ્રથમ પટ્ટાનો કલરનો અંક અવરોધના મૂલ્યનો પ્રથમ અંક છે. બીજા પટ્ટાનો કલર બીજો અંક છે. ત્રીજા પટ્ટાનો કલર ગુણાંક દર્શાવે અથવા બીજા અંકના છેડે લાગતાં શૂન્યો દર્શાવે છે.

માત્ર ત્રણ પટ્ટા ધરાવતા અવરોધની સહનશીલતા 20 % હોય છે. તેનું વાસ્તવિક મૂલ્ય નક્કી કરેલી કિંમતથી 20 % બદલાય છે. ચોથા પટ્ટાને, પ્રથમ ત્રણથી અલગ રીતે દોરવામાં આવે છે, તેમાં સહનશીલતા ચોથા પટ્ટાના કલરથી જાણી શકાય છે. જો ચોથો પટ્ટો સિલ્વરનો હોય તો તેની સહનશીલતા 10 %, સોનેરી (Gold) કલરનો હોય, તો સહનશીલતા 5 % અને લાલ કલર (red)નો હોય તો 2 %, બ્રાઉન કલરનો હોય તો 1 % છે. 2 % અને 1% ના અવરોધના ઓહ્‌મિક મૂલ્ય મોટા ભાગે છાપેલા હોય છે.

(2) કેપેસીટર

કેપેસીટર એ વિદ્યુતભારનો સંગ્રહ કરતું સાધન છે. જે dc ના ભાગને બ્લૉક કરે છે અને ac ને વહન પામવા દે છે.

વ્યવહારમાં વપરાતાં જુદા-જુદા ડાઇઇલેક્ટ્રીકવાળા કેપેસીટરના ઘણા પ્રકાર છે.

(1) હવાના માધ્યમવાળા કેપેસીટર (ચલિત ગેન્ગ કેપેસીટર)

(ii) માઇકા કેપેસીટર(નાના કેપેસીટન્સવાળા)

(iii) સિરામિક કેપેસીટર (ખૂબ નાનું કેપેસીટન્સ)

(iv) પેપર (કાગળ) કેપેસીટર (નાનું કેપેસીટન્સ)

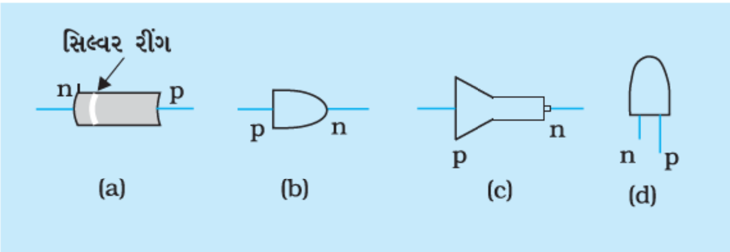
(v) પ્લાસ્ટિક કેપેસીટર

(vi) વિદ્યુતવિભાજ્ય (Electrolytic) કેપેસીટર (મધ્યમ કેપેસીટન્સ)

(vii) તેલ (oil) ભરેલા કેપેસીટર (ઊંચું કેપેસીટન્સ)

(3) ડાયોડ

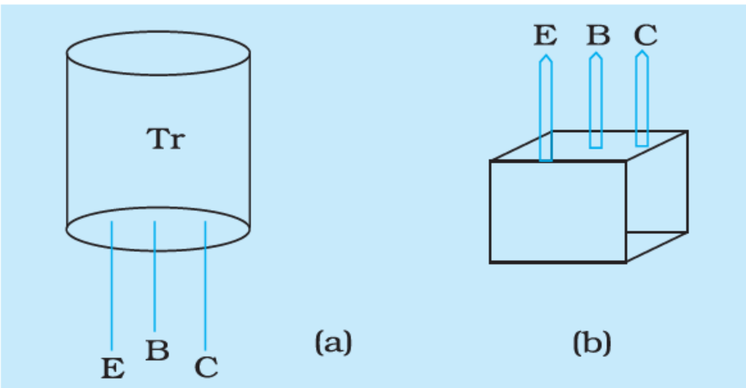
કેટલાક સેમિકન્ડક્ટર (અર્ધવાહક) જંક્શન ડાયોડમાં તેના એક છેડે સિલ્વર રિંગ હોય છે. ડાયોડની આ બાજુ n–વિભાગ અને બીજી બાજુ p–વિભાગ છે. (આકૃતિ A 8.3 (a)). કેટલાક ડાયોડમાં, ડાયોડની સંજ્ઞા ડાયોડની સપાટી ઉપર દોરેલ હોય છે. તીરની નિશાની પ્રવાહના વહનની દિશા દર્શાવે છે. જે બાજુએથી તીર ચાલુ થાય છે તે p–વિભાગ અને જ્યાં તીર પૂર્ણ થાય છે તે n–વિભાગ છે. (આકૃતિ A 8.3 (b)). કેટલાક ડાયોડ ગોળી આકારના હોય છે, જેમાં સપાટ બાજુ p-વિભાગ અને નળાકાર બાજુ n–વિભાગ છે. (આકૃતિ A 8.3 (c)) LED (Light Eitting Diode) ના કિસ્સામાં નાની પિન n-વિભાગ જ્યારે લાંબી પિન p–વિભાગ છે. (આકૃતિ A 8.3 (d))



આકૃતિ A 8.3 : કેટલાક ડાયોડના આકારો

(4) ટ્રાન્ઝિસ્ટરો

આ પ્રવૃત્તિમાં n–p–n અને p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટરને અલગ કરવાની પદ્ધતિ આપી છે. ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો આપેલ પિન ડાયાગ્રામ જાણીતો છે. જો પિન ડાયાગ્રામ જ્ઞાત ન હોય તોપણ ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો પ્રકાર (n–p–n અથવા p–n–p) નક્કી કરી શકાય છે. આપેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટરના જુદા-જુદા છેડાઓ વચ્ચેના અવરોધનાં મૂલ્યો માપીને તે કરી શકાય છે. (આકૃતિ A 8.4 (a) અને (b)). કોષ્ટક A 9.5 (p – 181) n–p–n અને p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટરના અવરોધોનાં મૂલ્યોની પ્રકૃતિનો સારાંશ દર્શાવે છે.



આકૃતિ A 8.3 : જુદા-જુદા ટ્રાન્ઝિસ્ટર છેડાઓ

પ્રવૃત્તિ 9

હેતુ

મલ્ટિમીટરની મદદથી-

(A) ડાયોડ કાર્યરત અવસ્થામાં છે કે નહિ તે ચકાસવું અને ડાયોડના એકદિશ પ્રવાહના વહનને ચકાસવું. (B) ટ્રાન્ઝિસ્ટરના ઍમિટર, બેઝ અને કલેક્ટરને ઓળખવા. (C) p - n - p અને n - p - n ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો ભેદ પારખવો અને ટ્રાન્ઝિસ્ટર કાર્યરત છે કે નહિ તે ચકાસવું.

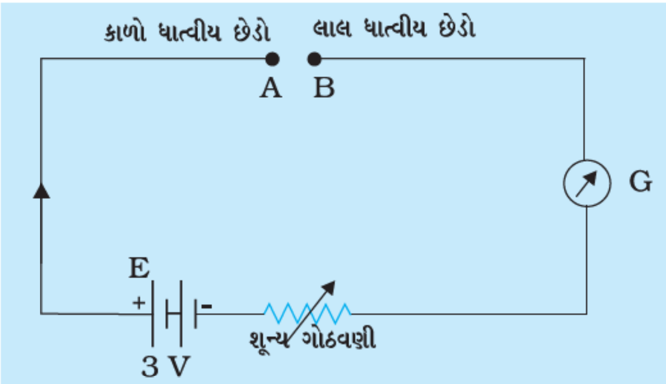
જરૂરી સાધન-સામગ્રી

મલ્ટિમીટર, ડાયોડ, ટ્રાન્ઝિસ્ટર (જેનો બેઝ ડાયાગ્રામ જ્ઞાત હોય), પ્લગ કળ, બૅટરી, અવરોધપેટી, જોડાણ માટેના તાર, કાચપેપર

સિદ્ધાંત

અવરોધના મૉડમાં વાપરેલું એનાલોગ મલ્ટિમીટર

આ પસંદગીમાં પરિપથમાં બૅટરી અને અવરોધ આવે છે. નીચે આપેલા પરિપથની આકૃતિ (આકૃતિ A 9.1) મુખ્ય પરિપથના ઘટકો દર્શાવે છે. 3Vની બૅટરી (જે મલ્ટિમીટરમાં આપેલ છે.), એક નિશ્ચિત અવરોધ, રીઓસ્ટેટ અને ગૅલ્વેનોમીટર G. લાલ અને કાળા ધાત્વીય છેડાઓ નિશ્ચિત અવરોધના છેડાઓ B અને A સાથે અનુક્રમે જોડેલા છે.



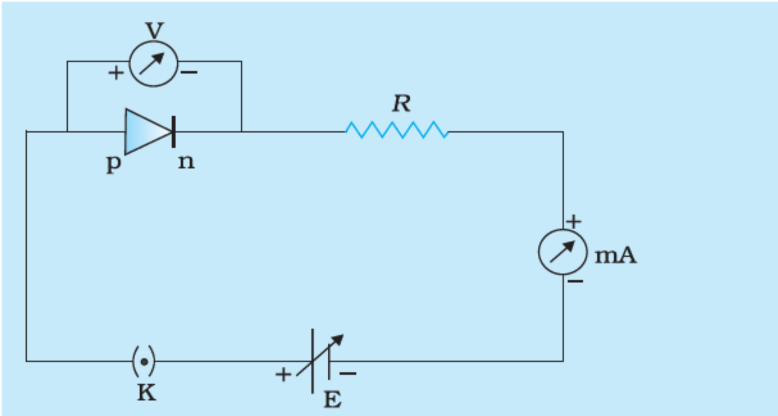
આકૃતિ A 9.1 **અવરોધના તબક્કામાં મલ્ટિમીટર**

આવર્તનને પૂર્ણ આવર્તન મૉડ પર ગોઠવેલ છે. રીઓસ્ટેટની મદદથી (શૂન્ય ગોઠવણી) લાલ અને કાળા ધાત્વીય છેડાઓને જોડો. કોઈ અવરોધ કે જેનું પરીક્ષણ/માપન કરવાનું છે અથવા માપવાનો છે તેને A અને Bની વચ્ચે મૂકવામાં આવે છે. પ્રવાહના લીધે મળતું આવર્તન અવરોધનું વાચન થઈ શક તે રીતે અંકિત હોય છે. તમે જોશો કે કાળો ધાત્વીય છેડો ધન સાથે અને લાલને આંતરિક 3Vની બૅટરીના ઋણ છેડા સાથે જોડવામાં આવેલ છે. અવરોધનાં મૂલ્યો માપતી વખતે તેઓ A

અને B સાથે કેવી રીતે જોડયા છે તે વાતનું મહત્ત્વ નથી. હા, આનું મહત્ત્વ ત્યારે છે જ્યારે બૅટરી ડાયોડ અથવા ટ્રાન્ઝિસ્ટરના જંક્શનને બાયસ પૂરું પાડતી હોય.

(A) ડાયોડ કાર્યરત અવસ્થામાં છે કે નહિ તે ચકાસવું અને તેમાંથી વહેતા એકદિશ વિદ્યુતપ્રવાહના વહનને ચકાસવું.

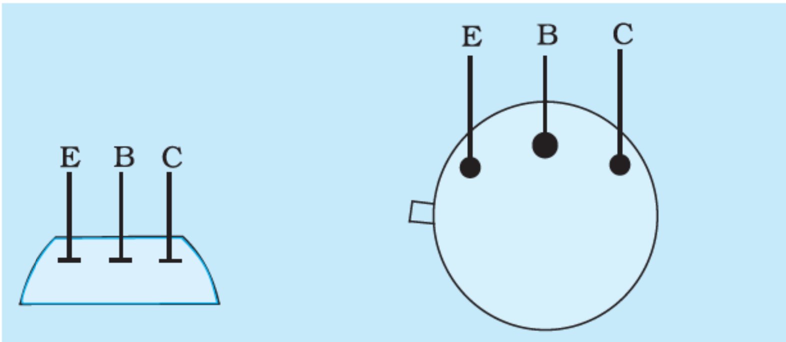
સેમિકન્ડક્ટર જંક્શન ડાયોડ જ્યારે ફોરવર્ડ બાયસમાં જોડાય છે, ત્યારે અવરોધ ઓછો હોય છે. જ્યારે તે રિવર્સ બાયસમાં જોડાય છે ત્યારે અવરોધ વધારે હોય છે. આથી, ફોરવર્ડ અને રિવર્સ બાયસનાં અવરોધોના માપનથી જંક્શન ડાયોડનું કાર્ય, તપાસી શકાય છે. જંક્શન ડાયોડનું કાર્ય આકૃતિ A 9.2માં દર્શાવેલા પરિપથમાં પ્રવાહના એકદિશ વહનને ચકાસીને પણ તપાસી શકાય છે. ડાયોડની યોગ્ય કાર્યરત અવસ્થામાં, ફૉરવર્ડ બાયસ સ્થિતિમાં નોંધપાત્ર વિદ્યુતપ્રવાહ (થોડાક mAના ક્રમનો) વહન પામશે. જો બાયસના ધ્રુવત્વને ઊલટાવીએ (એટલે કે ડાયોડને રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં લાવીએ), તો અવગણ્ય પ્રવાહ (થોડાક mAના ક્રમનો) વહન પામશે.



આકૃતિ A 9.2 સેમિકન્ડક્ટર જંક્શન ડાયોડ ફોરવર્ડ બાયસમાં

(B) ટ્રાન્ઝિસ્ટરના ઍમિટર, બેઝ અને કલેક્ટરની ઓળખ

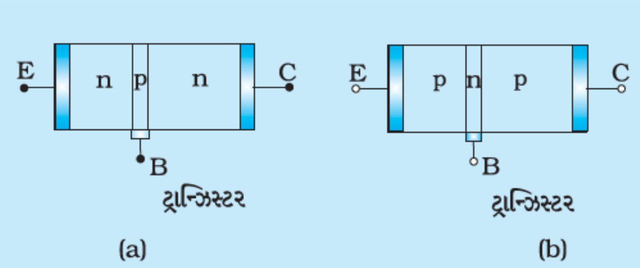
સામાન્ય રીતે, દરેક ટ્રાન્ઝિસ્ટરને સરખા પરિમાણની ત્રણ પિનો હોય છે. કેટલાક ટ્રાન્ઝિસ્ટરમાં ટપકું (dot) અથવા નિશાન, કોઈ એક પિનની નજીક કરેલ હોય છે. આ પિન ઍમિટર છે. પિન ડાયાગ્રામની મદદથી ટ્રાન્ઝિસ્ટરના ઍમિટર (E), બેઝ (B) અને કલેક્ટર (C)ને ઓળખી શકાય છે. આકૃતિ A 9.3 લાક્ષણિક ધાતુની ટોપવાળા (Metal Capped) નળાકારીય ટ્રાન્ઝિસ્ટર દર્શાવે છે. જે ઉપર તરફ પિનો દર્શાવીને દોરી શકાય. વાસ્તવમાં ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો કોઈ સાર્વત્રિક પિન ડાયાગ્રામ નથી.



આકૃતિ A 9.3 લાક્ષણિક ધાતુની કેપ (ટોપ) વાળા નળાકારીય ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો બેઝ ડાયાગ્રામ. નોંધો કે પિનના જોડાણો જુદા-જુદા ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે જુદા-જુદા હોઈ શકે છે. ઉત્પાદક દ્વારા આપવામાં આવેલ ડેટાપત્રક જોવું વધારે સલાહનીય છે

આપેલાં ટ્રાન્ઝિસ્ટર (જેના કૉડ નંબરો AC 127, BC 548, 2N 3055 HL, 100 વગેરે)ના પિન ડાયાગ્રામ ટ્રાન્ઝિસ્ટરના મેન્યુઅલ (વિગત-પત્રક)માંથી શોધી શકાય છે.

(C) n–p–n અને p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટરને અલગ તારવવા અને આપેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટર (n–p–n કે p–n–p) કાર્યરત સ્થિતિમાં છે કે નહિ તે ચકાસવું



આકૃતિ A 9.4 (a) n–p–n અને (b) p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટરોનું રેખાકૃતિ નિરૂપણ

n–p–n ટ્રાન્ઝિસ્ટરમાં બેઝ B p–પ્રકારના દ્રવ્યનો જ્યારે ઍમિટર E અને કલેક્ટર C n–પ્રકારનાં દ્રવ્યોનો હોય છે. (આકૃતિ A 9.4 a) આમ, બેઝ B અને ઍમિટર E (અથવા કલેક્ટર C) વચ્ચે ફોરવર્ડમાં અવરોધ ઓછા મૂલ્યનો છે. p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટર (આકૃતિ A 9.4 b)ના કિસ્સામાં (જેના ઍમિટર E, બેઝ B અને કલેક્ટર C અનુક્રમે p–, n–, અને p– પ્રકારનાં દ્રવ્યોના છે.) ઍમિટર અને બેઝ વચ્ચેમાં ફોરવર્ડ અવરોધ ઓછો હોય છે.

ટ્રાન્ઝિસ્ટરની કાર્યરત અવસ્થામાં બેઝ - ઍમિટર અને બેઝ - કલેક્ટર વચ્ચેના અવરોધ માપવામાં આવે છે. પરિણામનાં અવરોધ-મૂલ્યો કોષ્ટક A 9.1માં દર્શાવ્યાં છે.

કોષ્ટક A 9.1 n-p-n અને p-n-p ટ્રાન્ઝિસ્ટરના જુદા-જુદા છેડાઓ વચ્ચેનાં અવરોધ-મૂલ્યો

ક્રમ	ટ્રાન્ઝિસ્ટરના કોઈ પણ એક છેડાને (B, C કે E) મલ્ટિમીટરના ઋણ (કાળા) ધાત્વીય છેડા સાથે જોડ્યોછે	ટ્રાન્ઝિસ્ટરના (અન્ય) છેડાને મલ્ટિમીટરના ધન (લાલ) ધાત્વીય છેડા સાથે જોડ્યો છે	બાયસ	અવરોધ
A. n–p–n ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે				
(1)	E	B	ફોરવર્ડ	નાનો
(2)	C	B	ફોરવર્ડ	નાનો
(3)	B	C	રિવર્સ	ખૂબ મોટો
(4)	B	E	રિવર્સ	ખૂબ મોટો
B. p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે				
(1)	B	E	ફોરવર્ડ	નાનો
(2)	B	C	ફોરવર્ડ	નાનો
(3)	E	B	રિવર્સ	ખૂબ મોટો
(4)	C	B	રિવર્સ	ખૂબ મોટો

કોષ્ટક A 9.1માં દર્શાવેલાં પરિણામોમાં કોઈ પણ પ્રકારનું વિચલન દર્શાવે છે કે, ટ્રાન્ઝિસ્ટર કાર્યરત અવસ્થામાં નથી. દા.ત., p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટરમાં ટર્મિનલ E (જ્યારે મલ્ટિમીટરના ઋણ ધાત્વીય છેડા સાથે જોડેલ હોય.) અને ટર્મિનલ B (જ્યારે મલ્ટિમીટરના ધન ધાત્વીય છેડા સાથે જોડેલ હોય) વચ્ચેના અવરોધનું નાનું મૂલ્ય દર્શાવે છે કે ડાયોડનાં ટર્મિનલ E અને B શોર્ટ-સર્કિટ થયેલા છે. કાર્યકારી ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે રિવર્સ બાયસમાં ઘણો મોટો અવરોધ હોવો જોઈએ.

પદ્ધતિ

(1) જો ડાયોડ, ટ્રાન્ઝિસ્ટર અને જોડાણ માટેના તાર લાંબા સમયથી વપરાયા ન હોય, તો તેમની સપાટી પર અવાહક સ્તર લાગી ગયા હોય છે. તેથી તેના છેડાઓને કાચ પેપર વડે ચળકે નહિ ત્યાં સુધી સાફ કરવા.

(A) ડાયોડની કાર્યરત અવસ્થા અને ડાયોડમાંથી વહેતો એકદિશ પ્રવાહ.

(2) મલ્ટિમીટરને અવરોધ માપક મોડમાં ગોઠવો.

(3) ડાયોડના ટર્મિનલ-1ને મલ્ટિમીટરના ધન ધાત્વીય છેડા સાથે ટર્મિનલ-2 ને મલ્ટિમીટરના ઋણ ધાત્વીય છેડા સાથે જોડો. ડાયોડનો અવરોધ માપો. ડાયોડનાં જોડાણોને ઊંધા (રિવર્સ) કરી ફરીથી ડાયોડનો અવરોધ માપો. તમારાં અવલોકનો કોષ્ટક A 9.2માં નોંધો તથા આપેલ ડાયોડ કાર્યરત છે કે નહિ તે પણ ચકાસો.

નોંધ : ડાયોડનાં અવરોધનું ઓછું મૂલ્ય (કેટલાક Ω થી kΩની અવધિમાં) દર્શાવે છે કે ડાયોડ ફોરવર્ડ બાયસ જોડાણમાં છે. જ્યારે અવરોધનું ખૂબ ઊંચું મૂલ્ય (MΩના ક્રમનું) દર્શાવે છે કે ડાયોડ રિવર્સ બાયસ જોડાણમાં છે.

જો બંને અવરોધોનાં મૂલ્યો, એટલે કે રિવર્સ અને ફોરવર્ડ દિશાના જો ઓછાં મૂલ્યોના હોય તો તેનો મતલબ ડાયોડ શોર્ટ-સર્કિટમાં છે. બીજી તરફ, જો બંને અવરોધોનાં મૂલ્યો ખૂબ ઊંચાં હોય તો ડાયોડ જંક્શન અસતત અને ખુલ્લાં હોઈ શકે તેમ વિચારી શકાય. આમ, બંને પરિસ્થિતિમાં કહી શકાય કે ડાયોડ કાર્યરત અવસ્થામાં નથી.

(4) અવલોકનો પરથી આપેલ ડાયોડના p અને n છેડાઓને ઓળખો.

(5) આકૃતિ A 9.2માં દર્શાવ્યા મુજબ, ડાયોડને વિદ્યુતકોષ અને અવરોધપેટી સાથે શ્રેણી-પરિપથમાં (કળ ON કર્યા વગર) જોડો. મલ્ટિમીટરને પ્રવાહ માપક મોડમાં યોગ્ય અવધિ સાથે ગોઠવો. (mA- ઊંચા પ્રવાહની અવધિ (રેન્જ)થી શરૂ કરો.)

(6) પસંદ કરેલી પ્રવાહની રેન્જમાં (મલ્ટિમીટરમાં) યોગ્ય અવરોધ R અવરોધપેટીમાંથી કાઢો. કળને ON કરો અને પરિપથમાંથી વહેતો પ્રવાહ માપો. તમારાં અવલોકનોને કોષ્ટક A 9.3માં નોંધો.

(7) પદ 6ને પરિપથમાં અવરોધ R ના બીજા જુદાં જુદાં મૂલ્યો માટે પુનરાવર્તન કરો.

(8) ડાયોડનું ધ્રુવત્વ બદલો. (હવે ડાયોડ રિવર્સ બાયસમાં છે) અને પદ 6 અને 7ને પુનરાવર્તિત કરો.

(B) અને (C) n–p–n અને p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટરને ઓળખવા અને આપેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટર (p–n–p અથવા n–p–n) કાર્યરત અવસ્થામાં છે કે નહિ તે ચકાસવું

(9) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની કોઈ એક પિન પાસે કરેલાં ટપકાં અથવા નિશાનના અવલોકન પરથી ઍમિટર E, બેઝ B અને કલેક્ટર C ઓળખવા. ટ્રાન્ઝિસ્ટરની રેખાકૃતિ (Schematic diagram) અને બેઝ ડાયાગ્રામ તમારી નોટબુકમાં દોરો.

(10) અવરોધ માપક મોડમાં મલ્ટિમીટરને ગોઠવો.

(11) મલ્ટિમીટરનાં ધન (લાલ) ધાત્વીય છેડાને બેઝ સાથે અને ઋણ (કાળા) ધાત્વીય છેડાને ઍમિટર સાથે જોડો અને અવરોધ માપો. કોષ્ટક A 9.4માં અવલોકન નોંધો.

(12) મલ્ટિમીટરનાં જોડાણોને ઊલટાવી અને ફરીથી ટ્રાન્ઝિસ્ટરના બેઝ B અને ઍમિટર E (અથવા કલેક્ટર C) વચ્ચેનો અવરોધ માપો.

(13) કોષ્ટક A 9.4 પરથી તપાસો કે ટ્રાન્ઝિસ્ટર કાર્યરત અવસ્થામાં છે કે નહિ.

(14) કાર્યરત અવસ્થામાં રહેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે કોષ્ટક A 9.1માં આપેલી માહિતીઓનો ઉપયોગ કરી, આપેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટરની પ્રકૃતિ જણાવો. (n–p–n કે p–n–p)

અવલોકનો

કોષ્ટક A 9.2 : ડાયોડના અવરોધનું માપન

ક્રમ	મલ્ટિમીટરના ધન ધાત્વીય છેડા સાથે જોડેલા ડાયોડના છેડાઓ	મલ્ટિમીટરના ઋણ ધાત્વીય છેડા સાથે જોડેલા ડાયોડના છેડાઓ	અવરોધ (Ω)
1	1	2	
2	2	1	

કોષ્ટક A 9.3 : ડાયોડમાંથી વહેતો એકદિશ પ્રવાહ

(a) જ્યારે ડાયોડ ફોરવર્ડ બાયસ જોડાણમાં હોય

ક્રમ	અવરોધ (Ω)	પ્રવાહ (mA)
1		
2		

(b) જ્યારે ડાયોડ રિવર્સ બાયસ જોડાણમાં હોય

ક્રમ	અવરોધ (Ω)	પ્રવાહ (mA)
1		
2		
3		

3. કોષ્ટક A 9.4 : ટ્રાન્ઝિસ્ટરના જુદા-જુદા છેડાઓ વચ્ચેના અવરોધનાં મૂલ્યો

ક્રમ	મલ્ટિમીટરના ધન ધાત્વીય છેડા સાથે જોડેલા ડાયોડના છેડાઓ	મલ્ટિમીટરના ઋણ ધાત્વીય છેડા સાથે જોડેલા ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો ટર્મિનલ છેડો	અવરોધ (Ω)
1	B	E	
2	B	C	
3	E	B	
4	C	B	

પરિણામ

(1) આપેલ ડાયોડના p– અને n– બાજુઓ (વિભાગો)ને કોષ્ટક A 9.2 પરથી ઓળખી શકાય.

(2) આપેલ ડાયોડ કાર્યરત અવસ્થામાં છે / નથી. (કોષ્ટક A 9.2 અને A 9.3 પરથી)

(3) ડાયોડમાંથી વહેતો એકદિશ પ્રવાહ જણાય / ના જણાય. (કોષ્ટક A 9.3 પરથી)

(4) ટ્રાન્ઝિસ્ટરના ત્રણેય છેડાઓની ઓળખ અને પિન ડાયાગ્રામ આકૃતિ A 9.3માં દર્શાવ્યો છે.

(5) આપેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટર n–p–n / p–n–p છે. (કોષ્ટક A 9.4 પરથી)

(6) આપેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટર કાર્યરત અવસ્થામાં છે / નથી. (કોષ્ટક A 9.4 પરથી)

સાવચેતીઓ

(1) કોઈ પણ ઘટકનો અવરોધ મેળવતી વખતે તેના છેડાઓને યોગ્ય રીતે સાફ કરવા જોઈએ.

(2) માપનના જુદાં-જુદાં મોડમાં મલ્ટિમીટરની સિલેક્ટર સ્વિચ (પસંદગી કળ) કાળજીપૂર્વક વાપરવી જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) જ્યારે મલ્ટિમીટરના ધાત્વીય છેડાઓને સ્પર્શ કરાવવામાં આવે ત્યારે, મલ્ટિમીટર શૂન્ય અવરોધ દર્શાવવુ જોઈએ. જો તેમ ના થાય તો પૉઇન્ટરને શૂન્ય પર (Zero Adj knobની મદદથી) લાવો. જો આમ નહિ કરો તો માપેલા અવરોધનાં મૂલ્યો વિશ્વસનીય નહિ હોય.

(2) ઘટકના અવરોધની ચકાસણીમાં, મલ્ટિમીટરના ધાત્વીય છેડાઓને સ્પર્શ થાય નહિ તે ધ્યાન રાખો. શરીરનો અવરોધ, ઘટકના અવરોધ સાથે સમાંતરમાં જોડાય તો અવરોધના માપન પર તેની અસર થઈ શકે.

ચર્ચા

(1) ટ્રાન્ઝિસ્ટરમાં, બેઝ વિભાગ અને ઍમિટર વિભાગને જોડતા જંક્શનને બેઝ-ઍમિટર જંક્શન કહે છે. બેઝ વિભાગ અને કલેક્ટર વિભાગને જોડતા જંક્શનને બેઝ-કલેક્ટર જંક્શન કહે છે.

(2) જ્યારે મલ્ટિમીટર પ્રવાહ માપક મોડમાં હોય, ત્યારે જુદાં-જુદાં મૂલ્યના શંટ અવરોધ કૉઇલ સાથે સમાંતરમાં મૂકવામાં આવે છે. વોલ્ટેજ માપક મોડમાં જુદાં-જુદાં મૂલ્યના અવરોધ પરિપથમાં કૉઇલ સાથે શ્રેણી જોડાણમાં આવે છે. જ્યારે તમે મલ્ટિમીટરની સ્વિચને અવરોધ માપન માટે પસંદ કરો છો ત્યારે પરિપથમાં, જુદાં-જુદાં અવરોધ મલ્ટિમીટરના વિદ્યુતકોષ સાથે શ્રેણીમાં જોડાય છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) જ્યારે પિન ડાયાગ્રામ ઉપલબ્ધ ના હોય ત્યારે ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો બેઝ શોધવો. તમે આ માટે કોષ્ટક A 9.5નો ઉપયોગ કરી શકો છે. કોષ્ટક A 9.5માં આપેલાં પરિણામોનો ઉપયોગ કરી આપેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટર n–p–n કે p–n–p પ્રકારનો છે તે નક્કી કરવું.

કોષ્ટક A 9.5 :જુદાં-જુદાં ટ્રાન્ઝિસ્ટરના છેડા વચ્ચે અવરોધની કિંમત
(જ્યારે પિન આકૃતિ અજ્ઞાત હોય ત્યારે.)

(નોંધ : અહિં ટ્રાન્ઝીસ્ટરના છેડા 2 ને બેઝપિન ધારીએ છીએ)

અનુક્રમ	મલ્ટિમીટરના ધન છેડા સાથે જોડેલો ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો છેડો	મલ્ટિમીટરના ઋણ છેડા સાથે જોડલો ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો છેડો	અવરોધની પ્રકૃતિ
[A]	**n–p–n ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે**		
1	1	2	ખૂબ જ વધુ
2	1	3	ખૂબ જ વધુ
3	2	1	ઓછો
4	2	3	ઓછો
5	3	1	ખૂબ જ વધુ
6	3	2	ખૂબ જ વધુ
[B]	**p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે**		
1	1	2	ઓછો
2	2	1	ખૂબ જ વધુ
3	1	3	ખૂબ જ વધુ
4	3	1	ખૂબ જ વધુ
5	2	3	ખૂબ જ વધુ
6	3	2	ઓછો

પ્રવૃત્તિ 10

હેતુ

કાચના સ્લેબ પર ત્રાંસા આપાત થતા પ્રકાશના કિરણપુંજનું વક્રીભવન અને પાર્શ્વિક (રેખીય, Lateral) વિચલનનું અવલોકન કરવું.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

ચિત્રકામનું પાટિયું, કાચનું લંબઘન ચોસલું, સફેદ કાગળ, સેલોટેપ, ડ્રૉઈંગપિન, મીટરપટ્ટી, ટાંકણી, કોણમાપક, અણી કાઢેલી પેન્સિલ અને ભૂંસવા માટેનું રબર

સિદ્ધાંત

જ્યારે કાચના લંબઘન ચોસલા પર પ્રકાશકિરણ આપાત થાય, તે કિરણ વક્રીભૂત થઈ ચોસલામાંથી, આપાત કિરણને સમાંતર નિર્ગમન પામે છે. નિર્ગમન પામતું કિરણ ફક્ત પાર્શ્વિક સ્થાનાંતર પામે છે. આપેલ આપાતકોણ અને માધ્યમની જોડી માટે, આ સ્થાનાંતર ચોસલાની જાડાઈના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

પદ્ધતિ

(1) સેલોટેપ અથવા ડ્રૉઈંગપિનની મદદથી ચિત્રકામના પાટિયા પર સફેદ કાગળ ચોંટાડો.

(2) લંબાઈમાં સંમિતતા જળવાય તે રીતે કાચના ચોસલાને કાગળની મધ્યમાં મૂકો. તેની સીમાઓ ABCD અણીદાર પેન્સિલ વડે દોરો. (આકૃતિ A 10.1).

(3) બિંદુ F પર સપાટી ABને લંબ દોરો. લંબ સાથે આપાતકોણ i બનાવતી આપાત કિરણ દર્શાવતી રેખા EF દોરો.

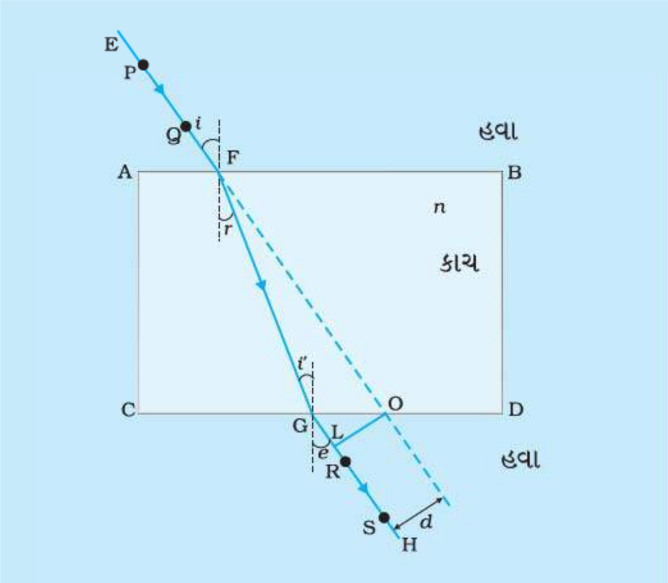
(4) એકબીજાથી 8 cm થી 10 cm દૂર બે ટાંકણીઓ P અને Q રેખા EF પર ઊર્ધ્વ રહે તે રીતે લગાડો.

(5) કાચના ચોસલાની બીજી બાજુએ ટાંકણી P અને Qના પ્રતિબિંબને જુઓ. તેમની લાઈનમાં ટાંકણીઓ R અને S એ રીતે લગાવો જેથી R અને S ની ટોચ P અને Q ના પ્રતિબિંબની

ટોચ સાથે એક રેખસ્થ રહે. ધ્યાન રહે કે ચારેય પિનની ટોચ એક જ રેખામાં દેખાય.

(6) હવે ચોસલું હટાવી પિન વડે પડેલા કાણાં જોડી પેન્સિલથી સુરેખ રેખા GH દોરો. આ રેખા નિર્ગમન કિરણ દર્શાવે છે. તે R અને S વડે માર્ક કરેલાં બિંદુઓમાંથી પસાર થઈ, ચોસલાની CD બાજુ પર બિંદુ G પર મળે છે.

(7) રેખા FG દોરી વક્રીભૂત કિરણ દર્શાવો. CD બાજુ પર G બિંદુએ CDને લંબ દોરો. GH રેખા લંબ સાથે નિર્ગમનકોણ e બનાવે છે. હવે કોણમાપકની મદદથી આપાતકોણ i અને નિર્ગમનકોણ e નું મૂલ્ય માપો. તેમની કિંમતો સફેદ કાગળ પર લખો. $\angle i$ અને $\angle e$ વચ્ચે તમને કોઈ સંબંધ મળે છે ?



આકૃતિ A 10.1 કાચના લંબચોરસ ચોસલામાં વક્રીભવન

(8) રેખા EFને આગળ લંબાવો કે જેથી તે ચોસલાની CD બાજુને બિંદુ O પર મળે. GH રેખા પર લંબ OL દોરો.

(9) નિર્ગમન કિરણ GH એ રેખા EF ની મૂળ દિશાને સમાંતર છે કે નહિ તે ચકાસો. તે લંબ અંતર OL જેટલું પાર્શ્વિક (લેટરલ) વિચલન પામેલી છે. પાર્શ્વિક વિચલન OL=d અને કાચના ચોસલાની જાડાઈ માપો.

(10) આપાતકોણ બદલીને આગળના પદ 2 થી 9નું પુનરાવર્તન કરો.

(11) જુદી-જુદી જાડાઈવાળા કાચના ચોસલા વાપરી પદ 2 થી 10 નું પુનરાવર્તન કરો. દરેક વખતે પાર્શ્વિક વિચલન અને ચોસલાની જાડાઈનું માપ લો. દરેક વખતે $\angle$i અને $\angle$e નું માપ પણ સફેદ કાગળ પર લખો.

(12) અવલોકનોને યોગ્ય એકમો સાથે કોષ્ટકમાં નોંધો. આ અવલોકનો પરથી તમે શું તારણ કાઢશો?

અવલોકનો

કોણમાપકનું લઘુત્તમ માપ = ... (અંશ)

મીટર પટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ = ... mm = ... cm

કોષ્ટક A 10.1: આપાતકોણ *i* નિર્ગમનકોણ *e* અને પાર્શ્વિક વિચલન *d*ની માપણી

અનુક્રમ	કાચના ચોસલાની જાડાઈ t 10^{-2} m	આપાતકોણ *(i)*		નિર્ગમનકોણ *(e)*		પાર્શ્વિક વિચલન d 10^{-2} m
		અંશ	રેડિયન	અંશ	રેડિયન	
1	t_1					
2	t_1					
--	--					
5	t_1					
6	t_2					
--	--					
10	t_2					
11	t_3					
--	--					

પરિણામ

(1) કાચના ચોસલામાંથી નિર્ગમન પામતું કિરણ આપાત કિરણની દિશાને સમાંતર હોય છે પણ પાર્શ્વિક રીતે વિચલિત હોય છે.

(2) આપાત કિરણની સાપેક્ષમાં નિર્ગમન કિરણનું પાર્શ્વિક વિચલન કાચના ચોસલાની જાડાઈના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

ચર્ચા

(1) આપાતકોણ *i*, નિર્ગમનકોણ *e* અને પાર્શ્વિક વિચલન *d*ની માપણીમાં ચોકસાઈ વાપરેલી પિન કેટલી અણીદાર છે અને કેટલા ધ્યાનથી તમે પિનની ટોચને એક જ સીધી રેખામાં અવલોકન કરો છો તેની પર આધારિત છે. પિનની ટોચનાં અવલોકનમાં, પિન વડે કાણાને માર્ક કરવામાં, અણીદાર પેન્સિલ વડે આપાત, વક્રીભૂત અને નિર્ગમન કિરણને દોરવામાં તથા કોણમાપક વડે આપાતકોણ *i* અને નિર્ગમનકોણ *e* ચોકસાઈથી માપવામાં વિશેષ ધ્યાન રાખવું.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) કોષ્ટક 10.1નું પરીક્ષણ કરો. $\angle i$ અને $\angle e$ વચ્ચે અને t અને d વચ્ચેના સંબંધનું અર્થઘટન કરો.

(2) કોષ્ટક 10.1માંથી મૂલ્યો લઈ અચળ આપાતકોણ માટે લેટરલ સ્થાનાંતર d ને Y-અક્ષ પર અને કાચના ચોસલાની જાડાઈ t ને X-અક્ષ પર લઈ આલેખ દોરો. તમે મેળવેલા આલેખનો આકાર ઓળખો અને તેનું અર્થઘટન કરો.

સુચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) કાચના ચોસલાને લંબાઈને અનુરૂપ, પહોળાઈને અનુરૂપ અને જાડાઈને અનુરૂપ મુકીને મેળવેલા અવલોકનો પરથી ચોસલાના પદાર્થ (કાચ)નો વક્રીભવનાંક (refractive index) શોધો. તમને મળેલાં પરિણામની ચર્ચા કરો.

Hint : $\left(\dfrac{\sin i}{\sin r}\right) = n$ (પદાર્થનો વક્રીભવનાંક) સુત્રનો ઉપયોગ કરો.

(2) ઉપરના અવલોકનોના દરેક કિસ્સામાં કોણ i' માપો. ગુણોત્તર $\left(\dfrac{\sin i'}{\sin e}\right) = n'$ ની ગણતરી કરો. $\angle r$ અને $\angle i'$ વચ્ચે અને $\angle i$ અને $\angle e$ વચ્ચે શું સંબંધ છે ? ગુણોત્તર n' ને $\left(\dfrac{\sin i}{\sin r}\right) = n$ સાથે સરખાવો.

યાદ રહે કે FG એ CD બાજુ પર આપાત કિરણ અને GH એ વક્રીભૂત કિરણ છે. n અને n' વચ્ચેના સંબંધની ચર્ચા કરો.

પ્રવૃત્તિ 11

હેતુ

બે પોલરોઇડની મદદથી પ્રકાશના ધ્રુવીભવન (Polarisation)નું અવલોકન કરવું.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

બે પોલરોઇડ તકતીઓ, પ્રકાશનું ઉદ્‌ગમ સ્થાન / સૂર્યપ્રકાશ, પૂઠું, કાતર, સફેદ કાગળ, ગુંદર

પદો અને વ્યાખ્યાઓ

પ્રકાશના તરંગમાં પરસ્પર લંબ એવા ચલ વિદ્યુતક્ષેત્ર સદિશ **E** અને ચુંબકીયક્ષેત્ર સદિશ **B** હોય છે. આ બંને સદિશ પ્રસરણની દિશાને પણ લંબ હોય છે.

(i) *અધ્રુવીભુત પ્રકાશ :* સદિશો કોઈ એક જ દિશા પૂરતા મર્યાદિત નથી પણ તેઓ પ્રસરણની દિશાને લંબ બધી દિશામાં અસ્તવ્યસ્ત રીતે ગોઠવાયેલા હોય છે.

(ii) *તલ અથવા રેખીય ધ્રુવીભુત પ્રકાશ :* જો **E** ક્ષેત્ર સદિશ પ્રસરણ દિશાને લંબ સમતલમાં એક જ દિશામાં આવેલા હોય, તો તે પ્રકાશતરંગને તલ / રેખીય ધ્રુવીભુત કહી શકાય.

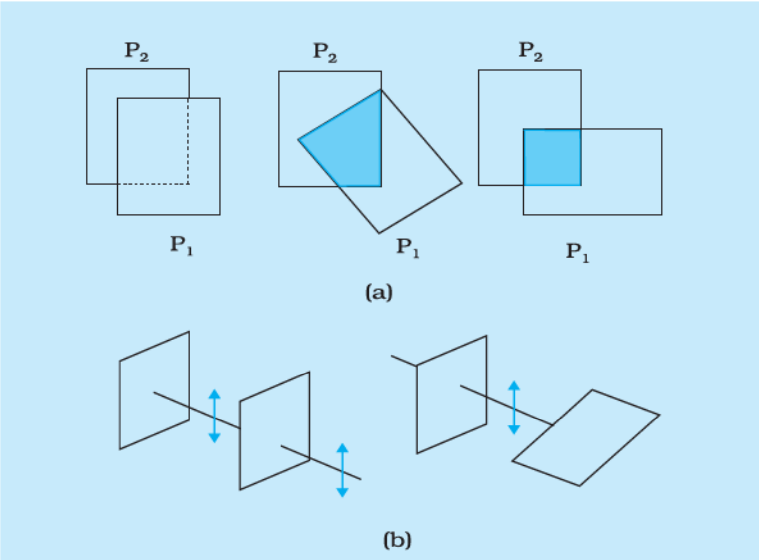
(iii) *પોલરોઇડ :* પોલરોઇડમાં કોઈ એક ચોક્કસ દિશામાં ગોઠવાયેલા અણુઓની લાંબી સાંકળ હોય છે. ગોઠવાયેલ અણુઓની દિશામાં આવેલા **E** સદિશો, (પ્રકાશ તરંગો સાથે સંકળાયેલા) શોષાઈ જાય છે એટલે કે જો કોઈ અધ્રુવીભુત પ્રકાશ આ પોલરોઇડ પર આપાત થાય, તો પ્રકાશનું રેખીય ધ્રુવીભવન થાય કે જેમાં **E** સદિશો ગોઠવાયેલા અણુઓની દિશાને લંબદિશામાં હોય. આ દિશાને પોલરોઇડની દગ્-અક્ષ (pass-axis) કહે છે.

સન ગ્લાસીસ, કેલક્યુલેટર અને ડિજિટલ ઘડીયાળમાં કૃત્રિમ પદાર્થોની બનેલી પ્લાસ્ટીકની તકતીઓ વપરાય છે.

(iv) *ધ્રુવક (polariser) અને વિશ્લેષક (Analyzer) :* જ્યારે બે પોલરોઇડમાંથી પસાર થતા પ્રકાશનો અભ્યાસ કરીએ, જેમ તેમના નિર્ગમનની અક્ષો વચ્ચેનો ખુણો 0° થી 90° બદલાય, તેમ નિર્ગમનની તીવ્રતા 1 થી 0 વચ્ચે બદલાય છે. આમાં ઉદ્‌ગમ પાસેના પહેલા પોલરોઇડને *ધ્રુવક* કહે છે અને બીજા પોલરોઈડને વિશ્લેષક કહે છે.

સિદ્ધાંત

કુદરતી પ્રકાશ એ પ્રસરણ દિશાને લંબ એવા કિરણપુંજ માંથી પસાર થતા બધા જ સંભવિત સમતલોમાં સ્થિત **E** સદિશો સાથે સંકળાયેલો છે. જો કે આ બધા સદિશોને પરસ્પર લંબ ઘટકોમાં વિભાજિત કરી શકાય. દરેક પોલરોઇડને એક એવી દગ્ અક્ષ હોય છે કે જ્યારે આ પોલરોઇડને કોઈ અધ્રુવીભુત પ્રકાશના માર્ગમાં લંબરૂપે મૂક્યો હોય તો **E** સદિશનો આ અક્ષને સમાંતર ઘટક તેમાંથી પસાર થાય છે અને નિર્ગમન પામેલો પ્રકાશતલ ધ્રુવીભુત પ્રકાશ હોય છે. આ બાબત બીજા પોલરોઇડની મદદથી ચકાસી શકાય છે. બીજો પોલરોઇડ પ્રથમ પોલરોઇડ પાસે અને કિરણપુંજના માર્ગમાં મૂકવામાં આવે છે. [આકૃતિ A 11.1] બીજા પોલરોઇડને પરિભ્રમણ આપતાં એક સ્થિતિ એવી આવે કે જ્યારે નિર્ગમન પ્રકાશ સંપૂર્ણપણે અદશ્ય થાય છે. જ્યારે બંને પોલરોઇડના અક્ષ પરસ્પર લંબ હોય ત્યારે જ આવી ઘટના બને છે. જ્યારે બંને પોલરોઇડના અક્ષ સમાંતર હોય ત્યારે નિર્ગમન પ્રકાશની તીવ્રતા મહત્તમ હોય છે. એટલે જ જ્યારે બંને પોલરોઇડને કિરણપુંજના માર્ગમાં પરિભ્રમણ કરાવવામાં આવે ત્યારે નિર્ગમિત પ્રકાશની આંશિક તીવ્રતા 0 થી 1 વચ્ચે મળે છે.



આકૃતિ A 11.1 : *(a) બે પોલરોઇડ P_1 અને P_2 માંથી પ્રકાશનું પસાર થવું. જ્યારે તેમના વચ્ચેનો ખૂણો 0° થી 90° બદલાય ત્યારે નિર્ગમન પ્રકાશની તીવ્રતા 1 થી 0 વચ્ચે બદલાય છે. નોંધનીય છે કે એક જ પોલરોઇડ P_1 માં પસાર થતો પ્રકાશ ખૂણાના ફેરફાર સાથે બદલાતો નથી. (b) જ્યારે બે પોલરોઇડમાંથી પ્રકાશ પસાર થાય ત્યારે **E** સદિશોનું વર્તન નિર્ગમન પામતા ધ્રુવીભૂત પ્રકાશમાં પોલરોઇડના અક્ષને સમાંતર ઘટક છે.ડબલ બાજુના તીર એ **E** સદિશનાં દોલનો દર્શાવે છે.*

કાર્યપદ્ધતિ

(a) ખૂણાના માપન માટે વર્તુળાકાર માપપટ્ટી બનાવવી

(1) એક પૂઠું લો. તેના પર સફેદ કાગળ ચોંટાડો. તે સફેદ કાગળ પર 10 cm ત્રિજ્યા ધરાવતું વર્તુળ દોરો.

(2) આ વર્તુળને કાતર વડે કાપો.

(3) [આકૃતિ A 11.2]માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આ વર્તુળ પર કોણીય વિભાગો દોરો.

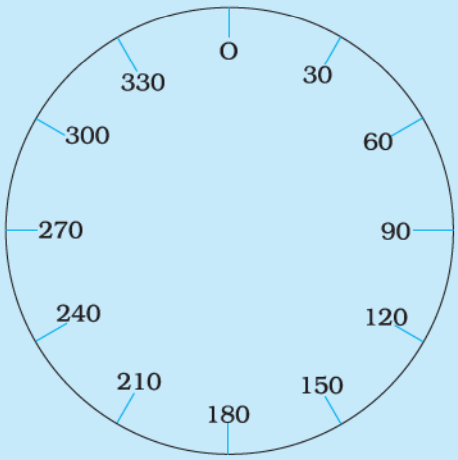
(4) વર્તુળના કેન્દ્ર પર એવી રીતે કાણું પાડો કે જેથી આપનો પોલરાઇઝર તેમાં બેસી જાય. આ કાણામાં પોલરોઇડ ગોઠવી દો. [આકૃતિ A 11.3]

(5) આવી જ માપપટ્ટી એનાલાઇઝર માટે પણ બનાવો.

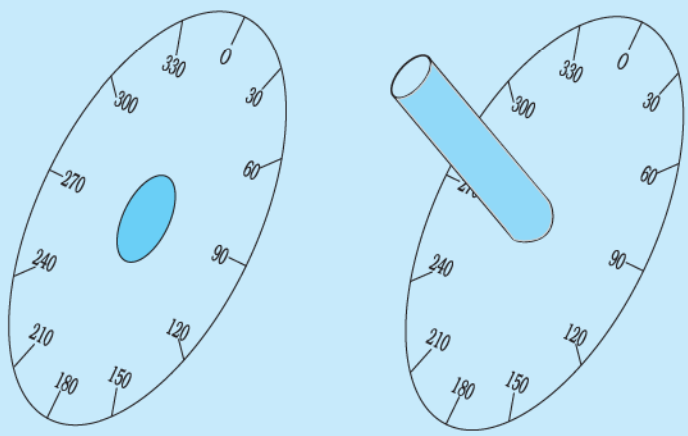
(b) ધ્રુવીભવનનું અવલોકન કરવું

(1) પોલરોઇડ P_1 (જેને પોલરાઇઝર કહીશું) લો અને તેને તમારી આંખ સામે પકડી રાખો તથા કોઈ પણ ઉદ્‌ગમમાંથી આવતા પ્રકાશનું અવલોકન કરો.

(2) બીજો પોલરોઇડ P_2 (જેને એનાલાઇઝર કહીશું). લો અને તેને P_1 ઉપર મૂકો તથા આ સંયુક્ત તંત્રમાંથી આવતા પ્રકાશનું અવલોકન કરો.



આકૃતિ A 11.2 કોણીય વિભાગવાળું વર્તુળ



આકૃતિ A 11.3 કોણમાપન માટેની વર્તુળાકાર માપપટ્ટી

(3) એનાલાઇઝરને ગોળ ફેરવો કે જેથી નિર્ગમન પામતાં પ્રકાશની તીવ્રતા મહત્તમ મળે. માપપટ્ટી પરનાં અવલોકનો વચ્ચેનો તફાવત શોધો.

(4) હવે એનાલાઇઝરને પરિભ્રમણ કરાવો કે જેથી નિર્ગમિત પ્રકાશની તીવ્રતા શૂન્ય મળે. માપપટ્ટી પરનાં અવલોકનો વચ્ચેનો તફાવત નોંધો.

અવલોકનો

(1) મહત્તમ તીવ્રતા માટેના માપપટ્ટીનાં અવલોકનોનો તફાવત $a = \ldots^0$.

(2) લઘુત્તમ તીવ્રતા માટેના માપપટ્ટીનાં અવલોકનોનો તફાવત $b = \ldots^0$.

(3) મહત્તમ તીવ્રતાથી લઘુત્તમ તીવ્રતા સુધી એનાલાઈઝરનું પરિભ્રમણ $a - b$ = ... ^{0}.

પરિણામ

તીવ્રતાના મહત્તમથી લઘુત્તમના ફેરફારમાં આંતરેલો ખૂણો = ... ^{0}.

સાવધાનીઓ

પોલરોઈડ વાપરતી વખતે ધ્યાન રાખવું કે તેના પર આંગળીની છાપ રહી ન જાય.

ચર્ચા

કોઈ એક ઉદ્‌ગમમાંથી નીકળી, પોલરોઈડમાંથી પસાર થયા પછીના પ્રકાશનું અવલોકન કરતા તેની તીવ્રતામાં કોઈ ફેર જણાતો નથી. ધ્રુવીભવનની આ સ્થિતિ બાબતે તમે શું કહેશો ? ધ્રુવીભવનની સ્થિતિ શોધવાનું કામ એનાલાઈઝર કઈ રીતે સંભવ કરે છે?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) પ્રકાશનું ધ્રુવીભવન એટલે શું ?

(2) શું ધ્વનિના તરંગોનું ધ્રુવીભવન થઈ શકે ?

(3) પ્રકાશનું ધ્રુવીભવન કરવા માટે સામાન્ય રીતે વપરાતા સ્ફટિકોના નામ આપો.

(4) પ્રકાશના એવા ઉદ્‌ગમસ્થાનનું નામ આપો જે સીધો તલધ્રુવીભુત પ્રકાશ જ આપે છે.

(5) સૂર્યપ્રકાશના ધ્રુવીભવનની વિવિધ રીતોનો અભ્યાસ કરો. (પ્રકીર્ણન દ્વારા ધ્રુવીભવન, પરાવર્તન દ્વારા ધ્રુવીભવન)

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) પ્રકાશની તીવ્રતા માપવા માટે એક ફોટો ડાયોડ લો. તેને એક મલ્ટિમીટર સાથે વ્યવસ્થિત રીતે જોડો કે જેથી તે પ્રકાશિત થાય. એનાલાઈઝરને જુદા-જુદા ખૂણે ફેરવવાથી નિર્ગમિત પ્રકાશની તીવ્રતામાં થતા ફેરફારો નોંધો. માલસના નિયમ $I = I_0 \cos^2\theta$ ને ચકાસવા આલેખ દોરો. અહીં I_0 એ $\theta = 0°$ ખૂણે મળતી તીવ્રતા છે અને I એ θ ખૂણે મળતી તીવ્રતા છે.

(2) પ્રકાશની લંબગત પ્રકૃતિનું નિદર્શન આપવા માટે આ પ્રવૃત્તિનો કેવી રીતે ઉપયોગ થાય તેના પર નોંધ લખો.

પ્રવૃત્તિ 12

હેતુ

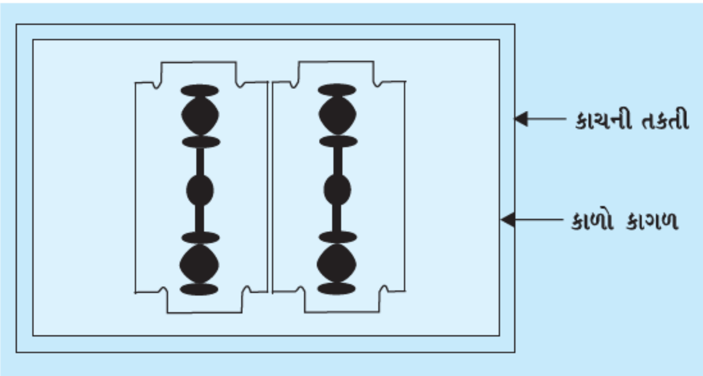
પાતળી સ્લિટ વડે પ્રકાશના વિવર્તનનું અવલોકન કરવું.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

અસ્ત્રાની બે બ્લેડ, એક સેલોટેપ, પ્રકાશનું ઉદ્‌ગમ (વીજળીનો બલ્બ / લેસર પેન્સિલ), કાળા કાગળનો ટુકડો, કાચની બે સ્લાઈડો

સિદ્ધાંત

જ્યારે કોઈ કિરણપુંજ પાતળી તિરાડ (aperture) અથવા કોઈ તીક્ષ્ણ અડચણ પરથી પસાર થાય, ત્યારે તિરાડ/અડચણની ધાર પાસેથી વાંકુ વળે છે. આ કિરણપુંજ ફેલાય છે અને ભૌમિતિક પડછાયાના વિસ્તારમાં ઘૂસી જાય છે. અડચણ અથવા સુક્ષ્મ કાણા પાસેથી પ્રકાશની વાંકા વળવાની આ ઘટનાને વિવર્તન કહે છે. આ ઘટના પ્રકાશના તરંગ સ્વરૂપના પુરાવાને સમર્થન આપે છે. એક જ તરંગઅગ્ર પરના જુદાં-જુદાં બિંદુઓ પરથી પ્રકાશના વ્યતિકરણના કારણે આ ઘટના ઉદ્‌ભવે છે. રેઝરની બે બ્લેડની તીક્ષ્ણ ધાર પાસે-પાસે પરસ્પર સમાંતર મૂક્તા એક બહુ જ પાતળી સ્લિટ ઉદ્‌ભવે છે. (જેનું અંતર A^0 માં હોય છે.) [આકૃતિ A 12.1]



આકૃતિ A 12.1 ***બે રેઝર બ્લેડ, એક કાચની સ્લાઈડ અને એક કાળા કાગળના ઉપયોગથી બનાવેલી પાતળી સ્લિટ***

એક જ સ્લિટ વડે મળતા વિવર્તન ભાતમાં મધ્યસ્થ અધિકતમ, તેની બંને બાજુએ ઘટતી તીવ્રતા અને ઘટતી જાડાઈવાળી રંગીન શલાકાઓ (વીજળીના બલ્બના કિસ્સામાં) અને પ્રકાશિત-અપ્રકાશિત શલાકાઓ (લેસર પેન્સિલના કિસ્સામાં) મળે છે.

પદ્ધતિ

(1) રેઝરની બે બ્લેડના ઉપયોગથી એક બહુ જ પાતળી સ્લિટ બનાવો. આના માટે, કાચની પ્લેટ લો અને તેના પર કાળો કાગળ ચોંટાડો. કાળા કાગળના મધ્ય ભાગમાંથી એક પાતળી સ્લિટ કાપો. [આકૃતિ A 12.1] માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આ સ્લિટ પર બંને બ્લેડ એકબીજાની પાસે બહુ જ નજીક મૂકો.

(2) રેઝરની બંને બ્લેડની તીક્ષ્ણ ધાર વડે બનાવેલી એકદમ પાતળી સ્લિટની પાછળ સુરેખ ફિલામેન્ટવાળો વીજળીનો ગોળો (અથવા લેસર પેન્સિલ) પૂરતાં અંતરે (આશરે 4 થી 8 m દૂર) મૂકો. સ્લિટમાંથી ગોળાનું અવલોકન કરો. આપને શું મળે છે ?

(3) આના બદલે, સ્લિટને દીવાલથી 0.5 m દૂર રાખી પ્રકાશનું એક ઉદ્ગમ સ્લિટથી 15 - 20 cm અંતરે મુકી દીવાલ પર પડતા પ્રકાશનું અવલોકન કરો.

(4) ઉપરનાં પદ 2 અને 3 નું લેસર પેન્સિલનો ઉપયોગ કરી પુનરાવર્તન કરો. અવલોકનોના ફેરફાર નોંધો.

પરિણામ

એકદમ પાતળી તિરાડ (અડચણ) પર આપાત થતો પ્રકાશ ધાર પાસેથી વાંકો વળે છે અને વિવર્તનની ઘટના દર્શાવે છે.

ચર્ચા

(1) વિવર્તન ભાતની શલાકાઓની તીક્ષ્ણતા, મુખ્યત્વે, એકદમ પાસે પાસે મુકેલી બે ધારદાર બ્લેડથી બનતી સ્લિટના અત્યંત પાતળાપણા પર આધાર રાખે છે.

(2) સામાન્ય વીજળીના ગોળાની સરખામણીમાં એકરંગી પ્રકાશ આપતી લેસર પેન્સિલ વધુ હિતાવહ છે.

સાદા ગોળાના પ્રકાશથી બહુ ઓછી શલાકાઓ સ્પષ્ટ દેખાય છે. જ્યારે આપેલ સ્લિટની માપસરની જાડાઈમાં એકરંગી પ્રકાશવાળી લેસર પેન્સિલ વડે ઘણીબધી પ્રકાશિત અને અપ્રકાશિત શલાકાઓ એકદમ સ્પષ્ટ (ભિન્ન) જોવા મળે છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) રેઝરની બે બ્લેડ પાસે-પાસે સમાંતર રહે તે રીતે પકડો. પણ આવી રીતે પકડતાં મોટેભાગે તે બંને પરસ્પર સમાંતર હોતી નથી. જ્યાં ધાર વચ્ચેનું અંતર ઓછું છે, શું સ્લિટના તે બિંદુ / ભાગ પર શલાકાઓ વધુ પહોળી અને / અથવા એકદમ નજીક મેળવવાની અપેક્ષા રાખો છો? શું તમને શલાકાઓ રંગીન મળે છે? તમારા અવલોકનોનું અર્થઘટન કરો.

[Hint : મધ્યસ્થ શલાકા સિવાય બાકી બધી શલાકાઓનું સ્થાન આપાત પ્રકાશની તરંગલંબાઈ પર આધારિત છે અને જુદા-જુદા રંગની હોય છે. લાલ અથવા વાદળી રંગનું ફિલ્ટર વાપરતા આ શલાકાઓ વધુ સ્પષ્ટ જોવા મળશે. વાદળી ફિલ્ટરની સરખામણીમાં લાલ ફિલ્ટર વાપરતા તમને શલાકાઓ સહેલાઈથી વધુ પહોળી જોવા મળશે.]

(2) સ્લિટની પહોળાઈ, આપાત પ્રકાશની તરંગલંબાઈ λના ક્રમમાં હોય તો વિવર્તન ભાત મળે છે. તો જો સ્લિટની પહોળાઈ λના અમુક ગુણાંકમાં હોય, તો શું થશે તેનું અવલોકન કરો. કારણનું અર્થઘટન કરો.

પ્રવૃત્તિ 13

હેતુ

મીણબત્તી અને પડદાનો ઉપયોગ કરી (i) બહિર્ગોળ લેન્સ અને (ii) અંતર્ગોળ અરીસા વડે પડદા પર મળતા પ્રતિબિંબના પ્રકાર અને પરિમાણનો અભ્યાસ (લેન્સ / અરીસાથી મીણબત્તીના જુદાં-જુદાં અંતરો માટે) કરવો.

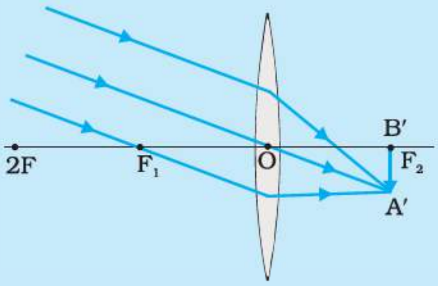
(i) બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા મળતા પ્રતિબિંબના પ્રકાર અને પરિમાણનો અભ્યાસ કરવો.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

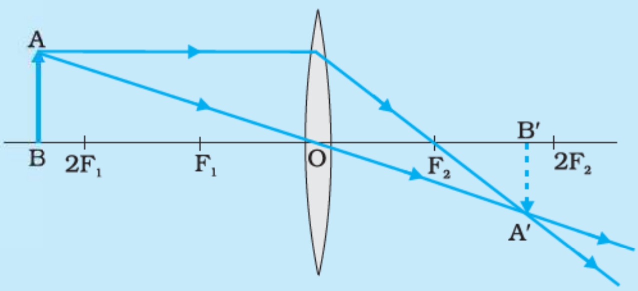
એક મીણબત્તી, દીવાસળીની એક પેટી, મીણબત્તી મૂકવા માટે એક નાનું સ્ટૅન્ડ, ઓછી કેન્દ્રલંબાઈ અને જ્ઞાત જાડાઈવાળો બહિર્ગોળ લેન્સ, સ્ટૅન્ડવાળો પડદો, મીટરપટ્ટી

સિદ્ધાંત

અમુક ચોક્કસ સ્થાનો માટે આકૃતિ [A 13 (i), 1 (a)] થી [A 13 (i), 1 (f)]માં દર્શાવેલ છે તે પ્રમાણે વસ્તુના સ્થાનના ફેરફાર સાથે બહિર્ગોળ લેન્સ વડે મળતાં પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ બદલાય છે. અહીં બહિર્ગોળ લેન્સની બંને સપાટીઓ સમાન વક્રતાત્રિજ્યા ધરાવે છે તેમ ધારેલું છે.



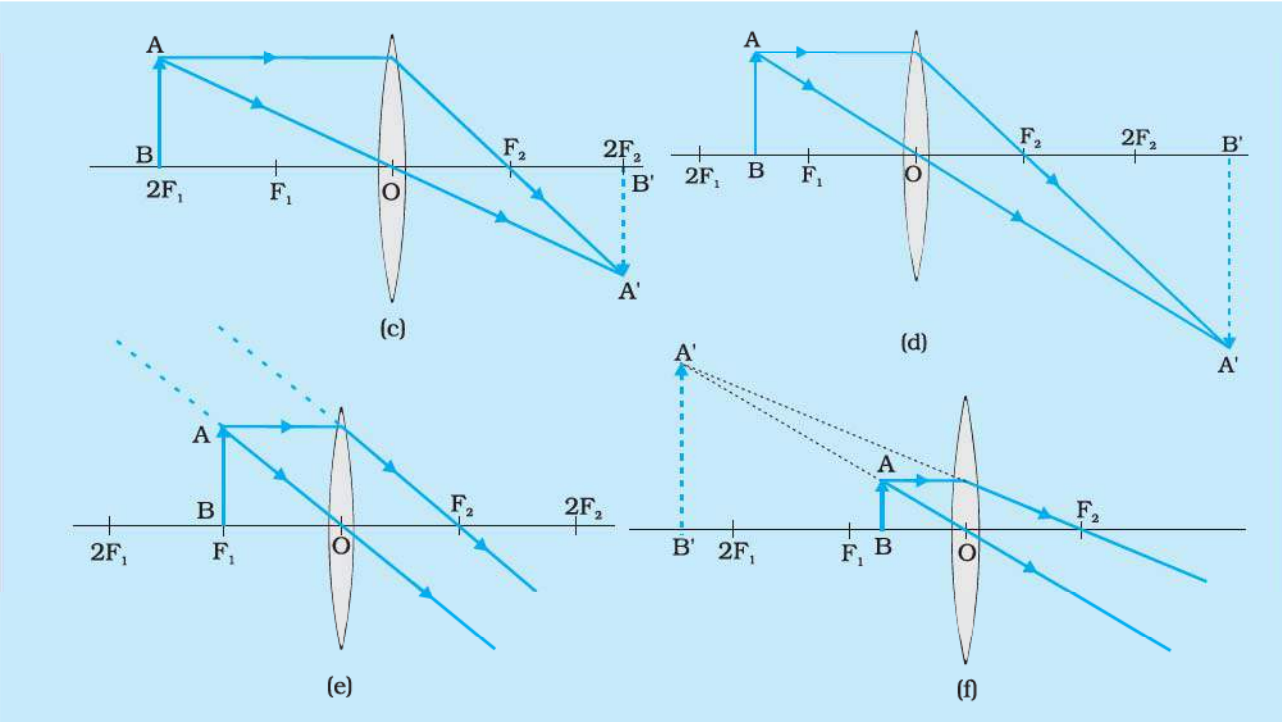
(a)



(b)

(a) વસ્તુ અનંત અંતરે એટલે કે $u = \infty$, લેન્સની બીજી તરફ આવેલા દ્વિતીય મુખ્ય કેન્દ્ર F_2 પર સાચું, ઊલટું અને એકદમ નાનું પ્રતિબિંબ મળે છે. એટલે કે $v = f$

(i) જ્યારે આપાતકિરણો મુખ્ય અક્ષને સમાંતર હોય અને (ii) જ્યારે આપાતકિરણો મુખ્ય અક્ષને સમાંતર ન હોય, પ્રતિબિંબ અનુક્રમે મુખ્ય અક્ષ પર અને ફોકલ પ્લેન પર મળે છે.



આકૃતિ A 13.(i). 1 (a),(b), (c), (d), (e), (f) : વસ્તુ AB ના વિવિધ સ્થાનો માટે પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સ LL' વડે મળતા પ્રતિબિંબ A'B' નું સ્થાન, પરિમાણ અને પ્રકાર

(b) વસ્તુ અનંત અને 2F$_1$ની વચ્ચે હોય એટલે કે, $\infty > u > 2f$. લેન્સની બીજી તરફ આવેલા દ્વિતીય મુખ્ય કેન્દ્ર F$_2$ અને 2F$_2$ વચ્ચે સાચું, ઊલટું અને નાનું પ્રતિબિંબ મળે છે, એટલે કે $2f > v > f$.

(c) વસ્તુ 2F$_1$ પર હોય એટલે કે $u = 2f$. લેન્સની બીજી બાજુએ 2F$_2$ પર સાચું અને ઊલટું પ્રતિબિંબ મળે છે એટલે કે $v = 2f$. પ્રતિબિંબનું પરિમાણ વસ્તુના પરિમાણ જેટલું જ હોય છે.

(d) વસ્તુ 2F$_1$ અને પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્ર F$_1$ ની વચ્ચે હોય એટલે કે $2f > u > f$. લેન્સની બીજી બાજુએ 2F$_2$ અને અનંત વચ્ચે સાચું, ઊલટું અને મોટું પ્રતિબિંબ મળે છે એટલે કે $2f < v < \infty$.

(e) વસ્તુ પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્ર F$_1$ પર હોય એટલે કે $u = f$, લેન્સની બીજી બાજુએ અનંત અંતરે સાચું, ઊલટું અને ઘણું મોટું પ્રતિબિંબ મળે છે, એટલે કે $v = \infty$.

(f) વસ્તુ મુખ્ય કેન્દ્ર F$_1$ અને ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O ની વચ્ચે હોય એટલે કે $f > u > 0$. વસ્તુ તરફ જ આભાસી, ચત્તું અને મોટું પ્રતિબિંબ મળે છે.

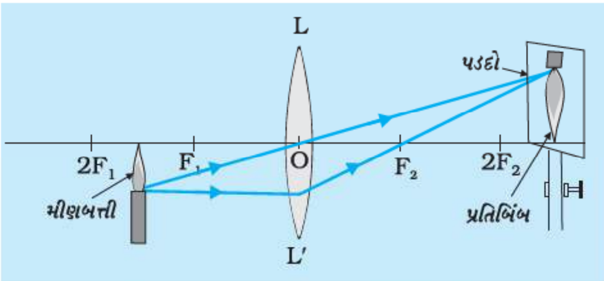
પદ્ધતિ

(1) દૂરની વસ્તુના પ્રતિબિંબને કેન્દ્રીત કરીને બહિર્ગોળ લેન્સની આશરે કેન્દ્રલંબાઈ શોધો. આ માટે સૂર્યનું અથવા કોઈ એક ઝાડનું પ્રતિબિંબ દીવાલ પર મેળવી, લેન્સ અને દીવાલ વચ્ચેનું અંતર માપો. આ અંતર આપેલ બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ f ની આશરે કિંમત આપે છે.

નોંધ : *સૂર્યને લેન્સમાંથી જોવો નહીં, નહિતર તે તમારી આંખને નુકસાન કરી શકે છે.*

(2) ટેબલની ધાર (લંબાઈવાળી) પર મીટર પટ્ટી સેલોટેપ અથવા ક્લૅમ્પથી લગાવો.

(3) લેન્સ LL' ને લેન્સ સ્ટૅન્ડ પર લગાવી, આશરે મીટર પટ્ટીની મધ્યમાં એવી રીતે મૂકવું કે જેથી તેની મુખ્ય અક્ષ સમક્ષિતિજ અને માપપટ્ટીને સમાંતર રહે. આ સ્થિતિમાં લેન્સ ટેબલના લંબ સમતલમાં રહેશે.



આકૃતિ A 13.1 (i) 2 પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સ વડે પ્રકાશિત મીણબત્તીના મળતા વાસ્તવિક પ્રતિબિંબો

(4) પ્રગટાવેલી મીણબત્તીને એક નાના સ્ટૅન્ડ પર મૂકવી કે જેથી તે ઊર્ધ્વ રહે. મીણબત્તીવાળા સ્ટૅન્ડને લેન્સની ડાબી બાજુએ મૂકો. સ્ટૅન્ડની ઊંચાઈને એવી રીતે ગોઠવવી કે જેથી પ્રકાશિત મીણબત્તીની જ્યોતની ટોચ લેન્સના મુખ્ય અક્ષ પર રહે. આ પરિસ્થિતિમાં પ્રકાશિત મીણબત્તીની જ્યોતની ટોચની ઊંચાઈ લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રની ઊંચાઈ જેટલી થશે.

(5) મીણબત્તીના સ્ટૅન્ડને (લેન્સની ડાબી બાજુએ) $2F_1$થી થોડા દૂર આવેલા બિંદુ પર ખસેડો (એટલે કે બિંદુ O થી $2f$ કરતાં થોડા વધુ અંતરે જ્યાં f એ પદ-1 માં મેળવેલી લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ છે.) [આકૃતિ A 13 (i). 1(b)] પ્રમાણે, મીણબત્તીનું પ્રતિબિંબ લેન્સની જમણી બાજુએ દ્વિતીય મુખ્ય કેન્દ્ર F_2ની નજીકના સ્થાને મળશે.

(6) લેન્સની જમણી બાજુએ ઊર્ધ્વ રહે તે રીતે એક પડદો મૂકવો. તેની ઊંચાઈ એવી રીતે ગોઠવવી કે જેથી તેનો વધુ પડતો ભાગ લેન્સના મુખ્ય અક્ષની ઉપરની બાજુએ આવે.

(7) ઓપ્ટીકલ બેન્ચ (Optical bench) તરીકે કાર્ય કરતી મીટરપટ્ટી પર પડદાના સ્થાનને દ્વિતીય મુખ્ય કેન્દ્ર F_2 ની નજીક ખસેડો.

(8) પ્રકાશિત મીણબત્તીનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ પડદા પર મેળવવા માટેના છેલ્લા ફેરફારો કરો. પ્રતિબિંબના પ્રકારની નોંધ કરો.

(9) આલેખ પેપરની પટ્ટી ચોંટાડી હોય તેવા સાદા અરીસાની પટ્ટીની મદદથી પ્રકાશીત મીણબત્તીની જ્યોતની ઊંચાઈ માપો. પડદા પર મળતા જ્યોતના પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ પણ માપો. આ માટે, પડદા પર એક નાનો આલેખ પેપર ચોંટાડો. વૈકલ્પિક રીતમાં પડદા પર એક સફેદ કાગળ ચોંટાડી, તેના પર જ્યોતની ટોચ અને તળિયાનું સ્થાન નોંધો અને મીટરપટ્ટી વડે પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ નક્કી કરો.

(10) પ્રકાશીત મીણબત્તીને લેન્સ તરફ થોડાક અંતરે (3 થી 5 cm જેટલું) ખસેડો. પદ 8 અને 9નું પુનરાવર્તન કરો. અવલોકનો નોંધો. ઓછાંમાં ઓછાં આવાં છ અવલોકનો લો.

અવલોકનો

બહિર્ગોળ લેન્સની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ = ... cm

કોષ્ટક A 13 (i) 1 : વસ્તુનાં જુદાં-જુદાં સ્થાન માટે પ્રતિબિંબના પ્રકાર, પરિમાણ અને સ્થાન

અનુ-ક્રમ	લેન્સનું સ્થાન (cm)	મીણબત્તીનું સ્થાન (cm)	જ્યોતનું પરિમાણ (cm)	પડદા પર પ્રતિબિંબનું સ્થાન (cm)	પ્રતિબિંબનું પરિમાણ (cm)	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર (cm)	પ્રતિબિંબનું સાપેક્ષ પરિમાણ (cm)
(1)							
(2)							
--							
(6)							

પરિણામ

(1) જેમ જેમ વસ્તુ લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્ર તરફ જાય છે, તેમ તેમ પ્રતિબિંબનું પરિમાણ વધે છે અને તે મુખ્ય કેન્દ્રથી દૂર જાય છે. આ બધાં સ્થાનોમાં પ્રતિબિંબ સાચું, ઊલટું અને લેન્સની બીજી બાજુએ મળે છે.

(2) જ્યારે વસ્તુને લેન્સની એકદમ નજીક લાવીએ ત્યારે બીજી બાજુએ પ્રતિબિંબ દેખાતુ નથી.

(3) જ્યારે વસ્તુને કેન્દ્રલંબાઈ કરતા ઓછા અંતરે મૂકેલ હોય ત્યારે પ્રતિબિંબ આભાસી, મોટું અને ચત્તું મળે છે. આ પ્રતિબિંબ લેન્સની જે બાજુએ વસ્તુ હોય તે જ બાજુએ મળે છે.

સાવચેતીઓ

(1) આ પ્રયોગ છાંયડા વાળી જગ્યા પર કરવો કે જ્યાં સીધો પ્રકાશ આવતો ન હોય (ડાર્ક રૂમને પ્રાધાન્ય) નહિતર પ્રતિબિંબ સ્પષ્ટ નહિ દેખાય.

(2) કેન્દ્રલંબાઈની આશરે કિંમત મેળવતી વખતે સૂર્યના પ્રતિબિંબને સીધેસીધું ન જોવું, નહિતર તમારી આંખોને નુકસાન થઈ શકે છે.

(3) પ્રકાશીય ઘટકોને ગોઠવવા માટેના સ્ટૅન્ડ દૃઢ અને ઊર્ધ્વ હોવા જોઈએ.

(4) લેન્સનું દર્પણમુખ નાનું હોવું જોઈએ નહિતર પ્રતિબિંબ સ્પષ્ટ નહિ મળે.

(5) પડદા પર મળતા પ્રતિબિંબથી આંખને 25 cmથી વધુ દૂર રાખવી.

ચર્ચા

(1) જ્યારે વસ્તુને મુખ્ય કેન્દ્ર અને ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રની વચ્ચે મૂકીએ ત્યારે પ્રતિબિંબ આભાસી મળે છે. તે પડદા પર મેળવી શકાતું નથી. તેની કિરણ આકૃતિ દોરો.

(2) જ્યારે મીણબત્તીને મુખ્ય કેન્દ્ર પાસે મૂકો, ત્યારે પ્રતિબિંબ અનંત અંતરે મળે છે. તે ટેબલના છેડા કરતા પણ દૂર જઈ શકે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) જ્યારે તમે ટેબલના બીજા છેડાથી લેન્સ તરફ જાઓ ત્યારે લેન્સ વડે મળતા તમારા પ્રતિબિંબના પરિમાણમાં કેવા ફેરફાર થાય ?

(2) વસ્તુનું ચત્તું અને આભાસી પ્રતિબિંબ મેળવવા માટે વસ્તુને ક્યાં મૂકવી જોઈએ ?

(3) વસ્તુ લેન્સની જે બાજુએ હોય તે જ બાજુએ પ્રતિબિંબ મેળવવું હોય તો વસ્તુને ક્યાં મૂકવી જોઈએ ?

(4) લેન્સના મુખ્ય અક્ષ પર તમે અનંત અંતરેથી મુખ્ય કેન્દ્ર તરફ જાઓ, તો બહિર્ગોળ લેન્સ વડે મળતા પ્રતિબિંબનું સ્થાન કઈ રીતે બદલાશે ?

(5) વસ્તુ જેટલા જ પરિમાણનું સાચું પ્રતિબિંબ મેળવવું હોય, તો વસ્તુનું સ્થાન ક્યાં હોવું જોઈએ?

હેતુ

(ii) મીણબત્તી અને પડદાનો ઉપયોગ કરી (અરીસાથી મીણબત્તીના જુદાં-જુદાં અંતરો માટે) પડદા પર અંતર્ગોળ અરીસા વડે મળતા પ્રતિબિંબના પ્રકાર અને પરિમાણનો અભ્યાસ કરવો.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

ઓપ્ટીકલ બેન્ચ (Optical bench), મીણબત્તી, દીવાસળીની પેટી, મીણબત્તીનું નાનું સ્ટૅન્ડ, આશરે 25 cm કેન્દ્રલંબાઈ વાળો અંતર્ગોળ અરીસો, પડદો, ત્રણ ઊભા સ્ટૅન્ડ (ક્લૅમ્પ સાથે), મીટર પટ્ટી, સેલોટેપ, સ્પિરિટ લેવલ.

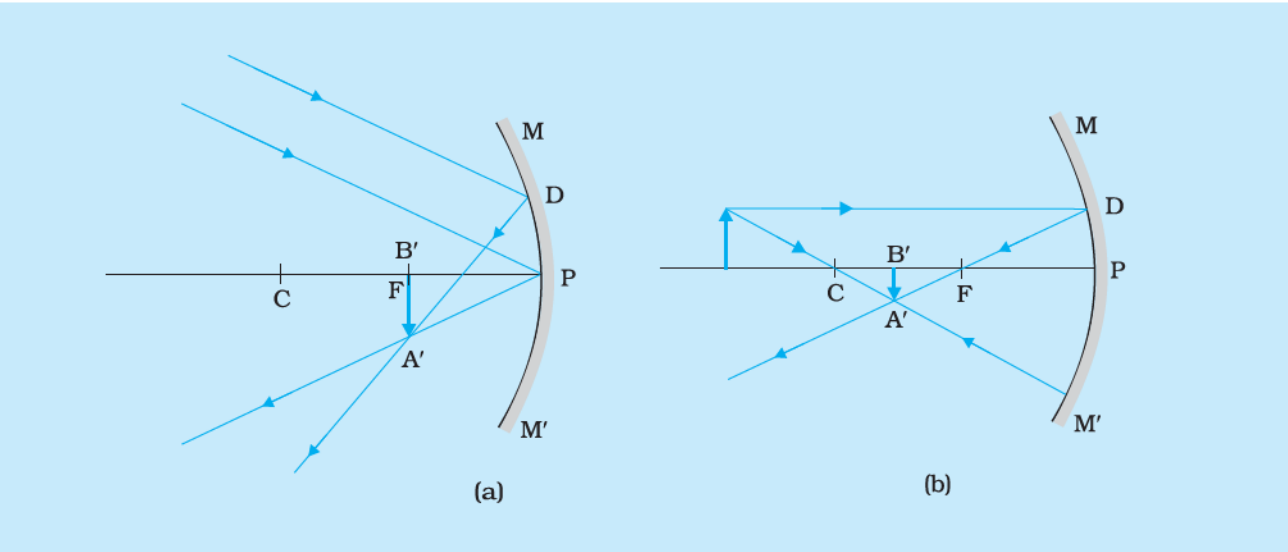
સિદ્ધાંત

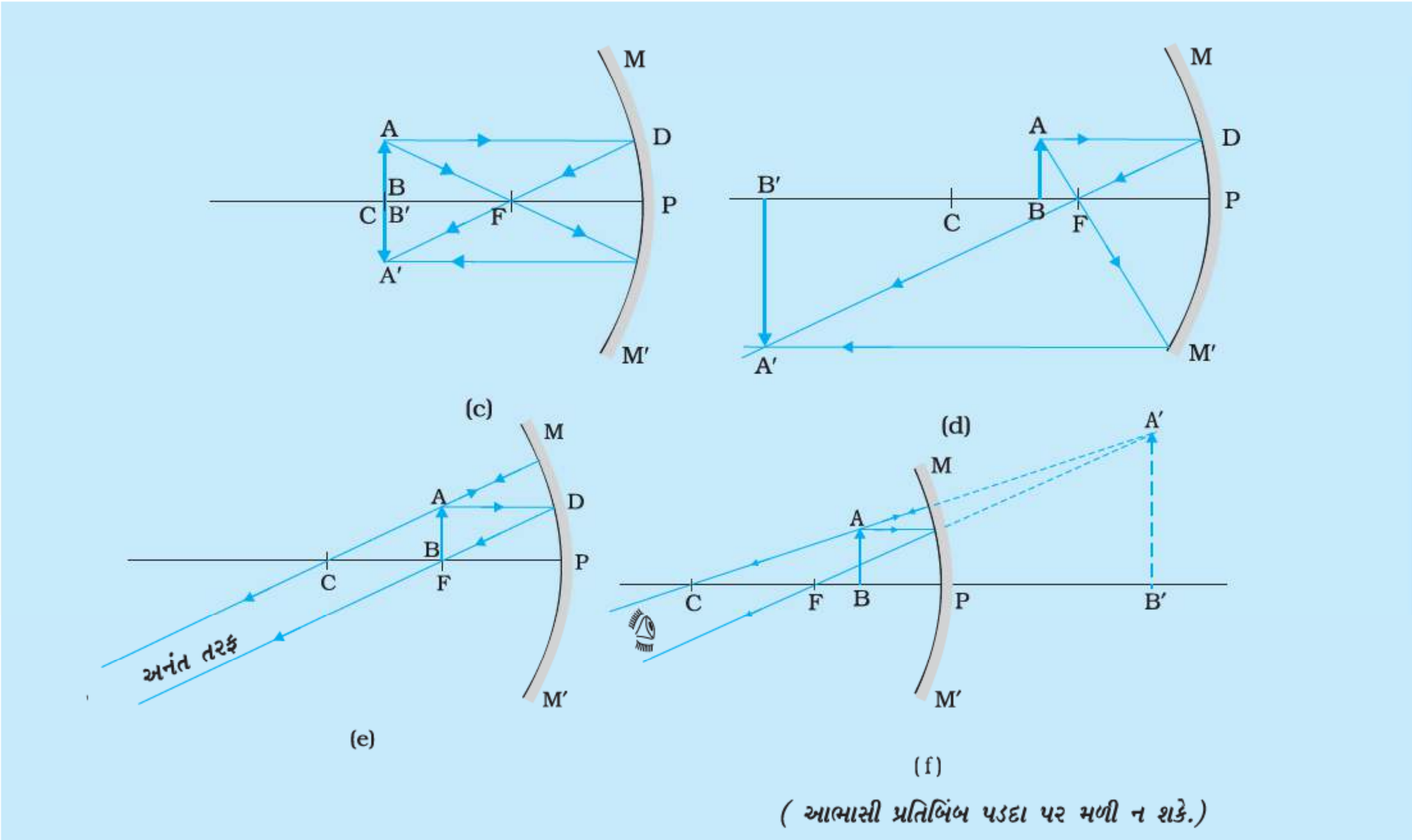
અંતર્ગોળ અરીસા વડે મળતા વસ્તુનાં પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ, વસ્તુના સ્થાન સાથે બદલાય છે. [આકૃતિ A 13 (ii) 1 (a) થી (f)] અરીસા સામે (જુદી-જુદી પરિસ્થિતિમાં) વસ્તુને જુદાં-જુદાં સ્થાને મૂકવાથી મળતા પ્રતિબિંબ દર્શાવે છે.

(a) વસ્તુ અનંત અંતરે એટલે કે $u = \infty$. મુખ્ય કેન્દ્ર પર સાચું, ઊલટું અને ઘણું જ નાનું પ્રતિબિંબ મળે છે એટલે કે $v = f$.

(b) વસ્તુ અનંત અંતરે અને વક્રતાકેન્દ્રની વચ્ચે એટલે કે $\infty > u > 2f$. સાચું, ઊલટું અને નાનું પ્રતિબિંબ વક્રતાકેન્દ્ર (C) અને મુખ્ય કેન્દ્ર (F)ની વચ્ચે મળે છે એટલે કે $f > v > 2f$.

(c) વસ્તુ વક્રતાકેન્દ્ર પર એટલે કે $u = 2f$. સાચું અને ઊલટું પ્રતિબિંબ વક્રતાકેન્દ્ર પર જ મળે છે એટલે કે $v = 2f$. અહીં પ્રતિબિંબનું પરિમાણ વસ્તુના પરિમાણ જેટલું જ હોય છે.





આકૃતિ A 13 (ii) 1 : *(a), (b), (c), (d), (e), (f)* **અંતર્ગોળ અરીસા વડે પ્રતિબિંબની રચના**

(d) વસ્તુ વક્રતાકેન્દ્ર અને મુખ્ય કેન્દ્ર વચ્ચે એટલે કે $2f > u > f$ તો સાચું, ઊલટું અને મોટું પ્રતિબિંબ વક્રતાકેન્દ્ર અને અનંત અંતરની વચ્ચે મળે એટલે કે $2f < v < \infty$.

(e) વસ્તુ મુખ્ય કેન્દ્ર પર એટલે કે $u = f$ તો સાચું, ઊલટું અને ઘણું જ મોટું પ્રતિબિંબ અનંત અંતરે મળશે એટલે કે $v = \infty$.

(f) વસ્તુ મુખ્ય કેન્દ્ર F અને અરીસાના ધ્રુવ P વચ્ચે એટલે કે $f < u < 0$ તો આભાસી, ચત્તું અને ઘણું જ મોટું પ્રતિબિંબ અરીસાની પાછળ મળે.

અંતર્ગોળ અરીસા પર પરાવર્તન થયા પછી જો પ્રકાશ કિરણો ખરેખર મળે અને જેને પડદા પર મેળવી શકાય તેવા પ્રતિબિંબને સાચું (હંમેશા ઊલટું) પ્રતિબિંબ કહી શકાય. પણ જ્યારે પરાવર્તન પછી પ્રકાશના કિરણો ખરેખર મળે નહીં પણ મળવાનો આભાસ થતો હોય તે પ્રતિબિંબને આભાસી (હંમેશાં ચત્તું) પ્રતિબિંબ કહી શકાય. એટલે આકૃતિ [A 13 (ii) 1 (a) થી (d)] સુધીમાં મીણબત્તીનું પ્રતિબિંબ પડદા પર મેળવી શકાય છે. પ્રતિબિંબનું કદ પડદા પર આલેખ પેપર ચોંટાડી મેળવી શકાય.

પદ્ધતિ

(1) દૂરની વસ્તુના પ્રતિબિંબને કેન્દ્રિત કરીને અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈનું અંદાજિત મૂલ્ય મેળવો. આ માટે, સૂર્ય અથવા કોઈ એક ઝાડનું પ્રતિબિંબ કોરા કાગળ પર અથવા દીવાલ પર મેળવો અને પછી દીવાલ તથા અરીસા વચ્ચેનું અંતર માપી લો. આ અંતર આપેલ અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈનું આશરે માપ છે. આ કેન્દ્રલંબાઈ બમણી કરવાથી આપેલ અરીસાની વક્રતાત્રિજ્યાની અંદાજિત કિંમત મળે છે.

(2) ઓપ્ટિકલ બેન્ચ દૃઢ પ્લૅટફૉર્મ (platform) પર મૂકો. અને સ્પિરિટ લેવલની મદદથી બેન્ચના બેઝ (base) પર આપેલા લેવલીંગ સ્ક્રુની મદદથી તેને સમક્ષિતિજ કરો.

(3) અંતર્ગોળ અરીસાને ઓપ્ટિકલ બેન્ચના એક છેડા પર ઊર્ધ્વ રીતે ગોઠવો જેથી તેની મુખ્ય અક્ષ સમક્ષિતિજ અને ઓપ્ટિકલ બેન્ચને સમાંતર રહે. આ સ્થિતિમાં અરીસો મુખ્ય અક્ષને લંબ સમતલમાં જ રહે છે.

(4) એક નાના મીણબત્તીના સ્ટૅન્ડ પર એક સળગાવેલી મીણબત્તી મુકો અને તેને બેન્ચના સ્ટેન્ડ પર ગોઠવો. આ સ્ટેન્ડને અરીસાની પરાવર્તક બાજુની નજીક મુકો. આ સ્ટૅન્ડને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી મીણબત્તીનું તળીયું (અથવા મીણબત્તીના સ્ટૅન્ડની ટોચ) એ ઓપ્ટીકલ બેન્ચના તળીયાથી અરીસાના ધ્રુવ Pની ઊંચાઈ જેટલું થાય. આ પરિસ્થિતિમાં, મીણબત્તીનું તળિયું (અથવા મીણબત્તીના સ્ટૅન્ડની ટોચ) અરીસાના મુખ્ય અક્ષ પર આવે.

(5) પડદાને બીજા સ્ટૅન્ડ પર ગોઠવો અને તેના ટોચની ઊંચાઈ ઓપ્ટીકલ બેન્ચના તળીયાથી અરીસાના ધ્રુવ P જેટલી થાય તેમ ગોઠવો. એટલે જ, પડદાનું સ્થાન અરીસાના મુખ્ય અક્ષ નીચે આવે.

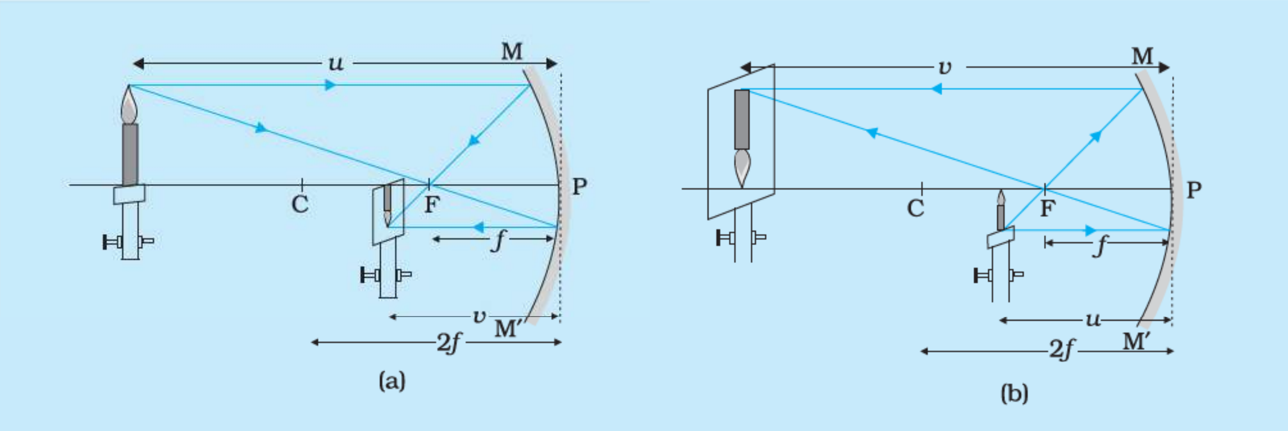
નોંધ : એવી પરિસ્થિતિઓ જેમાં $\infty > u > R$; $R > v > f$ હોય, તેમાં [આકૃતિ A 13 (ii) 2(a)]માં બતાવ્યા પ્રમાણે વસ્તુ મુખ્ય અક્ષની ઉપર મુકાય અને પડદાને મુખ્ય અક્ષની નીચે રાખવામાં આવે.

(6) મીણબત્તીના સ્ટૅન્ડને ઓપ્ટિકલ બેન્ચના બીજા છેડા તરફ ખસેડો કે જેથી તેનું અંતર અરીસાથી કેન્દ્રલંબાઈ કરતા ઘણું વધારે હોય એટલે અરીસાની સામે મીણબત્તીનું સ્થાન ઘણું દુર ગણી શકાય એટલે કે $u >> R$ આ સ્થિતિમાં મીણબત્તીનું પ્રતિબિંબ અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્ર Fની ઘણી નજીક મળશે. અથવા $v = f$ [આકૃતિ A 13 (ii) 1(a)].

(7) અરીસા, પડદા અને મીણબત્તીના સ્ટૅન્ડના સ્થાન ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર આવેલી માપપટ્ટી પરથી વાંચો અને અવલોકન-કોષ્ટકમાં તેની નોંધ કરો.

(8) માપપટ્ટીની મદદથી સળગાવેલી મીણબત્તીની ઊંચાઈ માપો. પડદા પર મળતા તેના પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ પણ માપો. (પ્રવૃત્તિ 13 (i) ના નવમા પદ પ્રમાણે)

(9) સળગતી મીણબત્તીને વક્રતાકેન્દ્ર C નજીક લાવો (અંતર PC = $2f$). હવે પ્રતિબિંબ C અને Fની વચ્ચે, $2f$ ની નજીક મળશે. સચોટ પ્રતિબિંબ મળે તે રીતે પડદાને ગોઠવો. [આકૃતિ A 13 (ii) 1 (b)].



આકૃતિ A 13 (ii). 2 : અંતર્ગોળ અરીસા વડે પ્રકાશિત મીણબત્તીનાં મળતા વાસ્તવિક પ્રતિબિંબો (a) $u > v$ અને (b) $u < v$.

(10) મીણબત્તીને C પર મૂકો. પડદાને મુખ્ય કેન્દ્ર F તરફ ઓપ્ટિકલ બેન્ચ (optical bench) પર ખસેડો. પદ 1 માં મેળવેલી અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈનો ઉપયોગ કરો. અંતિમ ગોઠવણ કરો. સળગતી મીણબત્તીનું સચોટ પ્રતિબિંબ પડદા પર મેળવો. પ્રતિબિંબના પ્રકારની નોંધ કરો.

(11) પદ 7 અને 8 ફરીથી કરો અને અવલોકનો નોંધો. પ્રતિબિંબના પ્રકાર પણ નોંધો.

(12) સળગતી મીણબત્તીને એવી રીતે ખસેડો કે જેથી $R > u > f$ થાય. હવે, પ્રતિબિંબ બિંદુ C અને અનંત (∞)ની વચ્ચે મળશે. એટલે કે $\infty > v > R$ [આકૃતિ A 13 (ii). 1 (d)] હવે, $u < v$ હોવાથી, મીણબત્તી (વસ્તુ) મુખ્ય અક્ષની નીચે જ્યારે પડદો મુખ્ય અક્ષ ઉપર મૂકો એટલે કે [આકૃતિ A 13 (ii) 2(b)]માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મીણબત્તીની ટોચ અને પડદાનું તળિયું મુખ્ય અક્ષ પર છે.

(13) મીણબત્તીને F અને પછી F અને P વચ્ચે મૂકી ઉપરના પદને ફરીથી કરવા. કોષ્ટક A 13 (ii) 1 માં અવલોકનો નોંધવા.

નોંધ : જ્યારે મીણબત્તીને વક્રતાકેન્દ્ર C પર મૂકીએ (એટલે કે u = R), આ રીત પ્રતિબિંબનું સ્થાન મેળવવા માટે ઉપયોગી થતી નથી. કારણ કે મીણબત્તી અને પડદાને એક સાથે ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર એક જ જગ્યાએ મૂકવું અઘરું બને છે.

અવલોકનો

અંતર્ગોળ અરીસાની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ = ... cm

કોષ્ટક A 13 (ii) 1 : વસ્તુનાં જુદાં-જુદાં સ્થાન માટે પ્રતિબિંબના પ્રકાર, પરિમાણ અને સ્થાન

અનુ-ક્રમ	અરીસાનું સ્થાન (cm)	મીણબત્તીનું સ્થાન (cm)	જ્યોતનું પરિમાણ (cm)	પડદા પર પ્રતિબિંબનું સ્થાન (cm)	પ્રતિબિંબનું પરિમાણ (cm)	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર (cm)	પ્રતિબિંબનું સાપેક્ષ પરિમાણ (cm)
1							
2							
--							
6							

પરિણામ

પ્રતિબિંબના પ્રકાર, પરિમાણ અને સ્થાનનાં અવલોકનો દર્શાવે છે કે,

(1) જેમ વસ્તુ મુખ્ય કેન્દ્ર પાસે આવે તેમ પ્રતિબિંબ મુખ્ય કેન્દ્રથી દૂર જાય છે.

(2) જેમ પ્રતિબિંબ અરીસાથી દૂર જાય છે તેમ તેનું પરિમાણ વધતું જાય છે.

(3) જ્યારે વસ્તુ અનંત અને Fની વચ્ચે મૂકેલ હોય ત્યારે અંતર્ગોળ અરીસા વડે રચાતું તેનું પ્રતિબિંબ સાચું અને ઊલટું મળે છે.

(4) જ્યારે વસ્તુ F અને ધ્રુવ વચ્ચે મૂકેલ હોય ત્યારે પ્રતિબિંબ અરીસાની પાછળ, આભાસી, ચત્તું અને મોટું હોય છે.

સાવચેતીઓ

(1) આ પ્રયોગ છાંયડાવાળી જગ્યામાં કે જ્યાં સીધો પ્રકાશ આવતો ન હોય (ડાર્ક રૂમ Dark room ને પ્રાધાન્ય) ત્યાં કરવો નહિતર પ્રતિબિંબ ચોખ્ખું દેખાશે નહિ.

(2) સૂર્યને કેન્દ્રિત કરી અરીસાના કેન્દ્રલંબાઈનું અંદાજિત માપ કાઢતી વખતે સૂર્યને અરીસામાંથી જોવો નહિં. તેનાથી આંખોને નુકસાન થઈ શકે.

(3) પ્રકાશીય સાધનોને બેન્ચ પર જકડી રાખવા માટે વપરાતી વસ્તુઓ દઢ અને ઊર્ધ્વ હોવી જોઈએ.

(4) અરીસાનું દર્પણમુખ નાનું હોવું જોઈએ નહીંતર પ્રતિબિંબ સ્પષ્ટ નહિં મળે.

(5) પડદા પર મળતા પ્રતિબિંબથી આંખને 25 cm કરતા વધુ અંતરે રાખવી.

(6) જો ઓપ્ટિકલ બેન્ચનો ઉપરનો ભાગ સમક્ષિતિજ ન હોય, તો અવલોકનોમાં ત્રુટિ ઉદભવી શકે.

(7) ઓપ્ટિકલ બેન્ચના બધા જ પ્રયોગોમાં આપેલી સામાન્ય સૂચનાઓનું ધ્યાન રાખવું.

(8) અંતર્ગોળ અરીસો front-coated હોવો જોઈએ નહિતર અરીસાની પરાવર્તક સપાટી પરથી આવતા એકથી વધુ પરાવર્તનના કારણે પ્રતિબિંબનું ચોક્કસ સ્થાન ગુંચવાશે.

ચર્ચા

(1) જ્યારે વસ્તુ અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્ર અને ધ્રુવ વચ્ચે હોય ત્યારે મળતા પ્રતિબિંબની લાક્ષણિકતાઓનું ચોક્કસપણે અવલોકન કરી શકાતું નથી. તમે ફક્ત પડદાને અરીસાની સામે ખસેડીને પ્રતિબિંબ અરીસાની સામે મળતું નથી તે ચકાસી શકો છો. કિરણ આકૃતિ (Ray diagram) દોરીને જોઈ શકાય કે અરીસાની પાછળ આભાસી પ્રતિબિંબ બને છે.

(2) તમે અવલોકનના વલણો અને કિરણ આકૃતિઓ દોરી $u = \infty$ અને $u = f$ ને અનુલક્ષીને તારણો કાઢી શકો કારણ કે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ અનુક્રમે ઓપ્ટીકલ બેન્ચની અવધિની બહાર છે.

(3) $u = 2f$ ને અનુલક્ષીને પરિસ્થિતિ મેળવવી પણ અઘરી છે કારણ કે મીણબત્તી અને પડદા એક જ સ્થાને મૂકવા પડે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ 20 cm છે, તો તેની વક્રતાત્રિજ્યા કેટલી હશે?

(2) જ્યારે વસ્તુને અંતર્ગોળ અરીસાની સામે 30 cm અંતરે મૂકીએ ત્યારે તે જ પરિમાણનું પ્રતિબિંબ મળે છે, તો અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ કેટલી હશે ?

(3) અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ 30 cm છે. આ અરીસાની સામે વસ્તુ 40 cm અંતરે મૂકી હોય તો મળતા પ્રતિબિંબની લાક્ષણિકતાઓ કઈ હશે ?

(4) જો અરીસાના નીચલા અડધા ભાગમાં કાળો કલર કરવામાં આવે, તો પ્રતિબિંબના પરિમાણ અને તીવ્રતા પર શું અસર પડે ?

(5) શું પડદા પર આભાસી પ્રતિબિંબ મેળવી શકાય ? જો હા, તો કેવી રીતે ?

(6) લેન્સ સાથે કરાતા આવા જ પ્રયોગમાં પ્રતિબિંબ સહેજ રંગીન મળે છે. આનું કારણ શું હશે?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

સમતલ અરીસા અને એક પિન ની મદદથી આપેલ બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધો.

પ્રવૃત્તિ 14

હેતુ

લેન્સના આપેલા સમુહમાંથી બે લેન્સનો ઉપયોગ કરી દર્શાવેલ (યોગ્ય) કેન્દ્રલંબાઈવાળું લેન્સનું સંયોજન મેળવવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

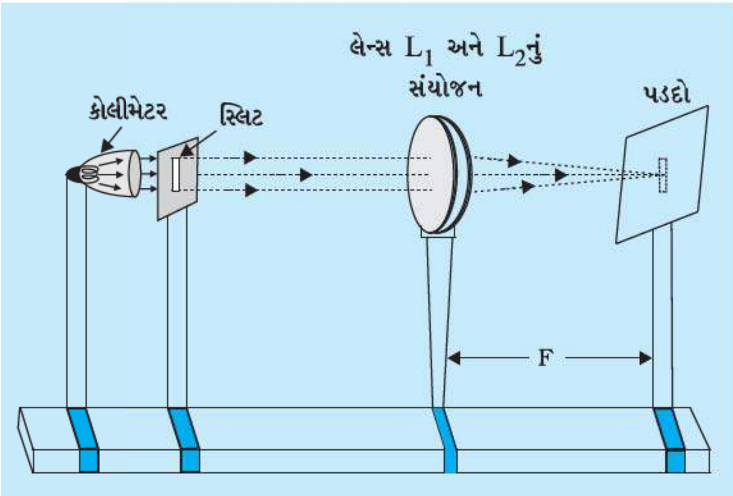
જ્ઞાત પાવરવાળા બહિર્ગોળ લેન્સનો સમૂહ, પડદા અને ઊર્ધ્વ સ્ટૅન્ડ (upright)વાળી ઓપ્ટિકલ બેન્ચ (optical bench), પ્રકાશનું સમાંતર કિરણપુંજ આપતું પ્રકાશનું ઉદ્‌ગમ સ્થાન (કોલિમેટર (collimator))

સિદ્ધાંત

મુખ્ય અક્ષને સમાંતર, પ્રકાશનું સમાંતર કિરણપુંજ લેન્સમાંથી વક્રીભૂત થયા પછી કાં તો મુખ્ય અક્ષ પરના બિંદુ પર કેન્દ્રિત થાય અથવા કોઈ એક બિંદુએથી વિકેન્દ્રીત થતા હોય તેવો આભાસ થાય. આ બિંદુને મુખ્ય કેન્દ્ર કહે છે. ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી મુખ્ય કેન્દ્ર સુધીના અંતરને કેન્દ્રલંબાઈ કહે છે.

લેન્સનો પાવર

લેન્સની પોતાનામાંથી પસાર થતાં કિરણોને કેન્દ્રિત અથવા વિકેન્દ્રીકરણ કરવાની ક્ષમતાને તે લેન્સનો પાવર કહે છે.



આકૃતિ A 14.1 (a) : લેન્સના સંયોજનની કેન્દ્રલંબાઈ

$$\text{પાવર} = \frac{1}{\text{કેન્દ્ર લંબાઈ}(f)}$$

તેનો SI એકમ ડાયોપ્ટર (Dioptre) છે. બહિર્ગોળ લેન્સનો પાવર ધન લેવામાં આવે છે. બે કે તેથી વધુ લેન્સ એકબીજાના સંપર્કમાં રહે અને તેમની મુખ્ય અક્ષ સામાન્ય રહે તેવી ગોઠવણને લેન્સનું સંયોજન કહે છે. જો લેન્સની વ્યક્તિગત કેન્દ્રલંબાઈ f_1, f_2, f_3 .... , f_n હોય અને સંયોજનની કેન્દ્રલંબાઈ F હોય, તો

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}+.......+\frac{1}{f_n}$$

અથવા $P = P_1 + P_2 + ... + P_{n'}$

અહીં P = સંયોજનનો પાવર

P_1, P_2, ..., P_n = લેન્સનો વ્યક્તિગત પાવર

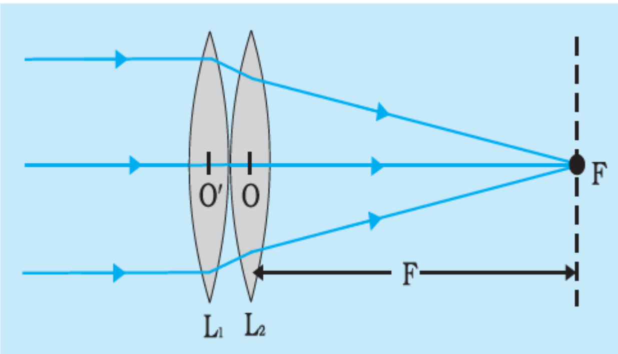
આકૃતિ A 14.1 (a)

પદ્ધતિ

(1) જરૂરી કેન્દ્રલંબાઈને અનુલક્ષીને બંને લેન્સના સંયોજનનો પાવર ગણો.

(2) આપેલા લેન્સના સમૂહમાંથી એક લેન્સ એવો પસંદ કરો કે, જેનો પાવર-સંયોજનના પાવર કરતા ઓછો હોય. (જો ફક્ત બહિર્ગોળ લેન્સ જ હોય તો)

(3) જરૂરી કેન્દ્રલંબાઈવાળું સંયોજન મેળવવા માટે જ્ઞાત કેન્દ્રલંબાઈવાળા લેન્સની સાથે સંપર્કમાં મૂકવામાં આવનાર અજ્ઞાત કેન્દ્રલંબાઈવાળા લેન્સનો પાવર શોધો. લેન્સના સમૂહમાંથી એવો લેન્સ પસંદ કરો કે જેનો પાવર ગણતરી કરેલા પાવરની નજીક હોય.



આકૃતિ A 14.1 (b) : સમાંતર કિરણપુંજને લેન્સના સંયોજન પર આપાત કરવું

(4) સમક્ષિતિજ ટેબલ પર ઓપ્ટિકલ બેન્ચને ગોઠવો. કોલીમેટરને એવી રીતે ગોઠવો કે તેમાંથી પ્રકાશનો સમાંતર કિરણપુંજ સીધો ઓપ્ટિકલ બેન્ચને સમાંતર જાય. જો કોલીમેટર ના મળે તો સમતલ અરીસા વડે સૂર્યપ્રકાશને ઓપ્ટિકલ બેન્ચને સમાંતર કરો. અને સ્લિટને પ્રકાશીત કરો. [આકૃતિ A 14.1 (b)].

(5) બે લેન્સને એકબીજા સાથે સંપર્કમાં રહે તે રીતે ઊર્ધ્વ સ્ટૅન્ડ પર મૂકો. આ માટે એકબીજા સાથે સંપર્કમાં હોય તેવા બે લેન્સ પકડી રાખે તેવું સ્ટેન્ડ અથવા થરમૉકોલની શીટમાં ખાંચા પાડીને લેન્સને ગોઠવી શકાય.

(6) સમાંતર કિરણપુંજને આ સંયોજન પર આપાત કરવું અને બીજી તરફ મૂકેલા પડદા પર તેનું સચોટ પ્રતિબિંબ લેવું. આ માટે પડદા અને લેન્સના સંયોજન વચ્ચેનું અંતર ગોઠવવું.

(7) બંને લેન્સથી પડદાનું અંતર માપવું અને કોષ્ટકમાં નોંધવું.

(8) ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર ઓછામાં ઓછું ત્રણવાર લેન્સના સંયોજનનું સ્થાન બદલી આ પ્રવૃત્તિ ફરીથી કરવી. દરેક કિસ્સામાં અવલોકનો નોંધવાં.

અવલોકનો

લેન્સ L_1ની કેન્દ્રલંબાઈ $= f_1$

લેન્સ L_2ની કેન્દ્રલંબાઈ $= f_2$

લેન્સ-સંયોજનની ગણતરીથી કેન્દ્રલંબાઈ $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પરની માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ = ... mm

કોષ્ટક A 14.1 : લેન્સના સંયોજનની કેન્દ્રલંબાઈ

અનુક્રમ નંબર	પડદાથી પહેલા લેન્સનું અંતર d_1 (cm)	પડદાથી બીજા લેન્સનું અંતર d_2 (cm)	પડદાનું લેન્સના સંયોજનથી સરેરાશ અંતર $\frac{d_1 + d_2}{2} = F$(cm)
1			
2			
3			

ગણતરીઓ

લેન્સના સંયોજનથી પડદાનું સરેરાશ અંતર એ તેની કેન્દ્રલંબાઈનું માપ છે. પ્રયોગ દરમિયાન મળેલા બધા જ અવલોકનો (readings)ના સરેરાશને સંયોજનની કેન્દ્રલંબાઈ તરીકે લો.

પરિણામ

લેન્સ-સંયોજનની કેન્દ્રલંબાઈની માપેલી કિંમત = ... cm

માપેલી કેન્દ્રલંબાઈ અને ગણતરી દ્વારા મેળવેલી કેન્દ્રલંબાઈ વચ્ચેનો તફાવત = ... cm

આ તફાવત પ્રયોગ દરમિયાન થયેલી ત્રુટિના કારણે હોઈ શકે.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) લેન્સના જાડાપણાના કારણે ત્રુટિઓ ઉદ્‌ભવી શકે.

(2) લેન્સના પરિઘનો ભાગ સંપર્કમાં હોતો નથી.

(3) સચોટ પ્રતિબિંબનું સ્થાન એટલે કે સચોટ કેન્દ્રલંબાઈ મેળવવામાં ગોલીય વિપથન (Spherical abberation)ના કારણે ત્રુટિ ઉદ્‌ભવી શકે.

ચર્ચા

(1) જ્ઞાત કેન્દ્રલંબાઈવાળા બહિર્ગોળ લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્ર પર ટૉર્ચ (Torch)નો ગોળો મૂકીને પ્રકાશનું સમાંતર કિરણપુંજ આપતું ઉદ્‌ગમ મેળવી શકાય.

(2) લેન્સની જોડીને એકબીજાથી d અંતરે ગોઠવી તથા આ અંતરને યોગ્ય રીતે ગોઠવી તમે લેન્સ સંયોજન બનાવી શકો.

સૂત્ર $\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}-\frac{d}{f_1f_2}$નો ઉપયોગ કરી તમે ઇચ્છિત કેન્દ્રલંબાઈવાળું સંયોજન બનાવી શકો.

આ રીતે તમે કઈ અવધિની કેન્દ્રલંબાઈઓ મેળવી શકો ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) 20 cm કેન્દ્રલંબાઈવાળા બહિર્ગોળ લેન્સને 10 cm કેન્દ્રલંબાઈવાળા અંતર્ગોળ લેન્સ સાથે સંપર્કમાં મૂકતા આ સંયોજનની અસરકારક કેન્દ્રલંબાઈ કેટલી થશે ?

(2) જો બહિર્ગોળ લેન્સને સંપૂર્ણપણે પાણીમાં ડુબાડો તો તેની કેન્દ્રલંબાઈ પર શું અસર થશે ?

(3) f_1 અને f_2 કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા બે લેન્સને એકબીજાથી d અંતરે રાખીએ તો શું હજુ પણ સૂત્ર $\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$ માન્ય છે? જો ના હોય તો સુધારેલું સૂત્ર આપો. શું સંયોજનની કેન્દ્રલંબાઈ (i) $< F$ (ii) $> F$ હશે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) પ્રત્યાવર્તનક્ષમ ત્રુટિ (Refractive error) ધરાવતી એક વ્યક્તિ દૂર આવેલી વસ્તુઓને સ્પષ્ટ જોઈ શકે છે પણ ચોપડી વાંચી શકતી નથી. આપણે એવું શોધી કાઢ્યું કે, તે વ્યક્તિ કેન્દ્રલંબાઈ 2, $\frac{2}{3}$m અને –1m વાળા લેન્સનાં સંયોજનોની મદદથી ચોપડી સ્પષ્ટ રીતે વાંચી શકે છે, તો આ વ્યક્તિ માટે કેટલા પાવરવાળો લેન્સ નિયત (Prescribe) કરી શકાય ?

(2) (i) અભિસારિત લેન્સ તરીકે કામ કરે.

(ii) અભિસારિત લેન્સ તરીકે કામ ન કરે.

તેના માટે કયા લેન્સોનું સંયોજન પસંદ કરવું પડે ?

પરિયોજનાઓ
PROJECTS

પરિયોજના 1

હેતુ

વિવર્તનનો ઉપયોગ કરી લેસર (LASER) કિરણપુંજ (Beam)ની તરંગલંબાઈ નક્કી કરવી.

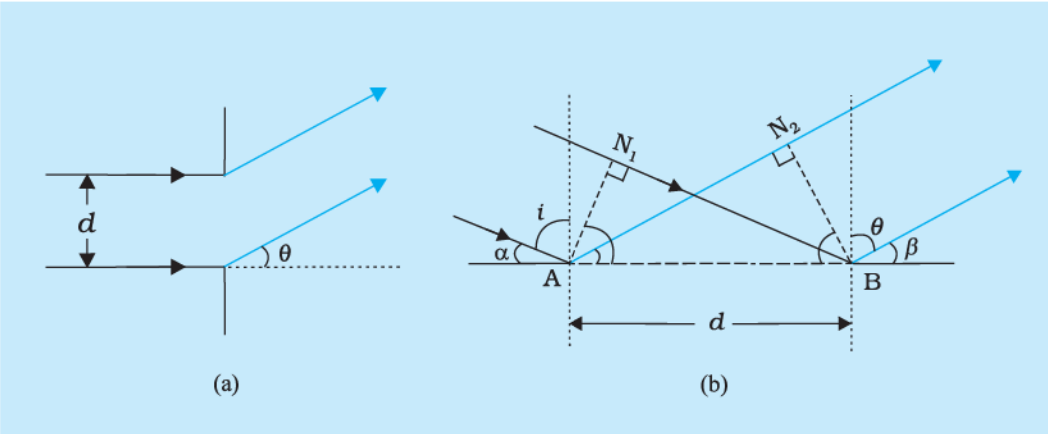
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

એક He-Ne અથવા અર્ધવાહક લેસર (LASER), mm માં અંકનવાળી સ્ટીલની ચળકતી માપપટ્ટી, એક મીટરપટ્ટી, ક્લેમ્પવાળું સ્ટૅન્ડ, પૂંઠા પર લગાડેલ આલેખનો કાગળ

પદો અને વ્યાખ્યાઓ

LASER : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. (ટૂંકમાં LASER)

વિવર્તન : નાના કાણા અથવા સ્લિટમાંથી પ્રકાશના વાંકા વળવાની ઘટનાને વિવર્તન કહે છે.



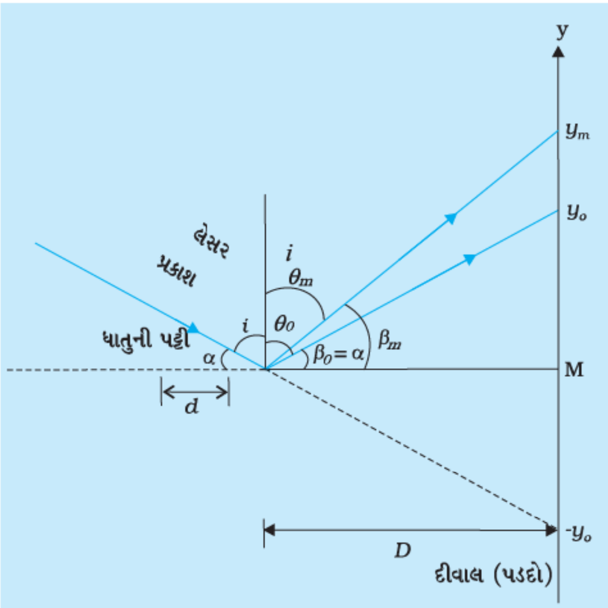
આકૃતિ P 1.1 : એક સ્લિટ વડે વિવર્તન *(a)* લંબ આપાત *(b)* ત્રાંસું આપાત

સિદ્ધાંત

જો λ તરંગલંબાઈ ધરાવતું પ્રકાશનું સમાંતર કિરણપુંજ d પહોળાઈવાળી સ્લિટ પર લંબરૂપે આપાત થાય [આકૃતિ P 1.1 *(a)*માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે], તો વિવર્તન ભાતનું મધ્યસ્થ અધિકતમ $\theta = 0$ પર મળશે અને

પછીના અધિકતમો $\sin\theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{d}$, $n \neq 0$ પર મળશે.

સ્ટીલની ચકળતી માપપટ્ટી પર હોય તેવી સમાન અંતરે આવેલી આવી ઘણી બધી સ્લિટો ધ્યાનમાં લઈએ. વળી, પ્રકાશપુંજનો આપાતકોણ 90°ની નજીક હોય.



આકૃતિ P 1.2 : પ્રાયોગિક ગોઠવણની યોજનાકીય રેખાકૃતિ

(P 1.1)

આકૃતિ P 1.1 (b)ને અનુલક્ષીને આપાત અને વિવર્તિત કિરણપુંજ વચ્ચેનો પથ-તફાવત

$(N_1B - AN_2) = d\ (\sin i - \sin \theta)$

અહીં, i એ આપાત કિરણ અને લંબ વચ્ચેનો કોણ છે. $i \leq 90°$ ના આપાતકોણ પર આપાત λ તરંગલંબાઈવાળા પ્રકાશના વિવર્તન માટે જો ધાતુની માપપટ્ટી પરના કાપાઓનો ઉપયોગ કરીએ, તો આકૃતિ P 1.2માં દર્શાવ્યા મુજબ, θ_m કોણે વિવર્તન પામતાં m મા ક્રમના અધિકતમ માટે,

$d\ (\sin i - \sin \theta_m) = m\lambda$ મળે.

જ્યાં ક્રમિક કાપાઓ વચ્ચેનું અંતર d અચળ છે.

જો $d = 1$ mm અને α = આપાત કિરણ અને સ્ટીલની માપપટ્ટી વચ્ચેનો કોણ હોય,

તો $\alpha = \left(\frac{\pi}{2} - i\right)$ અને $\beta_m = \left(\frac{\pi}{2} - \theta_m\right)$

તો ઉપરનું સમીકરણ નીચે મુજબ લખી શકાય : $d(\cos \alpha - \cos \beta_m) = m\lambda$

શૂન્યમાં ક્રમ ($m = 0$) માટે, કિરણપુંજ વિશિષ્ટ રીતે પરાવર્તન પામે છે અને $\alpha = \beta_0$ થાય. માપપટ્ટી પરના આપાત ક્ષેત્ર અને પડદાની વચ્ચેના અંતરને D લો. વિવર્તનનાં ટપકાં (spots) Y–અક્ષ પર આવેલ હોય છે અને m મા ક્રમના ટપકાના સ્થાનને y_m વડે દર્શાવીએ.

આકૃતિ P 1.2 પરથી

$$\cos \beta_m = \frac{D}{\sqrt{D^2 + y_m^2}} = \frac{D}{D\sqrt{1 + \left(\frac{y_m}{D}\right)^2}}$$

$$\therefore \quad \cos \beta_m = \left[1 + \left(\frac{y_m}{D}\right)^2\right]^{-1/2}$$

$$= 1 - \frac{1}{2}\frac{y_m^2}{D^2} + \ldots$$

દ્વિપદી વિસ્તરણનો ઉપયોગ કરતાં ($\because$ બધા m માટે $y_m << D$ હોવાથી)

અને $\cos\alpha = \cos\beta_0 = 1 - \frac{1}{2}\frac{{y_o}^2}{D^2} + \ldots$

$\therefore \cos\alpha - \cos\beta_m \approx (y^2_{\text{m}} - y^2_0) / 2D^2 = \frac{m\lambda}{d}$ (સમીકરણ P1.1 પરથી)

માટે, પ્રકાશની તરંગલંબાઈ

$\lambda = d\,(y^2_{\text{m}} - y^2_0) / 2\,m\,D^2$ વડે આપી શકાય.

પદ્ધતિ

(1) સ્ટૅન્ડ પર ધાતુની માપપટ્ટીને સમક્ષિતિજ ગોઠવો.

(2) માપપટ્ટીના છેડા પાસે બીજા સ્ટૅન્ડ પર લેસરનું ઉદ્‌ગમ ગોઠવો.

(3) બંને સ્ટૅન્ડને સમાન ઊંચાઈએ એકબીજાથી લગભગ 20 cm દૂર રહે તે રીતે ટેબલ પર મૂકો.

(4) માપપટ્ટીથી 3 થી 4 m અંતરે, લેસરના ઉદ્‌ગમ સ્થાનની સામેની દીવાલ પર આલેખનો એક કાગળ ચોંટાડો.

(5) લેસર ઉદ્‌ગમને ચાલુ કરો અને તેને એવી રીતે ઢોળાવ આપો કે જેથી લેસરની કિરણપુંજ માપપટ્ટી પરના છિદ્ર/થોભણ (grooves) પર ગ્રેઝિંગ (grazing) [આપાતકોણનો પૂરકકોણ] કોણે અથડાય અને આલેખવાળા કાગળ પર વિવર્તન બિંદુઓ જોવા મળે. (આલેખના કાગળ પર બિંદુઓ જોવા માટે તમારે ઉદ્‌ગમ અને માપપટ્ટીનું સ્થાન અને નમન ગોઠવવું પડશે.)

(6) હવે લેસર અને માપપટ્ટીનું સ્થાન તથા નમન નિશ્ચિત રાખો.

(7) આલેખના કાગળ પર જુદાં-જુદાં વિવર્તન બિંદુઓનાં સ્થાનનાં નિશાન કરો.

(8) ધાતુની માપપટ્ટી હટાવી, લેસર ઉદ્‌ગમ પરથી સીધા આવતાં બિંદુઓનું આલેખ પેપર પર અવલોકન કરો. આ સ્થાનને $(-y_0)$ કહો.

(9) સીધી આવતી કિરણપુંજના સ્થાન $(-y_0)$ અને પ્રથમ બિંદુ (y_0)ના વચ્ચેના મધ્ય બિંદુ આલેખ પર શોધો અને તેને M કહો.

(10) હવે M થી બીજા બિંદુનું અંતર (y_1) માપો.

(11) વિવર્તન ભાતના બીજા અને ત્રીજા ક્રમનું અવલોકન મેળવવા પદ 7 થી 10નું પુનરાવર્તન કરો.

અવલોકનો

પ્રથમ ક્રમ માટે :

d = 1 mm

D = ... m

M થી પ્રથમ બિંદુનું અંતર (y_0) = ... y_0

M થી બીજા બિંદુનું અંતર (y_1) = ... y_1

બીજા અને ત્રીજા ક્રમનાં અવલોકનો – પ્રથમ ક્રમની જેમ જ.

ગણતરીઓ

દરેક સેટ માટે $(y_1^2 - y_0^2)$ની કિંમત ગણો અને પછી $(y_1^2 - y_0^2)$ની સરેરાશ કિંમત શોધો.

સૂત્ર $\lambda = \dfrac{d(y_1^2 - y_0^2)}{2D^2}$ માં આ સરેરાશ મૂલ્યનો ઉપયોગ કરી તરંગલંબાઈ λની કિંમત શોધો.

પરિણામ

લેસર કિરણપુંજની તરંગલંબાઈ = ... m

ચર્ચા

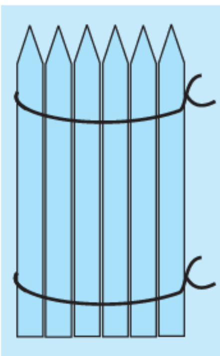
(1) 1 mm ના ક્રમના અડચણો (અવરોધો)ને ધ્યાનમાં લેતી વખતે, દૃશ્ય પ્રકાશના ચરણ આપાત (grazing incidance)ને ધ્યાનમાં લેવું શા માટે જરૂરી છે ?

જ્યારે $i = 45°$ હોય ત્યારે શું વિવર્તન જોવા મળશે ?

(2) સોડિયમના સ્ફટીકનો લેટિસ (Lattice) અચળાંક 1 $\overset{0}{\mathrm{A}}$ છે. શું તમે સોડિયમના સ્ફટીકથી લેસર પ્રકાશનું વિવર્તન મેળવી શકો ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

આ પરિયોજનામાં ઉપયોગમાં લીધેલા તે જ સિદ્ધાંતની મદદથી પેન્સિલોના સમૂહને નીચે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એકબીજાની જોડે મૂકી પેન્સિલની જાડાઈ માપો. (આકૃતિ P 1.3)



આકૃતિ P 1.3 : એકબીજાને અડકીને મૂકેલી પેન્સિલોનો સમૂહ

પરિયોજના 2

હેતુ

કોષનો આંતરિક અવરોધ જે પરિબળો પર આધારિત છે તેનો અભ્યાસ કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

પોટૅન્શિયોમીટર, બૅટરી, એક માર્ગી ત્રણ કળ (One-way keys), નાના અવરોધવાળું રીઓસ્ટેટ (rheostat), એક ગૅલ્વેનોમીટર, ઉંચા અવરોધવાળી અવરોધ પેટી, આંશિક અવરોધવાળી અવરોધ પેટી, એમીટર, વોલ્ટમીટર, વોલ્ટાનો કોષ, જુદી-જુદી સાંદ્રતાવાળાં વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણો (electrolytes), જૉકી, જોડાણ માટેના તાર અને કાચપેપર.

પદો અને વ્યાખ્યાઓ

(1) આંતરિક અવરોધ : કોષમાંના વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણ વડે પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહને લાગતો અવરોધ.

(2) વિદ્યુતચાલક બળ *emf* (E) : ઑપન સર્કિટ (Open Circuit) (એટલે કે જ્યારે વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થતો ન હોય) સ્થિતિમાં આપેલ કોષનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત.

સિદ્ધાંત

પોટૅન્શિયોમીટરનો સિદ્ધાંત : સ્થિત પ્રવાહ વહન કરતા અને સમાન આડછેદ ધરાવતા વાહકની લંબાઈના બે છેડા વચ્ચે મળતા વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત તે વાહકની લંબાઈના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

કોષનો આંતરિક અવરોધ

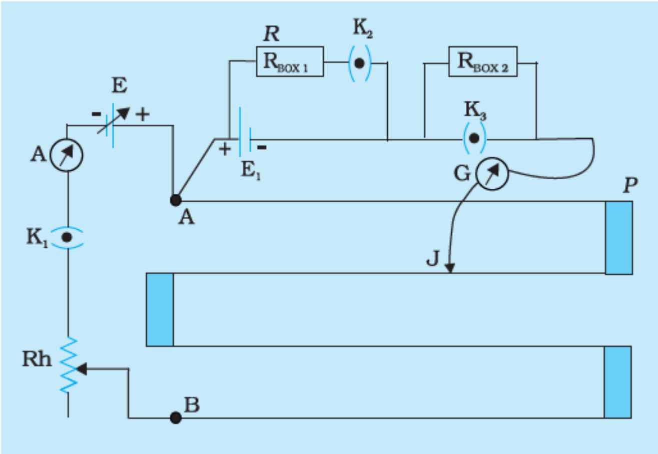
(i) ઇલેક્ટ્રૉડ (પ્લેટો) વચ્ચેના અંતર

(ii) વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણમાં ડુબાડેલા ઇલેક્ટ્રૉડ વચ્ચેના સામાન્ય (common) વિસ્તાર અને

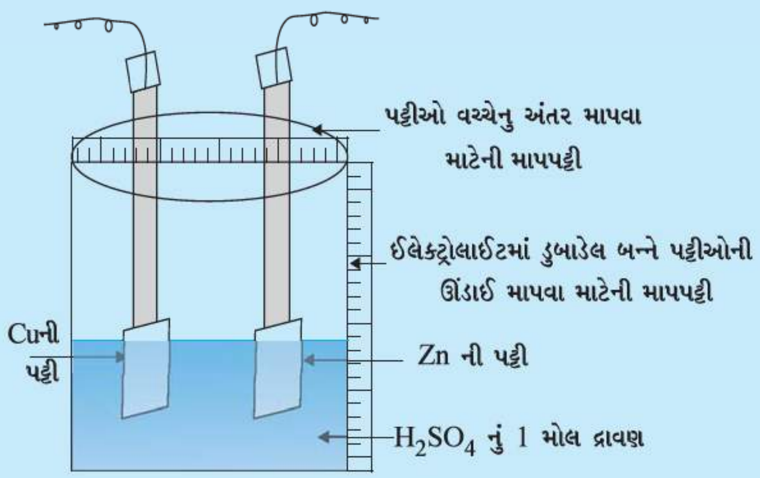
(iii) વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણની સાંદ્રતા પર આધારિત છે.

પદ્ધતિ

(1) આપેલ સાંદ્રતાવાળા વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણને ભરીને એક કોષ બનાવો. [આકૃતિ P 2.2]



આકૃતિ P 2.1 : પોટૅન્શિયોમીટર વડે પ્રાથમિક કોષનો આંતરિક અવરોધ માપવા માટેનો પરિપથ



આકૃતિ P 2.2 : આપેલ સાંદ્રતાવાળા ઈલેક્ટ્રૉલાઈટ સાથેનો વૉલ્ટાનો કોષ

(2) કોષનો આંતરિક અવરોધ નક્કી કરવા માટેનો પરિપથ ગોઠવો. [આકૃતિ P 2.1] (સંદર્ભ : પ્રયોગ E 5)

(3) પ્રયોગ E 5 માં વર્ણન કર્યું છે તે પ્રમાણે આપેલ કોષનો આંતરિક અવરોધ નક્કી કરો.

અવલોકનો અને ગણતરીઓ

(I) પ્લેટો વચ્ચેના અંતરની અસર

એક જ વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણમાં પ્લેટો વચ્ચે જુદાં-જુદાં અંતરો માટે કોષનો આંતરિક અવરોધ શોધો. તમારાં અવલોકન દરમિયાન દ્રાવણમાં ડુબાડેલી પ્લેટોનું ક્ષેત્રફળ સમાન રાખવું. કોષ્ટક P 2.1માં અવલોકનો નોંધવા.

કોષ્ટક P 2.1 : પ્લેટો વચ્ચેના અંતર પર આંતરિક અવરોધનો આધાર

ક્રમાંક	પ્લેટો વચ્ચેનું અંતર (cm)	R (Ω)	સમતોલનની લંબાઈ (cm)		આંતરિક અવરોધ $r = R \times \left(\frac{l_0 - l}{l}\right)$ (Ω)
			ઑપન સર્કિટ (જ્યારે કળ K_2 અને K_3 ખુલ્લી હોય)	બંધ-પરિપથ (જ્યારે કળ K_2 અને K_3 બંધ હોય)	
			લંબાઈ l_0 (cm)	લંબાઈ l	
1					
2					
3					

II. વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણમાં ડુબાડેલ પ્લેટોના સામાન્ય ક્ષેત્રફળની અસર

વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણમાં ડુબાડેલા પ્લેટની ઊંડાઈ બદલીને અથવા કોષમાં દ્રાવણનું લેવલ બદલીને કોષનો આંતરિક અવરોધ નક્કી કરવો. બધાં જ અવલોકનો કોષ્ટક P 2.2માં નોંધવાં.

પ્લેટની પહોળાઈ : .... cm

કોષ્ટક P 2.2 : વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણમાં ડુબાડેલી પ્લેટોના સામાન્ય ક્ષેત્રફળ પર આંતરિક અવરોધનો આધાર

ક્રમાંક	વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણમાં ડુબાડેલ પ્લેટની લંબાઈ (cm)	R (Ω)	સમતોલનની લંબાઈ (cm)		આંતરિક અવરોધ $r = R \times \left(\frac{l_0 - l}{l}\right)$ (Ω)
			ઑપન સર્કિટ (જ્યારે કળ K_2 અને K_3 ખુલ્લી હોય)	બંધ-પરિપથ (જ્યારે કળ K_2 અને K_3 બંધ હોય)	
			લંબાઈ l_0 (cm)	લંબાઈ l	
1					
2					
3					

III. વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણની સાંદ્રતાની અસર

બંને પ્લેટ વચ્ચેનું અંતર અચળ જાળવી, વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણમાં સમાન ક્ષેત્રફળ ડુબાડી, આપેલ સાંદ્રતાવાળા દ્રાવણને કોષમાં ભરી, કોષનો આંતરિક અવરોધ નક્કી કરો. આ પ્રયોગનું કોષમાં સમાન ઊંચાઈ સુધી જુદી-જુદી સાંદ્રતાવાળા વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણ ભરી પુનરાવર્તન કરવું. અવલોકનોને કોષ્ટક P 2.3માં નોંધવા.

કોષ્ટક P 2.3 : વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણની સાંદ્રતા પર આંતરિક અવરોધનો આધાર

ક્રમાંક	વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણની સાંદ્રતા (મોલમાં)	R (Ω)	સમતોલનની લંબાઈ (cm)		આંતરિક અવરોધ $r = R \times \left(\frac{l_0 - l}{l}\right)$ (Ω)
			ઑપન સર્કિટ (જ્યારે કળ K_2 અને K_3 ખુલ્લી હોય)	બંધ-પરિપથ (જ્યારે કળ K_2 અને K_3 બંધ હોય)	
			લંબાઈ l_0 (cm)	લંબાઈ l (cm)	
1					
2					
3					

પરિણામ

(1) ઈલેક્ટ્રૉડ (પ્લેટ) વચ્ચેના અંતરના વધારા સાથે કોષનો આંતરિક અવરોધ વધે છે.

(2) વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણમાં ડુબાડેલ ઈલેક્ટ્રૉડના સામાન્ય ક્ષેત્રફળના ઘટાડા સાથે આંતરિક અવરોધ વધે છે.

(3) વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણની સાંદ્રતાના ઘટાડા સાથે આંતરિક અવરોધ વધે છે.

સાવચેતીઓ

(1) બૅટરી Eનું વિદ્યુતચાલક બળ, કોષ E_1ના વિદ્યુતચાલક બળ કરતા વધુ છે તેની ખાતરી કરી લેવી.

(2) બંને E અને E_1ના ધન છેડાને પોટૅન્શિયોમીટરના A છેડા સાથે જોડવા જોઈએ.

(3) વિદ્યુતપ્રવાહને બહુ લાંબા સમય માટે પસાર ન કરવો કે જેથી તાર ગરમ થાય જેના પરિણામે અવરોધમાં ફેરફાર થાય.

(4) તારની લંબાઈ હંમેશા જ્યાં બધા ધન છેડા જોડેલા હોય તેવા પોટૅન્શિયોમીટરના છેડા A થી માપવી.

(5) જૉકીને તાર પર બહુ જોરથી ન દબાવવી નહિતર તારનો વ્યાસ સમાન નહિં રહે. વધુમાં, જૉકીને તાર પર ફેરવતી વખતે પણ ભાર ન આપવો.

ત્રુટિનાં ઉદ્ગમો

(1) પોટૅન્શિયોમીટરનો તાર સંપૂર્ણ લંબાઈ પર સમાન આડછેદવાળો ન પણ હોય.

(2) પોટૅન્શિયોમીટર પર વિદ્યુતવિભવનો ઘટાડો કરતાં સહાયક / ગૌણ (auxiliary) કોષનું વિદ્યુતચાલક બળ સંપૂર્ણ પ્રયોગ દરમિયાન અચળ ન પણ રહે.

(3) પોટૅન્શિયોમીટરના તારના છેડાઓના અવરોધને ગણતરીમાં લીધા નથી.

(4) વિદ્યુતપ્રવાહના કારણે પોટૅન્શિયોમીટર તાર ગરમ થવાથી પણ ત્રુટિ ઉદ્ભવી શકે.

ચર્ચા

(1) કોષનો આંતરિક અવરોધ તાપમાન પર પણ આધારિત હોય છે એટલે જ સંપૂર્ણ પ્રયોગ દરમિયાન વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણનું તાપમાન અચળ જાળવવું જોઈએ.

(2) સમતોલન બિંદુનું અંદાજિત સ્થાન મેળવતી વખતે, વધુ પડતા વિદ્યુતપ્રવાહથી ગેલ્વેનોમીટરને થતા નુકસાનથી બચાવવા, તેની સાથે શ્રેણીમાં મોટો અવરોધ જોડવો. આનાથી સમતોલન બિંદુના સ્થાન પર કોઈ અસર પડતી નથી. જોકે સમતોલન બિંદુનું ચોક્કસ સ્થાન મેળવતી વખતે આ અવરોધને દૂર કરવો. ગૅલ્વેનોમીટર સાથે સમાંતરમાં શંટ જોડીને પણ આ હેતુ પાર પાડી શકાય.

(3) આંતરિક અવરોધ વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહ પર પણ આધારિત છે, તેથી વહેતો પ્રવાહ પણ ખાસ બદલાવવો જોઈએ નહિ.

(4) વાહકનો અવરોધ તેની લંબાઈ સાથે વધે છે એટલે જ કોષનો આંતરિક અવરોધ પ્લેટ વચ્ચેના અંતરના વધારા સાથે વધે છે.

(5) વાહકનો અવરોધ તેના આડછેદના ક્ષેત્રફળ સાથે વ્યસ્ત પ્રમાણમાં બદલાય છે. તેથી કોષનો આંતરિક અવરોધ પ્લેટના સામાન્ય ક્ષેત્રફળના ઘટાડા સાથે વધે છે.

(6) વિદ્યુતવિભાજ્ય દ્રાવણની વાહકતા જે તે દ્રાવણના વિયોજન અંશ (degree of dissociation) પર આધારિત છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) જો ગૅલ્વેનોમીટરમાં ફક્ત એક જ તરફનું વિચલન મળે તો શું તારણ કાઢશો ?

(2) શું કોષ સાથે જોડેલા બાહ્ય અવરોધ Rને લાંબી અવધિમાં ફેરફાર કરી શકાય ?

(3) પોટૅન્શિયોમીટરની સંવેદિતા કઈ રીતે વધારી શકાય ?

(4) તમને બે કોષ A અને B આપેલ છે. આમાંથી કોષ A તાજો બનાવેલો અને કોષ B થોડા સમયથી વાપરેલો છે. આ બંનેમાંથી કયા કોષનો આંતરિક અવરોધ ઓછો હશે ?

પરિયોજના 3

હેતુ

ટાઈમ સ્વિચ (Time Switch) બનાવવી અને તેનો સમય-અચળાંક જુદાં-જુદાં પરિબળો પર કેવી રીતે આધારિત છે તેનો અભ્યાસ કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

એક બૅટરી (6V), એક ગોળો (6V, 0.06 A), એક રીલે (relay) (ચુંબકીય – 185 Ω), એક ટ્રાન્ઝિસ્ટર (n-p-n BC 108), બે કળ S_1 અને S_2, દરેક 1/2 W ના અવરોધો (5kΩ, 10 kΩ, 15 kΩ) , કેપેસીટર (વિદ્યુતવિભાજ્ય પ્રકારના 500 μF, 1000 μF, 2000 μF), જોડાણ માટેના તાર અને સ્ટૉપ ક્લોક (Stop Watch)

સિદ્ધાંત

જ્યારે C કેપેસીટન્સ ધરાવતા કેપેસીટરને અવરોધ R દ્વારા વિદ્યુતભારિત કરવામાં આવે ત્યારે કોઈ ક્ષણે આ કેપેસીટરે મેળવેલા વિદ્યુતભારને $q(t) = q_0[1 - e^{-\frac{t}{\tau}}]$ વડે આપી શકાય જ્યાં $\tau = RC$ એ સમય અચળાંક છે.

વિદ્યુતભારિત કરતી વખતે મહત્તમ વિદ્યુતભારના 63.7 % વિદ્યુતભાર મેળવવા માટે કેપેસીટરને લાગતા સમયને પરિપથનો સમય-અચળાંક કહે છે.

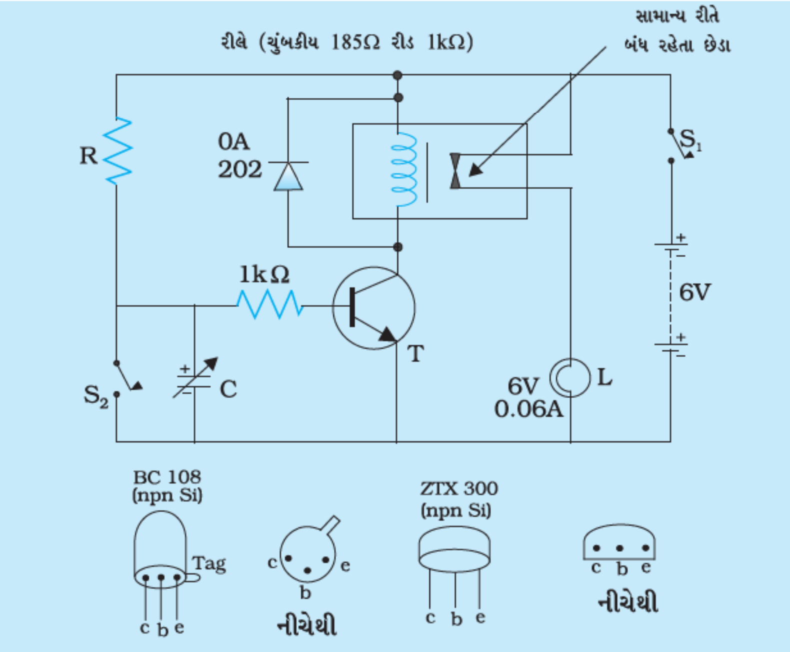
પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ P 3.1 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઘટકોને ગોઠવો અને પરિપથ બનાવો.

(2) સ્વિચ S_1 બંધ કરી, સ્ટૉપ ક્લોક ચાલુ કરો. ગોળો L ચાલુ થશે અને અવરોધ Rમાં થઈ કેપેસીટર C વિદ્યુતભારિત થવાનું ચાલુ થશે.

(3) થોડા સમય પછી, કેપેસીટર પરનો વોલ્ટેજ થ્રેશોલ્ડ (threshold) કિંમત કરતાં વધુ થશે જેથી ટ્રાન્ઝિસ્ટર T માંથી બેઝ પ્રવાહ વહેતો થશે અને એટલે જ કલેક્ટર પ્રવાહ પણ વહન પામશે. આને લીધે રીલે કોન્ટેક્ટ્સ (relay contacts) તૂટશે અને ગોળો બંધ થઈ જશે. જેવો ગોળો બંધ થાય કે તરત સ્ટૉપ ક્લોક બંધ કરવી. સમયગાળો નોંધવો અને તેને R અને Cના ગુણાકાર સાથે સરખાવો.

(4) Rની કિંમત (ધારો કે 5 kΩ) અચળ રાખી, Cની ત્રણ કિંમતો (દા.ત., 500 μF, 1000 μF,



આકૃતિ P 3.1 : ટાઈમ સ્વિચનું પરિપથ

2000 μF)નો ઉપયોગ કરી દરેક કિસ્સામાં સમયગાળો માપવો. *R*ની કિંમત 10 kΩ અને 15 kΩ લઈને આ જ પદ્ધતિનું પુનરાવર્તન કરવું. અવલોકનોને કોષ્ટક P 3.1માં નોંધવાં.

(5) Cની કિંમત (ધારો કે 500 μF) અચળ રાખવી, *R*ની ત્રણ કિંમતો (દા.ત., 5 kΩ, 10 kΩ અને 15kΩ)નો ઉપયોગ કરી ગોળો ચાલુ (ON) અને બંધ (OFF) વચ્ચેનો સમયગાળો માપો. Cની કિંમત 1000 μF અને 2000 μF લઈને આ જ પદ્ધતિનું પુનરાવર્તન કરવું. અવલોકનોને કોષ્ટક P 3.2માં નોંધવાં.

અવલોકનો અને ગણતરી

સ્ટૉપ ક્લોકનું લઘુત્તમ માપ = ... sec

કોષ્ટક P 3.1 : R અચળ હોય ત્યારનો સમયગાળો

ક્રમાંક	R_1 = 5 kΩ		ગુણાકાર	R_2 = 10 kΩ		ગુણાકાર	R_3 = 15 kΩ		ગુણાકાર
	C ની કિંમત (μF)	સમયગાળો (s)	*RC* (s)	*C* ની કિંમત (μF)	સમયગાળો (s)	*RC* (s)	*C* ની કિંમત (μF)	સમયગાળો (s)	*RC* (s)
1									
2									
3									

કોષ્ટક P 3.2 : C અચળ હોય ત્યારનો સમયગાળો

ક્રમાંક	C_1 = 500 μF		ગુણાકાર	C_2 = 1000 μF		ગુણાકાર	C_3 = 2000 μF		ગુણાકાર
	R ની કિંમત kΩ	સમયગાળો (s)	*RC* (s)	*R* ની કિંમત kΩ	સમયગાળો (s)	*RC* (s)	*R* ની કિંમત kΩ	સમયગાળો (s)	*RC* (s)
1									
2									
3									

પરિણામ

સમય સંચાલિત સ્વિચ (Time Operated Switch) તૈયાર છે અને ગુણાકાર *RC* એ સમય-અચળાંક છે.

સાવચેતી

પરિપથ અને તેમાં લગાડેલા ઘટકોને સાવચેતીથી તપાસવા. ડ્રાય સોલ્ડરિંગ (Dry Soldering) ન થાય તે માટે ખાસ ધ્યાન રાખવું.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

જો પરિપથમાં n-p-nને બદલે p-n-p ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો ઉપયોગ કરીએ, તો તમે પરિપથમાં કેવો ફેરફાર કરશો ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

પૂર્ણતરંગ રેક્ટિફાયરમાં મળતા સ્પંદયુક્ત (Pulsating) DCને લીસું (smooth) કરવા માટે લોડ સાથે સમાંતરમાં કેપેસીટર જોડી શકાય. કેપેસીટરના ચાર્જિંગ અને ડિસ્ચાર્જિંગ (discharging)ને આ એકધારું કરવાની ક્રિયા (smoothening) સાથે સાંકળો. વધુમાં, એ પણ ચર્ચા કરો કે વધુ કેપેસીટન્સવાળો કેપેસીટર વાપરીએ તો શું એકધારો થવાની પ્રક્રિયામાં કોઈ સુધારો આવે.

પરિયોજના 4

હેતુ

ફોટો ટ્રાન્ઝિસ્ટર (Photo Transistor)ના ઉપયોગથી વિવિધ ઉદ્‌ગમો વડે ઉત્સર્જાતા પારરક્ત (Infrared) વિકિરણોનો અભ્યાસ કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ફોટોટ્રાન્ઝિસ્ટર, મિલિએમીટર (0 – 30mA), 6Vની બે બૅટરીઓ, ઈન્ફ્રારેડ ઉદ્‌ગમો જેવા કે IR LED, વિદ્યુત-ગોળા (40 W, 60 W, 100 W), ચલ અવરોધ, અવરોધો (1 kΩ, 5 kΩ), કળ (keys), જોડાણ માટેના તાર

સાધન/ઉપકરણનું વર્ણન

ફોટોટ્રાન્ઝિસ્ટર : એવું ફોટોડીટેક્શન (Photodetection) ઉપકરણ કે જેના બેઝ ક્ષેત્રમાં પ્રકાશ પડતા કલેક્ટરમાં વિદ્યુતપ્રવાહ મળે છે.

ટંગ્સ્ટન (Tungsten)નો વિદ્યુત-ગોળો (કે જે રોજબરોજ વાપરીએ છીએ) દશ્ય પ્રકાશ અને ઈન્ફ્રારેડ બંને વિકિરણોનો ઉદ્‌ગમ છે.

પદો અને વ્યાખ્યાઓ

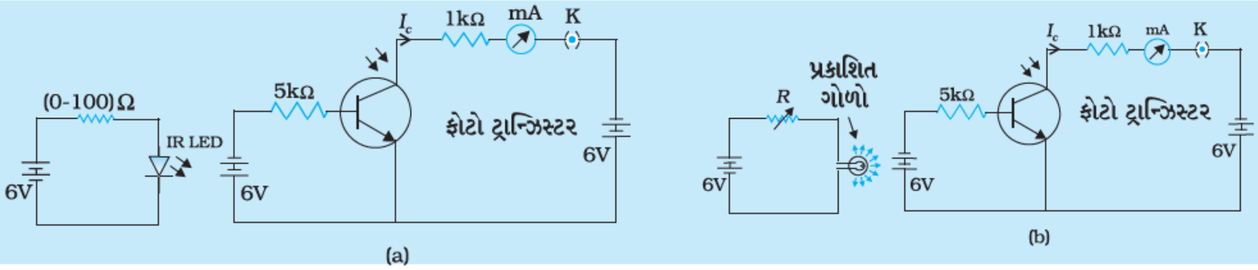
10^{11} Hz થી 10^{14} Hz આવૃત્તિનો વિસ્તાર ધરાવતા વિદ્યુત ચુંબકીય વિકિરણોને ઈન્ફ્રારેડ વિકિરણો કહે છે કારણ કે તેમની તરંગલંબાઈ દશ્ય પ્રકાશના લાલ રંગની તરંગલંબાઈ કરતા વધુ હોય છે.

સિદ્ધાંત

કલેક્ટર પરિપથમાં પ્રવાહનું મૂલ્ય બેઝ ક્ષેત્ર પર આપાત થતા વિકિરણની તીવ્રતા પર આધારિત હોય છે.

પદ્ધતિ

ફોટોડીટેક્ટર (photodetector) એક સંવેદનશીલ ઉપકરણ હોવાથી તેને અને ઉદ્‌ગમને એક બંધ ડબામાં મૂકવો જેથી બીજાં વિકિરણો (જેવા કે દશ્ય / ઈન્ફ્રારેડ) કટ-ઑફ થાય. વધુમાં, સાપેક્ષ નમન બદલ્યા વગર તમે ઉદ્‌ગમ અને ડીટેક્ટર (detector) વચ્ચેનું અંતર બદલી શકો તેમજ તેને માપી પણ શકો. ઉપકરણની સંપૂર્ણ ગોઠવણ આકૃતિ P4.1માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ P 4.1 (a) : *ફોટોટ્રાન્ઝિસ્ટરનો ઉપયોગ કરી IR LED માંથી નીકળતા IR વિકિરણને માપવા માટેનો પરિપથ*

આકૃતિ P 4.1 (b) : *ફોટોટ્રાન્ઝિસ્ટરનો ઉપયોગ કરી ગોળામાંથી નીકળતા IR વિકિરણને માપવાનો પરિપથ*

પહેલા IR LED / ગોળાને ડીટેક્ટરની એકદમ નજીક રાખી, IR ડીટેક્ટરમાં વિદ્યુતપ્રવાહને મહત્તમ કરો. અંતર માપી લો. એમીટરનું અવલોકન નોંધો. હવે અંતરને ક્રમશઃ વધારતા જાઓ અને અનુરૂપ એમીટરનું અવલોકન નોંધો અને તમારાં અવલોકનોને કોષ્ટકમાં નોંધો.

જુદાં-જુદાં ઉદ્‌ગમો (ગોળા) માટે તમારાં અવલોકનોનું પુનરાવર્તન કરો.

અવલોકન

મિલિએમીટરની અવધિ = ... mA

મિલિએમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... mA

મિલિએમીટરનું પ્રારંભિક અવલોકન = ... mA

કોષ્ટક P 4.1 : જુદાં-જુદાં ઉદ્‌ગમો માટે ડીટેક્ટર પ્રવાહ

ક્રમાંક	ઉદ્‌ગમ	ઈનપુટ પાવર	ઉદ્‌ગમની સાપેક્ષે ડીટેક્ટરનું સ્થાન x (cm)	ડીટેક્ટર પ્રવાહ I (mA)
1	IR LED	નાનું	(i) (ii) (iii) (iv)	
2	ગોળો	40 W	(i) (ii) (iii) (iv)	
3	ગોળો	60 W	(i) (ii) (iii) (iv)	
4	ગોળો	100 W	(i) (ii) (iii) (iv)	

પરિણામ

(1) ઉદ્ગમથી ડીટેક્ટરના અંતરના વધારા સાથે ડીટેક્ટર પ્રવાહ બદલાય છે.

(2) આપેલ અંતર માટે, જુદાં-જુદાં ઉદ્ગમો માટે ડીટેક્ટર પ્રવાહ જુદો-જુદો મળે છે.

સાવચેતીઓ

(1) જોડાણો સ્વચ્છ અને મજબૂત હોવાં જોઈએ.

(2) ઉદ્ગમ અને ડીટેક્ટરને બંધ ડબામાં રાખવું જેથી છૂટાછવાયા વિકિરણો કટ-ઑફ થાય.

ત્રુટિનાં ઉદ્ગમો

(1) છૂટાંછવાયાં (વધારાનાં) વિકિરણો સંપૂર્ણપણે કટ-ઑફ ન પણ થયાં હોય.

(2) મિલિએમીટરના લઘુત્તમ માપના કારણે ત્રુટિ ઉદ્ભવી શકે.

ચર્ચા

(1) આકૃતિ P 4.1માં દર્શાવેલ પરિપથમાં IR LED પ્રવાહ બદલવાની જોગવાઈ છે. શું તમને લાગે છે કે આને લીધે ઉત્સર્જિત વિકિરણની તીવ્રતા અથવા વિકિરણની આવૃત્તિ અથવા બંને પર અસર પડશે. IR LEDને બદલે લાલ, પીળો અને લીલો LED તે જ ગોઠવણ માટે અજમાવો.

(2) ડીટેક્ટર પદાર્થ IR માટે સંવેદનશીલ હોય છે. તેના વર્ક ફંક્શનના મૂલ્ય બાબતે તમારો શું વિચાર છે?

(3) જો તમે આ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન એ જ ડીટેક્ટર સાથે, પણ માઇક્રોવેવ ઉદ્ગમ વાપરો તો, તમારા વિચાર પ્રમાણે ડીટેક્ટર પ્રવાહ શું મળશે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) આ જ ગોઠવણની મદદથી જુદા-જુદા રંગના ફિલ્ટરનો ઉપયોગ કરી ડીટેક્ટર પ્રવાહ પર પ્રકાશના ઉદ્ગમની આવૃત્તિની અસરનો અભ્યાસ કરી શકાય. આપણે લાલ, નારંગી, પીળો, લીલો, વાદળી ફિલ્ટરોનો ઉપયોગ કરી દર્શાવી શકીએ કે કેવી રીતે લાલ અને નારંગી પ્રકાશ માટે ડીટેક્ટર પ્રવાહ મળતો નથી. જ્યારે લીલા અને વાદળી ફિલ્ટર વડે પ્રવાહ મળે છે.

(2) અવલોકનોના દરેક સમૂહ માટે ડીટેક્ટરના સ્થાન (x) વિરુદ્ધ ડીટેક્ટર પ્રવાહ (I)નો આલેખ દોરો.

પરિયોજના 5

હેતુ

લૉજિક ગેટ્સના યોગ્ય સંયોજનનો ઉપયોગ કરી સ્વયંસંચાલિત ટ્રાફિક સિગ્નલ-વ્યવસ્થાની રચના કરવી.

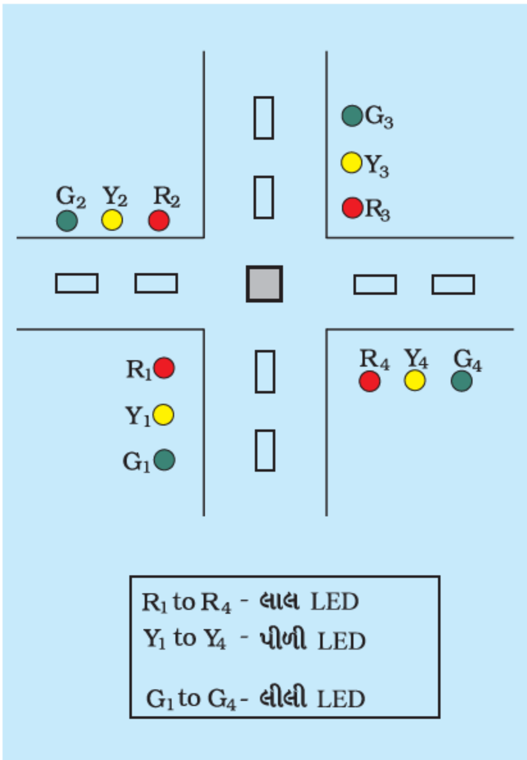
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

રંગ (લાલ, પીળા, લીલા) દરેકની ચાર LED, એક IC 555 ટાઈમર (Timer), એક IC 7490, બે NOT ગેટ (અથવા એક IC 7400), ચાર NAND ગેટ (અથવા એક IC 7400), 0.1 μF અને 10 μF (16 V)ના કેપેસીટર, 5.6 kΩ અને 150 kΩના અવરોધ (દરેક 1 Wના), 220 kΩના ચાર અવરોધ (દરેક 1 Wના), 47 kΩના બે અવરોધ (દરેક 1 Wના), બૅટરી, સ્વિચ

સિદ્ધાંત

ઇન્ટિગ્રેટેડ સર્કિટ (IC) એ ખૂબજ નાના કદનો ઇલેક્ટ્રૉનિક પરિપથ છે કે જેમાં ઇલેક્ટ્રૉનિક ઘટકો અને ઉપકરણોનું આખું તંત્ર સમાવેલું હોય છે. એક ચિપ પર કેટલા ઘટકો લગાડેલાં હોય તેના આધાર પરથી ઇન્ટિગ્રેટેડ સર્કિટોને જુદાં-જુદાં સમૂહમાં વર્ગીકૃત કરાય છે : દા.ત., 555 ટાઇમર, IC 7400 વગેરે MSI (મિડિયમ સ્કેલ ઇન્ટિગ્રેટેડ) સર્કિટનાં ઉદાહરણો છે. કોઈ પણ લૉજિક ગેટનું કાર્ય યોગ્ય IC વાપરીને મેળવી શકાય.

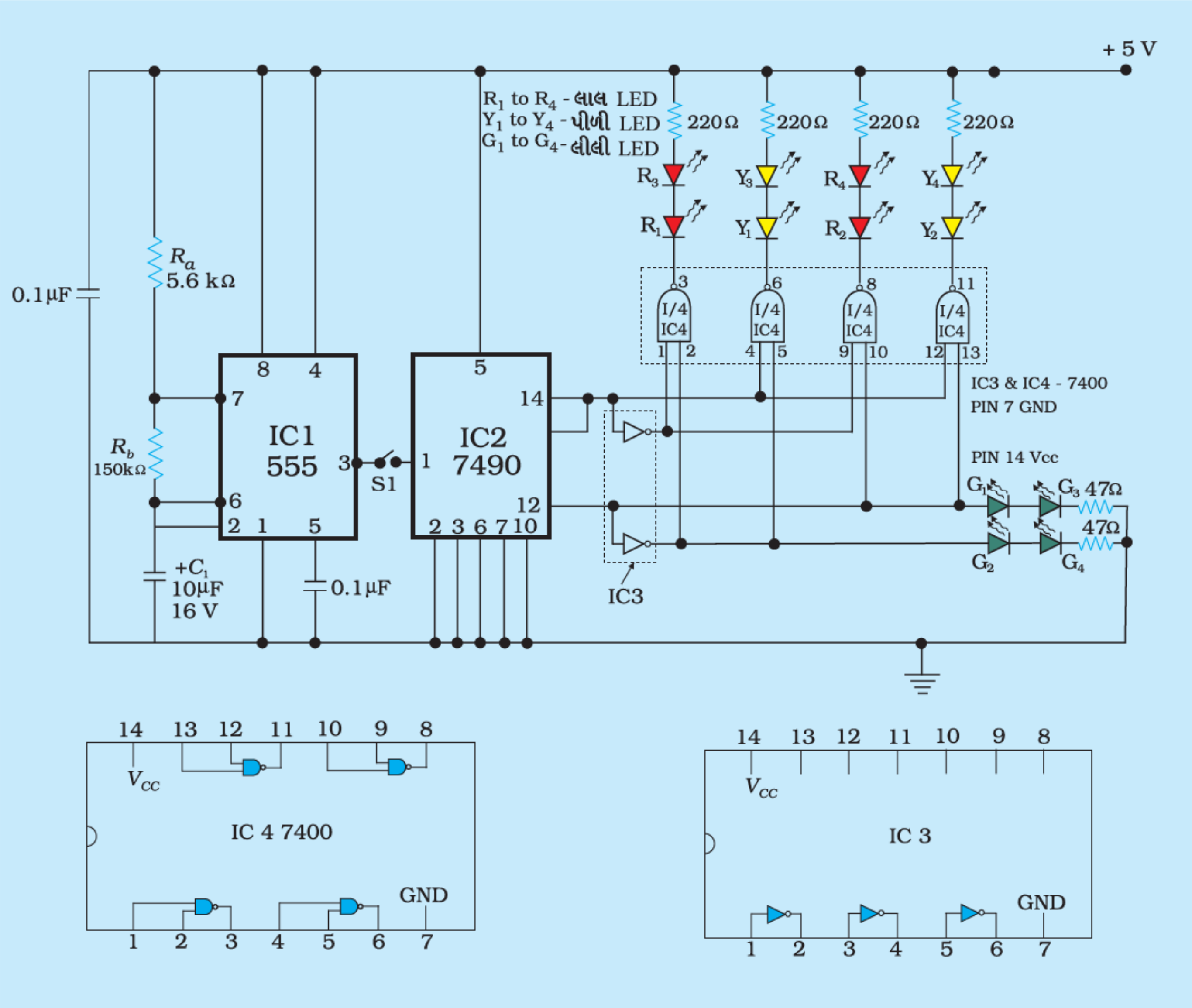
આકૃતિ P 5.1માં ચાર રસ્તા પર ઉપયોગમાં લેવાતી સામાન્ય ટ્રાફિક લાઇટ સિસ્ટમની પાયાની ગોઠવણ બતાવી છે.



આકૃતિ P 5.1 : રોડ ટ્રાફિક લાઇટ તંત્રની પાયાની યોજનાકીય રેખાકૃતિ

દરેક ટ્રાફિક લાઇટ સીસ્ટમ લાલ, પીળી અને લીલી લાઇટનો ઉપયોગ કરે છે. આજકાલ આ કાર્ય માટે LEDનો ઉપયોગ થાય છે. (અહીં R_1, Y_1, G_1 ; R_2, Y_2, G_2 ; R_3, Y_3, G_3 અને R_4, Y_4, G_4 વડે દર્શાવેલ છે.) ટ્રાફિક લાઇટ સીસ્ટમમાં સામાન્ય રીતે, ચાર રસ્તાની વિરુદ્ધ બાજુએ આવેલી સમાન રંગની લાઇટો એક સાથે ON અથવા OFF હોય છે. એટલે જ R_1 અને R_3, R_2

અને R_4, Y_1 અને Y_3, Y_2 અને Y_4, G_1 અને G_3, G_2 અને G_4ને શ્રેણીમાં જોડેલા હોય છે. આ



આકૃતિ P 5.2 : સ્વયંસંચાલિત ટ્રાફિક લાઈટનો મૂળભૂત પરિપથ

IC 7490 એ દશક (decade) કાઉન્ટર છે. નામ પ્રમાણે, એ દર 10 ઈનપુટ પલ્સ (pulse) પર એક આઉટપુટ પલ્સ (pulse) આપે છે.

IC 555 એ એકદમ સ્થાયી ટાઈમિંગ પરિપથ છે. જે ચોક્કસ ડીલે (delay) અથવા દોલનો ઉત્પન્ન કરે છે. તેનો આવર્તકાળ એક બાહ્ય અવરોધ-કેપેસીટરના સંયોજનથી નિયંત્રિત થાય છે. ટાઈમરની ટ્રિગરિંગ (triggering) અને રીસેટિંગ (resetting)ની જોગવાઈ પણ હોય છે.

ટ્રાફિક લાઈટ સીસ્ટમમાં જો લાલ લાઈટ 8 સેકન્ડ (અથવા સમયના 8 એકમો) માટે ON રહે,

પીળી લાઇટ 2 સેકન્ડ માટે અને લીલી લાઇટ 10 સેકન્ડ માટે ON રહે, તો લાલ, પીળી અને લીલી લાઇટના સમયનો ગુણોત્તર 4:1:5 થાય.

IC 555 ટાઇમર IC તરીકે કાર્ય કરે છે જે અવરોધ સાથે શ્રેણીમાં જોડેલા કેપેસીટરના ચાર્જિંગ અને ડીસ્ચાર્જિંગના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે અને તે ચોક્કસ સમયગાળા માટે ઊંચું અથવા નીચું આઉટપુટ આપે છે. વર્તમાન પરિસ્થિતિમાં તેનો ઉપયોગ ચોરસ તરંગ આઉટપુટ મેળવવામાં કે જેનો આવર્તકાળ, કેપેસીટન્સ C_1 અને અવરોધો R_a અને R_bની યોગ્ય કિંમતો લઈને બદલી શકાય છે. આવા ટાઇમરનો આવર્તકાળ નીચે પ્રમાણે આપી શકાય છે :

$$T = 0.693\ (R_a + R_b)\ C_1 \sim 0.693\ R_a C_1 \text{ (કેમ કે, } R_a >> R_b)$$

IC 7490 એ દશક કાઉન્ટરનું કાર્ય કરે છે.

પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ P 5.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પરિપથમાં ઘટકો જોડો.

(2) એક પ્લાયવુડનું પાટિયું લઈ તેના પર કાળો કલર (રોડનો કલર) કરવો.

(3) ચાર જુદી-જુદી પટ્ટીઓ પર LED R_1, Y_1, G_1; R_2, Y_2, G_2; R_3, Y_3, G_3 અને R_4, Y_4, G_4ને લગાડો અને આ ચાર પટ્ટીઓ ચાર રસ્તાની યોગ્ય ચાર બાજુઓ પર જોડી દો.

(4) પરિપથનાં જોડાણોની બે વાર ચકાસણી કરો અને પછી ટ્રાફિક લાઇટ સીસ્ટમની કામગીરી માટે સ્વિચ બંધ કરો.

અવલોકનો

કોષ્ટક P 5.1: જુદા-જુદા સમયના કાઉન્ટ પર લાઇટોને ON રહેવા માટેની જરૂરિયાતો

સમયનો એકમ (S)	R_1, R_3	Y_1, Y_3	G_1, G_3	R_2, R_4	Y_2, Y_4	G_2, G_4
0 થી 3	1	0	0	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1
5 થી 8	0	0	1	1	0	0
9	0	0	1	0	1	0

પરિણામ

સ્વિચ S_1 બંધ કરતા જ, ટ્રાફિક લાઇટ સીસ્ટમ નિદર્શન આપવાનું કાર્ય શરૂ કરે છે.

સાવચેતીઓ

(1) પરિપથની ગોઠવણીમાં વપરાતા ઘટકોનું સોલ્ડરિંગ (Soldering) કરતી વખતે પૂરતું ધ્યાન રાખવું જેથી ડ્રાય સોલ્ડરિંગ જોડાણો ટાળી શકાય.

(2) સીધેસીધા સોલ્ડરિંગથી ICને નુકસાન ન થાય તે માટે IC બેઝનો ઉપયોગ કરવો.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) ફક્ત LED અને ડીલે પરિપથનો ઉપયોગ કરી ટ્રાફિક સિગ્નલ સીસ્ટમનો પરિપથ ડિઝાઈન કરો.

(2) NAND ગેટનો ઉપયોગ કરી મૂળભૂત ગેટ (OR, AND, NOT) ડિઝાઈન કરો.

પરિયોજના 6

હેતુ

જુદાં-જુદાં પાવર અને બનાવટવાળા વિવિધ વિદ્યુત-ગોળાની જ્યોતિર્મયતા (Luminosity)નો અભ્યાસ કરવો.

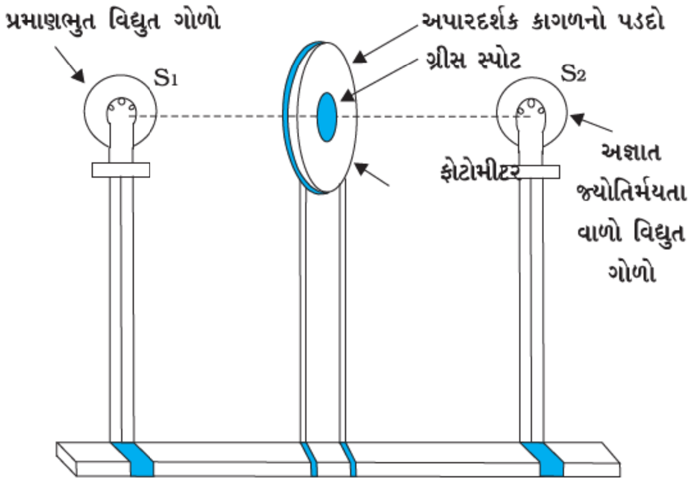
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

યોગ્ય સ્ટૅન્ડવાળી ઓપ્ટિકલ બેન્ચ, બન્સનનો ગ્રીસ સ્પોટ ફોટોમીટર, જુદા-જુદા પાવર અને બનાવટવાળા ગોળા, એક પ્રમાણભૂત ગોળો

સાધનનું વર્ણન

બન્સનના ગ્રીસ સ્પોટ ફોટોમીટર (Bunsen's Grease Spot Photometer)નું વર્ણન :

એક વતુર્ળાકાર ફ્રેમ પર મૅટ (matt) કાગળને જડીત કરીને તેના કેન્દ્ર પર ગ્રીસ (grease)નું ટપકું મૂકતા કાગળનો તે ભાગ અર્ધપારદર્શક બને છે. આવી રીતે બનાવેલ પડદાને ઓપ્ટિકલ બેન્ચના મધ્યબિંદુએ શિરોલંબ સ્ટૅન્ડ પર જડી દેવામાં આવે છે. ફોટોમીટરની એક બાજુએ પ્રમાણભૂત ગોળો અને બીજી બાજુએ એક વિદ્યુતગોળો એવી રીતે ગોઠવવામાં આવે છે કે જેથી બંને ગોળાની ફિલામેન્ટ અને ગ્રીસનું ટપકું - ત્રણેય એક જ સુરેખ પર ઓપ્ટિકલ બેન્ચના બેઝની જેમ આવે.



આકૃતિ P 6.1 : ગ્રીસ સ્પોટ ફોટોમીટર

પદો અને વ્યાખ્યાઓ

(1) *ફોટોમેટ્રી (Photometry) (પ્રકાશમાપન)* : ભૌતિકશાસ્ત્રની શાખા કે જેમાં દૃશ્ય વિસ્તારમાં પ્રકાશનાં જુદાં-જુદાં ઉદ્‌ગમોની જ્યોતિર્મયતા (luminosity) અને સપાટીઓની જ્યોતિ-તીવ્રતાનો અભ્યાસ કરવામાં આવે તે શાખાને ફોટોમેટ્રી (Photometry) કહે છે.

(2) *ઉદ્‌ગમ-સ્થાનની જ્યોતિર્મયતા (Luminosity) (L) અથવા જ્યોતિપાવર (Illuminating Power) :* ઉદ્‌ગમથી એકમ અંતરે અને પ્રકાશકિરણોને લંબરૂપે રાખેલ પૃષ્ઠ પર એકમ સમયમાં એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ દશ્યપ્રકાશની અવધિમાં આપાત થતી ઊર્જાને તે ઉદ્‌ગમ-સ્થાનની જ્યોતિર્મયતા (Luminosity) અથવા જ્યોતિપાવર (Illuminating power) કહે છે તેને L વડે દર્શાવાય છે. તેનો SI એકમ candela (cd) છે.

(3) *જ્યોતિ ફ્લક્સ (Luminous Flux) [ϕ] :* ઉદ્‌ગમ-સ્થાન વડે દરેક દિશામાં, દશ્ય અવધિમાં દર સેકન્ડે ઉત્સર્જિત થતી કુલ ઊર્જાને જ્યોતિ ફ્લક્સ (Luminous Flux) કહે છે. તેનો SI એકમ lumen છે.

(4) *પૃષ્ઠના કોઈ બિંદુ પર જ્યોતિતીવ્રતા (I) (Intensity of Illumination) :* પૃષ્ઠના કોઈ એક બિંદુની આસપાસ એકમ ક્ષેત્રફળમાં એકમ સમયમાં આપાત થતા દશ્ય અવધિની ઊર્જાને જ્યોતિતીવ્રતા કહે છે. તેનો SI એકમ lux છે.

(5) *પૃષ્ઠની તેજસ્વિતા (Brightness) :* પૃષ્ઠના એકમ ક્ષેત્રફળમાંથી આવતી જ્યોતિર્મયતાને આપેલ દિશામાં પૃષ્ઠની તેજસ્વિતા (Brightness) કહે છે.

સંબંધ

જ્યોતિ ફ્લક્સ (ϕ), જ્યોતિર્મયતા (L) અને જ્યોતિતીવ્રતા (I)ના સંબંધો દર્શાવતાં સમીકરણો નીચે પ્રમાણે છે :

(P 6.1) $$\phi = 4\pi L$$

(P 6.2) $$I = \phi / 4\pi r^2$$

(P 6.3) $$I = L / r^2$$

(P 6.4) અને $B = IR$

જ્યાં R = પૃષ્ઠનો પરાવર્તન સહગુણક (Reflection Coefficient) $(0 < R < 1)$

અને I = ઉદ્‌ગમની જ્યોતિતીવ્રતા

r = ઉદ્‌ગમથી પૃષ્ઠનું અંતર

સિદ્ધાંત

ફોટોમેટરીના સિદ્ધાંત પ્રમાણે, જો બે જુદા-જુદા પ્રકાશનાં ઉદ્‌ગમ-સ્થાનો વડે પ્રકાશિત કરેલાં બે પૃષ્ઠોને સમાન તેજસ્વિતા (brightness) હોય, તો બંને ઉદ્‌ગમોના જ્યોતિપાવર, સમાન R વાળા પૃષ્ઠોથી તેમના સંબંધિત અંતરોના વર્ગના સમપ્રમાણમાં હોય છે, તેથી.

(P 6.5) $$\frac{L_1}{L_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

વાદ (Theory)

ગ્રીસ સ્પોટ ફોટોમીટરમાં પ્રકાશનાં બે ઉદ્‌ગમ-સ્થાન S_1 અને S_2 પડદાની વિરુદ્ધ બાજુઓ પર એવા

અંતરે મૂક્યાં છે કે જેથી પડદા પર ગ્રીસ સ્પોટ અને બાકીનું પૃષ્ઠ સમાન પ્રકાશિત લાગે. આ કિસ્સામાં પડદાની બંને બાજુ પર તીવ્રતા સમાન હશે.

પડદાથી r_1 અને r_2 અંતરે મૂકેલા અને અનુક્રમે જ્યોતિપાવર L_1 અને L_2 ધરાવતા બે ઉદ્ગમ-સ્થાન S_1 અને S_2ના કારણે પડદા પર મળતી જ્યોતિતીવ્રતા I_1 અને I_2 હોય તો $I_1 = I_2$ (P 6.6)

અથવા $$\frac{L_1}{r_1^2} = \frac{L_2}{r_2^2} \qquad \text{(P 6.7)}$$

અથવા $$\frac{L_1}{L_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \qquad \text{(P 6.8)}$$

જો ઉદ્ગમ-સ્થાન S_1ને જ્ઞાત જ્યોતિપાવર ધરાવતું પ્રમાણભૂત ઉદ્ગમ લઈએ, તો સમીકરણ (P 6.8)નો ઉપયોગ કરી જુદા-જુદા પાવર અને બનાવટવાળા ગોળાઓના જ્યોતિપાવર શોધી શકાય.

પદ્ધતિ

(1) ઑપ્ટિકલ બેન્ચ પર યોગ્ય ઊંચાઈ પર ગ્રીસ સ્પોટના પડદાને ગોઠવો.

(2) જ્ઞાત વૉટેજ (wattage)વાળા વિદ્યુત-ગોળાને પડદાની એક બાજુ પર ગોઠવો અને જુદા વોટેજવાળા બીજા ગોળાને પડદાની બીજી બાજુ પર ગોઠવો.

(3) સ્ટૅન્ડ અથવા અપરાઇટ્સ (uprights)ની ઊંચાઈ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી બંને ગોળાઓના ફિલામેન્ટ અને ગ્રીસ સ્પોટનું કેન્દ્ર, બધા એક જ સમક્ષિતિજ સુરેખમાં આવે.

(4) બંને ગોળાઓનાં અંતરો એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી ગ્રીસ સ્પોટ અને પડદા પર બાકીની સપાટી સમાન તેજસ્વી લાગે.

(5) ઑપ્ટિકલ બેન્ચ પર અંતરો r_1 અને r_2 માપો.

(6) ઇન્ડેક્સનો સુધારો (Index correction) શોધો અને તેનો ઉપયોગ r_1 અને r_2 ની સાચી કિંમત શોધવા માટે કરો.

અવલોકન

(1) પ્રમાણભૂત ગોળાનો પાવર અને બનાવટ = ...

(a) સમાન વૉટેજ પણ જુદા-જુદા બનાવટવાળા ગોળાઓ

કોષ્ટક P 6.1 : બે ઉદ્ગમોના જ્યોતિપાવર

અનુક્રમ	ગોળાની બનાવટ	પડદાથી ગોળાઓનું અંતર		$\frac{L_2}{L_1}=\frac{r_2^2}{r_1^2}$
		જ્યોતિપાવર L_1 r_1 (cm)	જ્યોતિપાવર L_2 r_2 (cm)	
1				
2				
3				
4				

(b) સમાન બનાવટ પણ જુદા-જુદા વૉટેજવાળા ગોળા

કોષ્ટક P 6.2 : બે ઉદ્ગમોના જ્યોતિપાવર

અનુક્રમ	ગોળાનો વૉટેજ W	પડદાથી ગોળાઓનું અંતર		$\frac{L_2}{L_1}=\frac{r_2^2}{r_1^2}$
		જ્યોતિપાવર L_1 માટે r_1 (cm)	જ્યોતિપાવર L_2 માટે r_2 (cm)	
1				
2				
3				
4				

ગણતરીઓ

બંને કોષ્ટકના દરેક અવલોકન માટે ગુણોત્તર $\frac{L_2}{L_1}=\frac{r_2^2}{r_1^2}$ શોધો.

પરિણામ

(1) સમાન વૉટેજ પણ જુદા-જુદા બનાવટના ગોળાઓ જ્યોતિર્મયતાના ઘટતા ક્રમમાં નીચે મુજબ છે.

(i) ... (ii) ... (iii) ...

(iv) ...

(2) સમાન બનાવટ પણ જુદા-જુદા વૉટેજવાળા ગોળાઓ જ્યોતિર્મયતાના ઘટતા ક્રમમાં નીચે મુજબ છે.

(i) ... (ii) ... (iii) ...

(iv) ...

સાવચેતીઓ

(1) ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર ગોળાઓને સમાન ઊંચાઈ પર ગોઠવવા.

(2) દરેક અવલોકન પર ઇન્ડેક્સ સુધારો કરવો.

(3) પડદાના અપારદર્શક ભાગનો પરાવર્તન સહગુણક એક હોવો જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમસ્થાનો

(1) ઓપ્ટિકલ બેન્ચની માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ, માપનમાં ચોકસાઈ પર મર્યાદા મૂકે છે.

(2) ગ્રીસ સ્પોટ ક્યારે અદૃશ્ય થશે એટલે કે તે પરિસર જેવો જ પ્રકાશિત બને, તે ચોક્કસપણે નક્કી કરવું અઘરું છે.

ચર્ચા

(1) આ રીતનો ઉપયોગ સમાન પાવર પણ જુદા-જુદા બનાવટના ગોળાઓની જ્યોતિતીવ્રતાની સરખામણી કરવા, બજારમાં તપાસ (સર્વે) કરી અને તપાસેલા ગોળાઓમાં કઈ બનાવટનો ગોળો સૌથી સારો છે તે શોધી કાઢવું.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) જ્યોતિ ફ્લક્સ એટલે શું ?

(2) ફોટોમેટ્રીમાં વ્યસ્ત વર્ગનો નિયમ લખો.

(3) ગ્રીસ સ્પોટના પડદાની એક બાજુએ 100 Wનો એક ગોળો 40 cm અંતરે મૂકેલો છે, તો ગ્રીસ સ્પોટને અદૃશ્ય થવા માટે 60 Wનો ગોળો પડદાની બીજી બાજુ ક્યાં મૂકવો પડે ?

(4) ગોળાનો જ્યોતિ ફ્લક્સ તેના વિદ્યુતીય પાવર જેટલો હશે. શું તમે તેવી અપેક્ષા રાખો છો ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) અજ્ઞાત પાવરના જુદા-જુદા ગોળાઓની જ્યોતિર્મયતાની સરખામણી કરવા માટે પણ આ રીતનો ઉપયોગ કરી શકાય.

(2) એક બાજુ CFL ગોળો અને બીજી તરફ વિદ્યુત-ગોળો રાખી આ પ્રયોગ અજમાવી જુઓ.

પ્રમાણભૂત ગોળાની બાજુના અપારદર્શક ભાગની તેજસ્વિતા $B_1 = R_1 I_1$ (P 6.9)

જ્યાં I_1 = પ્રમાણભૂત ગોળા વડે પડદા પર જ્યોતિ તીવ્રતા અને

R_1 = અપારદર્શક ભાગનો પરાવર્તન સહગુણક

(P 6.10) ગ્રીસ સ્પોટની તેજસ્વિતા $B_2 = R_2 I_1 + T_2 I_2$

જ્યાં R_2 અને T_2 એ ગ્રીસ સ્પોટના અનુક્રમે પરાવર્તન અને પ્રસારણ સહગુણક છે અને I_2 એ અજ્ઞાત ઉદ્‌ગમને કારણે પડદા પર જ્યોતિ તીવ્રતા છે.

(P 6.11) જો $I_1 = I_2$ તો આપણને $B_2 = (R_2 + T_2) I_1 = R_2 I_1$ મળે.

શોષણ સહગુણકને શૂન્ય ધારતા, સમીકરણ P 6.9 અને P 6.11 પરથી સ્પષ્ટ થાય છે કે, બંને તેજસ્વિતાઓને સમાન થવા માટે R_1 અને R_2 સમાન મૂલ્યના હોવા જરૂરી છે.

પરિયોજના 7

હેતુ

(i) કેપેસીટર (ii) ઇન્ડક્ટર (iii) LCR શ્રેણી-પરિપથના આવૃત્તિ પ્રતિચાર (Frequency - Response)નો અભ્યાસ કરવો.

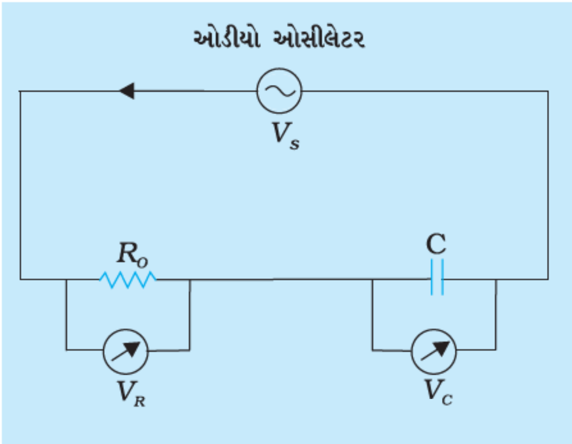
(i) કેપેસીટરનો આવૃત્તિ પ્રતિચાર (Frequency Response)

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

કાગળ અથવા અબરખ (mica)નું કેપેસીટર (0.1 – 1.0 μF), ડિજિટલ મલ્ટિમીટર (DMM), કાર્બન અવરોધ (1000 Ω) અને ઓડિયો ઓસિલેટર (Audio Oscillator) / સિગ્નલ જનરેટર (Signal Generator)

સાધનનું વર્ણન

કેપેસીટરમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ તેના કેપેસીટન્સ અને લાગુ પાડેલા સાઇન્યુસોઇડલ (Sinusoidal) ઑલ્ટરનેટિંગ (alternating) વોલ્ટેજની આવૃતિ પર આધારિત હોય છે. આવૃત્તિને અચળ રાખી, વોલ્ટેજ (V) સાથે વિદ્યુત-પ્રવાહ (I)ના ફેરફારનું અવલોકન કરી, V–Iના આલેખના ઢાળ પરથી કેપેસીટિવ રીએક્ટન્સ મેળવાય છે. પ્રવાહને માપવા માટે, 1000 Ωના ક્રમના કાર્બન અવરોધ R_0ને પરિપથમાં ઉમેરવામાં આવે છે (આકૃતિ P7.1) અને DMMને ac વોલ્ટેજ મોડમાં રાખી તેના બે છેડા વચ્ચેનો વોલ્ટેજ (V_R) માપવામાં આવે છે, તો પરિપથમાં પ્રવાહ $I = V_R / R_o$ ઓસિલેટરને જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ પર ગોઠવી, જુદી-જુદી આવૃત્તિ માટે X_C શોધાય. X_C વિરુદ્ધ આવૃત્તિ ν નાં આલેખને કેપેસીટરનો આવૃતિ પ્રતિચાર (ફ્રીક્વન્સી રીસ્પોન્સ) કહેવાય છે. X_C^{-1} વિરુદ્ધ આવૃત્તિ ν નો આલેખ પણ મેળવાય છે, જે ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થતો સુરેખ હોય છે.



આકૃતિ P 7.1 : કેપેસીટરના રીએક્ટન્સનું માપન

નોંધ : DMM હંમેશાં ac પ્રવાહ અને વોલ્ટેજની rms કિંમત માપે છે. હંમેશા સલાહ આપવામાં આવે છે કે DMM ને ac પ્રવાહ મોડ (Mode)માં વાપરવું નહીં. આ માપન 400 Hz કરતાં ઓછી આવૃત્તિઓ માટે જ વિશ્વસનીય છે.

પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ P 7.1 પ્રમાણે ઓડિયો ઓસિલેટર, કાર્બન અવરોધ R_0 અને કેપેસીટર જોડો.

(2) ઓસિલેટરને 50 Hz આવૃત્તિ અને મહત્તમ કંપવિસ્તાર પર ગોઠવો. પહેલા Cના બંને છેડા વચ્ચે DMMને ac વોલ્ટેજ મોડમાં, પછી R_0ના બે છેડા વચ્ચે જોડો. અનુક્રમે V_C અને V_Rનું માપન કરો. લાગુ પાડેલ વોલ્ટેજના કંપવિસ્તારમાં ફેરફાર કરીને V_C અને V_Rની જોડીની જુદી-જુદી કિંમતો મેળવાય છે. આ કિંમતોને કોષ્ટક P 7.1માં નોંધાય છે.

(3) આવૃત્તિઓ 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz અને 300 Hz સાથે પદ 2 નું પુનરાવર્તન કરાય છે અને V_C અને V_R ની અનુરૂપ કિંમતો કોષ્ટક P 7.1 માં નોંધાય છે.

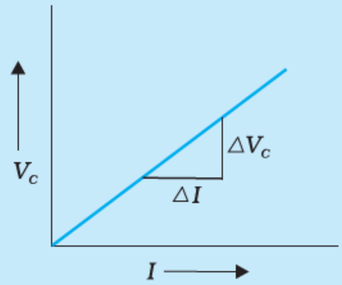
અવલોકનો

કોષ્ટક P 7.1 : ν ની જુદી-જુદી કિંમતો માટે X_Cનું માપન

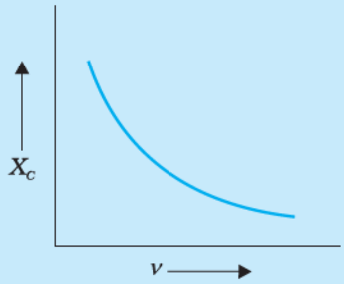
અનુક્રમ	કંપવિસ્તાર	આવૃત્તિ ν (Hz)		V_C (V)	V_R (V)	$I = V_R/R_0$ (A)	$V_C \rightarrow I$ નો આલેખનો ઢાળ X_C (Ω)
1		50	(i)				
			(ii)				
			(iii)				
			(iv)				
2		100	(i)				
			(ii)				
--			(iii)				
			(iv)				
6		300	(i)				
			(ii)				
			(iii)				
			(iv)				

ગણતરીઓ અને આલેખો

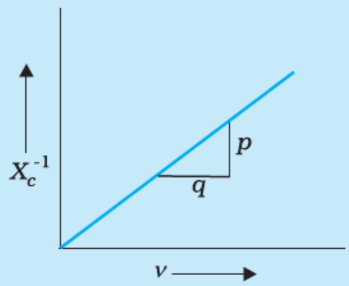
આપેલ આવૃત્તિ માટે I ની કિંમતો X–અક્ષ પર અને V_Cની કિંમતો Y–અક્ષ પર મૂકવી. સુરેખ આલેખ (આકૃતિ P 7.2)નો પ્રચલન (ΔV_C / ΔI) એ કેપેસીટિવ રીએક્ટન્સ (X_C) છે અને તેનું મૂલ્ય ગણી કાઢવામાં આવે. બીજી આવૃત્તિઓ માટે પણ આવું જ કરવું. જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ માટે X_Cનાં મૂલ્યો પણ કોષ્ટક P 7.1માં સમાવેલ છે. X_Cને X–અક્ષ પર અને આવૃત્તિ ν ને Y–અક્ષ પર રાખી દોરેલા આલેખ (આકૃતિ P 7.3)ને કેપેસીટરનો આવૃત્તિ રીસ્પોન્સ કહે છે. હવે, X_C^{-1} ને Y–અક્ષ પર અને આવૃત્તિ ν ને X–અક્ષ પર લઈને આલેખ સુરેખ મળે છે. સુરેખ આલેખ (આકૃતિ P 7.4)ના ઢાળ પરથી કેપેસીટન્સ Cની ગણતરી સૂત્ર. $C = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{p}{q}\right)$ પરથી મળે છે.



આકૃતિ P 7.2 : આપેલ આવૃત્તિ માટે કેપેસીટરના બે છેડા વચ્ચેનો વોલ્ટેજનો તેમાંથી વહેતા પ્રવાહ સાથે ફેરફાર



આકૃતિ P 7.3 : આવૃત્તિ ν સાથે X_cનો ફેરફાર



આકૃતિ P 7.4 : આવૃત્તિ સાથે X_C^{-1}નો ફેરફાર

(ii) ઈન્ડક્ટરનો આવૃત્તિ રીસ્પોન્સ

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

લઘુ અવરોધ ધરાવતો 0.1 H ઈન્ડક્ટન્સવાળો ઈન્ડક્ટર (*L*), કાર્બન અવરોધ R_0 (100 Ω), નીચું આઉટપુટ ઈમ્પિડેન્સવાળું ઓસિલેટર, ડિજિટલ મલ્ટિમીટર (DMM)

સિદ્ધાંત

ઈન્ડક્ટરમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ તેના ઈન્ડક્ટન્સ અને લાગુ પાડેલ સાઈન્યુસોઈડલ ઓલ્ટરનેટિંગ વોલ્ટેજ (Sinusoildal alternating Voltage) પર આધારિત છે. આવૃત્તિ અચળ રાખી, વોલ્ટેજ (*V*) સાથે પ્રવાહ (*I*)ના ફેરફારનું અવલોકન કરાય છે અને વોલ્ટેજ (*V*)ને *Y*–અક્ષ જ્યારે પ્રવાહ (*I*)ને *X*–અક્ષ પર લઈ તેમના વચ્ચેનો આલેખ દોરી તેના પરથી ઈન્ડક્ટિવ રીએક્ટેન્સ શોધી શકાય છે. આ આલેખનો ઢાળ ઈન્ડક્ટિવ રીએક્ટેન્સ $X_L = 2\pi\ \nu\ L$ જ્યાં ν એ આવૃત્તિ, L = ઈન્ડક્ટરનો ઈન્ડક્ટન્સ છે, જ્યારે ઈન્ડક્ટર આદર્શ છે એટલે કે તેનો અવરોધ *r* શૂન્ય હોય. જ્યારે $r \neq 0$, ઈન્ડક્ટરનો ઈમ્પિડેન્સ $Z_L = \sqrt{4\pi^2\nu^2L^2 + r^2}$. ઓસિલેટરને બીજી આવૃત્તિઓ પર ગોઠવી, જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ માટે ઈન્ડક્ટિવ રીએક્ટેન્સ X_L શોધાય છે. આવૃત્તિ ν અને X_L વચ્ચેનો આલેખ ઈન્ડક્ટરનો આવૃત્તિ રીસ્પોન્સ બતાવે છે.

પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ P 7.1 પ્રમાણે જોડાણો કરી તેમાં કેપેસીટર (*C*) ની જગ્યાએ ઈન્ડક્ટર (*L*) લગાવી અને અવરોધક R_0નો અવરોધ બદલીને 100 Ω કરવો.

(2) આ જોડાણો બનાવી, 50 Hz થી 300 Hz સુધી જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ માટે DMM વડે V_L અને V_Rની કિંમતો શોધાય છે. માહિતીને કોષ્ટક P 7.2માં મુકાય છે. દરેક આવૃત્તિ માટે,

V_R અને $I = (V_R / R_0)$ વચ્ચેનો આલેખ મેળવાય છે અને આ રેખીય આલેખના ઢાળ પરથી દરેક આવૃત્તિ માટે ઇન્ડક્ટિવ રીએક્ટન્સ (X_L)ની ગણતરી થાય છે.

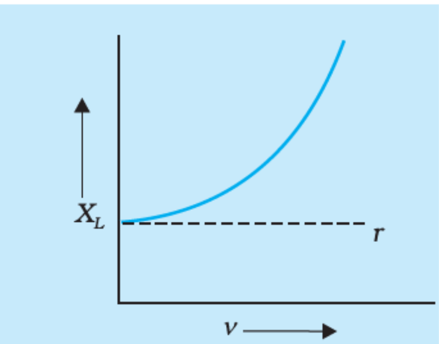
અવલોકનો

કોષ્ટક P 7.2 : ν ની જુદી-જુદી કિંમતો માટે X_Lનું માપન

અનુક્રમ	કંપવિસ્તાર	આવૃત્તિ ν (Hz)		V_L (V)	V_R (V)	$I = V_R/R_o$ (A)	$V_L \rightarrow I$ નો આલેખનો ઢાળ X_L (Ω)
1		50	(i)				
			(ii)				
			(iii)				
			(iv)				
2		100	(i)				
			(ii)				
--			(iii)				
			(iv)				
6		300	(i)				
			(ii)				
			(iii)				
			(iv)				

ગણતરીઓ અને આલેખો

V–I ના સુરેખ આલેખોના ઢાળ પરથી જુદી-જુદી આવૃત્તિઓએ X_Lની કિંમત ગણી શકાય છે. હવે, X_Lને Y–અક્ષ પર અને આવૃત્તિ ν ને X–અક્ષ પર લઈ (આકૃતિ P 7.5) ઇન્ડક્ટર માટે આવૃત્તિ રીસ્પોન્સ વક્ર મળે છે.



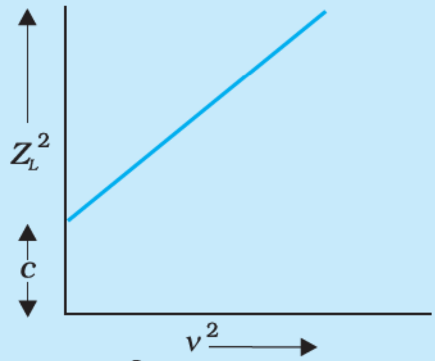
આકૃતિ P 7.5 : ν સાથે X_Lનો ફેરફાર

આકૃતિ P 7.5 માં આવૃત્તિ $\nu = 0$ પર મળતી X_Lની કિંમત એ ઇન્ડક્ટરનો અવરોધ r આપે છે. Lની કિંમત શોધવા, Z_L^2 વિરુદ્ધ ν^2 નો આલેખ દોરાય છે. ઇન્ડક્ટરનો ઇમ્પિડેન્સ $Z_L^2 = 4\pi^2 \nu^2 L^2 + r^2$ છે. માટે આ આલેખ સુરેખ મળશે. (આકૃતિ P 7.6)

જો આલેખનો ઢાળ m હોય અને Y-અક્ષ પરનો છેદનબિંદુ c હોય, તો આ સ્પષ્ટ છે કે $L = \frac{1}{2\pi}\sqrt{m}$ અને $r = \sqrt{c}$

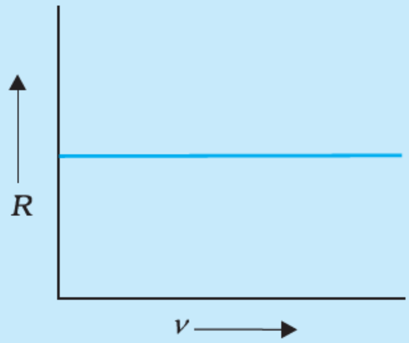
ચર્ચા

(i) જો આવૃત્તિ ઘણી વધારે હોય તો $4\pi^2 \nu^2 L^2 >> r^2$ તો આ ઊંચી આવૃત્તિ અવધિમાં $Z_L \cong X_L$ અને X_L વિરુદ્ધ ν નો આલેખ સુરેખ આવશે. ઊંચી આવૃત્તિ પર આલેખનો ઢાળ $2\pi L$ આવશે. માટે જ X_L–ν ના આલેખ પરથી ઈન્ડક્ટરનું આત્મ પ્રેરકત્વ L નક્કી કરવાની શક્યતા છે. પણ આ આવૃત્તિ અવધિમાં પ્રયોગ કરવા માટે DMM યોગ્ય નથી. વોલ્ટેજ માપવા માટે કૅથોડ રે ઓસિલોસ્કોપ [CRO → Cathode Ray Oscilloscope]નો ઉપયોગ કરાય. CRO સાથે વોલ્ટેજ V_L અને V_R તો ખરેખર કંપવિસ્તારનાં જ માપ છે.



આકૃતિ P 7.6 : ν^2 સાથે Z_L^2નો ફેરફાર

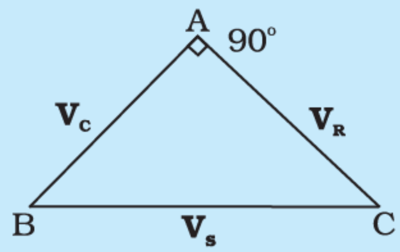
(ii) જો ઈન્ડક્ટન્સ L ધરાવતા ઈન્ડક્ટરની જગ્યાએ કાર્બન અવરોધ (અથવા કોઈ પણ ઈન્ડક્ટન્સ વગરનો અવરોધ) જોડીએ અને આ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરીએ, તો બધી જ આવૃત્તિઓ માટે $V/I = R$ એટલે જ R વિરુદ્ધ ν નો આલેખ ν અક્ષને સમાંતર સુરેખ મળશે. (આકૃતિ P 7.7) અવરોધ એ આવૃત્તિથી સ્વતંત્ર છે.



આકૃતિ P 7.7 : ν સાથે R નો ફેરફાર

(iii) ફેઝર ડાયાગ્રામ (Phasor diagram)

આકૃતિ P 7.1માં બતાવેલ પરિપથમાં કેપેસીટર પર વોલ્ટેજ V_c અને અવરોધ પર વોલ્ટેજ V_Rની સાથે જો ઉદ્ગમનો વોલ્ટેજ V_s (Source voltage) પણ માપીએ અને તેને કોષ્ટક P 7.1માં નોંધીએ, તો જોવા મળશે કે બધાં જ અવલોકનો માટે $V_s^2 = V_c^2 + V_R^2$.

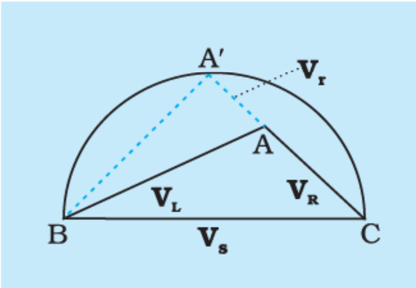


આકૃતિ P 7.8 : C – R પરિપથ માટે ફેઝર ડાયાગ્રામ

આનો અર્થ એ છે કે V_C અને V_R એ બે સદિશો છે અને અહીં તે પરસ્પર લંબ છે. માટે જો આપણે ત્રિકોણ ABC દોરીએ કે જેમાં બાજુ AB એ V_C ના સપ્રમાણમાં, બાજુ AC એ V_Rના સપ્રમાણમાં અને બાજુ BC એ V_Sના સપ્રમાણમાં હોય તો $\angle CAB = 90°$ મળે.

આ બધી જ આવૃત્તિઓ માટે સાચું છે. આ એ હકીકતનાં કારણો છે કે V_C અને V_Rની કળા (phase) જુદી હોય છે અને હકીકતમાં V_R એ V_C કરતા કળામાં 90° આગળ હોય છે એટલે જ તેમને ફેઝર કહે છે.

ઈન્ડક્ટરના કિસ્સામાં પણ ફેઝર ડાયાગ્રામ દોરવાની શક્યતા છે. અહીં, શુદ્ધ ઈન્ડક્ટર (જેનો પોતાનો કોઈ અવરોધ ન હોય તેવો)નો વોલ્ટેજ V_L, જ્યારે અવરોધ R અને ઓડિયો ઓસિલેટર (નાનું ઈમ્પિડેન્સ ધરાવતો) સાથે શ્રેણીમાં જોડાયો હોય ત્યારે V_L એ અવરોધના



આકૃતિ P 7.9 : L-R પરિપથ માટે ફેઝર ડાયાગ્રામ

વોલ્ટેજ V_R કરતા આગળ હોય છે. માટે $V_S^2 = V_R^2 + V_L^2$. પણ હકીકતમાં, ઇન્ડક્ટરનો અવરોધ નાનો પણ નિશ્ચિત હોય છે અને જો વોલ્ટેજ ત્રિકોણ ABC દોરવામાં આવે છે અને $V_S \propto$ BC, $V_L \propto$ AB અને $V_R \propto$ AC તો ∠BAC, 90° નહિ થાય. પણ જો આપણે BC વ્યાસવાળો અર્ધવર્તુળ બનાવીએ અને તેમાં વર્તુળને A′ પર મળે તેવી CA બનાવીએ તો CA′ એ પરિપથના કુલ અવરોધ (*R*+*r*)ના બે છેડા વચ્ચેનો વોલ્ટેજ ડ્રોપ દર્શાવશે. અહીં, $V_r \propto$ AA′અને BA′ એ શુદ્ધ ઇન્ડક્ટરના બે છેડા વચ્ચે વૉલ્ટેજ ડ્રોપ બતાવે તો,

$$BC^2 = BA'^2 + CA'^2.$$

આ બાબતને CRO પર ચકાસી શકાય કે જે વિવિધ વોલ્ટેજ વચ્ચે કળા-તફાવત માપી શકે છે.

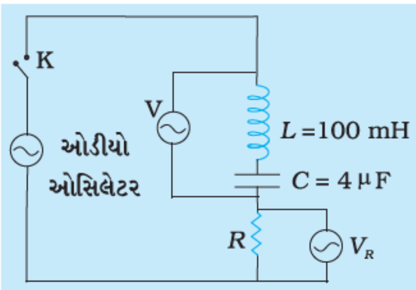
(iii) LCR શ્રેણી-પરિપથ માટે આવૃત્તિ રીસ્પોન્સ

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

આવૃત્તિ માપક્રમવાળો ઓડિયો ઓસિલેટર, અવરોધપેટી, ડિજિટલ વોલ્ટમીટર, 4 μF વાળું કેપેસીટર (જો 4 μF વાળું કેપેસીટર ન મળે તો તેને નાની કિંમતવાળા અમુક કેપેસીટરોને સમાંતરમાં જોડીને બનાવી શકાય), આશરે 100 mH વાળું ઇન્ડક્ટર, જોડાણ માટેના તારો

પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ P 7.10 માં બતાવ્યા પ્રમાણે પરિપથ જોડો. આશરે 100 Ω ના અવરોધ R સાથે L અને Cને શ્રેણીમાં જોડો.



આકૃતિ P 7.10 : LCR શ્રેણી અનુનાદ પરિપથ

(2) જ્યારે કળ K ખુલ્લી હોય ત્યારે સિગ્નલ આઉટપુટને નાની કિંમત દા.ત., 2 V પર સેટ કરો.

આ ગોઠવણને સમગ્ર પ્રયોગ દરમિયાન નિયત રાખીએ તો આવૃત્તિઓની બધી જ કિંમતો પર આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_C સમાન મળે. (આવૃત્તિઓને 400 Hz ની નીચે રાખવી નહિતર ડિજિટલ મીટરનાં અવલોકનો વિશ્વસનીય નહિ રહે.)

(3) સિગ્નલ જનરેટરને કોઈક નીચી આવૃત્તિ દા.ત., 100 Hz પર ગોઠવી તેની કિંમત નોંધો.

(4) જ્ઞાત અવરોધ R ના બે છેડા વચ્ચે વોલ્ટેજ V_R માપો, તો પરિપથમાં વહેતો પ્રવાહ $I = \frac{V_R}{R}$ થાય.

(5) પછી *LC* સંયોજનના બે છેડા વચ્ચે વોલ્ટેજ V માપો. (બધાં જ વોલ્ટેજ એ rms કિંમત જ છે), તો LC સંયોજનનું ઇમ્પિડેન્સ $Z = V/I$.

(6) $I' = \frac{IV_0}{V}$ ગણો. જ્યાં V_0 એ વોલ્ટેજની કોઈ નિયત કિંમત છે. જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ માટે પદ 4 અને 5નું પુનરાવર્તન કરો.

અવલોકન અને ગણતરીઓ

જનરેટરનો આઉટપુટ વોલ્ટેજ $V_0 = ...$

કોષ્ટક P 7.3 : ν ની જુદી-જુદી કિંમતો માટે Zનું માપન

અનુક્રમ	ν (Hz)	I (mA)	V (volt)	$I' = \frac{IV_0}{V}$ (A)	$Z = \frac{V}{I} (\Omega)$
1					
2					
-					
6					

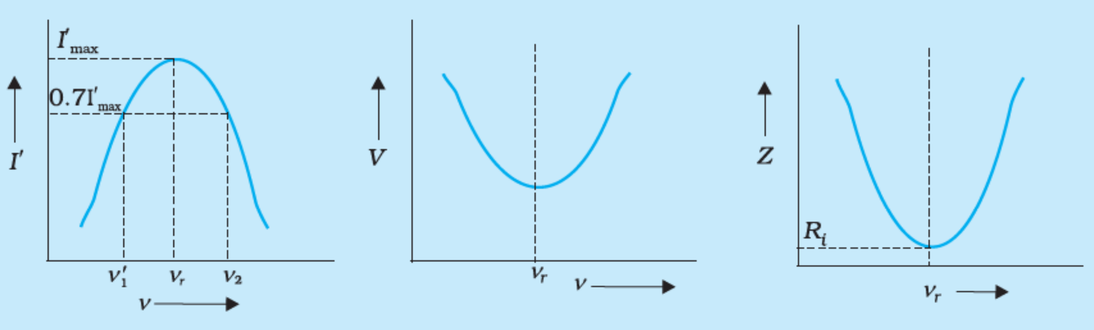
ઈન્ડક્ટન્સ L = ...

કેપેસીટન્સ C = ...

અનુનાદીય આવૃત્તિ, $\nu_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = ...$ Hz

આલેખો

(i) પ્રવાહ I' વિરુદ્ધ આવૃત્તિ (ii) વોલ્ટેજ V વિરુદ્ધ આવૃત્તિ અને (iii) ઈમ્પિડેન્સ Z વિરુદ્ધ આવૃત્તિનો આલેખ તેમના ફેરફારોનાં અવલોકનો કરવા માટે દોરો. ત્રણેય આલેખો પરથી અનુનાદીય આવૃત્તિનું અવલોકન કરી, તેમની કિંમતોની સરખામણી કરો.



આકૃતિ P 7.11 : (a) પ્રવાહ I' વિરુદ્ધ આવૃત્તિ (b) LC સંયોજનના બે છેડા વચ્ચે વોલ્ટેજ V વિરુદ્ધ આવૃત્તિ (c) LC સંયોજનના ઈમ્પિડેન્સ Z વિરુદ્ધ આવૃત્તિના આલેખોની પ્રકૃતિ

પરિણામ

(1) I' વિરુદ્ધ ν ના આલેખ પરથી અનુનાદીય આવૃત્તિ = ... Hz

(2) V વિરુદ્ધ ν ના આલેખ પરથી અનુનાદીય આવૃત્તિ = ... Hz

(3) Z વિરુદ્ધ ν ના આલેખ પરથી અનુનાદીય આવૃત્તિ = ... Hz

(4) Zની લઘુત્તમ કિંમત એટલે કે Z વિરુદ્ધ ν ના આલેખ પરથી આંતરિક અવરોધ R_i = ... (આશરે 100 Ω હોવું જોઈએ.)

ચર્ચા

(1) શું તમે વિચાર્યું છે શા માટે પ્રયોગ નીચા વોલ્ટેજ પર કરીએ છીએ ?

જેમ તમે અનુનાદીય આવૃત્તિ ν_r પાસે પહોંચો, તેમ V_L અને V_C બંનેમાં જબરદસ્ત વધારો થાય. માટે, આને કારણે વિદ્યુતકોષ ઘટકોના અલગતા (Insulation)ને નુકસાન થઈ શકે છે. આ જ કારણથી જનરેટરને નીચા વોલ્ટેજ પર રાખીએ છીએ. ખાતરી કરો કે કેપેસીટર અને ઈન્ડક્ટરનું રેટિંગ ઓછામાં ઓછું 300 V હોય.

(2) *X_L અને X_C વચ્ચે કળાસંબંધ :* અનુનાદીય આવૃત્તિથી ઘણી દૂરની આવૃત્તિઓ પર V_L અને V_Cની વ્યક્તિગત કિંમતો ઓસિલેટરના આઉટપુટ વોલ્ટેજ કરતાં વધુ હોઈ શકે અને V એ તેમાંના તફાવતની કિંમતના એકદમ નજીક હોઈ શકે. એક અથવા બે આવૃત્તિઓ પર V_L અને V_Cની સાથે જ માપણી કરી આ બાબતને ચકાસી શકાય.

દેખીતી રીતે ઈન્ડક્ટિવ અને કેપેસીટિવ રીએક્ટન્સ એકબીજાથી વિરુદ્ધ હોય છે એટલે કે ઈન્ડક્ટર અને કેપેસીટર પરના વોલ્ટેજ કળામાં એકબીજાથી વિરુદ્ધ હોય છે. પરિપથમાં વહેતો ac વિદ્યુતપ્રવાહ V_L કરતા 90° પાછળ ચાલે છે જ્યારે V_C એ ac વિદ્યુતપ્રવાહ કરતા 90° પાછળ ચાલે છે. માટે V_L અને V_C વચ્ચે કળાનો તફાવત 180° નો હોય છે.

(3) *અનુનાદીય પરિપથનો આંતરિક અવરોધ :* જ્યારે X_L અને X_C સમાન થાય ત્યારે પરિપથમાં અનુનાદ જોવા મળે છે. આદર્શ ઈન્ડક્ટર અને કેપેસીટરના કિસ્સામાં તેમનું સંયુક્ત રીએક્ટન્સ અનુનાદ પર શૂન્ય મળે છે. આને લીધે અનુનાદ પર અનંત વિદ્યુતપ્રવાહ મળે છે. સિવાય કે સિગ્નલ જનરેટરના આઉટપુટ ઈમ્પિડેન્સને કારણે તે મર્યાદિત થાય છે. ઈન્ડક્ટિવ ગૂંચળાના આંટાઓના અવરોધ અને તેના લોખંડના ગર્ભમાં અમુક હિસ્ટેરિસિસના કારણે નુકસાનના લીધે ઈન્ડક્ટિવ ગૂંચળાનો આંતરિક અવરોધ R_i હોય છે. કેપેસીટરના કિસ્સામાં ઊર્જાનું નુકસાન ડાયઈલેક્ટ્રીકમાં હોય છે. અનુનાદ પર X ની લઘુત્તમ કિંમત આ આંતરિક અવરોધ દર્શાવે છે. તેને સૂત્ર

$$R_i = \frac{V_{min}}{I_{max}}$$ વડે ગણી શકાય છે.

(4) **ક્વોલિટી ફેક્ટર (Q – Factor)**

અનુનાદ પર L ના બે છેડા વચ્ચે વોલ્ટેજ ડ્રોપની કિંમત

$$V_L = X_L I_{max} = 2\pi\nu_r L \frac{V_{min}}{R_i} = Q_o V_{min}$$

અહીં $Q_o = \dfrac{2\pi\nu_r L}{R_i} = \dfrac{1}{2\pi\nu_C R_i}$ એ અનુનાદ વખતે ક્વોલિટી ફેક્ટર છે.

તે L (અથવા C)નું રીએક્ટેન્સ અને Xનો ગુણોત્તર છે. અહીં L અને Cનું રીએક્ટન્સ અનુનાદીય આવૃત્તિ v_r પર લીધેલું છે.

Q_0 એ 1 કરતા વધુ કિંમત ધરાવતું હોઈ L અથવા C પરનું વોલ્ટેજ ડ્રોપ L અને Cના સંયોજનના બે છેડા વચ્ચેના વોલ્ટેજ ડ્રોપ V_{min} કરતા વધુ હોય છે.

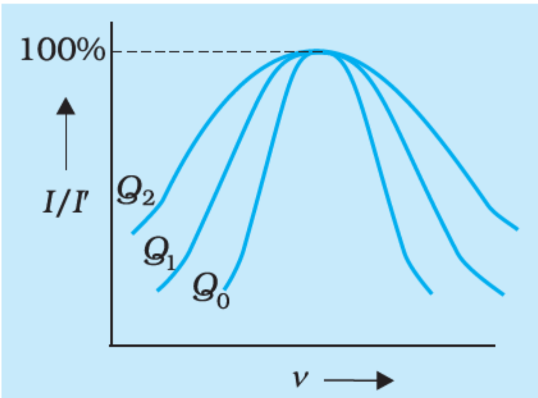
v_r , R_i , L અને Cની કિંમતો જાણીને Q_0નું મૂલ્ય ગણો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) જેનું કેપેસીટન્સ જ્ઞાત ન હોય તેવું કેપેસીટર લો. તેને L ઈન્ડક્ટન્સવાળા ઈન્ડક્ટર સાથે શ્રેણીમાં જોડો અને શ્રેણી અનુનાદ પરિપથથી તેની આવૃત્તિઓ માપો. સમીકરણ $v_r = 1 / 2\pi\left(\sqrt{LC}\right)$ ના ઉપયોગથી અજ્ઞાત કેપેસીટન્સનું મૂલ્ય શોધો.

(2) અજ્ઞાત ઈન્ડક્ટન્સવાળું ઈન્ડક્ટર લો. ઉપરની રીતનું પુનરાવર્તન કરો અને તેનું મૂલ્ય શોધો.

(3) LCR શ્રેણી-પરિપથમાં અવરોધની ત્રણ જુદી-જુદી કિંમતો લો. I ને આવૃત્તિ v ના વિધેય તરીકે લઈ અવલોકનોના ત્રણ સેટના દરેક સેટમાં Iના મૂલ્યોને I' માં રૂપાંતર કરો. જ્યાં I' એ $V = V_0$ હોય ત્યારે પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ છે. પછી I' ના મૂલ્યને જે-તે સેટમાં અનુનાદ વખતના મૂલ્યના સંદર્ભમાં ટકાવારીમાં રૂપાંતર કરો. આકૃતિ P 7.12માં બતાવ્યા પ્રમાણે $\frac{I}{I'}$ (ટકામાં) વિરુદ્ધ આવૃત્તિનો આલેખ દોરો. Q_0, Q_1 અને Q_2ની કિંમતોની સરખામણી કરો. શું તમને જોવા મળે છે કે જેમ Rનું મૂલ્ય ઓછું તેમ અનુનાદ વધુ તીક્ષ્ણ બને છે ? તમારા પરિણામની ચર્ચા કરો.



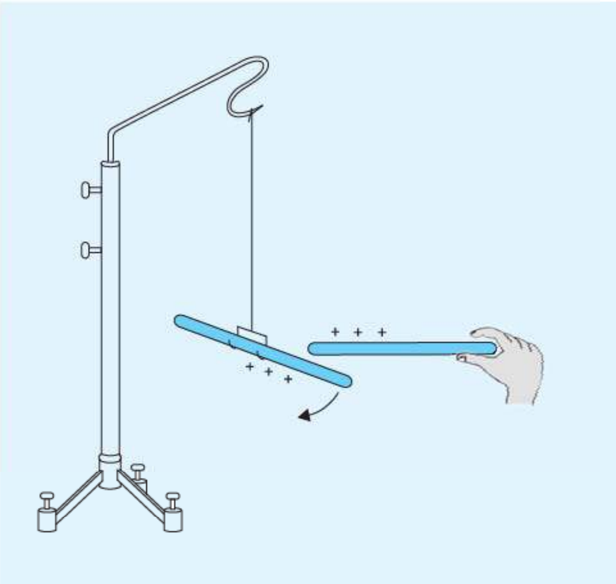
આકૃતિ P 7.12 : $\frac{I}{I'}$ વિરુદ્ધ આવૃત્તિ

(4) અર્ધ બિંદુઓ (Half Points) :

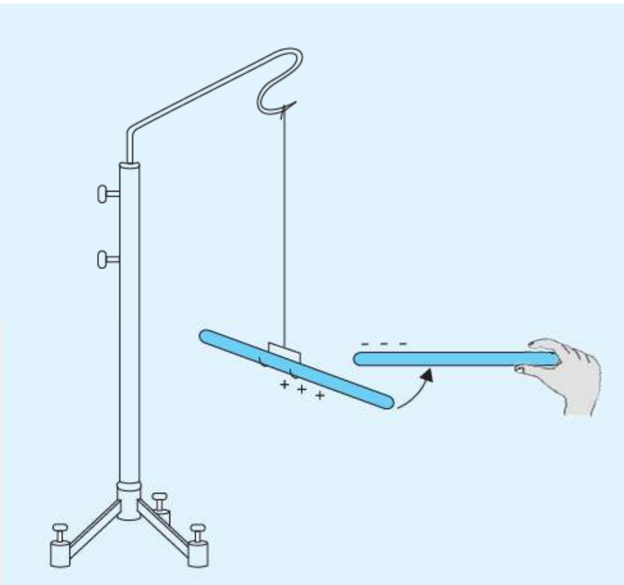
આકૃતિ 7.11 (a)માં $I' \rightarrow v$ ના આલેખમાં બે આવૃત્તિઓ v_1 અને v_2 એવી શોધો કે જ્યાં I'નું મૂલ્ય તેના અનુનાદ પરના મૂલ્યનું 70 % હોય. આ આવૃત્તિઓને અર્ધ બિંદુઓ (Half points) કહે છે. કારણ કે આ આવૃત્તિઓ એ પાવર-વપરાશ, અનુનાદ વખતેના પાવર-વપરાશ કરતા અડધું હોય છે. શરત એટલી જ કે અનુનાદ પરિપથ પર અચળ ac વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત લાગુ પાડેલો છે. $v_2 - v_1$ તફાવત શોધો.

નિદર્શનો
DEMONSTRATIONS

નિદર્શન 1



આકૃતિ D 1.1 : સમાન વિદ્યુતભારો એકબીજાને અપાકર્ષે



આકૃતિ D 1.2 : અસમાન વિદ્યુતભારો એકબીજાને આકર્ષે

વિદ્યુતભાર બે પ્રકારના હોય છે તથા સમાન (સજાતીય) વિદ્યુતભાર એકબીજાને અપાકર્ષે અને અસમાન (વિજાતીય) વિદ્યુતભાર એકબીજાને આકર્ષે છે તેનું નિદર્શન કરવું.

(i) *સમાન (સજાતીય) વિદ્યુતભાર એકબીજાને અપાકર્ષે છે*

કાચના એક સળિયાને રેશમના કપડા પર ઘસો. આકૃતિ D 1.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે રેશમી અથવા નાઈલોનની દોરી પરથી લટકાવેલી તારની ફ્રેમમાં આ સળિયાને મૂકો. આવી જ રીતે કાચના બીજા સળિયાને ઘસો અને તેના ઘસેલા છેડાને લટકાવેલ કાચના સળિયાના ઘસેલા છેડા નજીક લાવો. શું થાય છે તેનું અવલોકન કરો. કાચના બંને સળિયા એકબીજાને અપાકર્ષે તેવું જોવા મળે. વળી, એબોનાઈટ (ebonite)ના બે સળિયાને ઊનનાં કપડા પર ઘસીને આ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. દરેક કિસ્સામાં તમે નોંધશો કે સમાન વિદ્યુતભાર એકબીજાને અપાકર્ષે છે. કાચના બંને સળિયા સમાન રીતે ઘસેલા હોઈ તેઓ સમાન વિદ્યુતભાર મેળવે છે. પ્રયોગ પરથી આપણે એવું તારણ મેળવી શકીએ કે સમાન વિદ્યુતભાર એકબીજાને અપાકર્ષે છે.

(ii) *અસમાન (વિજાતીય) વિદ્યુતભાર એકબીજાને આકર્ષે છે*

કાચના એક સળિયાને રેશમના કપડા પર ઘસો. આગળના નિદર્શનની જેમ જ રેશમી અથવા નાઈલોનની દોરી પરથી લટકાવેલી તારની ફ્રેમમાં આ સળિયો મૂકો. એબોનાઈટ (ebonites)ના એક સળિયાને ઊનનાં કાપડ પર ઘસો અને તે ઘસેલા છેડાને લટકાવેલા કાચના સળિયાના ઘસેલા છેડા નજીક લાવો (આકૃતિ D1.2). શું થાય છે તે નોંધો. તમને જોવા મળશે કે એબોનાઈટનો સળિયો કાચના સળિયાને આકર્ષે છે. આ પ્રયોગ દર્શાવે છે કે, અસમાન વિદ્યુતભારો એકબીજાને આકર્ષે છે.

નોંધ

(1) વિદ્યુતભારિત એબોનાઈટના સળિયાનું વર્તન, વિદ્યુતભારિત કાચના સળિયા કરતા જુદું છે એટલે કે એબોનાઈટનો સળિયો જુદા પ્રકારનો વિદ્યુતભાર મેળવે છે.

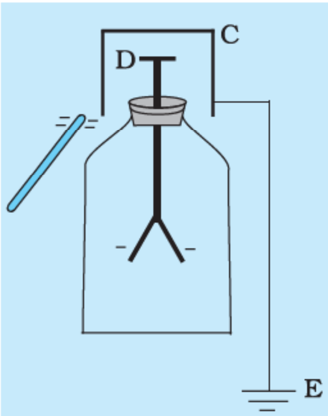
(2) પ્રણાલિકાગત રીતે કાચના વિદ્યુતભારિત સળિયા અને તેના જેવું વર્તન કરતા બીજા બધા વિદ્યુતભારિત પદાર્થોને ધન વિદ્યુતભારિત છે તેમ કહે છે.

(3) તે જ પ્રમાણે, એબોનાઈટના વિદ્યુતભારિત સળિયા અને તેના જેવું વર્તન કરતા બીજા બધા વિદ્યુતભારિત પદાર્થોને ઋણ વિદ્યુતભારિત છે તેમ કહે છે.

નિદર્શન 2

ઈલેક્ટ્રોસ્ટેટિક શિલ્ડિંગ (Electrostatic Shielding)નું નિદર્શન કરવું.

ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપ (Electroscope)ને સંપર્કની રીતથી અથવા પ્રેરણની રીતથી વિદ્યુતભારિત કરવો. ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપમાં વિચલન, તે વિદ્યુતભારિત હોવાનું દર્શાવે છે. વિદ્યુતભારિત એબોનાઈટનો અથવા કાચનો સળિયા (અથવા થરમૉકોલના ટુકડા)ને ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપના હાથા / ડટ્ટા (knob)ની નજીક લાવો. વિચલનમાં થતો વધારો અથવા ઘટાડો સૂચવે છે કે સળિયા પર વિદ્યુતભારનો પ્રકાર વિદ્યુતભારિત ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપ સાથે સમાન છે કે અસમાન છે. વિદ્યુતભારિત સળિયાને ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપથી દૂર કરો. ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપ હજુ પણ વિદ્યુતભારિત છે તેની ખાતરી કરી લો. જો ના હોય તો ફરી વિદ્યુતભારિત કરવું. એક તારના એક છેડાને ધાતુના પાત્ર (can) સાથે ટેપ (tape)ની મદદથી જોડવું. તારના બીજા છેડાને જમીનમાં દાટવો. હવે ધાતુના કૅનનું અર્થિંગ (earthing) થયું. હવે આ કૅનને પ્રયોગશાળા સ્ટૅન્ડ પર એવી રીતે લટકાવો કે તેનો ખુલ્લો છેડો જમીન તરફ હોય. ધાતુના કૅનને ધીમે-ધીમે નીચે લાવો કે જેથી તે વિદ્યુતભારિત ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપના ડટ્ટાને સંપૂર્ણપણે ઢાંકી દે. ધ્યાન રાખો કે ડટ્ટાને ચારે તરફથી ઢાંકતી વખતે ધાતુ, ડટ્ટાને અથવા ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપની બોડી (body)ને ક્યાંય અડકે નહિ. (આકૃતિ D 2.1) અહીં નોંધનીય છે કે ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપ હજુ વિદ્યુતભારિત છે જે તેની સોય અથવા પત્તીઓના વિચલનથી દેખાય છે. હવે વિદ્યુતભારિત એબોનાઈટ (ebonite) અથવા કાચના સળિયાને ફરીથી ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપના ડટ્ટાની નજીક ધાતુના કૅનની બહારના ભાગમાં લાવો. ધ્યાન રાખો કે વિદ્યુતભારિત સળિયો કૅનને અડકે નહિ. આ અવલોકન મળ્યું તે પ્રમાણે શું વિદ્યુતભારિત ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપના વિચલનમાં કોઈ ફેરફાર દેખાય છે જો નહિ તો તેનો મતલબ છે કે ધાતુનું અર્થિંગવાળું કૅન વિદ્યુતભારિત ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપના ડટ્ટાને ઈલેક્ટ્રૉસ્ટેટિક શિલ્ડિંગ આપે છે. તમારાં અવલોકનો પર, ખાસ કરીને અર્થિંગ કરેલા ધાતુના કૅને ભજવેલા ભાગની ચર્ચા કરો. વિદ્યુતભારિત એબોનાઈટ અથવા કાચના સળિયાની ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપના ડટ્ટા નજીક અથવા કૅનની બહાર લાવતા ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપનાં પત્તાઓ પર કોઈ અસર થતી નથી. આને ઈલેક્ટ્રૉસ્ટેટિક શિલ્ડિંગ કહેવાય.



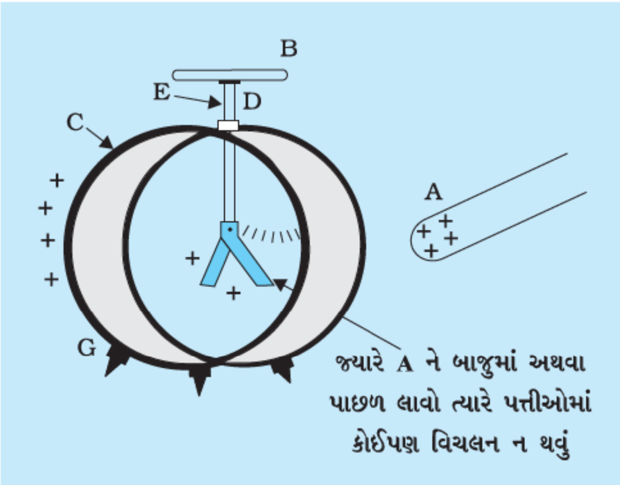
આકૃતિ D 2.1 : એબોનાઈટના સળિયાના ક્ષેત્રથી તકતી Dનું શિલ્ડિંગ કરતો ગ્રાઉન્ડેડ કૅન C

નોંધ

(1) તમે જોશો કે સોનાનાં પત્તા (વરખ) વાળા સંવેદનશીલ ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપને વધુ ચોકસાઈથી વિદ્યુતભાર માપવા માટે ધારતા, તેને વ્યવસ્થિત રીતે શિલ્ડ (shield) કરવું પડે જેથી આસપાસમાં આવેલા વિદ્યુતભારો તેનાં પત્તાંઓને અસર ન કરે. ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપને વ્યવસ્થિત

* *કાચના ટમ્બલર અને એલ્યુમિનિયમની ફોઈલની મદદથી કામચલાઉ ઈલેક્ટ્રોસ્કોપ સહેલાઈથી બનાવી શકાય. વધુ વિગતો માટે Appendix-1નો સંદર્ભ લો.*

રીતે શિલ્ડ કરવા માટે તેને ધાતુના કૅન Cમાં રાખવામાં આવે છે. (આકૃતિ D 2.2) પત્તીઓને જોઈ શકાય તે માટે કૅનના ઢાંકણની જગાએ કાચની વર્તુળાકાર તકતી G મુકાય છે. એટલે જ ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપની પાછળ અથવા તેની બાજુમાં અનિચ્છનીય વિદ્યુતભાર A લાવીએ તો પણ પત્તીઓના વિચલનમાં કોઈ ફેરફાર નથી થતો. પત્તીઓને જકડી રાખતા સ્ટેમ Eને અર્થિંગ કરેલા કૅનથી જુદો પાડવા માટે અવાહક સ્ટૉપર Dનો ઉપયોગ કરી શકાય.



આકૃતિ D 2.2 : શિલ્ડેડ ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપ

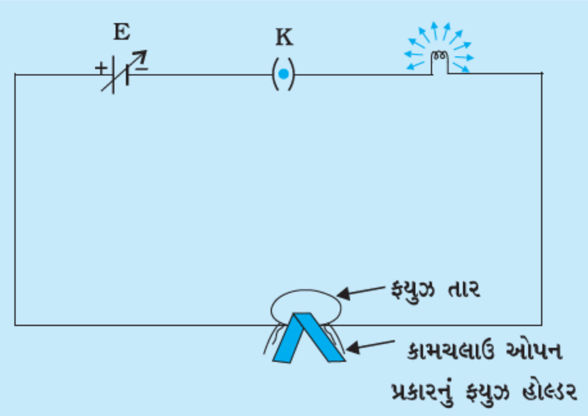
નિદર્શન 3

(i) અમુક વિદ્યુતપ્રવાહના વહનથી ઓગળી જતા ધાતુના કામચલાઉ ફ્યુઝ (Fuse)નો ઉપયોગ અને (ii) રોજિંદી જિંદગીમાં ઉપયોગમાં લેવાતા વિવિધ પ્રકારના ફ્યુઝનું નિદર્શન કરવું.

(i) *અમુક વિદ્યુતપ્રવાહના વહનથી ઓગળી જતા કામચલાઉ ફ્યુઝ (Fuse)ના ઉપયોગનું નિદર્શન*

યોગ્ય ફ્યુઝ તાર (5A રેટિંગવાળો)નો નાનો ટુકડો લો અને તે કામચલાઉ ખુલ્લા પ્રકારના ફ્યુઝ (જુઓ Appedix 4) પર જોડી દો. આકૃતિ D 3.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે આ વિદ્યુત ફ્યુઝને 6 Vનો લેડ એક્યુમ્યુલેટર (સંગ્રાહક કોષ) (accumulator), 6V (18 W અથવા 24 W) ના ગોળા (હોલ્ડરમાં લગાવેલ) અને એક પ્લગ-કી (Plug key) સાથે શ્રેણીમાં જોડો. કળને ON કરીને જુઓ કે ગોળો ચાલુ થાય છે? ફ્યુઝ વાયરનું અવલોકન કરો. જુઓ કે તે અસર રહિત છે. હવે કળ ખોલી પરિપથને બ્રેક કરો. તાંબાના જાડા તાર સાથે જોડી ગોળાને શોર્ટ સર્કિટ કરો. હવે ફરીથી થોડા સમય માટે કળને ON કરો. આ વખતે ગોળો ચાલુ થશે નહિ. શું ફ્યુઝ વાયર તરત જ બંધ થશે? ધ્યાનથી અવલોકન કરો.

(ii) *રોજિંદી જિંદગીમાં ઉપયોગ થતા વિવિધ પ્રકારના ફ્યુઝનું નિદર્શન*



આકૃતિ D 3.1 : ફ્યુઝનું કાર્ય નિદર્શિત કરતી પરિપથ

(i) વિવિધ વીજળી ઉપકરણોમાં ઉપયોગમાં લેવાતા (ii) 5A પ્રવાહ રેટિંગ (rating)વાળા મેઈન્સમાં વપરાતા (iii) 15 A પ્રવાહ રેટિંગવાળા મેઈન્સમાં વપરાતા, વિવિધ પ્રકારના ફ્યુઝ ભેગા કરો. તેમનું અવલોકન કરી તારની જાડાઈનાં તારણોની નોંધ કરો. વિદ્યુત મેઈન્સ સાથે વાપરવા માટેનું સ્વિચ બૉર્ડ લો. આ સ્વિચ બૉર્ડ (Switch Board)માં એક ફ્યુઝ સૉકેટ (Socket), એક ગોળાનું હોલ્ડર (holder) (100 W, 230 Vના વિદ્યુતગોળા સાથે) અને એક કળ (સ્વિચ) ફ્યુઝ સાથે શ્રેણીમાં હોવું જોઈએ. આ બૉર્ડમાં એક વિદ્યુત ઉપકરણ દા.ત., વિદ્યુત હીટર (Heater)ને શ્રેણીમાં જોડવા માટે સ્વિચ સાથેનું એક સૉકેટ જૂદું હોવું જોઈએ.

સ્વિચ બૉર્ડને મેઈન્સમાં જોડતા પહેલાં ફ્યુઝ માટેના સૉકેટમાં 5Aનો ફ્યુઝ તાર લગાવવો. સ્વિચ બૉર્ડ પર આપેલી સ્વિચનો ઉપયોગ કરી ગોળાને ચાલુ (ON) કરો. ગોળો પ્રકાશિત થશે. ફ્યુઝ તારનું અવલોકન કરો. શું તે અકબંધ છે ? ગોળાને બંધ

** એક કામચલાઉ ખુલ્લા પ્રકારનો ફ્યુઝ હોલ્ડર બનાવવા માટે Appendix-4 જુઓ.*

કરી, સ્વિચ બૉર્ડને વિદ્યુત મેઈન્સથી અનપ્લગ (જુદું) કરવું. ટેબલ લૅમ્પને જોડવા માટે વપરાતા સામાન્ય લવચીક (flexible) કૅબલમાંથી તાંબાનો એક જ તાર કાઢી ફ્યૂઝ સૉકેટમાં લગાવવો. બૉર્ડને ફરીથી મેઈન્સમાં પ્લગ કરી, ગોળાને ચાલુ કરવો. શું ગોળો હવે ચાલુ થાય છે અને ચાલુ જ રહે છે ? બૉર્ડને અનપ્લગ કરી, આપણે મૂકેલા કામચલાઉ ફ્યૂઝ તાર પર અસર જુઓ. શું તેનો રંગ બદલાય છે ? હવે બૉર્ડ સાથે વિદ્યુત હીટર (1500 W અથવા 2000 W, 230 V)ને જોડો. બૉર્ડને વિદ્યુત મેઈન્સ સાથે જોડો. હીટરને સ્વિચ "ON" કરો. શું કામચલાઉ ફ્યૂઝ ઊડી ગયું, તો નથી ને ? બૉર્ડને અનપ્લગ કરી ફ્યૂઝનું અવલોકન કરો. શું તમને તે અંશતઃ ઓગળેલું (એટલે કે મૂળ લંબાઈ કરતાં થોડી ઓછી) મળે છે ? 6Vના ગોળાને શૉર્ટસર્કિટ કર્યા પછી ઉપરના પ્રયોગમાં ઉપયોગમાં લીધેલા પરિપથમાં લાંબા ગાળા માટે વિદ્યુતપ્રવાહ શા માટે પસાર ન કરવો જોઈએ ?

નોંધ

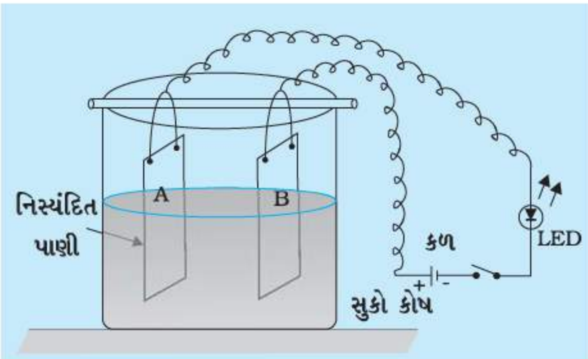
(1) જો તમે કામચલાઉ ઑપન પ્રકારનું ફ્યૂઝ હૉલ્ડર ન બનાવ્યું હોય, તો ફ્યૂઝના તારના છેડાઓને Crocodile clips માં પકડવા. Appendix 4માં વર્ણન કરેલા ઑપન પ્રકારનું ઑપન ફ્યૂઝ હૉલ્ડર (Holder) જ સારું નિદર્શન આપી શકે.

(2) ફ્યૂઝની કામ કરવાની સ્થિતિ (working status) તમે અવરોધ મીટરમાં "Continuity check" પરથી ચકાસી શકો. જો બીપ (beep) સંભળાય તો ફ્યૂઝ બરાબર છે અને જો બીપ ન સંભળાય તો ફ્યૂઝને ઊડી ગયેલો ધારી શકાય.

નિદર્શન 4

નિસ્યંદિત પાણી વધારે અવરોધ આપે છે અને તેમાં સોડિયમ ક્લોરાઈડ (Sodium Chloride) ભેળવવાથી અવરોધ ઘટે છે તેમ નિદર્શન કરવું.

બીકર (Beaker)માં અડધે સુધી નિસ્યંદિત પાણી લેવું અને તેમાં બે ઈલેક્ટ્રોડ (લાકડાના સળિયા પર તાંબાના ખુલ્લા તાર વડે લટકાવેલી ઍલ્યુમિનિયમની બે પટ્ટીઓ અથવા તક્તી ચાલશે) A અને B ડુબાડવા. પરિપથ (આકૃતિ D 4.1)માં બતાવ્યા પ્રમાણે ઈલેક્ટ્રોડને સૂકા કોષ (1.5 V) ટેપિંગ કળ (tapping key) અને એક લાઈટ એમિટિંગ ડાયોડ (LED - Light Emitting Diode) સાથે જોડાણ કરવું. LEDને પરિપથમાં બરાબર રીતે જોડ્યું છે કે નહિ તે ચકાસો. કારણ કે તે વિદ્યુતપ્રવાહ એક જ દિશામાં આપે છે. ગોળાને પ્રકાશિત થવા માટે ખાતરી કરો કે તેનો ધન છેડો કોષના ધન છેડા સાથે જોડાયેલો છે. આ ચકાસણી કરવા માટે ઈલેક્ટ્રોડ A અને Bને પાણીની બહાર લાવો. બંનેને એકબીજાના સંપર્કમાં લાવો અને જુઓ કે LED પ્રકાશિત થાય છે. પછી, આ બંને ઈલેક્ટ્રોડને પાણીમાં મૂકો અને તેમના વચ્ચેનો ગાળો (જગ્યા) મહત્તમ કરો. શું હવે LED પ્રકાશિત થાય છે? બંને ઈલેક્ટ્રોડને એકબીજાની નજીક લાવો જેથી પાણીમાં બંને વચ્ચેનું અંતર ઓછુ રહે. જુઓ, હવે LED પ્રકાશિત થાય છે ? LED પ્રકાશિત ન થાય તેટલી દૂર પટ્ટીઓને રાખી પાણીમાં એક ચપટી મીઠું નાંખો. હવે શું LED પ્રકાશિત થાય છે ? તમારાં અવલોકનો પરથી નિષ્કર્ષ બનાવો.



આકૃતિ D 4.1 : *મીઠું ઉમેરવાથી નિસ્યંદિતપાણીની વિદ્યુતવાહકતા પર થતી અસરનું નિદર્શન કરતી ગોઠવણ*

નોંધ

(1) જો LEDની જગાએ મલ્ટિમીટર (કે જેમાં DC પ્રવાહ માપવાની જુદી-જુદી અવધિઓ (ranges) હોય) મૂકતા અને પાણીમાં તબક્કાવાર સમાન મીઠું ઉમેરતા, તમે દરેક કિસ્સામાં મીઠાની સાંદ્રતા અને દ્રાવણનો અવરોધ શોધી શકો. પ્રયોગ દરમિયાન તકતીઓના સ્થાનની અદલા-બદલી કરવી નહિ. એટલે તમે મીઠાની સાંદ્રતા સાથે અવરોધનો ફેરફાર કેવી રીતે થાય છે તેનો અભ્યાસ કરી શકો છો. વિદ્યાર્થીઓ આ પ્રયોગને પ્રૉજેક્ટ-કાર્ય તરીકે લઈ શકે છે.

(2) સામાન્ય રીતે, સાંદ્રતાના વધારા સાથે ઈલેક્ટ્રૉલાઈટ (મીઠાનું એવું દ્રાવણ જેમાં અણુઓ ધન આયનો અને ઋણ આયનોમાં વિભાજિત થાય છે.)ની અવરોધકતા ઘટે છે. આવું બનવા

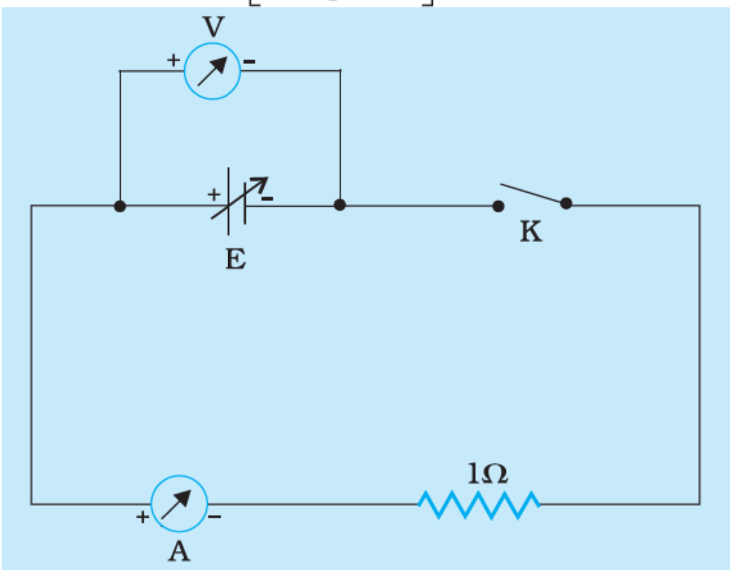
પાછળની હકીકત એ છે કે, સાંદ્રતાના વધારા સાથે, વધુ સંખ્યામાં વિદ્યુતભાર વાહકો (ધન અને ઋણ આયનો) પ્રાપ્ત થાય છે. જેઓ બંને ઇલેક્ટ્રોડ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત લાગુ પાડતા તેમની વચ્ચે ઉદ્ભવતા વિદ્યુતક્ષેત્રમાં ગતિ કરે છે.

(3) ધાતુના તારમાં વિદ્યુતપ્રવાહના વહનમાં ફક્ત ઋણ વિદ્યુતભાર (ઇલેક્ટ્રૉન)નો જ ફાળો હોય છે જ્યારે ઇલેક્ટ્રૉલાઇટના કિસ્સામાં આયનો તેમજ ધન આયનોનું ડ્રિફ્ટ વિદ્યુતપ્રવાહના વહનમાં ફાળો આપે છે. આ વિદ્યુતક્ષેત્રની દિશામાં ધીમા ડ્રિફ્ટ સાથે વાંકીચૂંકી ગતિનું સંયોજન છે.

નિદર્શન 5

લેડ સંગ્રાહક કોષ (Lead Accumalator)ના કાર્યનું નિદર્શન કરવું.

આકૃતિ D 5.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે વિદ્યુતપરિપથ ગોઠવો. સંગ્રાહક કોષ સાથે 1 Ωનો અવરોધ અને એક એમીટર શ્રેણીમાં જોડો. 6Vના સંગ્રાહક કોષને સમાંતર વોલ્ટમીટર જોડો. પરિપથ એક યા બે સેકન્ડથી વધુ સમય માટે ON ન રહેવો જોઈએ. આ હેતુ માટે, પ્લગ-કી (Key)ના બદલે ટેપિંગ-કી (Key) વાપરવી. જ્યારે ટેપિંગ-કી દબાવશો ત્યારે વોલ્ટમીટરમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બૅટરીના વોલ્ટેજમાં મામૂલી ઘટાડો જોવા મળશે. વોલ્ટમીટરનું અવલોકન (V) અને એમીટરનું અવલોકન (I) નોંધો. પરિપથમાં વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર કરો. અવલોકનોનું પુનરાવર્તન કરો. આના માટે પરિપથમાં રીઓસ્ટેટ જોડવું પડશે. તમારાં અવલોકનોને અવલોકન-કોઠામાં નોંધો અને સંગ્રાહકના આંતરિક અવરોધની ગણતરી કરો $\left[r = \frac{E-V}{I} \text{ohm}\right]$.



આકૃતિ D 5.1 : લેડ સંગ્રાહકનો લઘુ આંતરિક અવરોધનું નિદર્શન કરતો પરિપથ

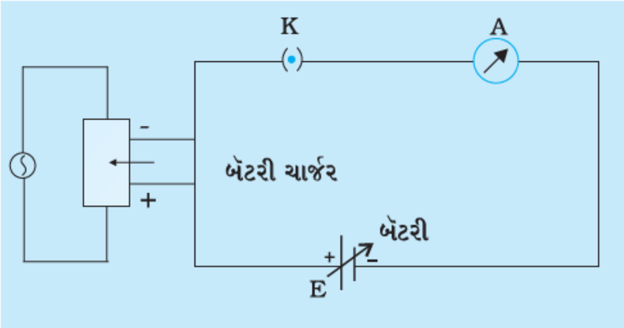
નોંધ

(1) જૂના લેડ-સંગ્રાહકમાંથી કાઢેલા લેડની જાળીનું પરીક્ષણ કરો. તેના ધન અને ઋણ ધ્રુવ ને ઓળખો. લેડ ઑક્સાઇડવાળી પ્લેટ ધન ધ્રુવ તરીકે કાર્ય કરે છે. જ્યારે નરમ લેડ ઋણ ધ્રુવ તરીકે કાર્ય કરે છે.

(2) 6Vના સંગ્રાહકને નુકસાનથી બચાવવા માટે તેની સાથે શ્રેણીમાં એક નાનો અવરોધ જોડવામાં આવે છે આને કારણ જોડાણના તારનું ગરમ થવું પણ ઘટે છે જેથી દાઝવાની ઘટના ના બને.

(3) બૅટરીને ક્યારેય શોર્ટસર્કિટ ન કરવું. આમ કરવાથી બૅટરીનું આયુષ્ય ઘટે છે. ભારે (વધારે) વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થવાથી નાની અવધિવાળા એમીટર જેવાં સાધનોને નુકસાન થઈ શકે છે.

(4) જ્યારે કોઈ પણ કોષનો વોલ્ટેજ સામાન્ય અવધિ 2V થી ઘટીને 1.85 V થાય ત્યારે તેને રિચાર્જ કરવો પડે. આ હેતુ માટે તેને આકૃતિ D 5.2માં બતાવ્યા પ્રમાણે બૅટરી ચાર્જર સાથે જોડવું.



આકૃતિ D 5.2 : બૅટરી ચાર્જરની મદદથી બૅટરીનું ચાર્જિંગ કરવાનો પરિપથ

(5) તેના ડિસ્ચાર્જિંગ / વપરાશ દરમિયાન અને ચાર્જિંગ દરમિયાન થતી રાસાયણિક પ્રક્રિયા નીચે મુજબ છે :

ધન ધ્રુવ

$$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{-2} + 2e^- \underset{\text{ચાર્જિંગ}}{\overset{\text{ડિસ્ચાર્જિંગ / વપરાશ}}{\rightleftharpoons}} PbSO_4 + 2H_2O$$

ઋણ ઈલેક્ટ્રોડ

$$Pb + SO_4 \underset{\text{ચાર્જિંગ}}{\overset{\text{ડિસ્ચાર્જિંગ / વપરાશ}}{\rightleftharpoons}} PbSO_4 + 2e^-$$

એટલે જ વપરાશ દરમિયાન બંને ધ્રુવ પર $PbSO_4$ બને છે. વધુ પડતા વપરાયેલા કોષને સલ્ફેટેડ (Sulphated) થયો છે તેમ કહેવાય. વધુમાં, પાણીનું બનવું અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનો વપરાશ થવાના પરિણામે ઍસિડની ઘનતા ઘટે છે.

(6) બૅટરીને વધુ પડતી ચાર્જિંગ કરવાની અસર ઈલેક્ટ્રૉલિસિસ દરમિયાન પાણીનો વ્યય છે એટલે જ, સતત પાણીના લેવલને ચકાસવાની જરૂર હોય છે અને તેને ઊંચુ લાવવા નિસ્યંદિત પાણી ઉમેરવામાં આવે છે. આને ક્યારેક નિસ્યંદિત પાણીથી ટોપિંગ-અપ (topping up) કરવાનું જણાવવામાં આવે છે.

(7) ઍસિડ સંગ્રાહકને રીચાર્જિંગની જરૂર છે તે ચકાસવાની શ્રેષ્ઠ રીત તેનો વિદ્યુતચાલકબળ માપવાનું નથી. આનું કારણ છે કે સામાન્ય વોલ્ટમીટર વોલ્ટેજ વધુ ચોકસાઈથી માપી શકતા નથી. 1.85 V ને 1.9 V વાંચી શકે.

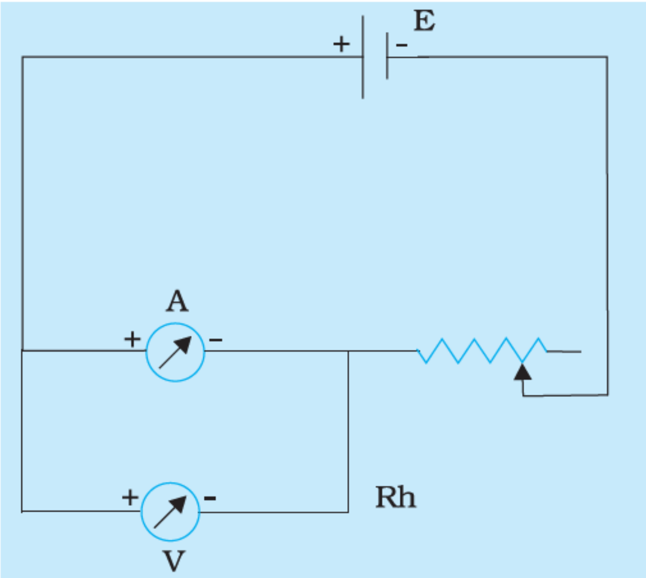
અંદર આવેલા ઍસિડની ઘનતા એ ઘણો સારો સૂચક છે. ચાર્જ્ડ સંગ્રાહકમાં ઘનતા 1.26 kg /L હોય છે. જ્યારે તે ઘટીને 1.20 kg / L થાય ત્યારે સંગ્રાહકને રિચાર્જ કરવાની જરૂર પડે છે. સંગ્રાહકમાં આવેલા ઍસિડની ઘનતા માપવા માટે વિશિષ્ટ હાઇડ્રોમીટર (hydrometer)નો ઉપયોગ થાય છે અને તે સંગ્રાહક કોષની સ્થિતિની અટકળ કરે. નિસ્યંદિત પાણીથી ટોપિંગ-અપ (topping up) કર્યા પછી જ ઘનતા માપવી જોઈએ.

(8) નવા કોષ માટે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ બનાવવા માટે તેનાથી ત્રણ ગણા કદવાળા પાણીમાં જલદ ઍસિડ ઉમેરવો. જ્યારે આ ઍસિડ ઠંડો પડે ત્યારે તેને નવા લેડ ઍસિડ કોષ / લેડ-સંગ્રાહકમાં ભરી દેવાય છે અને પછી આખી રાતમાં કોષ ચાર્જ થાય છે.

નિદર્શન 6

વિદ્યુતપ્રવાહ માપક સાધનને નિશ્ચિત અશૂન્ય (non-zero) અવરોધ હોય છે તેનું નિદર્શન કરવું.

આકૃતિ D 6.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક બૅટરી, કળ, રીઓસ્ટેટ, એમીટર અને ડિજિટલ મલ્ટિમીટર(DMM)નો ઉપયોગ કરી પરિપથ બનાવો. કળ બંધ કરો. રીઓસ્ટેટને એવી રીતે ગોઠવો જેથી એમીટરમાંથી 1Aના ક્રમનો વિદ્યુતપ્રવાહ વહે. dc mVની અવધિમાં વોલ્ટમીટર DMMથી એમીટરના બે છેડા વચ્ચે મળતા વોલ્ટેજ ડ્રોપ (V)નું અવલોકન કરો. તમારાં અવલોકનો નોંધો અને વોલ્ટેજ ડ્રોપ (*V*) અને એમીટરના વાંચન (*I*)નો ગુણોત્તર $\left(R=\frac{V}{I}\ \text{ohm}\right)$ લઈ એમીટરનો અવરોધ શોધો. એમીટરના જુદા-જુદા વાંચન માટે આ પદ્ધતિનું પુનરાવર્તન કરો અને અવરોધની સરેરાશ કિંમત શોધો.



***આકૃતિ D 6.1** : એમીટરના અવરોધનું માપન*

નોંધ

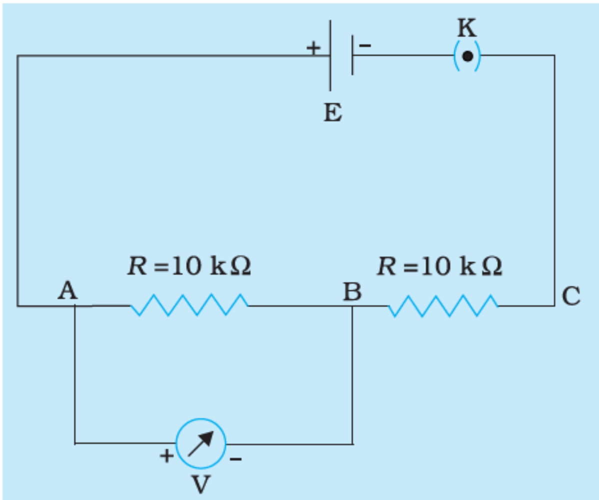
(1) સામાન્ય રીતે એવું કહેવાય છે કે, એમીટરને અવરોધ ન હોવાના કારણે તે પરિપથમાં શ્રેણીમાં જોડાય છે પણ આ એક આદર્શ કિસ્સો છે પણ હકીકતમાં આવું હોતું નથી. એમીટરને નિશ્ચિત અશૂન્ય અવરોધ હોય છે.

(2) ઉપરના પ્રયોગનો નિદર્શ મિલિએમીટર (10 Ωના ક્રમમાં અવરોધ ધરાવતો) અથવા માઈક્રોએમીટર (kΩના ક્રમમાં અવરોધ ધરાવતો)ના ઉપયોગથી પણ કરી શકાય.

નિદર્શન 7

વોલ્ટેજમાપક સાધનનો અવરોધ અનંત નથી (non-infinite) તેનું નિદર્શન કરવું.

આકૃતિ D 7.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક બૅટરી, એક કળ, વોલ્ટમીટર અને દરેક 10 kΩ અવરોધ ધરાવતા બે અવરોધકોને જોડીને એક પરિપથ બનાવો. હવે કળ બંધ કરી, વોલ્ટમીટરને કોઈ એક અવરોધકના બે છેડા વચ્ચે જોડીને વોલ્ટમીટરનાં અવલોકનો લો. સૂત્ર D 7.1નો ઉપયોગ કરી વોલ્ટમીટરના અવરોધની ગણતરી કરો. જુદા-જુદા કોષનો ઉપયોગ કરી Eની કિંમતો બદલી આ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો.



આકૃતિ D 7.1 : *વોલ્ટમીટરના અવરોધનું માપન*

નોંધ

સામાન્ય રીતે એવું કહેવાય છે કે, વોલ્ટમીટરને સમાંતરમાં જોડતાં તેનો અવરોધ અનંત (infinitely large) હોય છે. પણ હકીકતમાં આવું હોતું નથી કારણ કે આ એક આદર્શ કિસ્સો છે. દરેક વોલ્ટમીટર, ખાસ કરીને એનાલોગ મીટરોને બિનઅનંત અવરોધ હોય છે.

વોલ્ટમીટરના અવરોધને R_V અને વિદ્યુતપ્રવાહને I વડે દર્શાવતા, પરિપથ (આકૃતિ D 7.1)નું વિશ્લેષણ નીચે મુજબ થાય :

$$I = \left[\frac{E}{R + \frac{RR_V}{R + R_V}} \right]$$

માટે, વોલ્ટમીટરનું વાંચન એટલે કે ABના બે છેડા વડે વોલ્ટેજ

$$V = \left[\frac{E}{R + \dfrac{RR_V}{R + R_V}}\right]\frac{RR_V}{R + R_V} = \frac{ER_V}{R + 2R_V}$$

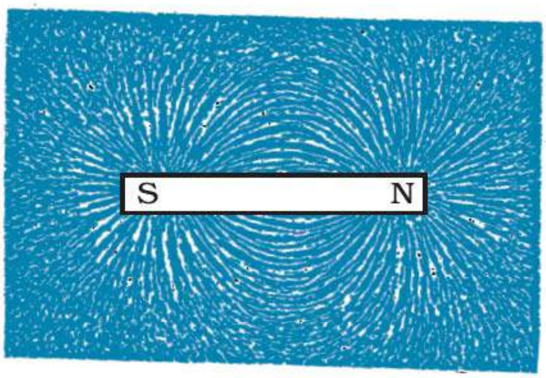
$$\therefore\ R_V = \frac{VR}{E - 2V} \qquad \text{(D 7.1)}$$

જો R_V અનંત તરફ વધે તો સમીકરણ D 7.1 પ્રમાણે $V = \dfrac{E}{2}$ થાય. પણ હકીકતમાં, આ $\dfrac{E}{2}$ કરતા ઘણું નીચું મળે છે.

નિદર્શન 8

લોખંડની ભૂકીની મદદથી ચુંબકીયક્ષેત્ર રેખાઓનું નિદર્શન કરવું.

7.5 cm અથવા 10 cm લંબાઈવાળો એક મજબૂત ગજિયો ચુંબક લો. કાચની તકતીની નીચે તેને મધ્યમાં મૂકો. લાકડાના ચાર બ્લૉકની મદદથી તકતીને સમક્ષિતિજ મૂકો અને સ્પિરિટ લેવલની મદદથી ચકાસી લો. તકતી પર લોખંડની ઝીણી ભૂકી ભભરાવવી, તકતીને હળવેથી વારંવાર ઠપકારવી. જુઓ શું થાય છે. તમે જોશો કે આકૃતિ D 8.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે લોખંડની ભૂકી એક નિયમિત ગોઠવણ (pattern) મેળવે છે. આવું બને છે તેનું કારણ ચુંબકીયક્ષેત્રની અસર હેઠળ, લોખંડના કણો નાના ચુંબકો જેવું વર્તન કરે છે અને ચુંબકીય ક્ષેત્રની રેખાઓ સાથે લાંબી સાંકળ જેવી રચના કરે છે. નોંધનીય છે કે લોખંડના કણોની આ લાંબી સાંકળો ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવથી શરૂ થઈ, દક્ષિણ ધ્રુવ પર અંત પામે છે અને મધ્ય ભાગ સાથે સંપર્ક ટાળે છે. રેખાઓની ગોઠવણ (pattern) નું ધ્યાનપૂર્વક અવલોકન કરો અને તે પરથી બે નજીકની રેખાઓ વચ્ચેના ગાળા અને તે ગાળામાં ચુંબકીયક્ષેત્રની પ્રબળતા (તીવ્રતા)નો નિષ્કર્ષ આપો. તમે તારવેલા નિષ્કર્ષનો અહેવાલ આપો.



આકૃતિ D 8.1 : *ગજિયા ચુંબકની નજીક લોખંડની ભૂકી પોતાને ચુંબકીયક્ષેત્ર રેખાઓની દિશામાં ગોઠવી દે છે*

નોંધ

(1) લોખંડની ભૂકીને તકતી પર ચોંટાડી પૅટર્ન મેળવી શકાય તે માટે કાચની તકતી પર સ્વચ્છ વાર્નિશ (Lacquer) પેઇન્ટ સ્પ્રે કરો. તેને સુકાવા દો. તેને કાયમી પ્રદર્શનમાં (display) મૂકી શકાય.

(2) ધારો કે તમે ચુંબકીય કંપાસ વડે પ્રયોગ કરો છો. તમે ગજિયા ચુંબકને કાચની પાતળી તકતી (અથવા પ્લાયવુડની પાતળી સમતલ તકતી અથવા જાડા પૂંઠા) નીચે મૂકો. તકતી પર કાગળ જડી દો અને તેને સ્પિરિટ લેવલથી સમક્ષિતિજ ગોઠવો. ચુંબકીય કંપાસની મદદથી ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ દોરવી. તમે કેવા પ્રકારની રેખાઓની અપેક્ષા રાખો છો ? શું કોઈ પણ રેખા ચુંબક માંથી પસાર થઈને સંપૂર્ણ લુપ બનાવે છે ? પાયાની એક રીત માટે તમે *Laboratory Manual of Science, class X (NCERT, 2008 પ્રયોગ 52,* પાના નં. 217 થી 220)નો સંદર્ભ લો.

નિદર્શન 9

ગજિયા ચુંબકની આસપાસના વિસ્તારમાં વિવિધ પદાર્થો લાવી ચુંબકીયક્ષેત્રની ગોઠવણી (pattern) પર ઉદ્ભવતી અસરનો અભ્યાસ કરવો.

પદ્ધતિ

એક ડ્રૉઇંગ બૉર્ડ લઈ તેના પર મીણબત્તીના પિગળેલા મીણ વડે કોરા કાગળની શીટ (sheet) જડી દો. કાગળની શીટ મધ્યમાં બે પરસ્પર લંબ રેખાઓ NS અને EW દોરો. ચુંબકીય હોકાયંત્રને શીટની બરાબર મધ્યમાં મૂકો. ડ્રૉઇંગ બૉર્ડને એટલું પરિભ્રમણ કરાવો કે જેથી હોકાયંત્રની ચુંબકીય સોય NS રેખા સાથે એક રેખસ્થ થાય. આ કિસ્સામાં આ સોય ઉત્તર-દક્ષિણ દિશાનો નિર્દેશ કરે છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન બૉર્ડને હળવેકથી ઠપકારવું જેથી કરીને સોય અને ધરી (pivot) વચ્ચેનું ઘર્ષણ લઘુત્તમ થાય અને સોય મુક્તપણે પરિભ્રમણ કરી શકે. ચોક (chalk) વડે ડ્રૉઇંગ બૉર્ડની હદ દર્શાવતી રેખાઓ (રૂપરેખા) દોરો. સમગ્ર પ્રયોગ દરમિયાન ડ્રોઇંગ બૉર્ડના સ્થાનમાં કોઈ વિક્ષેપ થવો જોઈએ નહિ. ચુંબકને NS રેખા પર મધ્ય ભાગથી સંમિત રીતે ગોઠવો જેથી તેની અક્ષ NS રેખા પર આવે અને તેનો ઉત્તર ધ્રુવ ઉત્તર દિશા તરફ નિર્દેશિત હોય. આ પરિસ્થિતિમાં ચુંબકીય અક્ષ, કાગળ પર દોરેલી રેખાઓમાંથી કોઈ એક રેખા સાથે એક રેખસ્થ થાય છે. આ રીતે તમે ગજિયા ચુંબકને ચુંબકીય મેરિડિયન (meridian) પર મૂક્યો છે. ચુંબકીય હોકાયંત્રની મદદથી ચુંબકીય ક્ષેત્ર રેખાઓનું નકશા-આલેખન (mapping) કરો. એવાં બિંદુઓ શોધો જ્યાં પૃથ્વીનું સમક્ષિતિજ ચુંબકીયક્ષેત્ર, ચુંબકના ચુંબકીયક્ષેત્રને સમતોલે. આ તટસ્થ બિંદુઓ છે. તમને નિદર્શન 8 માં મળી હતી તેવી પૅટર્ન મળશે. આ પ્રયોગનું નિદર્શન કરતી વખતે બધાં જ ચુંબકો અને ચુંબકીય પદાર્થોને ડ્રૉઇંગ બૉર્ડથી દૂર રાખવા. હવે ડ્રૉઇંગ પેપર હટાવી, ચુંબકને તે જ સ્થાન પર મૂકો અને એક નરમ લોખંડના ચોસલાને ચુંબકથી થોડી દૂર ધારો કે ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવ પાસે મૂકો. ફરીથી, ચુંબકના ચુંબકીય ક્ષેત્રનું નકશા-આલેખન કરો. હવે પૅટર્ન કોના જેવી મળશે? તમે જોશો કે આ પૅટર્ન એકલા ચુંબકના પૅટર્ન કરતા ઘણી જુદી મળે છે. ઘણીબધી રેખાઓ નરમ લોખંડના ચોસલામાંથી અથવા તેની પાસેથી પસાર થાય છે. તટસ્થ બિંદુઓ પણ ચુંબકથી દૂર જાય છે. હોકાયંત્રની મદદથી લોખંડના ચોસલાના છેડાઓના ધ્રુવત્વનું પરીક્ષણ (testing) કરો. તમે જોશો કે તે પણ ચુંબક બની ગયો છે. આ પ્રયોગ ઍલ્યુમિનિયમ, તાંબા, નિકલ, ક્રોમિયમ અને પ્લાસ્ટિકના પદાર્થો સાથે પુનરાવર્તિત કરો. ક્ષેત્રરેખાઓની ગોઠવણીનું અવલોકન કરો.

નોંધ

(1) ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવથી નીકળતી ઘણી બધી રેખાઓ લોખંડના ચોસલાના જે છેડામાં પ્રવેશે, ચોસલાનો તે છેડો દક્ષિણ ધ્રુવ તરીકે વર્તે છે અને ચોસલાનો બીજો છેડો ઉત્તર ધ્રુવ તરીકે વર્તે છે. માટે લોખંડનું ચોસલું પ્રેરિત ચુંબક બને છે.

(2) તમે જોશો કે ગજિયા ચુંબકની ચુંબકીય ક્ષેત્ર રેખાઓની પૅટર્નમાં તાંબા, ઍલ્યુમિનિયમ અને પ્લાસ્ટિકના ચોસલાઓની હાજરીથી કોઈ ફેરફાર થતો નથી. આ પદાર્થો પ્રેરિત ચુંબક બનતા નથી.

(3) જો તમે આ પ્રયોગમાં નિકલ અથવા કોબાલ્ટના ચોસલાનો ઉપયોગ કરશો તો રેખાઓની પૅટર્નમાં ફેરફાર થશે પણ આ ફેરફાર નરમ લોખંડ કિસ્સામાં જે ફેરફાર થાય છે એટલો બધો થતો નથી હોતો.

(4) જે પદાર્થોથી ચુંબકીયક્ષેત્ર રેખાઓમાં ફેરફાર આવે તેમને ફેરોમૅગ્નેટિક (ferromagnetic) પદાર્થો કહે છે.

(5) બધા જ સમતલોમાં મુક્તપણે પરિભ્રમણ કરી શકે તેવી ચુંબકીય સોયને લટકાવવામાં આવે તો તે પોતાને પૃથ્વીના ચુંબકીય ઉત્તર-દક્ષિણ ધ્રુવની દિશામાં, સમક્ષિતિજ સાથે કંઈક કોણે ગોઠવી દેશે. આ સોયની અક્ષમાંથી પસાર થતા ઊર્ધ્વ સમતલને ચુંબકીય મેરિડિયન (magnetic meridian) કહે છે.

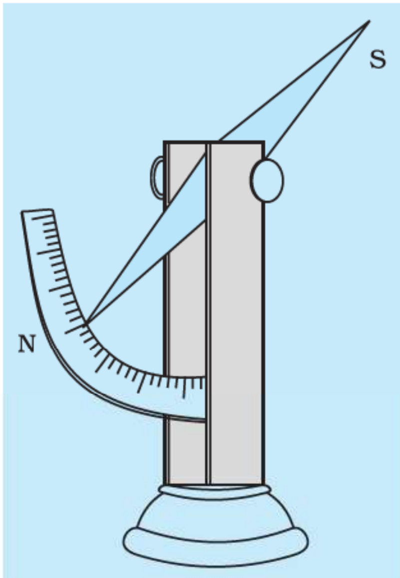
નિદર્શન 10

પૃથ્વીના ચુંબકીયક્ષેત્રને ઊર્ધ્વ અને સમક્ષિતિજ બંને ઘટકો હોય છે તેમ દર્શાવવું.

આ પ્રયોગના નિદર્શન માટે તમને ડિપ સોય અને કંપાસ (હોકાયંત્ર)ની જરૂર પડશે.

ડિપ સોય (Dip needle) :

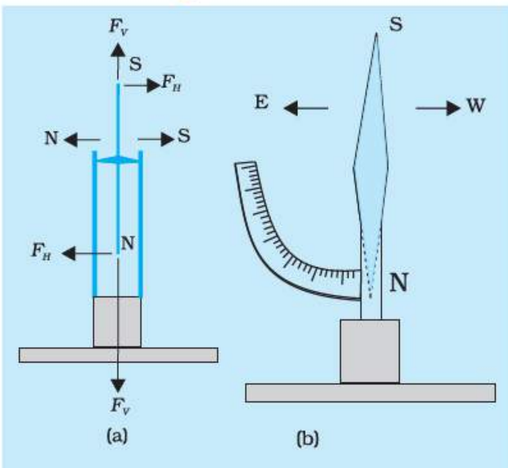
ડિપ સોય એ ઊર્ધ્વ સમતલમાં મુક્તપણે પરિભ્રમણ કરી શકે તેવી હોકાયંત્રની સોય હોય છે. જે સમક્ષિતિજ અક્ષને અનુલક્ષીને પરિભ્રમણ કરે છે, તે અક્ષ તેના ગુરુત્વકેન્દ્રમાંથી પસાર થાય છે. એટલે જ ગુરુત્વાકર્ષણ બળ તેને કોઈ એક પસંદગીની દિશામાં રાખવાનું વલણ ધરાવતો નથી. સોય અને તેની ફ્રેમ ઊર્ધ્વ અક્ષને અનુલક્ષીને પરિભ્રમણ કરી શકે છે કે જેથી તેના પરિભ્રમણના ઊર્ધ્વ સમતલને ગમે તે દિશામાં ગોઠવી શકાય. (આકૃતિ D 10.1). તેની સાથે 90° માપક્રમવાળી વર્તુળાકાર માપપટ્ટી પણ જોડેલી હોય છે કે જેમાં સોય સમક્ષિતિજ સાથે કયા ખૂણે સમતોલનમાં આવી છે તે જોઈ શકો.



આકૃતિ D 10.1 : ડિપ સોય

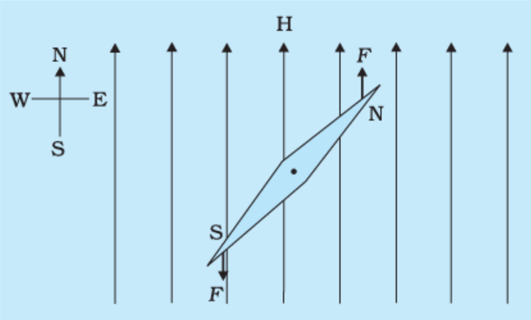
ઊર્ધ્વ ઘટક :

ડિપ સોયની ચાકગતિના ઊર્ધ્વ સમતલને ઉત્તર-દક્ષિણ દિશામાં (એટલે કે ચુંબકીય મેરિડિયન)માં ગોઠવી, વર્તુળાકાર માપપટ્ટી પર સોયના વાંચનનું અવલોકન કરો. પરિભ્રમણના સમતલને ચુંબકીય મેરિડિયનથી જુદા-જુદા ખૂણે રાખી ઉપરનાં અવલોકનોનું પુનરાવર્તન કરો. જ્યારે સોયનું વિચલન મહત્તમ એટલે કે 90° બને અને સોય ઊર્ધ્વ થાય. આકૃતિ D 10.2 (a)) ત્યારે સોયની પરિભ્રમણના સમતલનું અવલોકન કરો. શું તે પૂર્વ-પશ્ચિમ દિશામાં છે ? હવે સોયના સમતલને ચુંબકીય મેરિડિયનમાં પરિભ્રમણ કરાવો. વર્તુળાકાર માપક્રમના વાંચનનું અવલોકન કરો. આ સ્થિતિમાં, પૃથ્વીના ચુંબકીયક્ષેત્રનો સમક્ષિતિજ ઘટક સંપૂર્ણ અસરકારક છે અને સોય પરિણામી ચુંબકીયક્ષેત્રની દિશામાં ગોઠવાય છે. આ



આકૃતિ D 10.2 (a), (b) : જ્યારે સમતલ પૂર્વ-પશ્ચિમ દિશામાં આવે ત્યારે ડિપ સોય ઊર્ધ્વ થાય છે

પરિસ્થિતિમાં વર્તુળાકાર માપક્રમ પરનું વાંચન નમનકોણ (Dip Angle) આપે છે. (આકૃતિ 10.4)



આકૃતિ D 10.3 : *પૃથ્વીના ચુંબકીયક્ષેત્રમાં સમક્ષિતિજ સમતલમાં હોકાયંત્રની સોય બળ F – F અનુભવે છે*

સમક્ષિતિજ ઘટક :

હોકાયંત્રની સોય લેવી. અણીદાર ટેકા પર તેને સમક્ષિતિજ મૂકવી, જેથી કરીને તે સમક્ષિતિજ સમતલમાં મુક્તપણે પરિભ્રમણ કરી શકે. તમને જોવા મળશે કે તે ઉત્તર-દક્ષિણ દિશામાં જ સમતોલન અવસ્થામાં આવશે. જો તમે તેને કોઈ પણ સ્થિતિ માંથી મુક્ત કરશો તો પણ તે ઉત્તર-દક્ષિણ દિશામાં જ આવી જશે. આ સૂચવે છે કે તેના ધ્રુવો પર લાગતાં બળો આકૃતિ D 10.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે હોય છે.

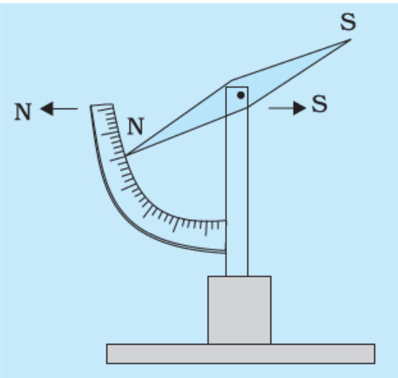
પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર, સમક્ષિતિજ સમતલમાં હોકાયંત્રની સોયના ઉત્તર ધ્રુવ પર ઉત્તર દિશામાં અને દક્ષિણ ધ્રુવ પર સમાન અને વિરુદ્ધ દિશામાં બળ લગાવવા સક્ષમ હોય છે. માટે પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રને સમક્ષિતિજ ઘટક હોય છે.

નોંધ

(1) જ્યારે ડિપ સોય 90° એ હોય ત્યારે, પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર સોયના ઉત્તર ધ્રુવને નીચે તરફ ખેંચે અને દક્ષિણ ધ્રુવને ઉપર તરફ ધકેલે છે. સમક્ષિતિજ ઘટક બિનઅસરકારક હોય છે. કારણ કે આકૃતિ D 10.2(b) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે તેના વડે સોયના ધ્રુવો પર લાગતાં બળો F એ સોયના પરિભ્રમણના સમતલને લંબ હોય છે.

(2) હોકાયંત્ર વડે દર્શાવાતી ઉત્તર દિશા મોટે ભાગે ભૌગોલિક ઉત્તર દિશામા હોતી નથી. ભૌગોલિક ઉત્તર અને હોકાયંત્ર વડે દર્શાવતા ઉત્તર દિશા વચ્ચેના કોણને મૅગ્નેટિક ડેક્લિનેશન અથવા ડેક્લિનેશન કહે છે. જો તમને ફક્ત આ કોણ ખબર હોય, તો હોકાયંત્રની મદદથી તમે ભૌગોલિક ઉત્તર દિશા શોધી શકો છો.

(3) એક વિસ્તૃત સાધન, ડિપ વર્તુળની મદદથી પૃથ્વીના ચુંબકીયક્ષેત્રના ઊર્ધ્વ ઘટક અને નમનકોણનું વધુ વિગતવાર નિદર્શન કરી શકાય છે.



આકૃતિ D 10.4 : *મૅગ્નેટિક મેરિડિયનમાં, ડિપ સોય નમનકોણ વાંચે (દર્શાવે) છે*

નિદર્શન 11

પ્રવાહધારિત બે સુવાહકોમાં વિરુદ્ધ / સમાન દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહના વહનને લીધે તેમની વચ્ચે લાગતાં અપાકર્ષણ / આકર્ષણ બળનું નિદર્શન કરવું.

આ પ્રયોગનું નિદર્શન કરવા માટે તમારે નીચે મુજબનાં સાધન અને સામગ્રીની જરૂર પડશે :

dc વોલ્ટેજનું ઉદ્‌ગમસ્થાન (6V, 3A) (અથવા બૅટરી ઍલિમિનેટર), 2m લંબાઈનો તાંબાનો તાર (18 અથવા 20 SWG), લાકડાનું પાટિયું (8" × 12"), લાકડાના બે ટેકા (1.5" × 1.5" × 12"), જોડાણ માટેના તાર, 4 – 5 ખીલીઓ, 6 સ્ક્રૂ, બે પાતળી પટ્ટીઓ (1.5" × 3") , એક કળ અને નીચા અવરોધવાળું રીઓસ્ટેટ (~10 Ω).

આકૃતિ D 11.1માં એકબીજાથી d અંતરે આવેલા અને અનુક્રમે I_a અને I_b વિદ્યુતપ્રવાહ ધારિત બે લાંબા સમાંતર સુવાહકો *a* (AB) અને *b* (XY) દર્શાવ્યા છે. જમણા હાથના નિયમ (Right Hand Rule) પ્રમાણે સુવાહક XY પર સુવાહક ABમાં પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહને કારણે મળતું ચુંબકીયક્ષેત્ર અધો દિશામાં છે. ઍમ્પિયરના સર્કિટલ નિયમ પ્રમાણે આનું મૂલ્ય $B_a = \frac{\mu_0 I_a}{2\pi d}$ થાય.

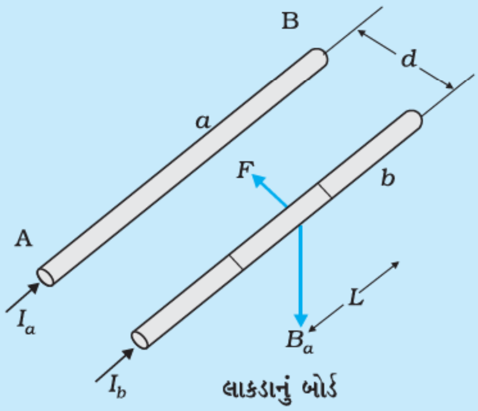
I_b વિદ્યુતપ્રવાહ ધારિત સુવાહક પર ક્ષેત્ર B_a ને કારણે બળ બાજુઓ પર (sideways) લાગશે. આ બળની દિશા સુવાહક *a* તરફ હોય છે. (આકૃતિ D 11.2). સુવાહક *b*ના L (લંબાઈના) ટુકડા પર *a* વડે લાગતા બળનું મૂલ્ય $F_{ba} = I_b L B_a$ (D 11.1)

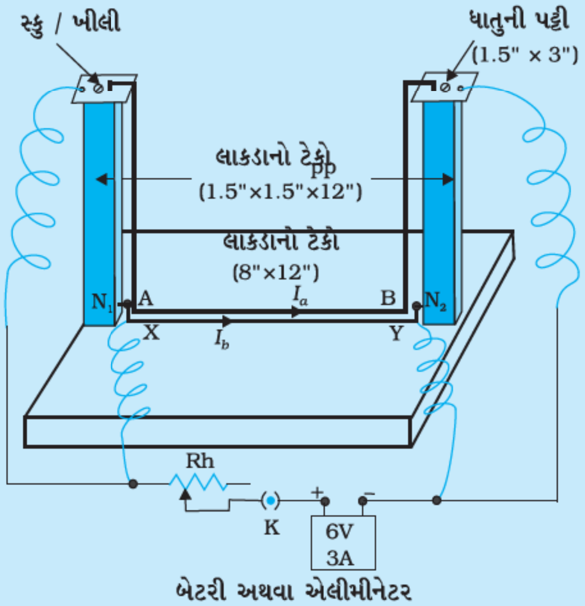
બીજા શબ્દોમાં, સમાન દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ ધરાવતા બે સમાંતર સુવાહકો એકબીજાને

$F_{ba} = \frac{\mu_0 I_a I_b L}{2\pi d}$ બળ વડે આકર્ષે છે. (D 11.2)

એવી જ રીતે આપણે સ્થાપિત કરી શકીએ કે, વિરુદ્ધ દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ ધરાવતા સમાંતર સુવાહકો પરસ્પર અપાકર્ષે છે.

લાકડાના બંને ટેકાઓને ઊર્ધ્વ સ્થિતિમાં લાકડાના પાટિયાના છેડા પર ખીલી અથવા સ્ક્રૂની મદદથી જડી દો. આકૃતિ D 11.2માં પ્રાયોગિક ગોઠવણ બતાવી છે. આ ટેકાઓ ઉપર ધાતુની પટ્ટીઓ (1.5" × 3") ખીલીઓ અથવા સ્ક્રૂની મદદથી જડી દો. 80 – 85 cm લાંબા અને જાડા તાંબાના તારને આકૃતિ D 11.3માં બતાવ્યા પ્રમાણે વાળો. કાચ પેપરની મદદથી તારના છેડાઓને અણીદાર બનાવો. આ વાળેલા તારને આકૃતિ D 11.2માં બતાવ્યા પ્રમાણે ટેકા ઉપર મૂકી દો.

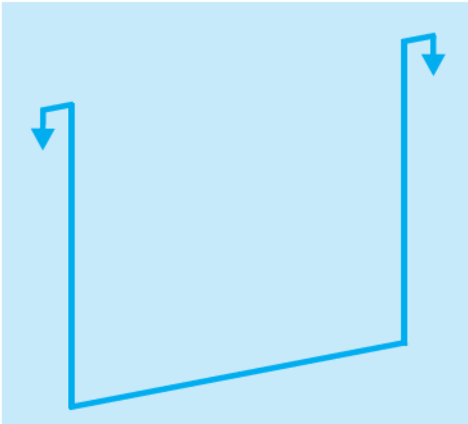




આકૃતિ D 11.1 : સ્થિત પ્રવાહો I_a અને I_b ધરાવતા બે લાંબા સુરેખ, સમાંતર સુવાહકો વચ્ચેનું અંતર d છે. સુવાહક a વડે સુવાહક b પાસે સ્થાપિત ચુંબકીય ક્ષેત્ર B_a છે.

આકૃતિ D 11.2 : પ્રવાહધારિત બે સુવાહકોમાં પ્રવાહના વિરુદ્ધ / સમાન દિશામાં વહન થતા તેમની વચ્ચે અનુક્રમે અપાકર્ષણ / આકર્ષણ બળ.

લટકાવેલા ⎣⎦ આકારના તારના નીચેના ભાગ ABની નજીક બે સીધી ખીલીઓ N_1 અને N_2 જડી દો. ખીલીઓ N_1 અને N_2 વચ્ચે તાંબાનો એક જાડો તાર XY ચુસ્ત રીતે જડી દો જેથી AB અને XY વચ્ચેનું અંતર આશરે 1 થી 2 mm હોય. હવે, આકૃતિ D 11.2માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક રીઓસ્ટેટ, એક કળ અને બૅટરીના વિદ્યુતીય જોડાણો કરો. જ્યારે કળ Kને ચાલુ કરો, ત્યારે તાર AB અને XYમાં વિદ્યુતપ્રવાહ સમાન દિશામાં વહે છે. આપણને જોવા મળશે કે તાર AB એ તાર XY તરફ આકર્ષાય છે. હવે જડિત તાર XYમાં પ્રવાહની દિશા ઊલટાવતા તારનો ટુકડો AB એ તારથી અપાકર્ષે છે. આ પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન (1) તાર XYની લંબાઈ બદલીને (2) પ્રવાહની ક્ષમતા બદલીને કરી શકાય. આપણે જોઈએ કે સમાન દિશામાં વહન પામતા વિદ્યુતપ્રવાહો એકબીજાને આકર્ષે છે જ્યારે વિરુદ્ધ દિશામાં વહન પામતા પ્રવાહ એકબીજાને અપાકર્ષે છે.



આકૃતિ D 11.3 : ⎣⎦ આકારનો તાંબાનો તાર

નોંધ

(1) જો તારના એકમ લંબાઈ દીઠ લાગતા બળને F_{ba} વડે દર્શાવીએ, તો સમીકરણ E 11.2 પ્રમાણે

$$F_{ba} = \frac{\mu_0 I_a I_b}{2\pi d} \qquad \text{(D 11.3)}$$

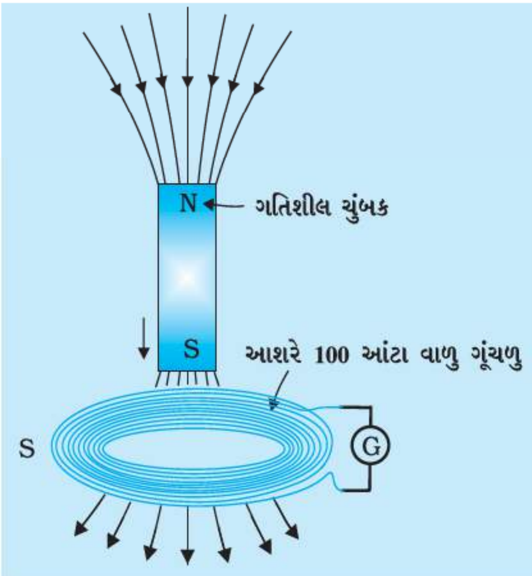
સમીકરણ D 11.3નો ઉપયોગ વિદ્યુતપ્રવાહના SI એકમ, એમ્પિયર (A)ને વ્યાખ્યાયિત કરવામાં થાય છે. એમ્પિયર એ SI એકમ પદ્ધતિના સાત મૂળભૂત એકમોમાંથી એક છે.

(2) ધ્યાન રાખવું કે પ્રવાહ વધુ લાંબા સમય સુધી પસાર ન કરવો જેથી તાર ગરમ થઈ જાય.

નિદર્શન 12

(i) કોઈ ચુંબકને ગૂંચળા તરફ અને દૂર લઈ જતા હોય ત્યારે અને (ii) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત ગૂંચળાને એક સમાન બીજા આપેલ ગૂંચળાની તરફ અને દૂર લઈ જતાં હોય ત્યારે, તે ગૂંચળામાં ઉદ્ભવતા પ્રેરિત વિદ્યુત ચાલક બળનું નિદર્શન કરવું.

(i) કોઈ ચુંબકની ગૂંચળા તરફ અને ગૂંચળાથી દૂર તરફની ગતિને લીધે ગૂંચળામાં ઉત્પન્ન થતાં પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળનું નિદર્શન :



આકૃતિ D 12.1 : *ગતિશીલ ચુંબક ગૂંચળા માં પ્રેરિત વિદ્યુતચાલક બળ ઉત્પન્ન કરે છે*

આકૃતિ D 12.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે 100 આંટા ધરાવતા ગૂંચળાના બંને છેડાઓને એક સંવેદનશીલ ગૅલ્વેનોમીટરના બંને ટર્મિનલ સાથે જોડી દો. ચુંબકને હાથમાં પકડો અને ગૂંચળા તરફ ઝડપથી લઈ જાઓ. તેને ગૂંચળાની અંદર પણ લઈ જઈ શકાય. તમને ગૅલ્વેનોમીટરમાં સોયનું વિચલન દેખાશે કે જે ગૂંચળામાં ઉદ્ભવતા પ્રેરિત વિદ્યુતચાલક બળને કારણે ઉત્પન્ન થતા પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહનું માપ છે. હવે ચુંબકને લગભગ તેટલી જ ઝડપથી ગૂંચળાથી દૂર લઈ જાઓ. તમને તેટલું જ વિચલન ગૅલ્વેનોમીટરમાં મળશે પણ વિરુદ્ધ દિશામાં, આગળના કિસ્સામાં ગૂંચળામાંથી પસાર થતું ચુંબકીય ફ્લક્સ વધતું હતું જ્યારે બીજા કિસ્સામાં તે ઘટતું જાય છે. નોંધનીય છે કે જ્યારે ચુંબક ગતિમાં હોય ત્યારે જ વિચલન જોવા મળે છે. આ દર્શાવે છે કે જ્યાં સુધી ફ્લક્સ બદલાતું રહેશે ત્યાં સુધી જ પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહનું વહન થાય છે. ઉપરનાં પદોનું પુનરાવર્તન ચુંબકની ઝડપ બદલીને કરો. અવલોકનો જુઓ અને નોંધો.

જોવા મળે છે કે જ્યારે ચુંબક ગૂંચળા તરફ ગતિ કરે છે ત્યારે ગૂંચળા સાથે સંકળાયેલું ચુંબકીય ફ્લક્સ વધે છે અને જ્યારે તેને ગૂંચળાથી દૂર લઈ જાઓ ત્યારે ફ્લક્સ ઘટે છે. જો તમે આ નિદર્શનનું ચુંબકની ગતિ વધુ ઝડપથી કરીને પુનરાવર્તન કરો ત્યારે દરેક કિસ્સામાં આપને વધુ વિચલન જોવા મળશે. આ દર્શાવે છે કે જેમ ચુંબકીય ફ્લક્સના ફેરફારનો દર વધુ તેમ ગૂંચળામાં વધુ વિદ્યુતચાલકબળ ઉદ્ભવે છે. આ ફેરેડેના નિયમનો ગુણાત્મક (qualitative) નિદર્શન છે જેના પ્રમાણે પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળ એ પરિપથમાંથી પસાર થતા ચુંબકીય ફ્લક્સના ફેરફારના દરને સમપ્રમાણમાં હોય છે.

નોંધ

(1) N આંટાવાળા ગૂંચળાના કિસ્સામાં, દરેક આંટા સાથે સંકળાયેલું ચુંબકીય ફ્લક્સ સમાન હોય

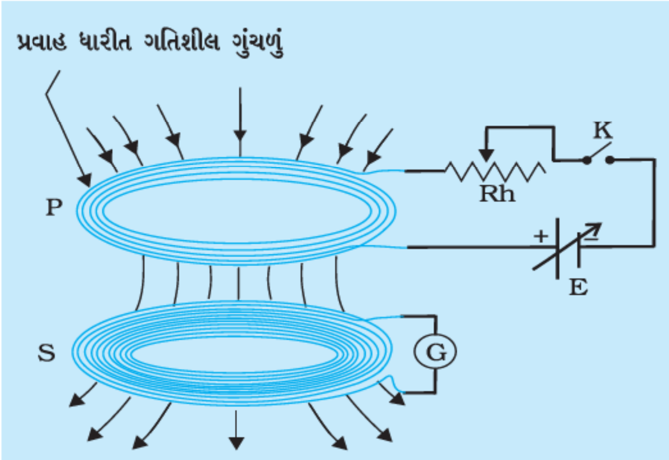
છે. એટલે જ કુલ પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળનું સૂત્ર $E = \frac{-Nd\phi_B}{dt}$ થાય છે.

(2) અલગીકરણ (insulation) માટે DC તાર પર સુતરાઉ દોરાના બે સ્તર હોય છે અને પ્રયોગશાળામાં નીચા વોલ્ટેજના પ્રયોગો કરવા માટે આ વધુ અનુકૂળ હોય છે.

(ii) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત બીજા એક સમાન ગૂંચળાને આપેલ ગૂંચળાની તરફ અને દૂર લઈ જાઓ ત્યારે તે ગૂંચળામાં ઉદ્ભવતા પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળનું નિદર્શન કરવું.

ઉપરના નિદર્શન 12 (i)માં વાપરેલ ગૂંચળા Sને લઈ ગૅલ્વેનોમીટર સાથે જોડી દો. બીજું એક 50 આંટાવાળું સમાન વ્યાસ ધરાવતું ગૂંચળું P લો. આકૃતિ D 12.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે તેને બૅટરી, રીઓસ્ટેટ અને કળ સાથે જોડો.

નિદર્શન 12 (i)માં ચુંબકને ગતિ કરાવી હતી તે જ રીતે ગૂંચળા P ને ગૂંચળા S તરફ અને દૂર ગતિ કરાવો. વિદ્યુતપ્રવાહ વહેતો હોવાને કારણે P ચુંબક તરીકે વર્તશે. ગૅલ્વેનોમીટરના વિચલનને જુઓ. આ ગૂંચળા Sમાં ઉદ્ભવતા પ્રેરિત વિદ્યુતચાલક બળનો પુરાવો છે. જ્યારે ગૂંચળા Pને ગૂંચળા S તરફ વધુ ઝડપથી ગતિ કરાવો ત્યારે ગૅલ્વેનોમીટરમાં વધુ વિચલન આવે તેમ તમે જોશો અને આની નોંધ પણ કરો. રીઓસ્ટેટની મદદથી Pનું સ્થાન બદલ્યા વગર તેમાંથી પસાર થતા પ્રવાહમાં ફેરફાર કરો. તમને જોવા મળશે કે વિદ્યુતપ્રવાહના મૂલ્યના ફેરફાર સાથે ગૅલ્વેનોમીટરમાં વિચલન પણ બદલાશે. હવે ગૂંચળા P ને ગૂંચળા S પર, અવાહક જેવા કે કાચની તકતી અથવા પૂંઠાથી અલગ કરીને મૂકો.



આકૃતિ D 12.2 : *પ્રવાહધારિત ગતિશીલ ગૂંચળું P એ ગૂંચળા Sમાં પ્રેરિત વિદ્યુત ચાલક બળ ઉત્પન્ન કરે છે*

ગૂંચળા Pને જરા પણ ન હલાવો. Pમાં વિદ્યુતપ્રવાહને પસાર(સ્વિચ ઑન) કરો ત્યારે S સાથે જોડેલા ગૅલ્વેનોમીટરમાં થતા વિચલનનું અવલોકન કરો. હવે Pમાં વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ (સ્વિચ ઑફ) કરો, તમને જોવા મળશે કે ગૅલ્વેનોમીટરમાં વિચલન વિરુદ્ધ દિશામાં મળશે. હવે ગૂંચળા Pમાં અચળ પ્રવાહ પસાર કરો. જો પ્રવાહમાં ફેરફાર ન થાય, તો ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં પણ કોઈ ફેરફાર નહિ થાય. ગૂંચળું P એ Sની ઉપર જ હોવાથી, Pની ચુંબકીય બળરેખાઓ Sમાંથી પણ પસાર થાય છે. હવે Pને કાચની તકતી પર સરકાવો જેથી બંને ગૂંચળા વચ્ચેનું સામાન્ય (common) ક્ષેત્રફળ ઘટે. જ્યારે Pમાં પ્રવાહ સ્વિચ ઑફ કરો ત્યારે ગૅલ્વેનોમીટરમાં તે જ દિશામાં વિચલન જોવા મળશે. હવે બંને ગૂંચળાઓ વચ્ચેના સામાન્ય ક્ષેત્રફળને વધારો અને ગૅલ્વેનોમીટરના વિચલનનું અવલોકન કરો. જ્યારે Pમાં પ્રવાહ સ્વિચ ઑન કરો ત્યારે ગૅલ્વેનોમીટરમાં તે જ દિશામાં વિચલન જોવા મળશે.

નોંધ

(1) જ્યારે વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર કરીએ ત્યારે બદલાતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉદ્ભવે છે. આને કારણે જે સુવાહકોમાંથી ચુંબકીય બળરેખાઓ પસાર થાય તેમાં વિદ્યુતચાલકબળનું પ્રેરણ થાય છે.

(2) ઉપરનાં અવલોકનોમાંથી સ્પષ્ટ છે કે ચુંબક અથવા ગૂંચળાની ગતિ અગત્યનું પરિબળ નથી. ગૂંચળા Sના ગૂંચળા P સાથેના સામાન્ય ક્ષેત્રફળ સાથે સંકળાયેલા ચુંબકીય ફ્લક્સમાં ફેરફાર જ ગૂંચળા Sમાં ઉદ્ભવતા વિદ્યુતચાલકબળ માટે જવાબદાર છે.

(3) P વડે ઉત્પન્ન થતો અને Sમાંથી પસાર થતો ચુંબકીય ફ્લક્સમાં ફેરફાર જ Sમાં ઉદ્ભવતા પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળનું કારણ છે. આ ફેરફાર નીચેમાંથી કોઈ પણ રીતે થઈ શકે :

   (i) Pની ગતિ જેને કારણે Sમાં ક્ષેત્ર-તીવ્રતામાં ફેરફાર આવે જેમાંથી પસાર થતા ચુંબકીય ફ્લક્સમાં ફેરફાર કરે.

   (ii) Pમાં પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર; અથવા

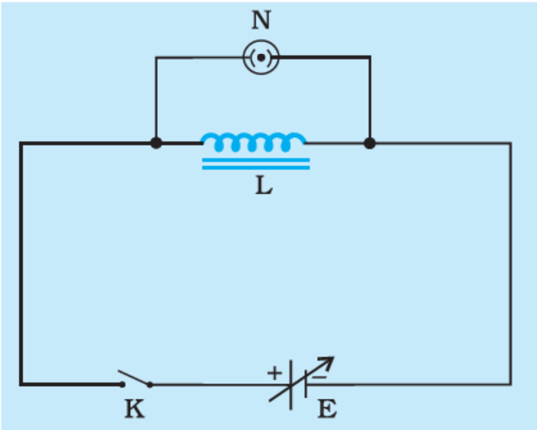
   (iii) ગૂંચળાઓ સામેના Pના ક્ષેત્રફળમાં ફેરફાર.

(4) બૅટરી, રીઓસ્ટેટ અને કળને ગૂંચળા S સાથે અને ગૅલ્વેનોમીટરને ગૂંચળા P સાથે જોડીને પણ આ નિદર્શન કરી શકાય.

નિદર્શન 13

ઈન્ડક્ટિવ પરિપથમાં ડાયરેક્ટ પ્રવાહ (એકદિશીય પ્રવાહ) (dc) ને જ્યારે સ્વિચ ઑફ કરીએ ત્યારે ઊંચા મૂલ્યનું વિદ્યુતચાલક બળ ઉદ્ભવે છે તેમ નિદર્શન કરવું.

આકૃતિ D 13.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પરિપથ બનાવવો. બૅટરી સાથે શ્રેણીમાં જોડેલા ગૂંચળાના બે છેડા સાથે જોડેલા હોલ્ડરમાં ફિટ કરેલા નીઓનનો ગોળો N છે. કળ K બંધ કરતા જોવા મળે છે કે ગોળો ચાલુ થતો નથી. હવે કળ K ઑપન કરો. ગોળો પ્રજ્વલિત થશે જે દર્શાવે છે કે ઈન્ડક્ટર Lમાં મોટું પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળ ઉદ્ભવ્યું છે. વિદ્યુતચાલકબળનું ઉદ્ગમસ્થાન સ્વિચ ઑફ કર્યા પછી પણ આ પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળના ગૂંચળામાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહને જાળવી રાખે છે.



આકૃતિ D 13.1 : જ્યારે પરિપથમાં પ્રવાહ બંધ કરીએ ત્યારે જ નીઓન ગોળો N ચાલુ થાય છે

નોંધ

(1) જ્યારે વિદ્યુતપ્રવાહને સ્વિચ ઑન કર્યો હોય ત્યારે બેક વિદ્યુતચાલકબળ (Back emf) એ બૅટરીના વિદ્યુતચાલકબળ કરતા વધુ ન હોઈ શકે કારણ કે બંનેના પરિણામી એ બૅટરીના ધન છેડામાંથી (રૈવાજિક) પ્રવાહ પસાર કરવો જ પડે. જોકે સ્વિચ ઑફ કરતા, પરિસ્થિતિ કંઈક જુદી હોય છે. ઈન્ડક્ટર Lમાં ઊંચું વિદ્યુતચાલકબળ ઉદ્ભવે છે કે જે પ્રવાહના વહનને જાળવે છે. જેથી ગોળો ચાલુ થાય છે.

(2) ફેરેડેના વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણના નિયમ પ્રમાણે, જ્યારે કળ ઑપન કરો ત્યારે બૅટરીમાંથી પ્રવાહ તરત જ બંધ થાય છે અને આ હકીકતના કારણે એ ઊંચું પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળ ઉદ્ભવે છે. એટલે જ ગૂંચળામાં ચુંબકીય ફ્લક્સના ઘટાડાનો દર ઊંચો હોઈ એક ઊંચું વિદ્યુતચાલકબળ ઉદ્ભવે અને તેથી જ ગોળામાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય.

(3) પરિપથને સ્વિચ ઑન કર્યા પછી નીઓનનો ગોળો પ્રજ્વલિત થતો નથી. આનું કારણ – નીઓન ગોળાનો સ્ટ્રાઈકિંગ (striking) વોલ્ટેજ (આશરે 150V) એ બૅટરી E ના સપ્લાય વોલ્ટેજ જે સામાન્ય રીતે 2 થી 3V હોય છે, તેના કરતા ઘણું વધારે છે.

(4) જ્યારે વિદ્યુતચાલક બળનું ઉદ્ગમ (બૅટરી) કટ ઑફ કરીએ, ત્યારે નીઓન ગોળાને ચાલુ થવા માટેની ઊર્જા ક્યાંથી આવે છે ? જે ગૂંચળા L માં પસાર થતા પ્રવાહની સાથે સંકળાયેલા ચુંબકીય ક્ષેત્રમાંથી આવે છે. માટે આ પ્રયોગ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ઊર્જા હોવાનું પણ સ્પષ્ટપણે નિદર્શન કરે છે.

(5) જે ગૂંચળામાં પ્રવાહ પસાર થતો હોય તે જ ગૂંચળામાં પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળની હાજરીની ઘટનાને આત્મપ્રેરણ કહે છે. ગાણિતીય રીતે ગૂંચળાના આત્મપ્રેરકત્વ (L)ને સમીકરણ

$E = -L \dfrac{dI}{dt}$ વડે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય.

અહીં E એ પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળ અને $\dfrac{dI}{dt}$ એ ગૂંચળામાંથી પસાર થતા પ્રવાહના ફેરફારનો દર છે. ઉપરના સમીકરણમાં ઋણ નિશાની પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળની દિશા પ્રવાહના ફેરફારની દિશાને વિરુદ્ધ હોય છે અને પ્રવાહને અચળ જાળવવાનું વલણ દર્શાવે છે.

(6) આત્મપ્રેરકત્વની યાંત્રિક સમરૂપતા :

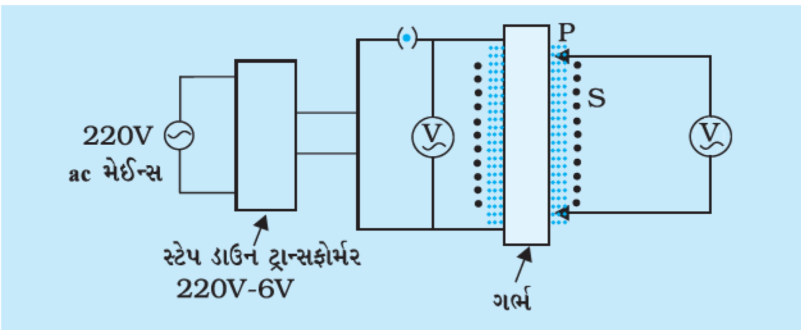
ઉપરનું સમીકરણ યંત્રશાસ્ત્રના નીચેના સમીકરણને સમતુલ્ય છે. પોતાના જડત્વના કારણે ગતિશીલ પદાર્થનું બીજા પદાર્થ પર બળ $= -m \dfrac{d\upsilon}{dt}$ જ્યાં m એ દ્રવ્યમાન અને $\dfrac{d\upsilon}{dt}$ એ પદાર્થના વેગના ફેરફારનો દર એટલે કે પ્રવેગ છે. અહીં પણ ઋણ નિશાની દર્શાવે છે કે, બળની દિશા વેગના ફેરફાર કરતા વિરુદ્ધ અને વેગ અચળ જાળવી રાખવાનો પ્રયત્ન કરે છે. એટલે જ વિદ્યુતતંત્રમાં ઇન્ડક્ટર L એ યાંત્રિક તંત્રમાં દળ mની ભૂમિકા ભજવે છે. દા.ત., ગૂંચળામાં dc પ્રવાહને સ્વિચ ઑન કરવું એ હથોડાને પ્રવેગિત કરવું તેને સમરૂપ છે. એટલે જ dc પ્રવાહને સ્વિચ ઑફ કરવું એ હથોડી ખીલીને અથડાય અને તરત ઊભી રહી જાય તથા ખીલી ઉપર વધુ બળ લગાવે તેને સમરૂપ છે.

નિદર્શન 14

(i) સ્ટીલના એક સળિયા પર પ્રાઈમરી અને સેકન્ડરીને વીંટાળી ટ્રાન્સફોર્મરના સિદ્ધાંત અને (ii) લેમિનેટેડ કોર (Laminated Core)નો ઉપયોગ કરીને એડી પ્રવાહોને દૂર કરવાનું નિદર્શન કરવું.

(i) *સ્ટીલના એક સળિયા પર પ્રાઈમરી અને સેકન્ડરીને વીંટાળી ટ્રાન્સફોર્મરના સિદ્ધાંતનું નિદર્શન કરવું:*

15 cm લાંબો અને 13 cm વ્યાસ ધરાવતો નરમ લોખંડનો એક સળિયો લો. તેના પર એક જાડો કાગળ વીંટાળી દો. 200 આંટા ધરાવતી ઈનેમલ્ડ કોટીંગ (enamelled) તાંબાના તાર (22 SWG અથવા 20 SWG)*નું બનેલું ગૂંચળું P તેના પર વીંટાળો. આકૃતિ D 14.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે 50 આંટા ધરાવતી ઈનેમલ્ડ તાંબાના તાર (18 SWG અથવા 16 SWG)નું બનેલું બીજું ગૂંચળું S વીંટાળો. બંને ગૂંચળાને સળિયાની સમાન લંબાઈ પર વીંટાળ્યા હોવાથી એક ગૂંચળામાં પ્રવાહ પસાર કરવાથી ઉત્પન્ન થતું ચુંબકીય ફ્લક્સ લગભગ સંપૂર્ણ રીતે બીજા ગૂંચળા સાથે સંકળાય છે. કોઈ એક સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર (step down transformer)માંથી મળતા 6V ac સપ્લાયને ગૂંચળા P સાથે જોડવો. ગૂંચળા Sને ac વોલ્ટમીટર (0 – 10V) સાથે જોડવું. એક સમાન ac વોલ્ટમીટર ગૂંચળા P સાથે પણ જોડવું. ગૂંચળા P માં પ્રવાહ ચાલુ કરો અને બંને ગૂંચળા પર મળતો વોલ્ટેજ V_P અને V_S નોંધો. V_P અને V_Sનો ગુણોત્તર શોધો. તમને જોવા મળશે કે, આ ગુણોત્તર P અને Sના આંટાના ગુણોત્તર જેટલો છે એટલે કે $\frac{V_P}{V_s} = \frac{N_P}{N_s}$



આકૃતિ D 14.1 : "I" આકારના લોખંડના ગર્ભ પર બે ગૂંચળા વિંટાળી બનાવેલું સાદું ટ્રાન્સફોર્મર

** પાન નંબર 289 પર કોષ્ટક D_s6 જુઓ.*

નોંધ

(1) ગૂંચળા P (જેની પર ac વોલ્ટેજ આપેલું છે.)ને પ્રાઈમરી (પ્રાથમિક) અને ગૂંચળા S (જેમાં ac પ્રેરિત થાય છે.)ને સેકન્ડરી (ગૌણ) કહે છે.

(2) ગૂંચળું S એ ગૂંચળા Pના એકદમ નજીક હોવાથી (તેઓ એકબીજા સાથે જોડાયેલા નથી પણ અવાહક ઈનેમલના કારણે અલગ છે.) પ્રાથમિકમાંથી પાવર ગૌણ ગૂંચળામાં અન્યોન્ય પ્રેરણથી ટ્રાન્સફર થાય છે.

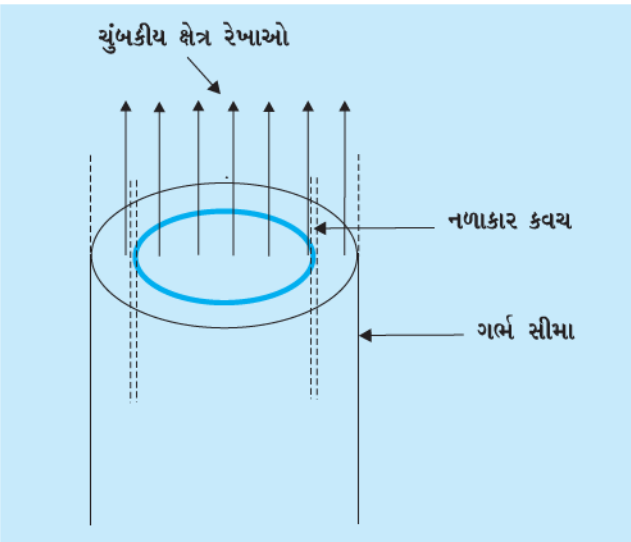
(3) ઉપરના સમીકરણ પરથી એ સ્પષ્ટ થાય છે કે, ટ્રાન્સફોર્મર ગુણોત્તર $\frac{N_p}{N_s}$ ની યોગ્ય પસંદગી કરી, આપણે Pની સરખામણીમાં S માં ઊંચું અથવા નીચું વોલ્ટેજ મેળવી શકીએ.

(4) એ નોંધનીય છે કે સ્થિર dc વોલ્ટેજને ટ્રાન્સફોર્મર વડે સ્ટેપ-અપ અથવા સ્ટેપ-ડાઉન ન કરી શકાય કારણ કે સ્થિર dc વોલ્ટેજ બદલાતું ચુંબકીય ફ્લક્સ ઉત્પન્ન કરી શકતો નથી અને એટલે જ તે વોલ્ટેજ પ્રેરિત કરી શકતો નથી.

(5) ટ્રાન્સફોર્મર એ અન્યોન્યપ્રેરણ (Mutual induction)નો મહત્ત્વનો ઉપયોગ છે. બંને ગૂંચળાના આંટાના ગુણોત્તર પર આધારિત ac વોલ્ટેજને ટ્રાન્સફોર્મર સ્ટેપ-અપ અથવા સ્ટેપ-ડાઉન કરી શકે છે.

(ii) *લેમિનેટેડ કોરનો ઉપયોગ કરી એડી પ્રવાહોને દૂર કરવાનું નિદર્શન કરવું*

ઉપરના નિદર્શનમાં Pને 6 V ac સાથે સતત થોડા સમય માટે રાખી હાથ વડે ગર્ભ અને ગૂંચળાની ઉષ્ણતા અનુભવો. તમને જોવા મળશે કે કોર (ગર્ભ) વધુ ગરમ બને છે જ્યારે તાંબાના તારનું ગૂંચળું પ્રમાણમાં ઠંડું હોય છે. જ્યારે ટ્રાન્સફોર્મર અડકી પણ ન શકાય એવું ગરમ થાય ત્યારે તેને સ્વિચ ઑફ કરવું. નહિતર તાંબાના તાર પરનું ઈનેમલનું પડ સળગી જશે. એડી પ્રવાહના કારણે કોર (ગર્ભ) ગરમ થાય છે (અવરોધક ઉષ્ણતા). ગર્ભને વધુ સંખ્યામાં નળાકાર કવચો (Shells)નો બનેલો માની લેતા અને તેમાંનું એક કવચ ધ્યાનમાં લઈએ (આકૃતિ D 14.2). ગૂંચળાની જેમ જ કવચમાંથી પસાર થતા ચુંબકીય ફ્લક્સમાં ફેરફાર તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પ્રેરિત કરે છે. ગર્ભ જેનો બનેલો છે તે બધા જ કવચોમાં પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ ઉદ્ભવે છે. હવે લોખંડના ઘન સળિયાને બદલે ઈનેમલ કોટ વડે એકબીજાથી અલગ કરેલા પાતળા નરમ લોખંડના તારોને ભેગા દબાવીને બનાવેલ લેમિનેટેડ કોર લો. આ કોરનો ઉપયોગ કરી ઉપરના નિદર્શનનું પુનરાવર્તન કરો. તમે જોશો કે તારનો બનેલો કોર ખૂબજ ધીમે-ધીમે ગરમ થાય છે.



***આકૃતિ D 14.2 :** ગર્ભની અંદર બદલાતા ચુંબકીય ફ્લક્સ એ ગર્ભની અંદર કોઈપણ નળાકાર કવચની આજુબાજુ પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળ ઉત્પન્ન કરે છે.*

નોંધ

(1) નરમ લોખંડના તારમાંનો ઈનેમલ એડી પ્રવાહોને સારા પ્રમાણમાં ઓછું કરે છે કારણ કે વિદ્યુતપ્રવાહ એક તારમાંથી બીજા તારમાં જતો નથી. તેમ છતાં દરેક તારની અંદર તો અમુક એડી પ્રવાહો તો હોય છે જ.

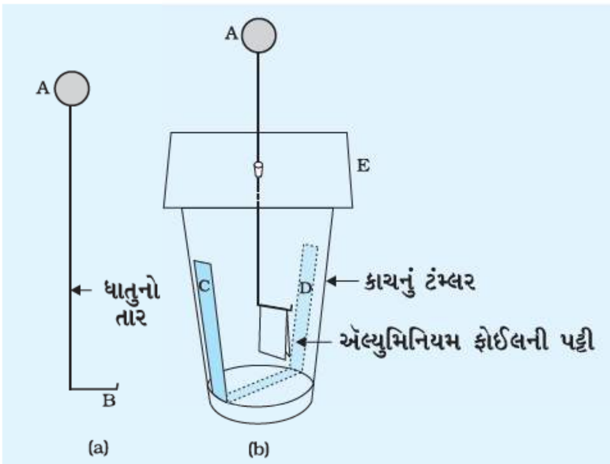
(2) આ પ્રકારના કોર (ગર્ભ) ઊંચી આવૃત્તિ માટે નકામા છે તે ઉલ્લેખ કરવો જ પડે.

પરિશિષ્ટ 1

સાદુ ઈલેક્ટ્રોસ્કૉપ બનાવવું અને પદાર્થ પરના વિદ્યુતભારને પારખવા માટે તેનો ઉપયોગ કરવો

આકૃતિ A_x 1 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ધાતુના તારને વાળો અને તેના એક છેડે દટ્ટો બનાવો. (તમે તારના છેડા Aને ઘણી વખત વળ ચઢાવીને આવો દટ્ટો બનાવી શકો છો.) ઍલ્યુમિનિયમના પાતળા વરખની લગભગ 8 cm લાંબી અને 1/2 cm પહોળી પટ્ટી લો. તેને મધ્યમાંથી ગોળ આકારમાં વાળો. તેને ખૂબ જ હળવેકથી તારના સમક્ષિતિજ છેડા B પર મૂકો. કાચની ઊંચી બરણી અથવા ટંબ્લર લો. 2 cm પહોળી અને 10 cm લાંબી ઍલ્યુમિનિયમના વરખની બે પટ્ટી C અને D કાચના ટંબ્લરની સામસામેની બાજુએ ચોંટાડો. કૉપરના તાર કે જેના B છેડે ઍલ્યુમિનિયમની વાળેલી પાતળી પટ્ટી છે તેને હળવેકથી નીચે ઉતારો. તારની દિશા એવી હોવી જોઈએ કે જેથી C એ વાળેલી ઍલ્યુમિનિયમની પટ્ટીનો અડધા ભાગની સામે આવે અને D એ બાકીના અડધા ભાગની સામે આવે. [આકૃતિ A_x 1 (b)]. E એ તારને ટેકો (આધાર) આપવા માટે પૂંઠા (કાર્ડ બૉર્ડ)ની તકતી છે. આ તમારું ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપ છે.

આપેલો પદાર્થ (દા.ત. કાચનો સળિયો) વિદ્યુતભારિત છે કે નહિ તે ચકાસવા માટે તેને ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપની નજીક લાવો અને છેડા A સાથે સંપર્ક કરાવો. જો આપેલો પદાર્થ વિદ્યુતભારિત હશે તો તમે જોઈ શકો છો કે ઍલ્યુમિનિયમની પટ્ટી છૂટી પડે છે. ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપની મદદથી દર્શાવી શકાય કે, પદાર્થોને ઘસવાથી તેના પર વિદ્યુતભાર સ્થાપિત કરી શકાય છે. તમે એ પણ દર્શાવી શકો છો કે, ઘસવાની



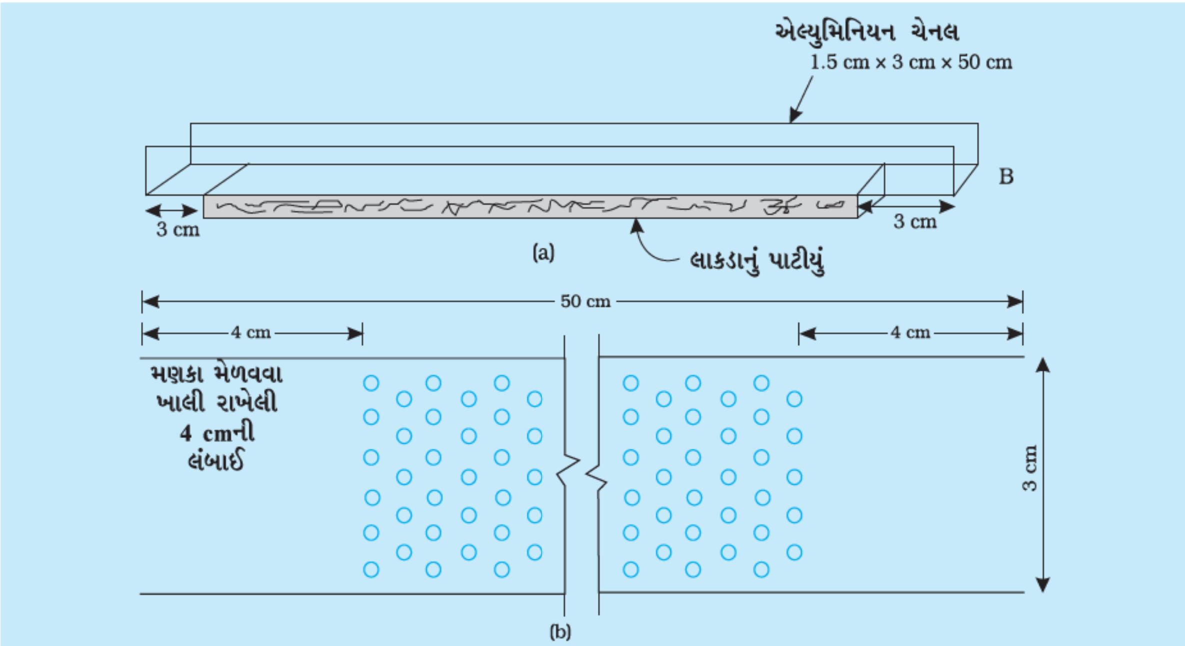
આકૃતિ A_x 1 (a),(b) : ઍલ્યુમિનિયમ ફોઈલ ગોઠવેલ ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપ

પ્રક્રિયા દરમિયાન, આ પ્રક્રિયામાં સામેલ બે પદાર્થો પર વિજાતિય વિદ્યુતભારો પ્રસ્થાપિત થાય છે.

પરિશિષ્ટ 2

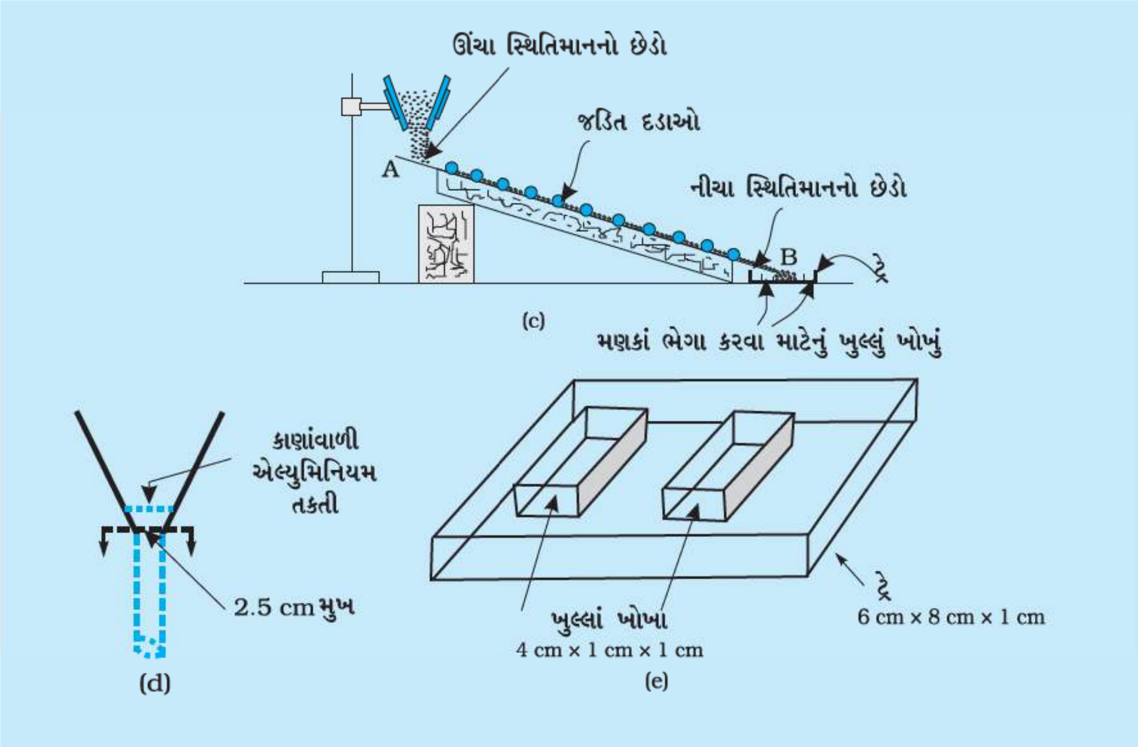
ધાતુના તારમાં 'ઈલેક્ટ્રૉન ડ્રિફ્ટ'નું યાંત્રિક મૉડેલ બનાવવા માટેનું માર્ગદર્શન

લગભગ 3 cm પહોળી અને 50 cm લાંબી સીધી ઍલ્યુમિનિયમ ચેનલ AB લો [આકૃતિ A_x 2 (a)]. પરમાણુઓ કે ધન આયનોને સાઈકલના સ્ટીલના નાના છરાઓ (લગભગ 3 mm વ્યાસવાળા) વડે અને મુક્ત ઈલેક્ટ્રૉનને નાના મોતીઓ (ઈલેક્ટ્રોસ્ટેટ મશીનમાં વાપર્યા છે તે) રજૂ કરેલ છે જ્યારે ચેનલને ત્રાંસી કરવામાં આવે ત્યારે નાના મોતીઓ મુક્ત રીતે ફરી શકે છે. સ્ટીલના ગોળાઓના તળિયે એરેલડાઈટ જેવું પ્રબળ એડહેસિવ લગાવી ઍલ્યુમિનિયમની સપાટી પર ચોંટાડવામાં આવે છે. એડહેસિવના કારણે, નાના મોતીઓ જ્યારે સ્ટીલની ગોળીઓને અથડાય ત્યારે તેના સ્થળાંતર (ઘસડાઈને)માં કોઈ અવરોધ ના આવવો જોઈએ. માટે, એડહેસિવ લગાવતાં પહેલાં, ચેનલ પરના દરેક બિંદુને સ્ફટિક લેટિસ નેટવર્કની પદ્ધતિ (આકૃતિ A_x 2 (b)) પ્રમાણે પુનરાવર્તિત રીતે અંકિત કરવા. આ પદ્ધતિને વધારે સારી રીતે સિદ્ધ કરવા ચેનલના માપના આલેખ પેપરની સ્ટ્રિપને ચોંટાડવી જોઈએ. દડાઓ વચ્ચેની પરસ્પર ગૅપ ઈલેક્ટ્રૉનને રજૂ કરતાં મોતીઓની (મણકાઓની) સાઈઝથી લગભગ બમણી છે.



આકૃતિ A_x2 : *"ઈલેક્ટ્રૉન ડ્રિફ્ટ"ના યાંત્રિક મૉડેલની બનાવટ. (a) લાકડાના પૂંઠા પર ઍલ્યુમિનિયમ ચેનલની ગોઠવણી (b) બૉલબેરિંગને ફલક કેન્દ્રિય સ્ફટિક (face centred cristal) લૅટિસની પદ્ધતિમાં ગોઠવવા*

નોંધ : *આ આકૃતિ માપક્રમિત નથી.*



આકૃતિ A_x 2 : ***"ઈલેક્ટ્રૉન ડ્રિફ્ટ"ના યાંત્રિક મૉડેલની બનાવટ (c) નિદર્શનની સંપૂર્ણ ગોઠવણી***
(d) ચેનલના ઉપર છેડે નાના મણકાઓ સતત પૂરા પડે તેવા સાધનની રચના કરવી
(e) ચેનલના નીચેના છેડે મણકા ભેગા કરવા ખુલ્લા અને સૂકાં ખોખાંઓ મૂકવાં

ચેનલના પાયાને સ્થિત બનાવવા તેને તેટલી જ પહોળાઈના પરંતુ 6 cm લંબાઈમાં નાના હોય તેવા, 2.5 cm જાડાઈના લાકડાના પૂંઠા પર એડહેસિવ લગાવી ગોઠવવી વધુ સારી છે. (સ્ક્રૂ વડે ફિક્સ ન કરવી જોઈએ).

નાના મણકાઓને ચેનલના ઉપરના છેડે ભેગા કરવા, દડાઓ (ગોળીઓ) સાથે સંઘાત કરાવવા અને ચેનલ પર ઘસડાઈને સ્થાનાંતર કરાવવા યોગ્ય એવી સુધારેલ પ્લાસ્ટિકની એક ફનેલ(નાળચું Funnel)ને મણકાઓથી ભરી છેડાની નજીક મૂકવી. જેને રિંગ સ્ટૅન્ડ પર આધાર આપી શકાય. [આકૃતિ A_x 2 (c)] ફ્નેલના સુધારા માટે તેને કાળજીપૂર્વક એવી રીતે કાપવામાં આવે કે જેથી તેની નીચેની બાજુનું મુખ લગભગ 2.5 cm વ્યાસનું થાય. તેના નીચેના છેડે લગભગ દસ કાણાં પાડેલ ઍલ્યુમિનિયમની વર્તુળાકાર તકતી મૂકવામાં આવે છે કે જેમાં કાણાંની સાઇઝ એટલી પૂરતી હોવી જોઈએ કે જેથી તેમાંથી મણકો પડી શકે. [આકૃતિ A_x 2 (d)] તમારે કેટલાંક ખોખાં / પૂંઠાઓ, જે 2 થી 3 cm જાડાં હોય તેની જરૂર પડશે, જેથી ચેનલને ઇચ્છિત ઢાળ આપી શકાય અને નાની ગોળીઓ દડાઓને અથડાઈને ડ્રિફ્ટ (ઘસડાઈને સ્થાનાંતર) થતી રહે. ચેનલના બીજા છેડે મણકાઓ ભેગા કરવા નાનાં ખુલ્લાં ખોખાંઓની જોડી સમાવતી ટ્રે (પ્લેટ)ની જરૂર પડશે. [આકૃતિ A_x 2(e)]. જ્યારે ઊંચા સ્થિતિમાને રહેલ ખોખું 3/4 ભરાઈ ત્યારે મણકાઓ 3 cm^3 જેટલા માપે નીચા સ્થિતિમાને રાખેલ ખોખાંમાં ફેરબદલ થાય છે.

પરિશિષ્ટ 3

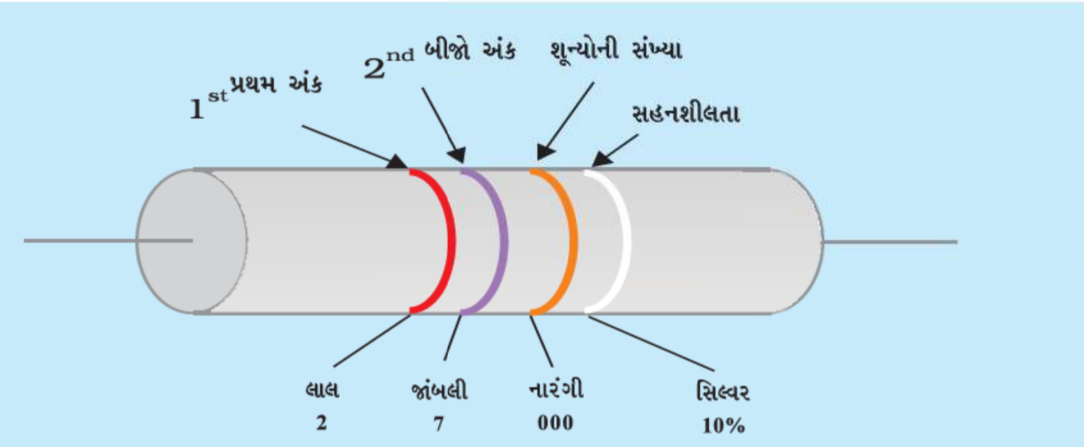
અવરોધકો અને તેનાં મૂલ્યો દર્શાવતા વર્ણસંકેતો (Colour Codes)

કાર્બન અવરોધો કાર્બન બ્લૅક (સુવાહક)ની માટી અને રેઝિન (અવાહક)ના મિશ્રણથી બને છે. આ મિશ્રણને દબાવી, ગરમ કરી સળિયા સ્વરૂપે ઘાટ આપવામાં આવે છે. મિશ્રણની અવરોધકતા કાર્બનના પ્રમાણ પર આધારિત છે. આવા અવરોધની સ્થિરતા નબળી હોય છે અને તેનાં મૂલ્યો લગભગ $\pm$ 10 % સુધી ચોકસાઈવાળા હોય છે પરંતુ તેઓ સસ્તાં, નાનાં અને ઘણાં બધાં કાર્યો કરવા માટે પૂરતાં સારાં હોય છે. અવરોધનાં મૂલ્યો કલરના નિશાનથી દર્શાવાય છે. [આકૃતિ A_x 3 (a)] જુદા-જુદા કલર સાથે સંકળાયેલ અંકો નીચે દર્શાવ્યા મુજબ છે :

કોઠો A_x 3.1

અંક	રંગ	અંક	રંગ
0	કાળો	5	લીલો
1	કથ્થઈ	6	વાદળી
2	લાલ	7	જાંબલી
3	નારંગી	8	ભૂખરો(રાખોડી)
4	પીળો	9	સફેદ

સહનશીલતા : સોનેરી (ગોલ્ડ) $\pm$ 5 %, રૂપેરી (સિલ્વર) $\pm$ 10 %, કોઈ જ કલર ના હોય તો $\pm$ 20 %,



આકૃતિ A_x 3(a) : રંગના સંકેત સાથેનો કાર્બન-અવરોધ

હવે આ કલર સંકેતના સ્થાને સાદા નિશાનનો ઉપયોગ થાય છે, જે નીચેના ઉદાહરણથી સમજી શકાશે.

કોઠો A_x 3.2

મૂલ્ય	0.27 Ω	1 Ω	3.3 Ω	10 Ω	220 Ω	1000 Ω
નિશાન	R 27	1 RO	3 R 3	10 R	K 22	1 K0
મૂલ્ય	1200 Ω	68 KΩ	100 KΩ	1 MΩ	6.8 MΩ	470 KΩ
નિશાન	1 K2	68 K	M10	1M0	6M8	M47

આ પદ્ધતિમાં સહનશીલતાને નીચેના અક્ષરો વડે દર્શાવાય છે :

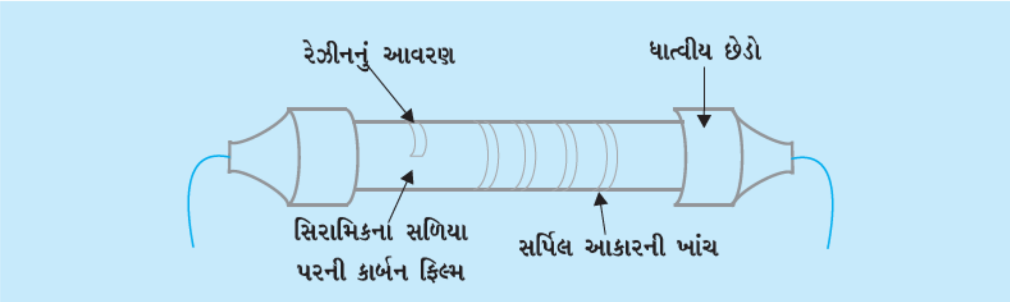
F = ± 1 %, G = ± 2 %, J = ± 5 %, K = ±10 %, M = ± 20 %

ઉદાહરણ : 5 K 6 K = 5.6 kΩ ± 10 %

M 47 J = 470 kΩ ± 5 %

K10F = 100 Ω ± 1 %

કાર્બન ફિલ્મ અવરોધો તાજેતરમાં પ્રખ્યાત થયા છે. સામાન્ય રીતે આ પ્રકારના અવરોધોની સ્થિરતા અને ચોકસાઈ સામાન્ય રીતે ± 2 % છે, તથા પાવર રેટિંગ 1/8 અને 1/2 વોટ છે. તેની રચના [આકૃતિ A_x 3(b)] મુજબ છે.



આકૃતિ A_x 3(b) : કાર્બન ફિલ્મ અવરોધ

સિરામિકના સળિયાને 1000° C સુધી મિથેનની બાષ્પમાં ગરમ કરતાં સળિયા પર કાર્બનની સમાન (એકધારી) ફિલ્મ છૂટી થઈ જમા થાય છે. ફિલ્મનો અવરોધ જાડાઈ પર આધાર રાખે છે. ફિલ્મનો અવરોધ હજુ પણ સર્પિલ ખાંચાઓ કાપી વધારી શકાય છે. બે ધાત્વીય છેડાઓને જોડતી પરિણામી સર્પિલ આકારની કાર્બન ફિલ્મ જેટલી પાતળી અને લાંબી તેટલો તેનો અવરોધ વધારે. સર્પિલ આકારની ખાંચને કાપ્યા પછી, ફિલ્મને એપોક્ષી (epoxy) રેઝિનના સ્તર વડે ઢાંકવામાં આવે છે.

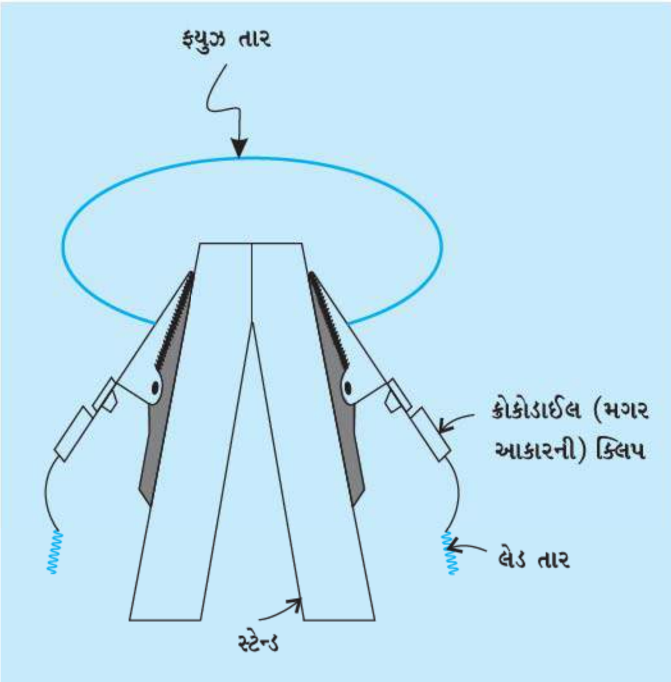
ઉચ્ચ ચોકસાઈ અને સ્થિરતા માટે અવરોધોને હંમેશાં તાર વડે બનાવાય છે, જ્યારે મોટા પાવર રેટિંગ (2 વૉટ કરતાં વધારે)ની જરૂરિયાત હોય. જેમ તાર પાતળો અને લાંબો તેમ તેનો અવરોધ વધુ, આ હકીકતનો ઉપયોગ તેઓ કરે છે. ઊંચી ચોકસાઈ માટે મૅંગેનીન (મૅંગેનીઝ, કૉપર, નિકલની મિશ્ર ધાતુ)ના પ્રમાણિત અવરોધનો તાર વપરાય છે કેમ કે તેનો તાપમાન અવરોધક ગુણાંક ઓછો (= 10^{-5} °C^{-1}) છે. કોન્સ્ટનટન (યુરેકા) જે કૉપર અને નિકલની મિશ્ર ધાતુ છે તેનો ઉપયોગ પણ જુદા-જુદા હેતુસર થાય છે. (તાપમાનનો અવરોધક ગુણાંક = ± 2 × 10^{-5} ° C^{-1} (અણધારી રીતે)). નિક્રોમ (નિકલ અને ક્રોમિયમની મિશ્રધાતુ)ના તાર વ્યાપારિક અવરોધો અને ઉષ્મીય સાધનોમાં વપરાય છે. (તાપમાનનો અવરોધક ગુણાંક = 10 × 10^{-5} °C^{-1})

પરિશિષ્ટ 4

ખુલ્લા પ્રકારનું કામચલાઉ ફ્યુઝ હૉલ્ડર

ફ્યુઝના કાર્યના નિદર્શન માટે, આ પ્રકારનો ફયુઝ-હૉલ્ડર વર્ગખંડમાં ખૂબ જ ઉપયોગી છે. સફેદ પૃષ્ઠભૂમિ પર તૈયાર કરેલો આ ફ્યુઝ તાર વિદ્યાર્થીઓને સ્પષ્ટ દેખાઈ શકે છે. બળી ગયેલો ફ્યુઝ તાર 5 થી 10 સેકન્ડમાં બદલી શકાય છે.

5 cm લાંબી, 6 mm જાડી (1/4"), 25 mm પહોળી લાકડાની સરખી બે પટ્ટીઓ લો. દરેક પટ્ટીને શંકવાકાર રાખવા તેના એક છેડાને કાચ કાગળથી ઘસો. શંકવાકાર છેડાઓને સાથે મજબૂત એડહેસિવ વડે જોડો અને ઊંધો V– આકાર બનાવો. [આકૃતિ A_x (4)]. બે ક્રોકોડાઈલ ક્લિપ સોલ્ડરમાં લગાવેલા 1 m ના મુક્ત વિદ્યુતતાર વાળી બે ક્રોકોડાઈલ ક્લિપને છેડાઓ તરીકે વાપરો તેની ક્ષમતા 15 Aની હોય તેવા કૉપરના તારના બનેલા છે. બંને ક્રોકોડાઈલ ક્લિપોને મજબૂત એડહેસિવ. (જેવા કે એરેલડાઈટ) વડે ઢાળવાળા હાથા પર ચોંટાડો. હવે ફ્યુઝ-હૉલ્ડર તૈયાર થઈ ગયો.



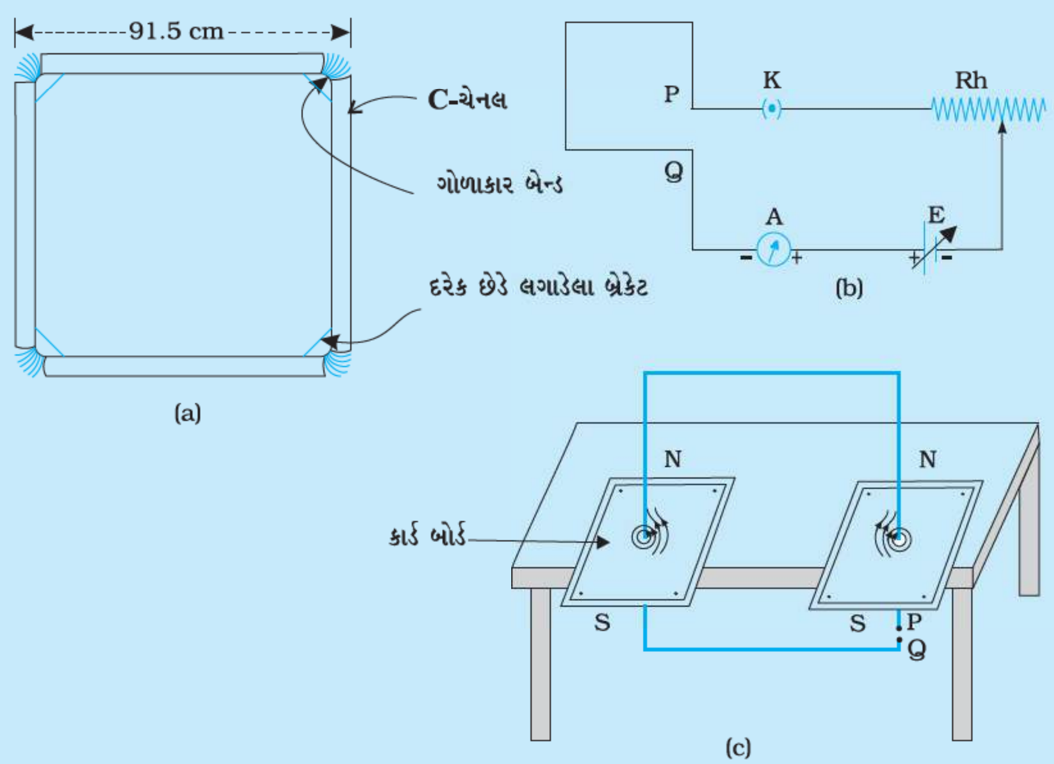
આકૃતિ A_x 4 : ખુલ્લા પ્રકારનો ફ્યુઝ-હૉલ્ડર

ફ્યુઝ તારાને ફ્યુઝ-હૉલ્ડરમાં લગાવવા 12 cm લંબાઈનો ફ્યુઝ તાર લો. ક્રોકોડાઈલ ક્લિપના બાહ્ય છેડે તારના એક છેડાના બે આંટાઓ વીંટાળો. આ જ રીતે બીજા છેડાને બીજી ક્રોકોડાઈલ ક્લિપ સાથે લગાવો, વચ્ચે 5 થી 6 cm તારની લૂપ રાખો.

પરિશિષ્ટ 5

પ્રવાહના સ્રોત તરીકે માત્ર બે સૂકા કોષ વાપરી સુરેખ વાહક વડે ઉત્પન્ન થતા ચુંબકીયક્ષેત્રના અભ્યાસ માટે ચોરસ ગૂંચળું બનાવવું

366 cm લંબાઈની ઍલ્યુમિનિયમ curtain (પડદાની) ચેનલ લો, તેના વડે ચોરસ બનાવો જેથી દરેક બાજુની લંબાઈ કુલ લંબાઈના $\frac{1}{4}$ ગણી એટલે કે 91.5 cm થાય. [આકૃતિ A_x 5(a)] ચેનલની પહોળાઈ 6 mm કે 9 mm ઉપલબ્ધિ પ્રમાણે લઈ શકાય. દરેક ચોરસનો ખૂણો ગોળ હશે. ખૂણાની મજબૂતાઈ આપવા 90° એ યોગ્ય આકારના બ્રેકેટ મૂકવામાં આવે છે.



આકૃતિ A_x 5 : સુરેખ વાહક વડે ઉત્પન્ન થતા ચુંબકીયક્ષેત્રનો અભ્યાસ (a) મોટી ચોરસ કૉઈલ (ગૂંચળું) (b) ચુંબકીયક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરવા વિદ્યુતપ્રવાહ (c) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સુરેખ તારના લીધે, ચોરસ ગૂંચળાની મદદથી ચુંબકીયક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરવું

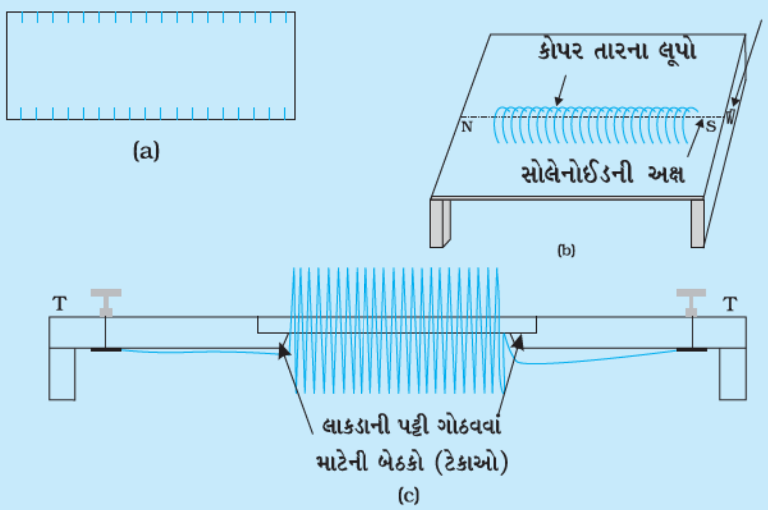
આ ચોરસમાં પડ ચઢાવેલ 24 SWG ના તાંબાના તારના 40 આંટાઓ છે. આ ગૂંચળાનો 20° C તાપમાને અવરોધ લગભગ 11 ohm છે. આથી 2 સૂકા કોષને સામાન્ય બૅટરી બૉક્સ કે જે 3 Vનો emf આપી શકે તેમાં ગોઠવીને તમે ગૂંચળાને 250 mAનો પ્રવાહ આપી શકો. આના કારણે બધા જ વાહકોના એક છેડા પર સંયુક્ત રીતે કુલ પ્રવાહ 10 ampere મળે છે. જે પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રની હાજરીમાં 6 cmના અંતરે તટસ્થ બિંદુ આપે છે. લોખંડના ભૂકા વડે ક્ષેત્રની ભાતના નિદર્શન માટે દરેક ભૂજામાં કુલ 40 ampere નો વિદ્યુતપ્રવાહ આપવા માટે 12 volt ના dc પાવર સપ્લાય અથવા લેડ સંગ્રાહક કોષનો ઉપયોગ કરી શકો.

ટેબલ પર ગૂંચળાને શિરોલંબ [આકૃતિ A_x 5(c)] માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે નિશ્ચિત કરો. [આકૃતિ A_x 5(b)] માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે વિદ્યુત પરિપથ પૂર્ણ કરો. તેના શિરોલંબ છેડાઓને ટેબલ પર જડિત કરેલા બે સમક્ષિતિજ બૉર્ડના કેન્દ્રમાંથી પસાર કરો. કાર્ડ બૉર્ડ પર લોખંડના ભૂકાને પાથરી દો. 12 volt ના પાવર સપ્લાયની મદદથી 1 Aનો પ્રવાહ ગૂંચળામાંથી પસાર કરો અને કાર્ડ બૉર્ડને ટપારો. લોખંડના કણો પ્રવાહધારિત વર્તુળાકાર લૂપની ફરતે શિરોલંબ ભૂજાઓમાં પોતાને ગોઠવશે.

પરિશિષ્ટ 6

ચુંબકીય ક્ષેત્રના અભ્યાસ માટે સોલેનોઇડ બનાવવું

ઘર-વપરાશ માટેના વાયરિંગમાં સામાન્ય રીતે અર્થિંગ (earthing) જોડાણમાં વપરાતો કૉપર તાર (16 SWG) લો. પડ ચઢાવેલ તારનો ઉપયોગ વધુ યોગ્ય છે. આ તારના એકબીજાની નજીક રહે તેમ 42 આંટાઓ નળાકાર આકારની કાચની બોટલ, જેનો વ્યાસ 5 થી $5\frac{1}{2}$ cm ની વચ્ચે હોય તેના પર વીંટાળો. જ્યારે તમે બોટલને દૂર કરો ત્યારે તેના 4 આંટા નીકળી જાય છે અને માત્ર 38 આંટા જ રહે છે તથા એ જ વખતે તેનો વ્યાસ વધીને 55 mm થી 61 mm થાય છે. હવે 6 mm જાડી પ્લાયવુડની પટ્ટી લો, જેની લંબાઈ 16 થી 20 cm અને પહોળાઈ સોલેનોઇડના બાહ્ય વ્યાસ જેટલી હોય છે [આકૃતિ A_x 6(a)]. તેની લાંબી ધાર પર 1.5 mm ઊંડાઈ અને 4 mm અંતરે ખાંચ બનાવો (એટલે કે 38 ખાંચો, 152 mm લંબાઈ પર બનશે). હવે તેને સોલેનોઇડમાં એવી રીતે લગાવો કે જેથી તેની ઉપરની સપાટી સોલેનોઇડની અક્ષ પરથી પસાર થતું સમક્ષિતિજ સમતલ બને. (નીચેની સપાટી પરના લૂપની ઊંચાઈ, ઉપરની સપાટી પરના લૂપની ઊંચાઈ કરતાં 6 mm ઓછી છે.) દરેક ખાંચમાં એરેલડાઇટ (અથવા અન્ય કોઈ એડહેસિવ)નું ટપકું મૂકી તેને 24 કલાક રહેવા દઈ, સખત થવા દો. આ પ્રમાણે સોલેનોઇડને પટ્ટી પર યોગ્ય સ્થાને ગોઠવી દો.



આકૃતિ A_x 6 : *ચુંબકીયક્ષેત્રના અભ્યાસ માટે સોલેનોઇડ (a) અક્ષ પર સમક્ષિતિજ સમતલ ગોઠવવા માટેની પટ્ટી (b) સમક્ષિતિજ બૉર્ડ પર લગાવેલ સોલેનોઇડ (c) લગાડેલ સોલેનોઇડનો છેદીય દેખાવ*

લાકડાની પટ્ટીની સાઈઝ જેટલી બારીના કેન્દ્રમાં (30 cm × 40 cm)નું લાકડાનું બૉર્ડ બનાવો. બારીના બંને છેડે લાકડાની પટ્ટી સ્થિર રહી શકે તેમ બેઠકો બનાવો. લાકડાની પટ્ટીને વીંટાળેલા સોલેનોઇડ સહિત બેઠક પર નિશ્ચિત કરો. [આકૃતિ A_x 6(b), (c)] બે ટર્મિનલો T અને T બૉર્ડના છેડા પર જડિત કરો અને તેને સોલેનોઇડના બે છેડાઓ સાથે જોડો.

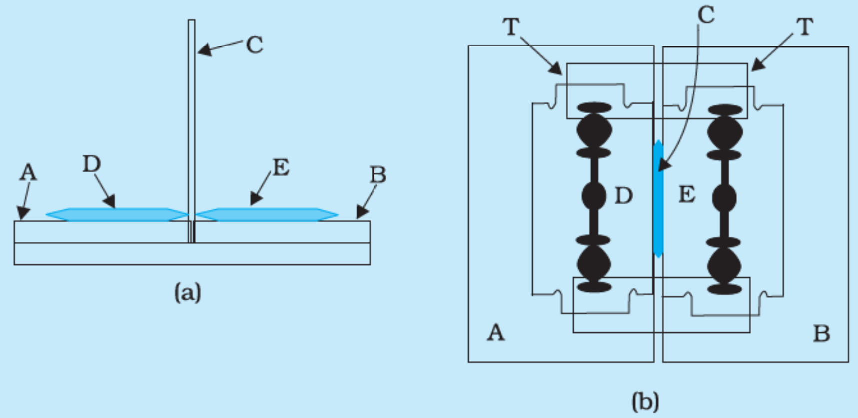
તમારો સોલેનોઇડ તૈયાર છે. સોલેનોઇડને રીઓસ્ટેટ, કળ, બૅટરી અને એમીટર સાથે શ્રેણીમાં જોડો. તમે તેમાંથી 0 થી 10Aનો પ્રવાહ પસાર કરી શકો છો અને તેનું તાપમાન ઓરડાના તાપમાનથી માત્ર 3° C થી 4° C જેટલું વધે છે. પછી 30×10^{-4} T જેટલું ચુંબકીયક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે, જે ક્ષેત્રનું લોખંડના ભૂકા વડે બનતું સ્વરૂપ નિદર્શન માટે પૂરતું છે. સૂકા કોષ વડે તમે માત્ર 300 mA પ્રવાહ પસાર કરી, ચુંબકીય કંપાસની મદદથી ક્ષેત્ર સ્વરૂપ બનાવી શકો છો. 16 SWG કૉપરના ટૂંકા તારને અંદર ગોઠવી કંપાસ બનાવી શકાય છે. જેને સોલેનોઇડના આંટાઓ વચ્ચેની 2.5 mmની જગામાં મૂકી શકાય છે. તમે અંદરની બાજુએ ચુંબકીયક્ષેત્ર દોરવા માટે બૉલપૉઇન્ટ-રીફિલ કે નાની લંબાઈની પેન્સિલની લીડ વડે ટપકાં દોરી શકો છો.

પરિશિષ્ટ 7

રેઝર બ્લેડની જાડાઈ જેટલી એક સમાન પહોળાઈ ધરાવતી પાતળી સ્લિટ બનાવવી

ઓછામાં ઓછી 60 mm × 60 mm ની કાચની તકતી પર, તેટલા જ પરિમાણવાળી બીજી અન્ય કાચની પ્લેટ મૂકો, જેને બે ભાગ A અને B માં કાપો. [આકૃતિ A_x 7(a)] A અને Bને બ્લેડ Cની જાડાઈ જેટલી દૂર રાખો. બ્લેડ Cની અણીદાર ધાર શિરોલંબ રહે તેમ તેમને વચ્ચે ઊભી ગોઠવો. A અને Bના અંત્ય ભાગોને ભેગા કરી એડહેસિવ ટેપ વડે ચોંટાડો, જેથી કામ કરતી વખતે તેમને ધક્કો ન લાગે. લગભગ 50 mm લંબાઈના A અને B એડહેસિવ ટેપ પરથી સ્પષ્ટ છે.

[આકૃતિ A_x 7(b)] નવી બે બ્લેડો D અને Eનો એક-એક છેડો બ્લેડ Cને સ્પર્શે તેમ મૂકો. હવે D અને Eના અંત્ય છેડાઓને ભેગા કરી એડહેસિવ ટેપ T, T વડે ચોંટાડો.



આકૃતિ A_x 7 (a),(b) : રેઝર બ્લેડની જાડાઈ જેટલી સમાન પહોળાઈની પાતળી સ્લિટ બનાવવી

બ્લેડ Cને દૂર કરી અને D અને Eને સંયુક્ત રીતે ઉપરની તરફ નીચે મૂકો. ટેપ T, Tની વધારાની પહોળાઈને જે હવે ઉપરની તરફ છે તે બાજુએ વાળી દો. જો આ જોડાણને કાયમી બનાવવું હોય તો એડહેસિવ ટેપને વાળવાને બદલે બ્લેડના મજબૂત એડહેસિવ (એરલડાઇટ) લગાડેલા નાના ટુકડાઓનો ઉપયોગ કરો. પછી આ D અને Eના જોડાણથી બનતી સ્લિટની સમાન પહોળાઈ, રેઝર બ્લેડ Cની જાડાઈ જેટલી થશે અને લંબાઈ બ્લેડ Cની પહોળાઈથી વધારે થશે. તમે વિર્વતન ભાતનું અવલોકન એક સ્લિટની મદદથી સીધો ફિલામેન્ટ ધરાવતા કાચના વિદ્યુત બલ્બ વડે કરી શકો. (ભૌતિકવિજ્ઞાન, પાઠ્યપુસ્તક, ધોરણ XII, ભાગ 2 (NCERT, 2007), પૃ. 371 જોઈ શકો.)

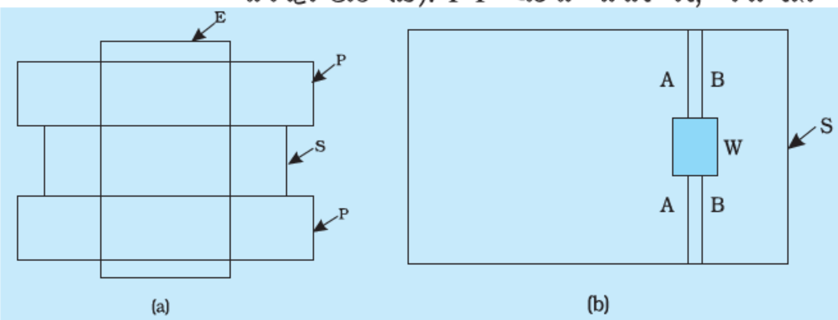
પરિશિષ્ટ 8

યંગના પ્રયોગ માટે સાદી બેવડી (Double) સ્લિટ બનાવવી

માઇક્રોસ્કૉપની સ્લાઇડ લો. સાબુ અને પાણીથી તેને સાફ કરો અને તેને સુકાવા દો. કાચમાં નરી આંખે જોઈ શકાય તેવા તરંગો નથી તે ચકાસો. (તેમાંથી દૂરની વસ્તુને જુઓ અને તેને તેના સમતલમાં ખસેડો. જો દૂરની વસ્તુ હલતી દેખાય તો સ્લાઇડમાં તરંગો (રીપલ) છે અને જો ના તો (સ્લાઇડ) સારા કાચમાંથી બનેલ છે.)

હવે સ્લાઇડને ગ્રેફાઇટના પાતળા શ્લેષ્મ સ્તર જેવો અથવા આર્ટિસ્ટ (ચિત્રકાર) દ્વારા ઉપયોગમાં લેવાતા વોટર પ્રૂફ (પાણીથી દૂર ન થાય તેવા) કાળા રંગ દ્વારા રંગ કરો અથવા મીણબત્તીની જ્યોત ઉપર રાખીને તેના પર મેશને જમા થવા દો. અસ્રા (રેઝર)ની બે પતરી (બ્લેડ) લો. તેમને અંગૂઠા અને તર્જની (અંગૂઠા પાસેની આંગળી) વડે, (તેમના) ખૂણા પાસેથી પકડો અને આ ખૂણા વડે સ્લાઇડ પર રેખાઓની જોડ બનાવો. બે રેખાઓ, A અને B [આકૃતિ A_x 8(a)] વચ્ચેનું અંતર, એ એક બ્લેડની જાડાઈ જેટલી છે. જો તમે તેમના ખૂણાથી દૂર પકડી હશે, તો રેખાઓ દોરતી વખતે, બ્લેડ વચ્ચેનું અંતર બદલાય અને રેખાઓ વચ્ચેનું અંતર અમુક જગાએ વધી શકે કે જ્યાં બ્લેડ એકબીજાથી દૂર થઈ હોય.

તમારે એક જ પ્રયત્નમાં રેખાઓ દોરવાની અને એટલા દબાણથી દોરવાની કે કાચ આ રેખાએ પારદર્શક બને. આ કારણથી ચારથી પાંચ સ્લાઇડ લઈ, દરેક ઉપર રેખાઓ બનાવો અને પછી પ્રકાશના રેખીય ઉદ્‌ગમ તરફ દરેક વડે જોઈને સારામાં સારી એક પસંદ કરવી સલાહભરેલું છે. [આકૃતિ A_x 8 (a)]માં દર્શાવેલ ગોઠવણી સુરેખ રેખાઓની જોડ અને યોગ્ય જગાએ અને દિશામાં દોરવામાં મદદરૂપ થશે. સ્લાઇડ S ને કાચની સહેજ જાડી પ્લેટ P, Pની વચ્ચે રાખો. આ ત્રણને તેમની નીચેની સપાટી કે જે પ્રયોગ કરવાના ટેબલ સાથે સંપર્કમાં હોય પર ચીકણી પટ્ટી (એડહેસિવ ટેપ) વડે ચોંટાડો. ત્યાર બાદ નાની સુરેખ ધાર E (તે ધારવાળી બીજી કાચની પ્લેટ અથવા પ્લાસ્ટિકની માપપટ્ટી હોઈ શકે). P P પ્લેટના આધાર પર, એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી કૉટેડ (કાળા રંગવાળી) સપાટી સ્પષ્ટ રીતે ઉપર તરફ રહે. ત્યાર બાદ ધાર Eની સાથે બ્લેડ વડે રેખાઓની જોડ દોરો.



આકૃતિ A_x 8 (a),(b) : *રેઝર બ્લેડની જાડાઈ જેટલી સમાન પહોળાઈ પાતળી સ્લિટ બનાવવી*

ગ્રેફાઇટના પાતળા શ્લેષ્મ સ્તર અથવા વોટર પ્રૂફ સહી વડે સ્તર બનાવેલ સ્લાઇડમાં ગમે તે બાજુએથી (સ્તર) જોઈ શકાશે. તેમ છતાં, સ્લાઇડ કે જેના મેશ જમા થયેલ છે તેનાં સ્તર વિનાની બાજુ આંખ તરફ રાખવાથી તમારા ચહેરાના સંપર્કથી સ્લાઇડ ખરાબ થઈ શકે છે.

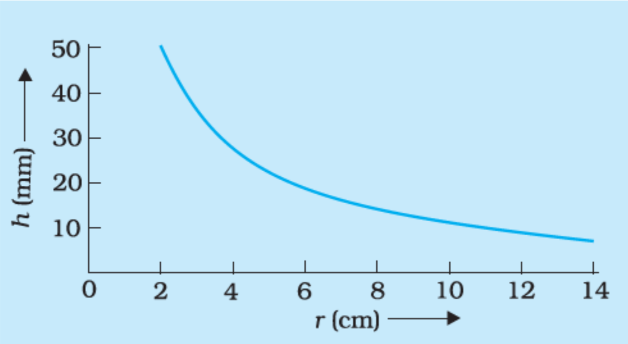
તેમાંથી મીટર (માપ) પટ્ટી, વિવર્તન ભાત સહિત, જોવા સમર્થ થાય તે માટે રેખાઓ A અને Bની જોડની વચ્ચે 5 mm × 5 mm (અથવા 5 mm વ્યાસ ધરાવતી વર્તુળાકાર), સ્પષ્ટ બારી W બનાવો. [આકૃતિ A_x 8(b)] બારી બનાવવા માટે સ્લાઇડને રંગ કરતાં પહેલાં એડહેસિવ ટેપનો નાનો ટુકડો ચોંટાડવો એ શ્રેષ્ઠ વિકલ્પ છે. તેને રંગ કર્યા બાદ છરીની ટોચ વડે કાળજીપૂર્વક ટેપનો ટુકડો ઉખાડી લો. ટેપ સારી ગુણવત્તાવાળી હોવી જોઈએ કે જેથી તેને ઉખાડ્યા બાદ કાચ ઉપર કોઈ નિશાની (ટપકાં) ન છોડે.

પરિશિષ્ટ 9

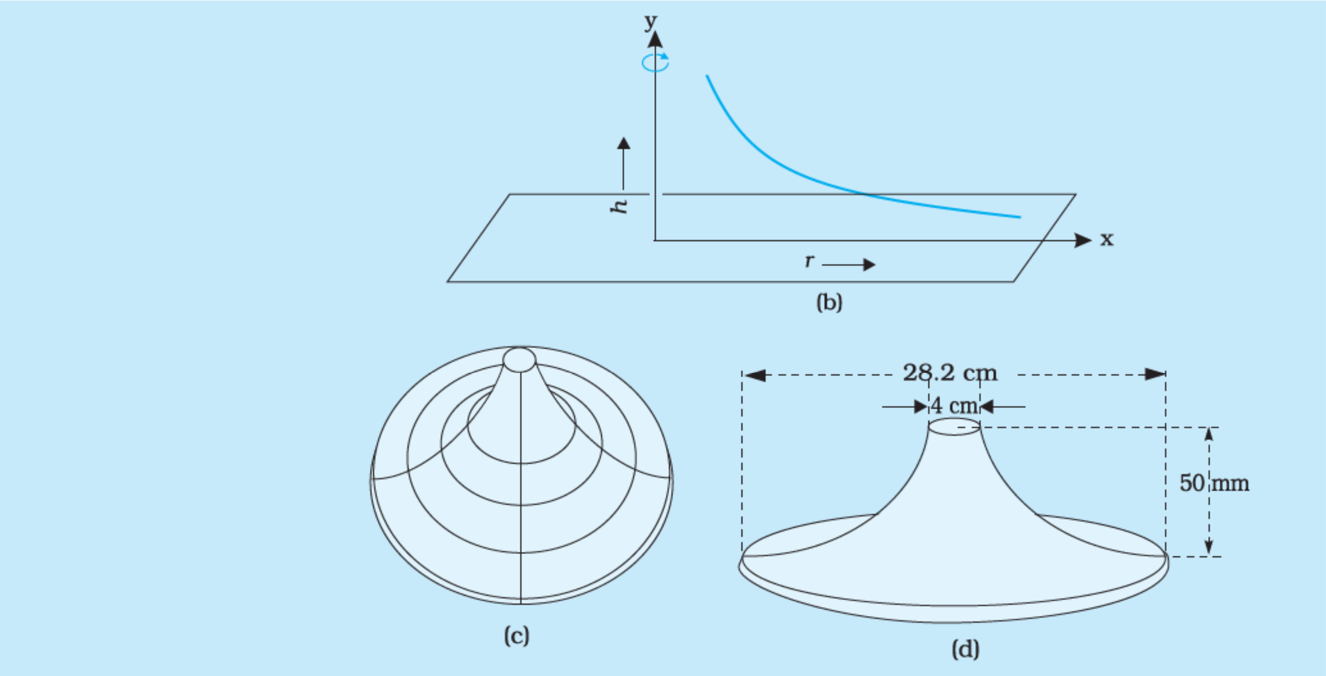
પરમાણ્વીય ન્યુક્લિયસો માટે α-કણના પ્રકીર્ણનનું યાંત્રિક એકરૂપકરણ

સિદ્ધાંત

વ્યસ્ત વર્ગના બળક્ષેત્રમાં (પરમાણુના ન્યુક્લિયસમાં હોય છે તેવા) કોઈ બિંદુ પાસે સ્થિતિમાન એ ક્ષેત્રના બિંદુવત ઉદ્ગમથી અંતરના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. જો બળ અપાકર્ષી પ્રકારનું (જેવું ન્યુક્લિયસ અને α કણ વચ્ચે હોય તેવું), હોય તો સ્થિતિમાન ધન હશે અને h વિરુદ્ધ r નો આલેખ એ અંતર સાથે સ્થિતિમાનમાં થતા ફેરફારને રજૂ કરે છે. [આકૃતિ A_x 9 (a)]. જો આપણે આ વક્રને Y-અક્ષને અનુલક્ષીને પરિક્રમિત કરીએ તો [આકૃતિ A_x 9(b)] આ વક્રના પરિભ્રમણનો ઘન મેળવી શકીએ. આ ઘનના ટોચની સપાટીએ, વક્રના પરિભ્રમણની સપાટી, યાંત્રિક મોડેલની પોટૅન્શિયલ ટેકરી આપે છે. [આકૃતિ A_x 9(c)] સ્થિતિમાન ટેકરી એવી રીતે રચાયેલ છે કે તેની સપાટી પહેલા કોઈ પણ બિંદુએ ઊંચાઈ h એ $1/r$ ના સમપ્રમાણમાં હશે, જ્યાં r એ કેન્દ્રથી સમતલ સુધીનું અંતર છે.



આકૃતિ A_x 9 (a) : અંતર સાથે સ્થિતિમાનનો ફેરફાર



આકૃતિ A_x 9 (b),(c),(d) : *સ્થિતિમાન ટેકરીનું યાંત્રિક મોડલ*

એક દડો આ સ્થિતિમાન ટેકરી પર ઉપર તરફ ગબડે તો તે hના સપ્રમાણમાં ગુરુત્વીય સ્થિતિમાન (સ્થિતિ) ઊર્જા પ્રાપ્ત કરે અને તેથી r તેના સમપ્રમાણમાં હશે. આમ, તેની ગતિ એ વ્યસ્ત વર્ગના અપાકર્ષીબળ ક્ષેત્રની અસર હેઠળ દ્વિપરિમાણમાં ગતિ કરતા કણની ગતિને અનુસરે છે. આમ, તે ન્યુક્લિયસના વિદ્યુતક્ષેત્રમાં, સમતલમાં ગતિ કરતા વિદ્યુતભારની ગતિને અનુસરે છે.

મૉડેલની રચના

સ્થિતિમાન ટેકરી (hill)ના લાક્ષણિક મૉડેલનો પાયાનો વ્યાસ 28.2 cm અને ટોચનો વ્યાસ 4 cm અને ઊંચાઈ 50 mm જેટલો હશે. [આકૃતિ A_x 9 (d)] આ મૉડેલ 30 cm × 30 cm × 5 cm ના લાકડાના પાટિયામાંથી પણ બનાવી શકાય. પહેલાં, નીચેનાં બિંદુઓ સાથે આલેખપત્ર (10 cm ×15 cm કરતાં મોટા માપના) પર h અને r વચ્ચેનો વક્ર દોરો.

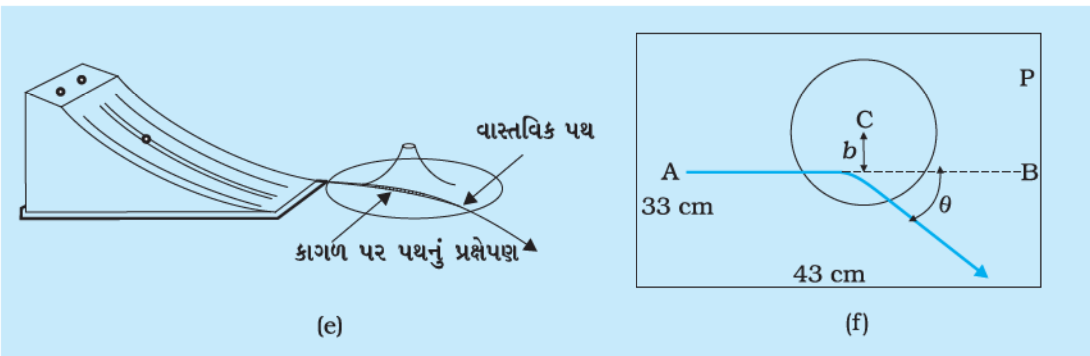
કોષ્ટક A_x 9

x *(r)* cm	14.1	12.5	11.1	10.0	9.0	8.0	7.0
y *(h)* mm	7.0	8.0	9.0	10.0	11.1	12.5	14.1
	6.0	5.0	4.0	3.3	3.0	2.5	2.0
	16.7	20.0	25.0	30.0	33.3	40.0	50.0

સંદર્ભ માટે આલેખ [આકૃતિ A_x 9(a)] માં દર્શાવેલ છે. વક્રને ચોક્કસ અને સરળ બનાવવો હોય તો, આર્ટિસ્ટ દ્વારા વપરાતું 'ફ્લેક્સિબલ કર્વ' (Flexibile curve) સાધનનો ઉપયોગ કરવો સારો છે. આ વક્ર સાથે બંધબેસતો નમૂનો કાપો. આ નમૂનાનો ઉપયોગ કરી, લાકડાના પાટિયાને લેથ પર જડિત કરી પરિભ્રમણનો ઘન (Solid of revolution) કાપો.

વધારાની સામગ્રી

(1) 12.7 mm વ્યાસના સ્ટીલના છરા



આકૃતિ A_x 9 (e) : કેન્દ્ર C થી બહારની દિશામાં મૂકેલ રેમ્પ (ઢાળ)

આકૃતિ A_x 9 (f) : b એ ઈમ્પેક્ટ પેરામિટર છે.

(2) જુદી-જુદી ઊંચાઈએથી છરાઓને ગબડાવવા માટેનો રેમ્પ (પ્રવેગક) માટે 30 cm ની પ્લાસ્ટિકની માપપટ્ટી યોગ્ય રહેશે. રેમ્પના નીચેના છેડાની ઊંચાઈએ પોટૅન્શિયલ હિલની નીચેની સીમાની ઊંચાઈ જેટલી હોવી જોઈએ, જેથી છરો રેમ્પ પર રોલિંગ કરતો હોય અને પોટૅન્શિયલ હિલમાં કોઈ કૂદકા સિવાય સરળતાથી ગબડી શકે. અહીં ગબડતો (રોલિંગ) છરો ઉચ્ચ ઊર્જાવાળા α–કણો જેવા સક્ષમ બને, તે માટે રેમ્પનો ઉપરનો છેડો 12 cm અથવા વધારે ઊંચાઈએ હોવો જોઈએ. માપપટ્ટી વક્રાકારમાં ચોંટાયેલી હોવી જોઈએ કે જેથી તેનો નીચેનો છેડો સમક્ષિતિજ રહે, જેથી છરો ગબડીને જ્યારે નીચેનો છેડો છોડે ત્યારે પોટૅન્શિયલ હિલ પર તેની ગતિ દરમિયાન સમક્ષિતિજ સમતલની સાપેક્ષે ખૂણામાં કોઈ નોંધપાત્ર ફેરફાર સિવાય સરળતાથી ગબડી શકે.

પોટૅન્શિયલ હિલ સાથેના પ્રયોગો

નીચે વર્ણવેલ બે પ્રયોગોમાં મૉડેલ એ આલ્ફા પ્રકીર્ણનનાં વિવિધ પાસાંઓને નિદર્શિત કરવા માટે પોટૅન્શિયલ હિલ તરીકે ઉપયોગી છે. રેમ્પને એવી રીતે રાખવામાં આવે કે તેની નીચેની સીમાઓની ધાર હિલની સપાટીને સ્પર્શે. [આકૃતિ A_x 9(e)]. સ્ટૉપર (સીધી માપપટ્ટી લઈ શકાય) વડે રેમ્પ પર યોગ્ય ઊંચાઈએ છરાને રાખી શકાય. રેમ્પને કેન્દ્ર Cની દિશા સાથે એવી રીતે AB સાથે ગોઠવો. [આકૃતિ A*x* 9 (f)] છરાના પથનો લીસોટો મેળવવા, મોટા ડ્રૉઈંગ બૉર્ડ પર અથવા સમતલ અને લીસા ટેબલ કે જે સમક્ષિતિજ ગોઠવેલ છે. તેના મથાળા પર 33 cm × 43 cm માપનો કાગળ P, સમાન માપના કાર્બન કાગળ સાથે ગોઠવો. બંને પ્રયોગો માટે મૉડેલ અને રેમ્પ આ કાગળ પર ગોઠવવા પડે.

પ્રયોગ 1 : પ્રકીર્ણનકોણ (θ)નો કણની પ્રારંભિક ઊર્જા પરના આધારનો અભ્યાસ કરવો.

રેમ્પ પર જુદી-જુદી ઊંચાઈએથી છરાને મુક્ત કરો અને દર્શાવો કે જેમ પ્રારંભિક ઊર્જાના ઘટાડા સાથે પ્રકીર્ણનકોણ (θ) વધે છે.

પ્રયોગ 2 : આલ્ફા કણની આપેલી ઊર્જા માટે પ્રકીર્ણનકોણ અને ઈમ્પેક્ટ પેરામીટર (અસર પ્રાચલ) વચ્ચેના સંબંધનો અભ્યાસ કરવો.

ચોક્કસ ઊંચાઈએથી છરાને મુક્ત કરો અને પ્રકીર્ણનકોણ (θ) નક્કી કરો. ઈમ્પેક્ટ પેરામીટર b પણ માપો. [જુઓ આકૃતિ A_x 9 (f)] bનાં જુદાં-જુદાં મૂલ્યો માટે પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો પરંતુ દરેક વખતે છરાને સમાન ઊંચાઈએથી જ મુક્ત કરો. દરેક કિસ્સામાં પ્રકીર્ણનકોણ માપો અને દર્શાવો કે $b \propto \frac{\cot\theta}{2}$.

ડેટા વિભાગ

કોષ્ટક D_s 1.1 : કેટલાક અગત્યના અચળાંકો

નામ	નિશાની	કિંમત
શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપ	c	2.9979×10^{8} m s^{-1}
ઈલેક્ટ્રૉનનો વિદ્યુતભાર	e	1.602×10^{-19} C
ગુરુત્વાકર્ષણ અચળાંક	G	6.673×10^{-11} N m^2 kg^{-2}
પ્લાન્ક અચળાંક	h	6.626×10^{-34} J s
બોલ્ટ્ઝમૅન અચળાંક	k	1.381×10^{-23} J K^{-1}
એવોગેડ્રો અચળાંક	N_A	6.022×10^{23} mol^{-1}
સાર્વત્રિક વાયુ-અચળાંક	R	8.314 J mol^{-1} k^{-1}
ઈલેક્ટ્રૉનનું દ્રવ્યમાન	m_e	9.110×10^{-31} kg
ન્યુટ્રોનનું દ્રવ્યમાન	m_n	1.675×10^{-27} kg
પ્રોટોનનું દ્રવ્યમાન	m_p	1.673×10^{-27} kg
ઈલેક્ટ્રૉનના વિદ્યુતભાર અને દ્રવ્યમાનનો ગુણોત્તર	e/m_e	1.759×10^{11} C/kg
ફેરાડે અચળાંક	F	9.648×10^{4} C/ mol
રીડબર્ગ અચળાંક	R	1.097×10^{7} m^{-1}
બોહ્‌ર ત્રિજ્યા	a_0	5.292×10^{-11} m
સ્ટીફન-બોલ્ટ્ઝમૅન અચળાંક	σ	5.670×10^{-8} W m^{-2} K^{-4}
વીનનો અચળાંક	b	2.898×10^{-3} m K
મુક્ત અવકાશનો પરાવૈદ્યુતાંક	ε_0	8.854×10^{-12} C^2 $N^{-1}m^{-2}$
	$1/4\pi\varepsilon_0$	8.987×10^{9} N m^2 C^{-2}
મુક્ત અવકાશની પારગમ્યતા	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ T m A^{-1}
		$\cong 1.257 \times 10^{-6}$ Wb A^{-1} m^{-1}

કોષ્ટક D_s 1.2 : બીજા ઉપયોગી અચળાંકો

નામ	નિશાની	કિંમત
ઉષ્માનો યાંત્રિક તુલ્યાંક	J	4.186 J cal^{-1}
પ્રમાણિત વાતાવરણ દબાણ	1 atm	1.013×10^{5} Pa
નિરપેક્ષ શૂન્ય તાપમાન	0 K	-273.15 °C
ઈલેક્ટ્રૉન વોલ્ટ	1 eV	1.602×10^{-19} J
યુનિફાઈડ પરમાણવીય દળ એકમ	1 u	1.661×10^{-27} kg
ઈલેક્ટ્રૉન સ્થિર ઊર્જા	mc^2	0.511 MeV
1u દ્રવ્યમાનને સમતુલ્ય ઊર્જા	1 uc^2	931.5 MeV
આદર્શ વાયુનું કદ (0 °C અને 1 વાતાવરણ)	V	22.4 L mol^{-1}
ગુરુત્વપ્રવેગ (વિષુવવૃત્ત પર, દરિયાઈ સપાટી)	g	9.78049 m s^{-2}

કોષ્ટક D_s 2 : કોષના વિદ્યુતચાલક બળ

કોષ	E.M.F. (V)	કોષ	E.M.F. (V)
ડેનિયલ	1.08 - 1.09	કેડમિયમ 20 °C તાપમાને	1.018 54
ગ્રુવ	1.8 - 1.9	લેડ સંગ્રાહક કોષ	1.9 - 2.2
લેકલાન્સે	1.45	એડિસન કોષ	1.45
વૉલ્ટેઈક	1.01	ક્લાર્ક	1.43
બન્સેન	1.95	Ni-Fe	1.20

કોષ્ટક D_s 3 : પદાર્થોના વક્રીભવનાંક $\lambda = 5896 \times 10^{-10}$ m તરંગલંબાઈવાળા સોડિયમ પ્રકાશ માટે

ઘન	વક્રીભવનાંક	પ્રવાહી	વક્રીભવનાંક
હીરો	2.417	કેનેડા બાલ્સમ	1.53
કાચ (ક્રાઉન)	1.48-1.61	પાણી	1.333
કાચ (ફ્લિન્ટ)	1.53-1.96	આલ્કોહોલ (ઇથાઈલ)	1.362
કાચ (સોડા)	1.50	એનિલિન	1.595
		બેન્ઝિન	1.501
બરફ	1.31	દેવદાર તેલ	1.516
માઇકા	1.56-1.60	ક્લૉરોફૉર્મ	1.450
દરિયાઈ મીઠું	1.54	ઈથર	1.350
		ગ્લિસરિન	1.47
ક્વાટ્ર્ઝ (સામાન્ય કિરણ)	1.5443	ઑલિવ-જેતુન(નિલગીરી)તેલ	1.46
ક્વાટ્ર્ઝ (અસામાન્ય કિરણ)	1.5534	પૅરાફિન	1.44
ક્વાટ્ર્ઝ (બળેલું)	1.458	કેરોસીન	1.39
		ટર્પેન્ટાઈન તેલ	1.44

કોષ્ટક D_s 4 : વર્ણપટ રેખાઓની તરંગલંબાઈ Å માં ($1\text{Å} = 10^{-10}$ m)
દ્રશ્ય વર્ણપટના રંગ (રા ના પી લી વા ની જા)

હાઈડ્રોજન	હિલિયમ	પારો	નિયોન	સોડિયમ
3970 *v*	3889 *v*	4047 *v*	5765 *y*	(D_2) 5890 *o*
4102 *v*	4026 *v*	4078 *v*	5853 *y*	(D_1) 5896 *o*
4340 *b*	4471 *b*	4358 *v*	5882 *o*	
4861 *gb*	5876 *y*	4916 *b, g*	6597 *r*	
6563 *r*	6678 *r*	4960 *g*	7245 *r*	
	7065 *r*	5461 *g*		
		5770 *y*		
		5791 *y*		
		6152 *o*		
		6322 *o*		

કોષ્ટક D_s 5 : વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટ (તરંગલંબાઈ)

વિસ્તાર	તરંગલંબાઈ		
બિનતારી તરંગો			5 m અને ઉપર
પારરક્ત	3.0 x 10^{-4}m	થી	7.5 x 10^{-7}m
દૃશ્ય લાલ	7.5 x 10^{-7}m	થી	6.5 x 10^{-7}m
દૃશ્ય નારંગી	6.5 x 10^{-7}m	થી	5.9 x 10^{-7}m
દૃશ્ય પીળો	5.9 x 10^{-7}m	થી	5.3 x 10^{-7}m
દૃશ્ય લીલો	5.3 x 10^{-7}m	થી	4.9 x 10^{-7}m
દૃશ્ય વાદળી	4.9 x 10^{-7}m	થી	4.2 x 10^{-7}m
દૃશ્ય નીલો	4.2 x 10^{-7}m	થી	3.9 x 10^{-7}m
દૃશ્ય જાંબલી	3.9 x 10^{-7}m	થી	1.8 x 10^{-7}m
મૃદુ ક્ષ-કિરણો	2.0 x 10^{-7}m	થી	1.0 x 10^{-7}m
સખત ક્ષ-કિરણો	1.0 x 10^{-10} m	થી	1.0 x 10^{-11} m
ગૅમા કિરણો	5.0 x 10^{-11} m	થી	5.0 x 10^{-12}m

કોષ્ટક D_s 6 : કોન્સ્ટનટન અને મૅંગેનીન માટે પ્રમાણભૂત તારગેજ અને એકમ લંબાઈ દીઠ અવરોધ

પ્રમાણભૂત તારગેજ		રેઝિસ્ટન્ટ (Ω)		
નં.	વ્યાસ (mm)	તાંબુ	કોન્સ્ટનટન (60 % Cu, 40 % Ni)	મૅંગેનીન (84 % Cu, 4 % Ni, 12 % Mn)
10	3.25	0.0021	0.057	0.051
12	2.64	0.0032	0.086	0.077
14	2.03	0.0054	0.146	0.131
16	1.63	0.0083	0.228	0.204
18	1.22	0.0148	0.405	0.361
20	0.914	0.0260	0.722	0.645
22	0.711	0.0435	1.20	1.07
24	0.559	0.070	1.93	1.73
26	0.457	0.105	2.89	2.58
28	0.374	0.155	4.27	3.82
30	0.315	0.222	6.08	5.45
32	0.274	0.293	8.02	7.18
34	0.234	0.404	11.1	9.9
36	0.193	0.590	16.2	14.5
38	0.152	0.950	26.0	23.2
40	0.122	1.48	40.6	36.3
42	0.102	2.10	58.5	53.4
44	0.081	3.30	91.4	81.7
46	0.061	5.90	162.5	145.5

કોષ્ટક D_s 7 : સામાન્ય દ્રવ્યો માટેના ડાઈઈલેક્ટ્રીક અચળાંક

દ્રવ્ય	તાપમાન (°C)	આવૃત્તિ (Hz)	ડાઈઈલેક્ટ્રીક અચળાંક
અંબર	20	10^6	2.8
અંબર	20	3×10^9	2.6
સોડા કાચ	20	10^6	7.5
ફ્યુઝ ક્વાર્ટ્સ	20	10^3 થી 10^8	3.8
પ્રવાહી પૅરાફિન (મેડિકલ ગ્રેડ)	20	10^3	2.2
ટ્રાન્સફોર્મર ઑઇલ (વર્ગ B)	20	10^3	2.2
માર્બલ	20	10^6	8
રેતી (સૂકી)	20	10^6	3
રેતીના પથ્થર	20	10^6	10
કાગળ (ટીસ્યુ પેપર)	20	10^3	2.3
માઈકા	20	10^3 થી 10^8	5.4 થી 7
ઇપોક્ષી રેઝિન (દા.ત. એરેલડાઈટ)	20	10^6	3.3
સેલ્યુલોઝ અસિટેટ	20	10^6	3.5
વિનાઈલ એસિટેટ (પ્લાસ્ટિક સાઈઝ્ડ)	20	10^6	4
વિનાઈલ ક્લોરાઇડ (પી.વી.સી.)	20	10^6	4
એબોનાઈટ (શુદ્ધ)	20	10^6	3
રબર (વેલ્કેનાઈઝ્ડ-મૃદુ)	20	10^6	3.2
રબર, સિન્થેટિક	20	10^6	2.5
પેરાફિન મીણ	20	10^6	2.2
સલ્ફર	20	3×10^9	3.4
વોલનટ વુડ (સૂકું)	20	10^7	2.0
વોલનટ વુડ (ભેજવાળું)	20	10^7	5
શૂન્યાવકાશ	લાગુ પડતુ નથી	ગમે તે	1.00000
હવા	20	3×10^9 સુધી	1.00054
પોર્સેલિન	20	10^6	5.5
બેરિયમ ટિટેનેટ	20	10^6	1200
રુટાઈલ ગ્રૂપ	20	10^6 થી 10^9	40 - 80
પાણી	20	10^9	80
પાણી	20	10^{10}	64

કોષ્ટક D_s 8 : સ્થિર વિદ્યુત ભારીય લાક્ષણિક પદાર્થો

વસ્તુ	C	V	Q	ઊર્જા $E = \frac{1}{2}CV^2$
1 નાયલોનના કપડાં વડે બધી જ દિશામાં ઘસેલો 20 cm વ્યાસનો ફુગ્ગો.	11 pF	200 V	2.2 nC	0.22 μJ*
2 સિલ્ક વડે ઘસેલ, અવાહક સ્ટૅન્ડ પર રાખેલ ધાતુનો ગોળો (9 cm વ્યાસ)	5 pF	500 V	2.5 nC	0.62 μJ*
3 શાળા કક્ષા માટેના વાન-દ્-ગ્રાફ જનરેટર વડે વિદ્યુતભારિત કરેલ ધાતુનો ગોળો.	5 pF	0.25 MV	1.25pF	0.16 J
4 ઈલેક્ટ્રો ફોરસ દ્વારા અવાહક ટેબલ પર રહેલ છોકરાનું વારેવાર વિદ્યુતભારણ.	50 pF	3000 V	150 nC	225 μJ*
5 મીણમાં પલાળવામાં આવેલ અવાહક કાગળ સહિતનું 30 cm x 30 cm નું (સુધારેલ) કેપેસીટર (K = 2.7, A = 700 cm અને d= 0.4mm) અને 9V ની બેટરી વડે વિદ્યુતભારિત કરેલ	4 nF	9 V	36 nC	162 nJ*
6 (5 મુજબ) પરંતુ 2 cm દુર રાખેલ પ્લેટો	80 pF	450 V	36 nC	8.1 μJ*
7 ફ્લેશ ગન કેપેસીટર (વ્યાવસાયિક પ્રમાણેનું)	500 pF	400 V 10^6V10	0.2 nC	40 J
8 પૃથ્વી અને વાદળ વચ્ચે સરેરાશ વીજળી (h = 1 થી 5 km)		10^9V	20 C	10^9 થી 10^{10}J
9 (a) પૃથ્વી અને સ્ટ્રેટોસ્ફિયરના મથાળે ઊંચી વાહકતાવાળી આયનયુક્ત હવા (h = 50 km)	–	0.4 MV	5.7×10^5C	10^{11} J
(b) સારા વાતાવરણમાં હવા અને આયનોસ્ફિયર વચ્ચે આયનીકરણ પ્રવાહ	–	0.4 MV	1800 C/s	7×10^8J/s
10 સૂકા હવામાનમાં ઊંચે ઊચકયા પછી સારા ઈલેક્ટ્રોફોરસ (20 થી 30 mm વ્યાસ)ની વિદ્યુતભારિત પ્લેટ	10 pF	3000 V	30 nC	45 μJ*

** શાળાની પ્રયોગશાળામાં રાખેલા આ પદાર્થોને સ્પર્શ કરવો ભયજનક નથી.*

કોષ્ટક D_s 9 : ચોક્કસ ધાતુઓ અને મિશ્રધાતુઓ માટે વિદ્યુતીય અવરોધકતા

અવરોધકતા (10^{-8} ohm મીટર)

દ્રવ્ય	0°C	100°C	300°C	700°C	અવરોધકતાનો તાપમાન ગુણાંક (0 °C - 100 °C ની અવધિમાં) (10^{-4})
ઍલ્યુમિનિયમ	2.45	3.55	5.9	24.7	45
ક્રોમિયમ	12.7	16.1	25.2	47.2	
તાંબુ	1.56	2.24	3.6	6.7	43
લોખંડ	8.9	14.7	31.5	85.5	65
સીસું	19.0	27.0	50	107.6	42
સોનુ	2.04	2.84			40
પારો	94.0766*	103.5	128		10
નિકલ	6.14	10.33	22.5		68
પ્લેટિનમ	9.81	13.65	21.0	34.3	39.2
પ્લેટિનમ ર્‌હોડિયમ (87/13)	19.0	22.0			15.6
પ્લેટિનમ ર્‌હોડિયમ (90/10)	18.7	21.8			16.6
પ્લેટિનમ ઈરિડિયમ (90/10)	24.8	28.0			13
ચાંદી	1.51	2.13	3.42	6.5	41
ટિન	11.5(20° C)	15.8	50	60	46
ટંગસ્ટન	4.9	7.3	12.4	24	48
જસત	5.5	7.8	13	37 (500°C)	42

અવરોધના પ્રમાણભૂત એકમ, ઓહ્મ, ને દર્શાવવા માટે 0 ^{0}C તાપમાને પારાને ગૌણ પ્રમાણભૂત તરીકે વપરાય છે.

કોષ્ટક D_s 10 : સામાન્ય અવાહકો અને અર્ધવાહકોની વિદ્યુતીય અવરોધકતા

પદાર્થ	અવરોધકતા (Ω મીટર)	પદાર્થ	અવરોધકતા (Ω મીટર)
હીરો	10^{10} થી 10^{11}	કાર્બન 0°C	3.5×10^{-5}
એબોનાઈટ	10^{14}	કાર્બન 500°C	2.7×10^{-5}
કાચ (સોડાલાઈમ)	5×10^{9}	કાર્બન 1000°C	2.1×10^{-5}
કાચ (પાઈરેક્સ)	10^{12}	કાર્બન 2000°C	1.1×10^{-5}
કાચ (વાહક)	5×10^{6}	કાર્બન 2500°C	0.9×10^{-5}
માઈકા	$10^{11} \times 10^{15}$	જર્મેનિયમ	0.46
કાગળ (સૂકો)	10^{10}	સીલીકોન 0°C	2300
પૅરાફિન મીણ	10^{14}		
પોર્સેલિન	10^{10} થી 10^{13}		
સલ્ફર (ર્‌હોમ્બિક)	2×10^{21}		

કોષ્ટક D_s 11 : અંતર્ગત અને બહિર્ગત અર્ધવાહકો માટેની માહિતી

દ્રવ્ય	એનર્જી ગેપ (eV)	300 K તાપમાને ઈલેક્ટ્રૉન હોલ જોડકાં માટે સંખ્યા ઘનતા પ્રતિ m^3*	ઈલેક્ટ્રોનની મોબિલિટી ($m^2\ V^{-1}\ s^{-1}$)	હોલની મોબિલિટી ($m^2\ V^{-1}\ s^{-1}$)	વાહકતા ($S\ m^{-1}$)	ઘનતા ($kg\ m^{-3}$)
અર્ધવાહકો						
જર્મેનિયમ	0.76	6×10^{19}	0.39	0.19	2.18	5320
સિલિકોન	1.12	7×10^{15}	0.135	0.048	4.4×10^{-4}	2300
Pસાથેના અવાહક અશુદ્ધિ સાથેનું Si	0.045	2.5×10^{21}	0.135	.....	2.5×10	2300
હીરો	6 થી 12	$\approx 10^{7}$				

*લગભગ મૂલ્ય છે, જે મૂલ્યના માત્ર ક્રમનો (ઘાતનો) ખ્યાલ આપે છે.

કોષ્ટક D_s 12 : ઉચ્ચ અવરોધ ધરાવતી મિશ્રધાતુઓ

મિશ્રધાતુઓ	અવરોધકતા 20° C (10^{-8} ohm)	અવરોધકતાના તાપમાન ગુણાંકનો વિસ્તાર 0 – 100° C (10^{-4})	મહત્તમ તાપમાન (°C)
કોન્સ્ટનટન (58.8 % Cu, 40 % Ni, 1.2 % Mn)	44 થી 52	- 0.4 થી + 0.1	500
જર્મન સિલ્વર (65 % Cu, 20 % Zn, 15 % Ni)	28 થી 35	+ 0.4	150 થી 200
મૅંગેનીન (85 % Cu, 12 % Mn, 3 % Ni)	42 થી 48	0.3	100
નિકેલાઈન (54 % Cu, 20 % Zn, 26 % Ni)	39 થી 45	0.2	150 થી 200
નાઈક્રોમ (67.5 % Ni, 15 % Cr, 16 % Fe, 1.5 % Mn)	100 થી 110	2.0	1000

કોષ્ટક D_s 13 : અતિવાહકતા (સુપર કંડક્ટિંગ) અવસ્થા માટે સક્રાંતિ તાપમાન

પદાર્થ	સંક્રાંતિ તાપમાન (K)	પદાર્થ	સક્રાંતિ તાપમાન (K)
ધાતુઓ		સંયોજનો	
કેડમિયમ	0.6	NiBi	4.2
જસત	0.8	PbSe	5.0
ઍલ્યુમિનિયમ	1.2	NbB	6.0
યુરેનિયમ	1.3	Nb_2C	9.2
ટિન	3.7	nBC	10.1 થી 10.5
પારો	4.7	nBN	15 થી 16
સીસું	7.3	Nb_3Sn	18
નીઓબિયમ	9.2	$YBa_2Cu_3O_7$	90

કોષ્ટક I

LOGARITHMS (લઘુગણક)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170						5	9	13	17	21	26	30	34	38
						0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	16	2O	24	28	32	36
11	0414	0453	0492	0531	0569						4	8	12	16	20	23	27	31	35
						0607	0645	0682	0719	0755	4	7	11	15	18	22	26	29	33
12	0792	0828	0864	0899	0934						3	7	11	14	18	21	25	28	32
						0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	20	24	27	31
13	1139	1173	1206	1239	1271						3	6	10	13	16	19	23	26	29
						1303	1335	1367	1399	1430	3	7	10	13	16	19	22	25	29
14	1461	1492	1523	1553	1584						3	6	9	12	15	19	22	25	28
						1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	14	17	20	23	26
15	1761	1790	1818	1847	1875						3	6	9	11	14	17	20	23	26
						1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	19	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148						3	6	8	11	14	16	19	22	24
						2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	10	13	16	18	21	23
17	2304	2330	2355	2380	2405						3	5	8	10	13	15	18	20	23
						2430	2455	2480	2504	2529	3	5	8	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648						2	5	7	9	12	14	17	19	21
						2672	2695	2718	2742	2765	2	4	7	9	11	14	16	18	21
19	2788	2810	2833	2856	2878						2	4	7	9	11	13	16	18	20
						2900	2923	2945	2967	2989	2	4	6	8	11	13	15	17	19
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6471	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8

LOGARITHMS (લઘુગણક)

કોષ્ટક 1

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7768	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9997	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

ANTILOGARITHMS (પ્રતિલઘુગણક)

કોષ્ટક II

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	3	3	4	5	6	6
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	3	3	4	5	6	6

ANTILOGARITHMS (પ્રતિલઘુગણક)

કોષ્ટક II

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
.51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
.56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
.59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
.60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
.61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	42S6	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
.67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
.68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
.69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
.70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
.71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
.72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
.73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
.74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
.75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
.76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
.77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
.78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
.79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
.80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
.81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
.84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
.85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
.88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
.89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
.90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
.91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
.92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
.93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
.96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
.97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
.98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
.99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

NATURAL SINES (પ્રાકૃતિક સાઈન)

કોષ્ટક I

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
0	.0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	3	6	9	12	15
1	.0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	3	6	9	12	15
2	.0349	0366	0384	0401	0419	0436	0454	0471	0488	0506	3	6	9	12	15
3	.0523	0541	0558	0576	0593	0610	0628	0645	0663	0680	3	6	9	12	15
4	.0698	0715	0732	0750	0767	0785	0802	0819	0837	0854	3	6	9	12	15
5	.0872	0889	0906	0924	0941	0958	0976	0993	1011	1028	3	6	9	12	14
6	.1045	1063	1080	1097	1115	1132	1149	1167	1184	1201	3	6	9	12	14
7	.1219	1236	1253	1271	1288	1305	1323	1340	1357	1374	3	6	9	12	14
8	.1392	1409	1426	1444	1461	1478	1495	1513	1530	1547	3	6	9	12	14
9	.1564	1582	1599	1616	1633	1650	1668	1685	1702	1719	3	6	9	12	14
10	.1736	1754	1771	1788	1805	1822	1840	1857	1874	1891	3	6	9	12	14
11	.1908	1925	1942	1959	1977	1994	2011	2028	2045	2062	3	6	9	11	14
12	.2079	2096	2113	2130	2147	2164	2181	2198	2215	2232	3	6	9	11	14
13	.2250	2267	2284	2300	2317	2334	2351	2368	2385	2402	3	6	8	11	14
14	.2419	2436	2453	2470	2487	2504	2521	2538	2554	2571	3	6	8	11	14
15	.2588	2605	2622	2639	2656	2672	2689	2706	2723	2740	3	6	8	11	14
16	.2756	2773	2790	2807	2823	2840	2857	2874	2890	2907	3	6	8	11	14
17	.2924	2940	2957	2974	2990	3007	3024	3040	3057	3074	3	6	8	11	14
18	.3090	3107	3123	3140	3156	3173	3190	3206	3223	3239	3	6	8	11	14
19	.3256	3272	3289	3305	3322	3338	3355	3371	3387	3404	3	5	8	11	14
20	.3420	3437	3453	3469	3486	3502	3518	3535	3551	3567	3	5	8	11	14
21	.3584	3600	3616	3633	3649	3665	3681	3697	3714	3730	3	5	8	11	14
22	.3746	3762	3778	3795	3811	3827	3843	3859	3875	3891	3	5	8	11	14
23	.3907	3923	3939	3955	3971	3987	4003	4019	4035	4051	3	5	8	11	14
24	.4067	4083	4099	4115	4131	4147	4163	4179	4195	4210	3	5	8	11	13
25	.4226	4242	4258	4274	4289	4305	4321	4337	4352	4368	3	5	8	11	13
26	.4384	4399	4415	4431	4446	4462	4478	4493	4509	4524	3	5	8	10	13
27	.4540	4555	4571	4586	4602	4617	4633	4648	4664	4679	3	5	8	10	13
28	.4695	4710	4726	4741	4756	4772	4787	4802	4818	4833	3	5	8	10	13
29	.4848	4863	4879	4894	4909	4924	4939	4955	4970	4985	3	5	8	10	13
30	.5000	5015	5030	5045	5060	5075	5090	5105	5120	5135	3	5	8	10	13
31	.5150	5165	5180	5195	5210	5225	5240	5255	5270	5284	2	5	7	10	12
32	.5299	5314	5329	5344	5358	5373	5388	5402	5417	5432	2	5	7	10	12
33	.5446	5461	5476	5490	5505	5519	5534	5548	5563	5577	2	5	7	10	12
34	.5592	5606	5621	5635	5650	5664	5678	5693	5707	5721	2	5	7	10	12
35	.5736	5750	5764	5779	5793	5807	5821	5835	5850	5864	2	5	7	10	12
36	.5878	5892	5906	5920	5934	5948	5962	5976	5990	6004	2	5	7	9	12
37	.6018	6032	6046	6060	6074	6088	6101	6115	6129	6143	2	5	7	9	12
38	.6157	6170	6184	6198	6211	6225	6239	6252	6266	6280	2	5	7	9	11
39	.6293	6307	6320	6334	6347	6361	6374	6388	6401	6414	2	4	7	9	11
40	.6428	6441	6455	6468	6481	6494	6508	6521	6534	6547	2	4	7	9	11
41	.6561	6574	6587	6600	6613	6626	6639	6652	6665	6678	2	4	7	9	11
42	.6691	6704	6717	6730	6743	6756	6769	6782	6794	6807	2	4	6	9	11
43	.6820	6833	6845	6858	6871	6884	6896	6909	6921	6934	2	4	6	8	11
44	.6947	6959	6972	6984	6997	7009	7022	7034	7046	7059	2	4	6	8	10

NATURAL SINES (પ્રાકૃતિક સાઇન)

કોષ્ટક I

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
45	.7071	7083	7096	7108	7120	7133	7145	7157	7169	7181	2	4	6	8	10
46	.7193	7206	7218	7230	7242	7254	7266	7278	7290	7302	2	4	6	8	10
47	.7314	7325	7337	7349	7361	7373	7385	7396	7408	7420	2	4	6	8	10
48	.7431	7443	7455	7466	7478	7490	7501	7513	7524	7536	2	4	6	8	10
49	.7547	7558	7570	7581	7593	7604	7615	7627	7638	7649	2	4	6	8	9
50	.7660	7672	7683	7694	7705	7716	7727	7738	7749	7760	2	4	6	7	9
51	.7771	7782	7793	7804	7815	7826	7837	7848	7859	7869	2	4	5	7	9
52	.7880	7891	7902	7912	7923	7934	7944	7955	7965	7976	2	4	5	7	9
53	.7986	7997	8007	8018	8028	8039	8049	8059	8070	8080	2	3	5	7	9
54	.8090	8100	8111	8121	8131	8141	8151	8161	8171	8181	2	3	5	7	8
55	.8192	8202	8211	8221	8231	8241	8251	8261	8271	8281	2	3	5	7	8
56	.8290	8300	8310	8320	8329	8339	8348	8358	8368	8377	2	3	5	6	8
57	.8387	8396	8406	8415	8425	8434	8443	8453	8462	8471	2	3	5	6	8
58	.8480	8490	8499	8508	8517	8526	8536	8545	8554	8563	2	3	5	6	8
59	.8572	8581	8590	8599	8607	8616	8625	8634	8643	8652	1	3	4	6	7
60	.8660	8669	8678	8686	8695	8704	8712	8721	8729	8738	1	3	4	6	7
61	.8746	8755	8763	8771	8780	8788	8796	8805	8813	8821	1	3	4	6	7
62	.8829	8838	8846	8854	8862	8870	8878	8886	8894	8902	1	3	4	5	7
63	.8910	8918	8926	8934	8942	8949	8957	8965	8973	8980	1	3	4	5	6
64	.8988	8996	9003	9011	9018	9026	9033	9041	9048	9056	1	3	4	5	6
65	.9063	9070	9078	9085	9092	9100	9107	9114	9121	9128	1	2	4	5	6
66	.9135	9143	9150	9157	9164	9171	9178	9184	9191	9198	1	2	3	5	6
67	.9205	9212	9219	9225	9232	9239	9245	9252	9259	9265	1	2	3	4	6
68	.9272	9278	9285	9291	9298	9304	9311	9317	9323	9330	1	2	3	4	5
69	.9336	9342	9348	9354	9361	9367	9373	9379	9385	9391	1	2	3	4	5
70	.9397	9403	9409	9415	9421	9426	9432	9438	9444	9449	1	2	3	4	5
71	.9455	9461	9466	9472	9478	9483	9489	9494	9500	9505	1	2	3	4	5
72	.9511	9516	9521	9527	9532	9537	9542	9548	9553	9558	1	2	3	3	4
73	.9563	9568	9573	9578	9583	9588	9593	9598	9603	9608	1	2	3	3	4
74	.9613	9617	9622	9627	9632	9636	9641	9646	9650	9655	1	2	2	3	4
75	.9659	9664	9668	9673	9677	9681	9686	9690	9694	9699	1	1	2	3	4
76	.9703	9707	9711	9715	9720	9724	9728	9732	9736	9740	1	1	2	3	3
77	.9744	9748	9751	9755	9759	9763	9767	9770	9774	9778	1	1	2	3	3
78	.9781	9785	9789	9792	9796	9799	9803	9806	9810	9813	1	1	2	2	3
79	.9816	9820	9823	9826	9829	9833	9836	9839	9842	9845	1	1	2	2	3
80	.9848	9851	9854	9857	9860	9863	9866	9869	9871	9874	0	1	1	2	2
81	.9877	9880	9882	9885	9888	9890	9893	9895	9898	9900	0	1	1	2	2
82	.9903	9905	9907	9910	9912	9914	9917	9919	9921	9923	0	1	1	2	2
83	.9925	9928	9930	9932	9934	9936	9938	9940	9942	9943	0	1	1	1	2
84	:9945	9947	9949	9951	9952	9954	9956	9957	9959	9960	0	1	1	1	2
85	.9962	9963	9965	9966	9968	9969	9971	9972	9973	9974	0	0	1	1	1
86	.9976	9977	9978	9979	9980	9981	9982	9983	9984	9985	0	0	1	1	1
87	.9986	9987	9988	9989	9990	9990	9991	9992	9993	9993	0	0	0	1	1
88	.9994	9995	9995	9996	9996	9997	9997	9997	9998	9998	0	0	0	0	0
89	.9998	9999	9999	9999	9999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0	0	0	0	0
90	1.000														

NATURAL COSINES (પ્રાકૃતિક કોસાઈન)

કોષ્ટક II

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.9999	9999	9999	9999	0	0	0	0	0
1	.9998	9998	9998	9997	9997	9997	9996	9996	9995	9995	0	0	0	0	0
2	.9994	9993	9993	9992	9991	9990	9990	9989	9988	9987	0	0	0	1	1
3	.9986	9985	9984	9983	9982	9981	9980	9979	9978	9977	0	0	1	1	1
4	.9976	9974	9973	9972	9971	9969	9968	9966	9965	9963	0	0	1	1	1
5	.9962	9960	9959	9957	9956	9954	9952	9951	9949	9947	0	1	1	1	2
6	.9945	9943	9942	9940	9938	9936	9934	9932	9930	9928	0	1	1	1	2
7	.9925	9923	9921	9919	9917	9914	9912	9910	9907	9905	0	1	1	2	2
8	.9903	9900	9898	9895	9893	9890	9888	9885	9882	9880	0	1	1	2	2
9	.9877	9874	9871	9869	9866	9863	9860	9857	9854	9851	0	1	1	2	2
10	.9848	9845	9842	9839	9836	9833	9829	9826	9823	9820	1	1	2	2	3
11	.9816	9813	9810	9806	9803	9799	9796	9792	9789	9785	1	1	2	2	3
12	.9781	9778	9774	9770	9767	9763	9759	9755	9751	9748	1	1	2	3	3
13	.9744	9740	9736	9732	9728	9724	9720	9715	9711	9707	1	1	2	3	3
14	.9703	9699	9694	9690	9686	9681	9677	9673	9668	9664	1	1	2	3	4
15	.9659	9655	9650	9646	9641	9636	9632	9627	9622	9617	1	2	2	3	4
16	.9613	9608	9603	9598	9593	9588	9583	9578	9573	9568	1	2	2	3	4
17	.9563	9558	9553	9548	9542	9537	9532	9527	9521	9516	1	2	3	3	4
18	.9511	9505	9500	9494	9489	9483	9478	9472	9466	9461	1	2	3	4	5
19	.9455	9449	9444	9438	9432	9426	9421	9415	9409	9403	1	2	3	4	5
20	.9397	9391	9385	9379	9573	9367	9361	9354	9348	9342	1	2	3	4	5
21	.9336	9330	9323	9317	9311	9304	9298	9291	9285	9278	1	2	3	4	5
22	.9272	9265	9259	9252	9245	9239	9232	9225	9219	9212	1	2	3	4	6
23	.9205	9198	9191	9184	9178	9171	9164	9157	9150	9143	1	2	3	5	6
24	.9135	9128	9121	9114	9107	9100	9092	9085	9078	9070	1	2	4	5	6
25	.9063	9056	9048	9041	9033	9026	9018	9011	9003	8996	1	3	4	5	6
26	.8988	8980	8973	8965	8957	8949	8942	8934	8926	8918	1	3	4	5	6
27	.8910	8902	8894	8886	8878	8870	8862	8854		8838	1	3	4	5	7
28	.8829	8821	8813	8805	8796	8788	8780	8771	8763	8755	1	3	4	6	7
29	.8746	8738	8729	8721	8712	8704	8695	8686	8678	8669	1	3	4	6	7
30	.8660	8652	8643	8634	8625	8616	8607	8599	8590	8581	1	3	4	6	7
31	.8572	8563	8554	8545	8536	8526	8517	8508	8499	8490	2	3	5	6	8
32	.8480	8471	8462	8453	8443	8434	8425	8415	8406	8396	2	3	5	6	8
33	.8387	8377	8368	8358	8348	8339	8329	8320	8310	8300	2	3	5	6	8
34	.8290	8281	8271	8261	8251	8241	8231	8221	8211	8202	2	3	5	7	8
3S	.8192	8181	8171	8161	8151	8141	8131	8121	8111	8100	2	3	5	7	8
36	.8090	8080	8070	8059	8049	8039	8028	8018	8007	7997	2	3	5	7	8
37	.7986	7976	7965	7955	7944	7934	7923	7912	7902	7891	2	4	5	7	9
38	.7880	7869	7859	7848	7837	7826	7815	7804	7793	7782	2	4	5	7	9
39	.7771	7760	7749	7738	7727	7716	7705	7694	7683	7672	2	4	6	7	9
40	.7660	7649	7638	7627	7615	7604	7593	7581	7570	7559	2	4	6	8	9
41	.7547	7536	7524	7513	7501	7490	7478	7466	7455	7443	2	4	6	8	10
42	.7431	7420	7408	7396	7385	7373	7361	7349	7337	7325	2	4	6	8	10
43	.7314	7302	7290	7278	7266	7254	7242	7230	7218	7206	2	4	6	8	10
44	.7193	7181	7169	7157	7145	7133	7120	7108	7096	7083	2	4	6	8	10

NATURAL COSINES (પ્રાકૃતિક કોસાઈન)

કોષ્ટક II

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
45	.7071	7059	7046	7034	7022	7009	6997	6984	6972	6959	2	4	6	8	10
46	.6947	6934	6921	6909	6896	6884	6871	6858	6845	6833	2	4	6	8	11
47	.6820	6807	6794	6782	6769	6756	6743	6730	6717	6704	2	4	6	9	11
48	.6691	6678	6665	6652	6639	6626	6613	6600	6587	6574	2	4	7	9	11
49	.6561	6547	6534	6521	6508	6494	6481	6468	6455	6441	2	4	7	9	11
50	.6428	6414	6401	6388	6374	6361	6347	6334	6320	6307	2	4	7	9	11
51	.6293	6280	6266	6252	6239	6225	6211	6198	6184	6170	2	5	7	9	11
52	.6157	6143	6129	6115	6]01	6088	6074	6060	6046	6032	2	5	7	9	11
53	.6018	6004	5990	5976	5962	5948	5934	5920	5906	5892	2	5	7	9	12
54	.5878	5864	5850	5835	5821	5807	5793	5779	5764	5750	2	5	7	9	12
55	.5736	5721	5707	5693	5678	5664	5650	5635	5621	5606	2	5	7	10	12
56	.5592	5577	5563	5548	5534	55]9	5505	5490	5476	5461	2	5	7	10	12
57	.5446	5432	5417	5402	5388	5373	5358	5344	5329	5314	2	5	7	10	12
58	.5299	5284	5270	5255	5240	5225	5210	5195	5180	5165	2	5	7	10	12
59	.5150	5135	5120	5105	5090	5075	5060	5045	5030	5015	3	5	8	10	13
60	.5000	4985	4970	4955	4939	4924	4909	4894	4879	4863	3	5	8	10	13
61	.4848	4833	4818	4802	4787	4772	4756	4741	4726	4710	3	5	8	10	13
62	.4695	4679	4664	4648	4633	4617	4602	4586	4571	4555	3	5	8	10	13
63	.4540	4524	4509	4493	4478	4462	4446	4431	4415	4399	3	5	8	10	13
64	.4384	4368	4352	4337	4321	4305	4289	4274	4258	4242	3	5	8	11	13
65	.4226	4210	4195	4179	4163	4147	4131	4115	4099	4083	3	5	8	11	13
66	.4067	4051	4035	4019	4003	3987	3971	3955	3939	3923	3	5	8	11	14
67	.3907	3891	3875	3859	3843	3827	3811	3795	3778	3762	3	5	8	11	14
68	.3746	3730	3714	3697	3681	3665	3649	3633	3616	3600	3	5	8	11	14
69	.3584	3567	3551	3535	3518	3502	3486	3469	3453	3437	3	5	8	11	14
70	.3420	3404	3387	3371	3355	3338	3322	3305	3289	3272	3	5	8	11	14
71	.3256	3239	3223	3206	3190	3173	3156	3140	3123	3107	3	6	8	11	14
72	.3090	3074	3057	3040	3024	3007	2990	2974	2957	2940	3	6	8	11	14
73	.2924	2907	2890	2874	2857	2840	2823	2807	2790	2773	3	6	8	11	14
74	.2756	2740	2723	2706	2689	2672	2656	2639	2622	2605	3	6	8	11	14
75	.2588	2571	2554	2538	2521	2504	2487	2470	2453	2436	3	6	8	11	14
76	.2419	2402	2385	2368	2351	2334	2317	2300	2284	2267	3	6	8	11	14
77	.2250	2233	2215	2198	2181	2164	2147	2130	2113	2096	3	6	9	11	14
78	.2079	2062	2045	2028	2011	1994	1977	1959	1942	1925	3	6	9	11	14
79	.1908	1891	1874	1857	1840	1822	1805	1788	1771	1754	3	6	9	11	14
80	.1736	1719	1702	1685	1668	1650	1633	1616	1599	1582	3	6	9	12	14
81	.1564	1547	1530	1513	1495	1478	1461	1444	1426	1409	3	6	9	12	14
82	.1392	1374	1357	1340	1323	1305	1288	1271	1253	1236	3	6	9	12	14
83	.1219	1201	1184	1167	1149	1132	1115	1097	1080	1063	3	6	9	12	14
84	.1045	1028	1011	0993	0976	0958	0941	0924	0906	0889	3	6	9	12	14
85	.0872	0854	0837	0819	0802	0785	0767	0750	0732	0715	3	6	9	12	15
86	.0698	0680	0663	0645	0628	0610	0593	0576	0558	0541	3	6	9	12	15
87	.0523	0506	0488	0471	0454	0436	0419	0401	0384	0366	3	6	9	12	15
88	.0349	0332	0314	0297	0279	0262	0244	0227	0209	0192	3	6	9	12	15
89	.0175	0157	0140	0122	0105	0087	0070	0052	0035	0017	3	6	9	12	15
90	.0000														

NATURAL TANGENTS (પ્રાકૃતિક ટેનજેન્ટ)

કોષ્ટક III

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
0	.0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	3	6	9	12	15
1	.0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	3	6	9	12	15
2	.0349	0367	0384	0402	0419	0437	0454	0472	0489	0507	3	6	9	12	15
3	.0524	0542	0559	0577	0594	0612	0629	0647	0664	0682	3	6	9	12	15
4	.0699	0717	0734	0752	0769	0787	0805	0822	0840	0857	3	6	9	12	15
5	.0875	0892	0910	0928	0945	0963	0981	0998	1016	1033	3	6	9	12	15
6	.1051	1069	1086	1104	1122	1139	1157	1175	1192	1210	3	6	9	12	15
7	.1228	1246	1263	1281	1299	1317	1334	1352	1370	1388	3	6	9	12	15
8	.1405	1423	1441	1459	1477	1495	1512	1530	1548	1566	3	6	9	12	15
9	.1584	1602	1620	1638	1655	1673	1691	1709	1727	1745	3	6	9	12	15
10	.1763	1781	1799	1817	1835	1853	1871	1890	1908	1926	3	6	9	12	15
11	.1944	1962	1980	1998	2016	2035	2053	2071	2089	2107	3	6	9	12	15
12	.2126	2144	2162	2180	2199	2217	2235	2254	2272	2290	3	6	9	12	15
13	.2309	2327	2345	2364	2382	2401	2419	2438	2456	2475	3	6	9	12	15
14	.2493	2512	2530	2549	2568	2586	2605	2623	2642	2661	3	6	9	12	16
15	.2679	2698	2717	2736	2754	2773	2792	2811	2830	2849	3	6	9	13	16
16	.2867	2886	2905	2924	2943	2962	2981	‘3000	3019	3038	3	6	9	13	16
17	.3057	3076	3096	3115	3134	3153	3172	3191	3211	3230	3	6	10	13	16
18	.3249	3269	3288	3307	3327	3346	3365	3385	3404	3424	3	6	10	13	16
19	.3443	3463	3482	3502	3522	3541	3561	3581	3600	3620	3	7	10	13	16
20	.3640	3659	3679	3699	3719	3739	3759	3779	3799	3819	3	7	10	13	17
21	.3839	3859	3879	3899	3919	3939	3959	3979	4000	4020	3	7	10	13	17
22	.4040	4061	4081	4101	4122	4142	4163	4183	4204	4224	3	7	10	14	17
23	.4245	4265	4286	4307	4327	4348	4369	4390	4411	4431	3	7	10	14	17
24	.4452	4473	4494	4515	4536	4557	4578	4599	4621	4642	4	7	11	14	18
25	.4663	4684	4706	4727	4748	4770	4791	4813	4834	4856	4	7	11	14	18
26	.4877	4899	4921	4942	4964	4986	5008	5029	5051	5073	4	7	11	15	18
27	.5095	5117	5139	5161	5184	5206	5228	5250	5272	5295	4	7	11	15	18
28	.5317	5340	5362	5384	5407	5430	5452	5475	5498	5520	4	8	11	15	19
29	.5543	5566	5589	5612	5635	5658	5681	5704	5727	5750	4	8	12	15	19
30	.5774	5797	5820	5844	5867	5890	5914	5938	5961	5985	4	8	12	16	20
31	.6009	6032	6056	6080	6104	6128	6152	6176	6200	6224	4	8	12	16	20
32	.6249	6273	6297	6322	6346	6371	6395	6420	6445	6469	4	8	12	16	20
33	.6494	6519	6544	6569	6594	6619	6644	6669	6694	6720	4	8	13	17	21
34	.6745	6771	6796	6822	6847	6873	699	6924	6950	6976	4	9	13	17	21
35	.7002	7028	7054	7080	7107	7133	7159	7186	7212	7239	4	9	13	18	22
36	.7265	7292	7319	7346	7373	7400	7427	7454	7481	7508	5	9	14	18	23
37	.7536	7563	7590	7618	7646	7673	7701	7729	7757	7785	5	9	14	18	23
38	.7813	7841	7869	7898	7926	7954	7983	8012	8040	8069	5	9	14	19	24
39	.8008	8127	8156	8185	8214	8243	8273	8302	8332	8361	5	10	15	20	24
40	.8391	8421	8451	8481	8511	8541	8571	8601	8632	8662	5	10	15	20	25
41	.8693	8724	8754	8785	8816	8847	8878	8910	8941	8972	5	10	16	21	26
42	.9004	9036	9067	9099	9131	9163	9195	9228	9260	9293	5	11	16	21	27
43	.9325	9358	9391	9424	9457	9490	9523	9556	9590	9623	6	11	17	22	28
44	.9657	9691 ‘	9725	9759	9793	9827	9861	9896	9930	9965	6	11	17	23	29

NATURAL TANGENTS (પ્રાકૃતિક ટેનજેન્ટ)

કોષ્ટક III

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
45	1.0000	0035	0070	0105	0141	0176	0212	0247	0283	0319	6	12	18	24	30
46	1.0355	0392	0428	0464	0501	0538	0575	0612	0649	0686	6	12	18	25	31
47	1-0724	0761	0799	0837	0875	0913	0951	0990	1028	1067	6	13	19	25	32
48	1-1106	1145	1184	1224	1263	1303	1343	1383	1423	1463	7	13	20	27	33
49	1.1504	1544	1585	1626	1667	1708	1750	1792	1833	1875	7	14	21	28	34
50	1-1918	1960	2002	2045	2088	2131	2174	2218	2261	2305	7	14	22	29	35
51	1.2349	2393	2437	2482	2527	2572	2617	2662	2708	2753	8	15	23	30	38
52	1.2799	2846	2892	2938	2985	3032	3079	3127	3175	3222	8	16	24	31	39
53	1.3270	3319	3367	3416	3465	3514	3564	3613	3663	3713	8	16	25	33	41
54	1.3764	3814	3865	3916	3968	4019	4071	4124	4176	4229	9	17	26	34	43
55	1-4281	4335	4388	4442	4496	4550	4605	4659	4715	4770	9	18	27	36	45
56	1-4826	4882	4938	4994	5051	5108	5166	5224	5282	5340	10	19	29	38	48
57	1.5399	5458	5517	5577	5637	5697	5757	5818	5880	5941	10	20	30	40	50
58	1.6003	6066	6128	6191	6255	6319	6383	6447	6512	6577	11	21	32	43	53
59	1.6643	6709	6775	6842	6909	6977	7045	7113	7182	7251	11	23	34	45	56
60	1-7321	7391	7461	7532	7603	7.675	7747	7820	7893	7966	12	24	36	48	60
61	1.8040	8115	8190	8265	8341	8418	8495	8572	8650	8728	13	26	38	51	64
62	1.8807	8887	8967	9047	9128	9210	9292	9375	9458	9542	14	27	41	55	68
63	1.9626	9711	9797	9883	9970	2.0057	2.0145	2.0233	2.0323	2.0413	15	29	44	58	73
64	2.0503	0594	0686	0778	0872	0965	1060	1155	1251	1348	16	31	47	63	78
65	2.1445	1543	1642	1742	1842	1943	2045	2148	2251	2355	17	34	51	68	85
66	2.2460	2566	2673	2781	2889	2998	3109	3220	3332	3445	18	37	55	73	92
67	2.3559	3673	3789	3906	4023	4142	4262	4383	4504	4627	20	40	60	79	99
68	2.4751	4876	5002	5129	5257	5386	5517	5649	5782	5916	22	43	65	87	108
69	2.6051	6187	6325	6464	6605	6746	6889	7034	7179	7326	24	47	71	95	119
70	2.7475	7625	7776	7929	8083	8239	8397	8556	8716	8878	26	52	78	104	131
71	2.9042	9208	9375	9544	9714	9887	3.0061	3.0237	3.0415	3.0595	29	58	87	116	145
72	3.0777	0961	1146	1334	1524	1716	1910	2106	2305	2500	32	64	96	129	161
73	3.2709	2914	3122	3332	3544	3759	3977	4197	4420	4646	36	72	108	144	180
74	3.4874	5105	5339	5576	5816	6059	6305	6554	6806	7062	41	811	22	163	204
75	3.7321	7583	7848	8118	8391	8667	8947	9232	9520	9812	46	93	139	186	232
76	4.0108	0408	0713	1022	1335	i653	1976	2303	2635	2972	53	107	160	213	267
77	4.3315	3662	4015	4374	4737	5107	5483	5864	6252	6646					
78	4.7046	7453	7867	8288	8716	9152	9594	5.0045	5.0504	5.0970	Mean differences cease				
79	5.1446	1929	2422	2924	3435	3955	4486	5026	5578	6140	to be sufficiently accurate.				
80	5.6713	7297	7894	8502	9124	9758	6.0405	6.1066	6.1742	6.2432					
81	6.3138	3859	4596	5350	6122	6912	7720	8548	9395	7.0264					
82	7.1154	2066	3002	3%2	4947	5958	6996	8062	9158	8.0285					
83	8.1443	2636	3863	5126	6427	7769	9152	9.0579	9.2052	9.3572					
84	9.5144	9.677	9.845	10.02	10.20	10.39	10.58	10.78	10.99	11-20					
85	1143	11.66	11.91	12.16	12.43	12.71	13.00	13.30	13.62	13.95					
86	14.30	14.67	15.06	15.46	15.89	16.35	16.83	17.34	17.89	18.46					
87	19.08	19.74	20.45	21.20	22.02	22.90	23.86	24.90	26.03	27.27					
88	28.64	30.14	31.82	33.69	35.80	38.19	40.92	44.07	47.74	52.08					
89	57.29	63.66	71.62	81.85	95.49	114.6	143.2	191.0	286.5	573.0					
90	not defined														

નોંધ

નોંધ